

ABSTRACT

In this project, we prepared thin film using poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) and investigated the morphology of the thin films using atomic force microscopy (AFM) technique. The AFM images revealed a smooth film with an rms roughness of 2.477 nm. We also measured the resistivity of PEDOT:PSS films using four probe technique and calculated the conductivity using the resistivity values obtained from four probe measurements. We achieved a conductivity of 1.85×10^4 S/cm.

1. INTRODUCTION

PEDOT:PSS stands for poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate). It is a conductive polymer composite consisting of two main components, PEDOT and PSS.[1] It is also known for its high electrical conductivity. It has excellent stability, mechanical flexibility and transparency, making it suitable for a variety of applications in organic electronics.[2]

PEDOT:PSS enables large-scale and cost-effective production techniques such as printing and coating. This study examines the electrical conductivity, stability and performance of PEDOT:PSS films for various applications in the emerging field of flexible and wearable electronics.[3]

2. EXPERIMENTAL DETAILS

PEDOT:PSS is used from Clevis AL4083. It is a water soluble polymer and is suspended in water. Thin films were prepared on indium thin oxide (ITO) coated glass substrates using spin coating technique. Specialty Coatings device was used for spin coating. The films were coated at 1500 rpm resulting in approximately 100 nm thick films. Park System Atomic Force Microscopy (AFM) device was used at non-contact mode to investigate the morphology of PEDOT:PSS thin films. Four probe system was used to characterize the electrical properties. The resistivity values were obtained from the measurements directly and by taking into account that the conductivity is the inverse of resistivity, the conductivity was calculated. The chemical structure of the PEDOT:PSS is shown in figure 1.

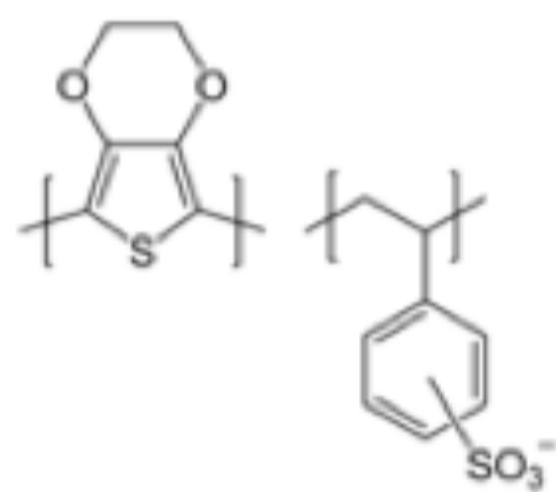


Figure 1. Chemical structure of PEDOT:PSS

PEDOT:PSS solution and thin film of PEDOT:PSS are shown in figure 2 (a) and (b), respectively.

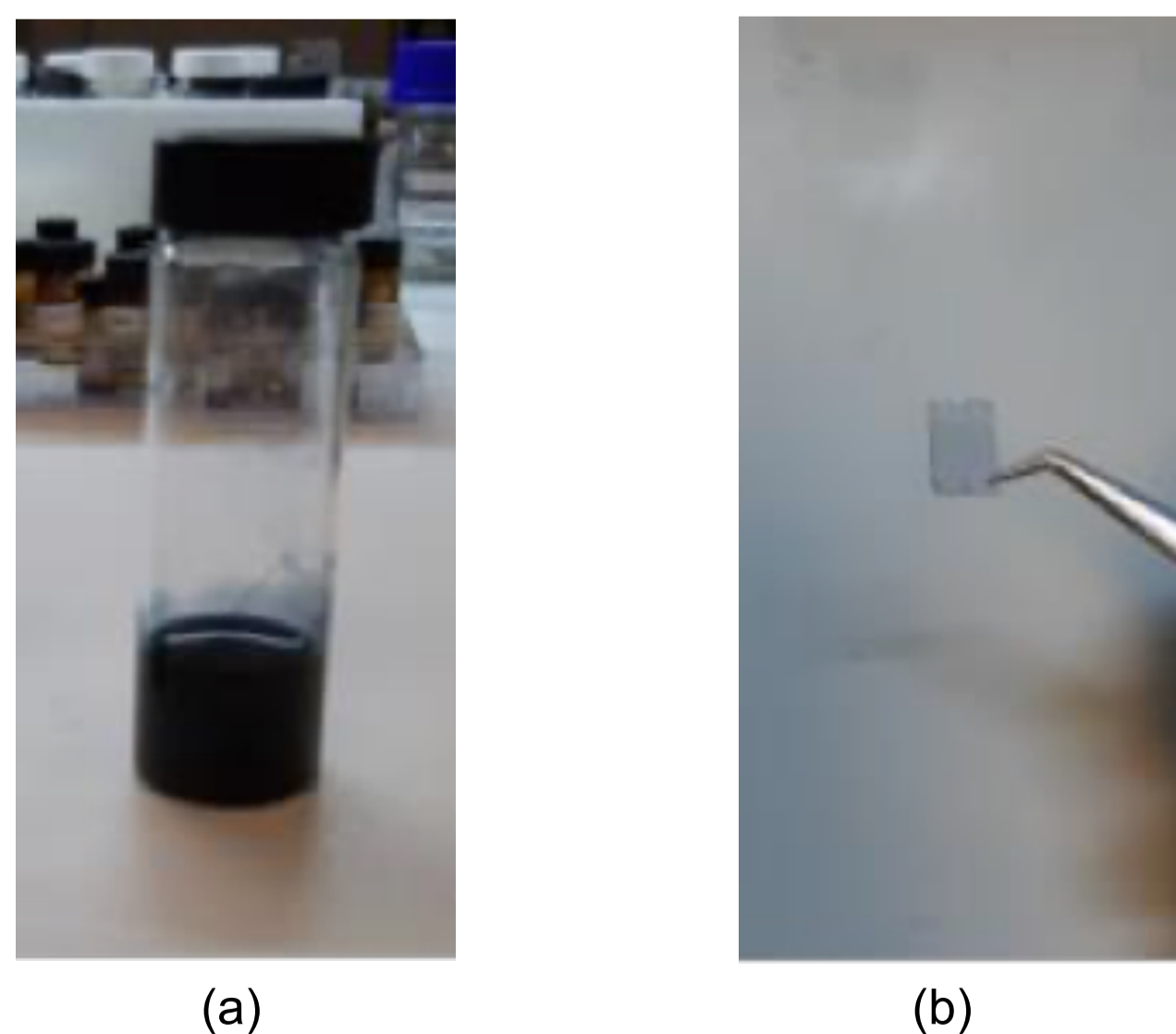


Figure 2 (a) PEDOT:PSS solution (b) PEDOT:PSS thin film

3. RESULTS

3.1 Morphology Investigations

Figure 3 shows the AFM image of PEDOT:PSS thin film

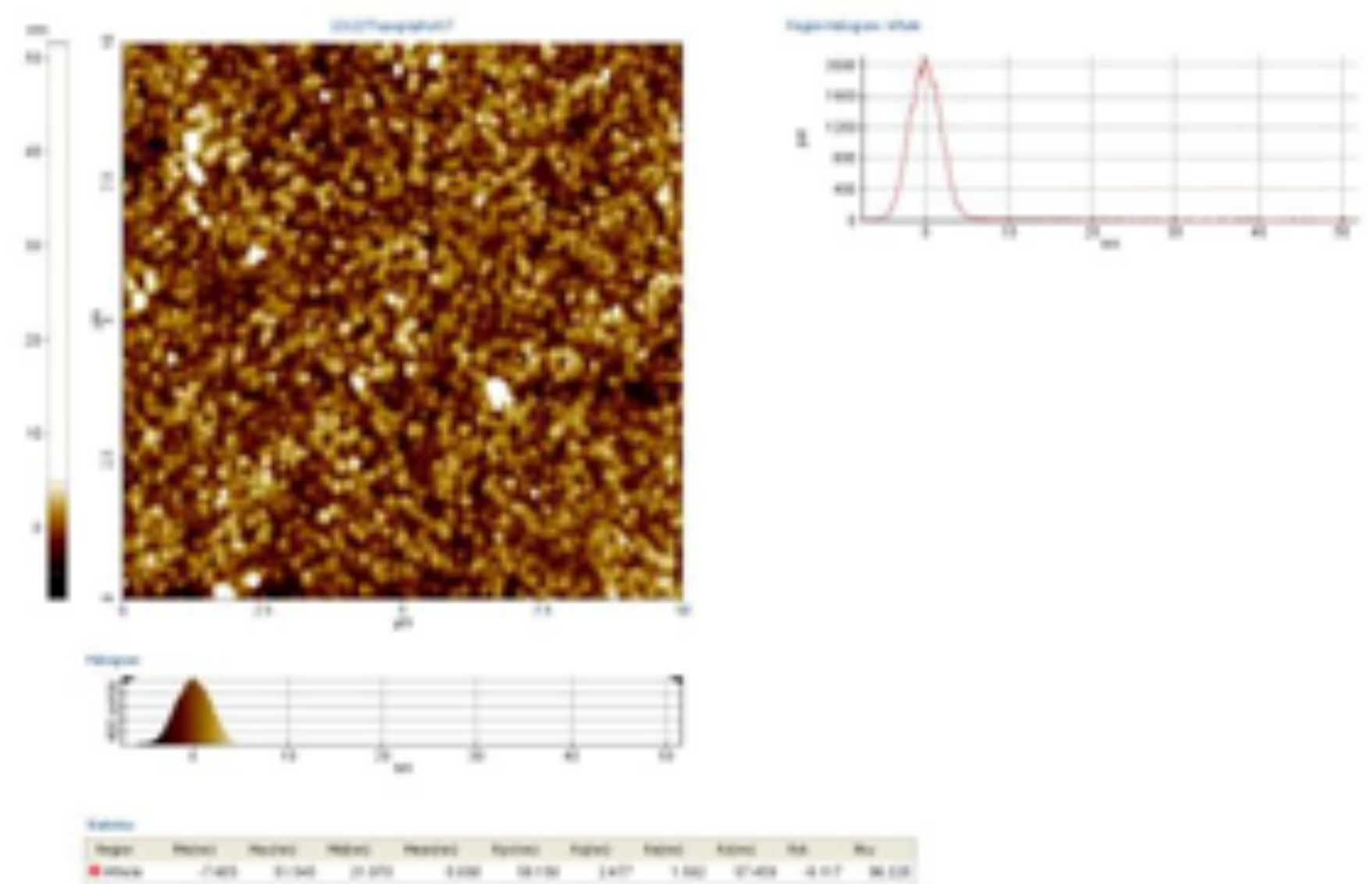


Figure 3. AFM image of PEDOT:PSS film

As can be seen from figure 3.1 PEDOT:PSS film exhibits a thin film morphology with an rms roughness of 2.477 nm and a height scale of 50 nm. There are white features on the surface, which can be attributed to either PEDOT or PSS phases comprising the PEDOT:PSS structure.

3.2 Conductivity Investigations of PEDOT:PSS Films

Figure 4 shows the four probe measurement results of PEDOT:PSS Films

	A	B	C	D	E	F	G
Pro4 Data							
Date	6/8/2023 2:13:00 PM						
Wafer ID	deneme1						
Wafer Lot	1						
Wafer Shape	Square						
Wafer Size (mm)	20						
Edge Exclusion (mm)	2						
Number of Points	5						
Current Used (mA)	5						
	Avg	Std Dev	1-Sigma	Min	Max		
Rs (Ohm/sq)	5.429189	0.028059	0.516819	5.398289	5.470126		
Res (Ohm-cm)	0.000054		0.516818	0.000054	0.000055		
Thk (um)	0.1		0.1	0.1	0.1		
V/I	1.255681	0.010298	0.819973	1.242834	1.271435		
Point	X	Y	Rs (ohm/sq)	Res (ohm-cm)	V/I	Thk (um)	
1			5.470126	0.000055	1.271435	0.1	
2			5.439471	0.000054	1.25241	0.1	
3			5.398289	0.000054	1.256046	0.1	
4			5.40887	0.000054	1.242834	0.1	

Figure 4. Four probe data of PEDOT:PSS films

As can be calculated from the resistivity data, PEDOT:PSS films exhibited a conductivity of 1.85×10^4 S/cm, which is comparable with the literature.

4. CONCLUSION

In conclusion, PEDOT:PSS films form electrically conductive films, with an appropriate thin film morphology in the nanoscale, which make them suitable for organic and hybrid electronics.

REFERENCES

- [1] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201806133>
- [2] <https://hmn.wiki/tr/PEDOT%3APSS>
- [3] Wei, Q., Mukaida, M., Kirihara, K., Naitoh, Y., Ishida, T., 2015, Recent progress on PEDOT-based thermoelectric materials. Materials, 8(2), 732-750.



FİZİK BÖLÜMÜ

Thermodynamics of firms' growth

Elyar MEDGALCİ 18022901

Prof. Dr. Çetin TAŞSEVEN

Summary

In this final year project, we tried to understand and make a comprehensive analysis of a thermodynamic model constructed to describe the distribution of firms' growth by Zambrano et al. In this model, they use the principle of maximum entropy (MaxEnt) in order to adequately describe the dynamics and distribution of firms' growth. The MaxEnt principle is based on a rule of choosing the best probability distribution consistent with the constraints, which is the one with maximum entropy, out of different probability distributions expressing the state of knowledge. The model was tested on a 1 155142 total number of Spanish firms, which have been evolving for one decade. It successfully predicts whether the creation of the firms or destruction of the firms is favored. In the case of creation and destruction having no cost, the system is in macroeconomic equilibrium, which is consistent with Zipf's Law.

I. Stylized Facts:

In the study of the collective behavior of firms, researchers have identified recurrent trends and attributes that manifest similarly across various business environments and time frames. These reoccurring phenomena, also known as "stylized facts," provide the necessary perspective for capturing the essential characteristics of the collective dynamics of firms, allowing for a more profound comprehension and analysis of the topic.

- Firm size distribution.
- Growth Rate Distribution
- The Negative Correlation Between Firm Size and Volatility (Variance) of Growth Rates
- The Negative Correlation Between Growth Rate and Firm Age
- The Positive Correlation Between Survival Probability, Age, and Firm Size
- The Positive Correlation Between Entry and Exit Rates

II. Theoretical Framework and Microdynamics

According to Gibrat's law, also known as the law of proportionate effect, the growth rate of a firm is independent of its absolute size. Gibrat's law is frequently used as a starting point for studies regarding firm size and growth rate, and it has had a substantial impact on economic and financial theories. The mathematical expression of the law is

$$\dot{x}_i(t) = v_i(t)x_i(t) \quad (2.1)$$

Where $x_i(t)$ is the size of the i th firm at time t , $\dot{x}_i(t)$ its change in time, and $v_i(t)$ a size independent growth rate. According to Gibrat's Law, the size distributions of firms are expected to approach a log-normal distribution over time, which has been supported by empirical evidence. In the microeconomic hypothesis [1] that is the subject of our study, EBITDA is used as a proxy for a company's size. Due to the central limit theorem [2], a finite-size term (FST) that is proportional to the square root of the size is shown to become predominant for medium and small sizes. In addition to this term, it is proposed that non-proportional forces eventually become effective for small sizes. Thus, the full dynamical equation is written as

$$\dot{x}_i(t) = v_{1,i}(t)|x_i(t)| + v_{\frac{1}{2},i}(t)|x_i(t)|^{\frac{1}{2}} + v_{0,i}(t), \quad (2.2)$$

Where $v_{qi}(t)$ ($q = 1, \frac{1}{2},$ and 0) are independent growth rates of a stochastic nature. Thus, a temperature is defined from their variance of the growth rates $Var[v_q] = T_q$. The variance of the growth for several realizations for positive (+) and negative (-) values of firm size is expressed as,

$$Var[\dot{x}_i(t)] = T_1(|x_i(t)|)^2 + T_{\frac{1}{2}}(|x_i(t)|) + T_0. \quad (2.3)$$

This equation defines six regimes (three for negative and three for positive EBITDA) according to the size: small sizes $|x| < T_0^{\pm}/T_{1/2}^{\pm}$; medium sizes $T_0^{\pm}/T_{1/2}^{\pm} < |x| < T_{1/2}^{\pm}/T_1^{\pm}$; and large sizes $T_{1/2}^{\pm}/T_1^{\pm} < |x|$. Due to the presence of the non-proportional term, x can traverse between negative and positive values. Theoretically, the set of temperatures in the negative domain is assumed to be independent of those in the positive domain.

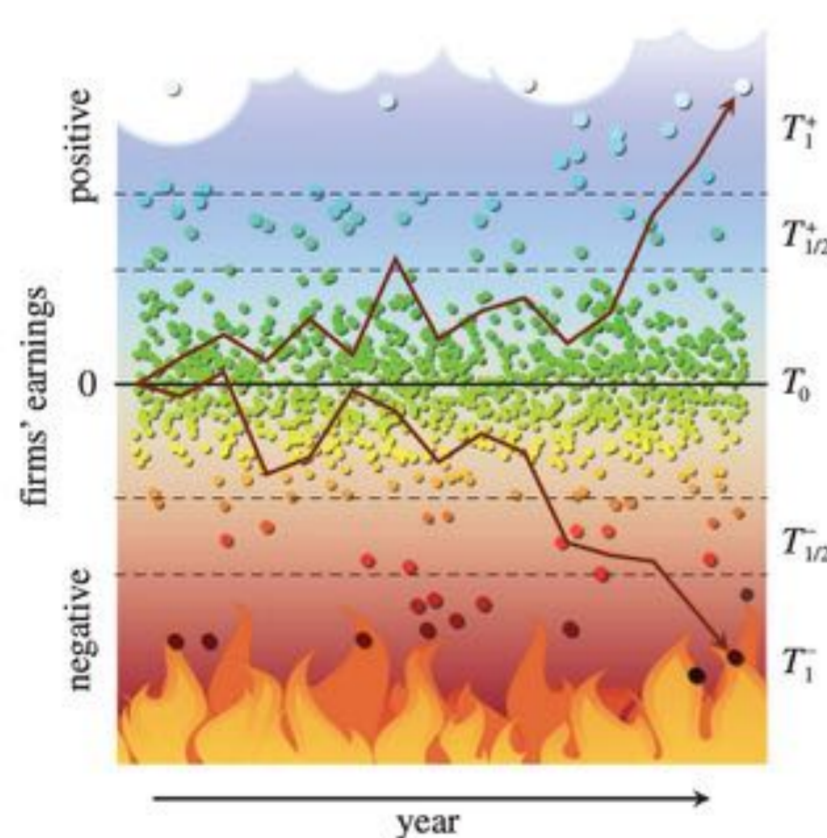


Fig. 1. An illustration of the dynamics of companies: According to equations (2.2) and (2.3), heaven ($T_{1/2}^+$ and T_1^+ regimens), hell ($T_{1/2}^-$ and T_1^- regimens), and purgatory (T_0 regimen, both positive and negative). In this model, firms are depicted as dots and are subject to random movement over time, similar to particles in a gas. The direction of their movement is determined by their earnings, which are separated into three regimes by dashed horizontal lines. In the purgatory regime, growth is linear, while in heaven and hell, growth is proportional to the temperature of each respective regime. Two of the companies' trajectories are shown by solid brown arrows, which go from purgatory at the start to paradise and hell, respectively.

III. MaxEnt Principle

It is supposed that [1], for an ensemble of firms obeying equation (2.1), dynamical equilibrium is reached asymptotically when certain macroscopic constraints are satisfied. As such constraints, the average total number of firms, N , the average prosperity of a given region, or any other objectively observable variable can be cited. The analytical derivation is concentrated on the regime that has received the most attention in the scientific literature: the proportional growth one: $T_{1/2}^{\pm}/T_1^{\pm} < |x|$ for the largest sizes. Thus, the dynamical equation for the given region can be written as

$$\dot{x}_i(t) = v_{1,i}(t)x_i(t).$$

For further simplification of the model, the dynamical equation is linearized [20] by proposing a new dynamical variable

$$u(t) = \ln \left[\frac{x_i(t)}{x_c^{\pm}} \right]$$

Where x_c^{\pm} is a reference value, in this case, the transition size $x_c^{\pm} = T_{1/2}^{\pm}/T_1^{\pm}$. The linearized dynamical equation is expressed as, $u(t) = v_{1,i}(t)$. Thus, the macroscopic entropy for the system's density distribution $\rho(u)$ for N firms is written as

$$S[\rho] = - \int du \rho(u) \log \left[\frac{\rho(u)}{N} \right]$$

By extremizing S under the empirical constraints, such as the total number of firms and the minimal size of firms, the equilibrium density is determined. For the further analysis of the system, an energy function $\mathcal{E}[\rho]$ is defined, that depends on powers of the dynamical variable u , namely,

$$\mathcal{E}[\rho] = \sum_n \lambda_n \int du \rho(u) (u - \langle u \rangle)^n = \sum_n \lambda_n m_n$$

where m_n are the central moments of ρ and λ_n the coupling constants. The maximization problem is expressed as

$$\delta_{\rho}(S[\rho] - \beta \mathcal{E}[\rho]) = 0$$

where β is a Lagrange multiplier (β , λ_n become then the multipliers for each term), and the general solution is of the form,

$$\rho(u) = N \exp \left[-1 - \beta \sum_n \lambda_n (u - \langle u \rangle)^n \right]. \quad (3.1)$$

The values of the multipliers are obtained by solving the system of Lagrange equations, $m_n = \int du \rho(u) (u - \langle u \rangle)^n$, for the distribution of equation (3.1).

IV. Connection With Thermodynamics

For simplicity, only the first two moments $n=0$ (a constraint on the average total number of firms $m_n = N$) and $n=1$ (a constraint on the mean value $\langle u \rangle$ written as $m_n = 0$) are considered for negative and positive domains, separately. Because the equations are formally equivalent to those found in thermodynamics, and traditionally the multipliers associated with these constraints are [24,26] $\beta \equiv \frac{1}{T_1}$, $\lambda_0 \equiv -\mu$, $\lambda_1 \equiv \lambda$, a thermodynamic potential is defined,

$$\Omega = -T_1 S - \mu N + \lambda U$$

where $U = \langle u \rangle$. The variational problem becomes $\delta_{\rho} \Omega[\rho] = 0$. The distribution is obtained as,

$$\rho(u) = N e^{-(\lambda u - \mu)/T_1}.$$

The distribution is expressed as a function of the observable x as

$$\rho_X(x) dx = N e^{\mu^* \frac{x_c^{\lambda^*}}{x^{1+\lambda^*}}} dx$$

where $\mu^* = \frac{\mu}{T_1}$ and $\lambda^* = \frac{\lambda}{T_1}$. Accordingly, a power-law density function is obtained. The solutions of the Lagrange equations lead to the equation of state

$$e^{\mu^*} = \lambda^*$$

This is the appropriate equation for interpreting the empirical data, since λ^* can be measured from the data and μ^* can be interpreted, owing to the thermodynamic analogy. Comparing our results to those of a physical system reveals that corresponds to the chemical potential. In this case, μ is considered to be the 'cost' of including/creating or excluding/extinguishing firms from the proportional large-size regime. Following MaxEnt, the system can be seen as it is in contact with a reservoir of firms, and tends to minimize the potential Ω . Because $\partial \Omega / \partial N = -\mu$, Ω decreases for $\mu > 0$ when new firms enter in the proportional regime, and thus, increasing the likelihood of an influx of firms into the system. However, for $\mu < 0$ the introduction of new firms increases the value of Ω , which may result in the exit of other firms from the system. In the particular case $\mu = 0$, there is no cost for the flow of firms, it is expected to be an equilibrium, stable and healthy situation for a capitalist economy.

The exponent of the distribution, which is defined by the thermodynamic variable λ , can be viewed as a metric of the standard wealth of a given area. More precisely, it establishes the magnitude of firms' sizes by limiting the geometric mean of x under the proportional growth regime.

Using the state equation, the exponent is interpreted intuitively and based on physical principles:

- for $\lambda^* < 1$ ($\mu^* < 0$), the system favours the extinction of firms;
- for $\lambda^* > 1$ ($\mu^* > 0$), the system favours the creation of firms; and
- for $\lambda^* = 1$ ($\mu^* = 0$), the system freely creates and extinguishes firms.

This last case corresponds to the Zipf law distribution, expressed as:

$$N - p(x) = N \frac{x_c}{x}.$$

References

- [1] Zambrano E, Hernando A, Fernández Bariviera A, Hernando R, Plastino A. 2015 Thermodynamics of firms' growth. J. R. Soc. Interface 12: 20150789. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2015.0789>
- [2] Hernando A, Plastino A, Plastino AR. 2012 MaxEnt and dynamical information. Eur. Phys. J. B 85, 147. (doi:10.1140/epjb/e2012-30009-3)
- [3] Stanley, M., Amaral, L., Buldyrev, S. et al. Scaling behaviour in the growth of companies. Nature 379, 804–806 (1996).



YTU

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY FACULTY OF ARTS AND SCIENCES

DEPARTMENT OF PHYSICS

QUANTUM COMPUTER AND TYPES OF QUANTUM BITS

FATİH CAN SARI - I 8022050 - Prof. Dr. MURAT ODUNCUOĞLU

This advanced processing power could help cure dementia or invent artificial intelligence

A 300-qubit computer would contain as many pieces of information as there are atoms in the universe

Nature isn't classical, dammit, and if you want to make a simulation of natural, you'd better make it quantum mechanical, and by golly it's a wonderful problem, because it doesn't look so easy.
Richard Feynman

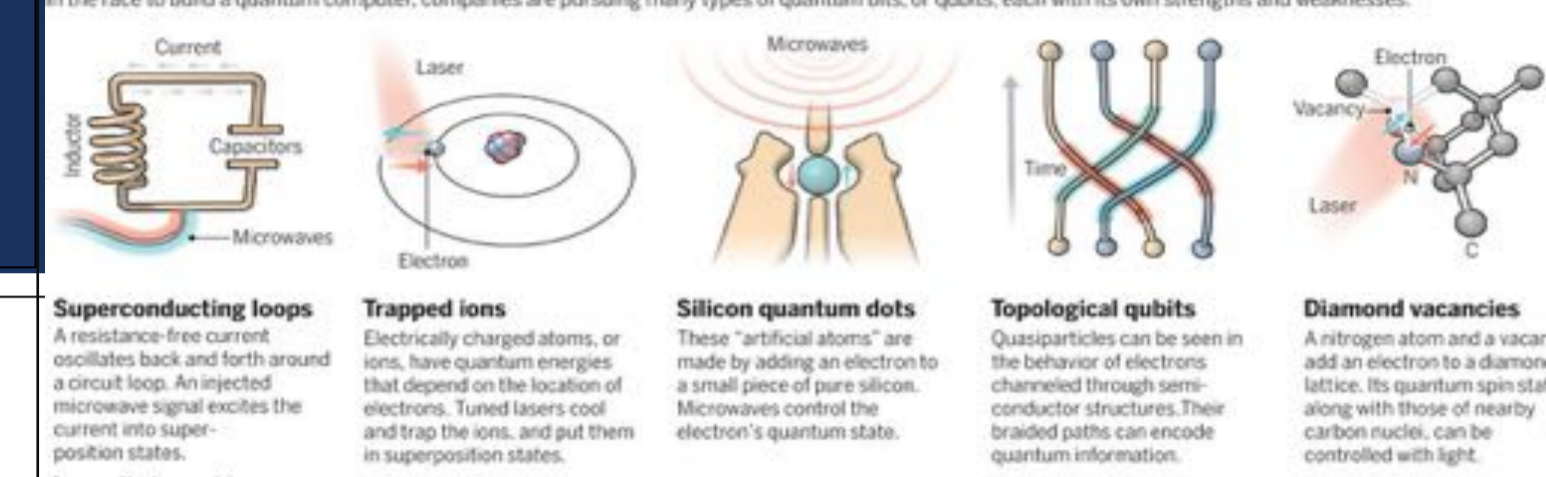


THE RISE OF EXCELLENT QUANTUM COMPUTERS

Think quantum technologies are devices of the future , not the present

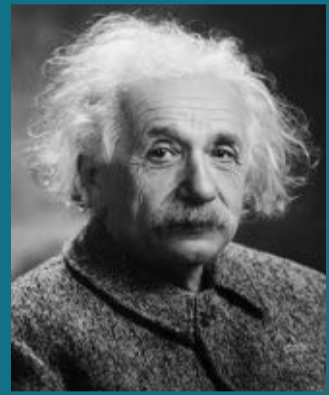
Quantum computer is a revolutionary device still under development. There are many areas where quantum computers are expected to be used. Some of them are: artificial intelligence, molecular modeling, quantum cryptography, financial modeling, weather forecasting, simulation. One of the most important areas expected to be used is simulation. For example, it offers the opportunity to develop many expensive projects more cheaply and economically, for example, with realistic world simulations, we can develop billion-dollar projects much more economically in these areas. To give another example, the world population lives in very narrow spaces due to the increasing human population, and they need realistic simulations to expand these narrow spaces, and quantum computers will be able to expand their living spaces with realistic world simulations that will offer people an opportunity. From what we understand here, quantum computers will one day be one of the most important parts of our lives, so it is very important to be one of the pioneers in the development of quantum computers.

A bit of the action



QUANTUM COMPUTER AND TYPES OF QUANTUM BITS

THE PIONEERS OF QUANTUM MECHANICS



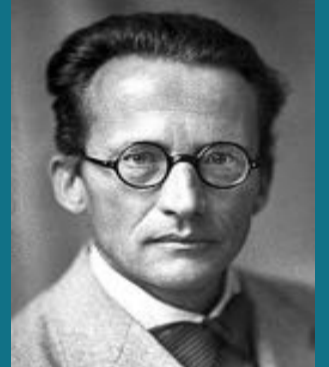
ALBERT EINSTEIN 1905

Einstein explained the photoelectric effect by suggesting that light look the form of discrete bundles called photons. This seemed at odds with light's wave nature.



LOUIS DE BROGLIE 1923

French physicist Louis de Broglie expanded on previous discoveries by proposing that all tiny particles can behave as waves, and vice versa.



ERWIN SCHRODINGER 1926

Austrian physicist Erwin Schrödinger's paper describing the motion of an electron as a wave function was a defining moment in quantum mechanics.



WERNER HEISENBERG 1925-1927

Alongside Niels Bohr, Werner Heisenberg suggested that subatomic particles only adapt a particular state when observed.

A TIMELINE FOR QUANTUM COMPUTING

1913

Niels Bohr proposed that energy in a hydrogen atom transferred only in certain well defined quantities

1922

Neils Bohr receives the Nobel prize

1927

Einstein began his debates with Bohr at the solvay Conference in Brussels

1935

The epr paper was written by Albert Einstein, Boris Podolsky and Nathan Rosen

1964

Bell came up with Bell's Inequality

1965

Nobel Prize was awarded to Sin Itiro Tomonaga, Julian Schwinger Richard P. Feynman for their work in quantum electrodynamics

1980

Richard Feynman first discussed the idea 'Can a classical computer simulate any physical system?'

1985

David Deutsch highlighted that Alan Turing's universal computer could not be extended to quantum mechanics

1996

Grover develops the search algorithm

2019

IBM launch an integrated system for quantum computing for scientists and businesses

Quantum Superposition

A particle in superposition is in two states at once , so it could represent both a binary 0 and 1. Think of a coin: If it's spinning you can see heads and falls simultaneously.

Qubits (Quantum Bits)

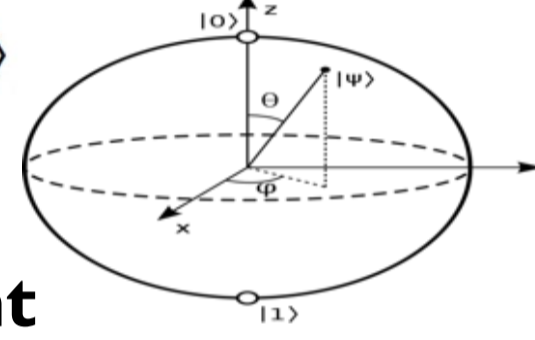
Classical computers can only store information in bits that take the value 0 or 1. Quantum computers, on the other hand, use qubits (quantum bits) instead of bits for basic computational blocks.

Qubits are created using physical systems such as the spin of an electron or the direction of a photon.

The quantum state of a qubit can be written as:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

α and β are complex numbers.



Quantum Entanglement

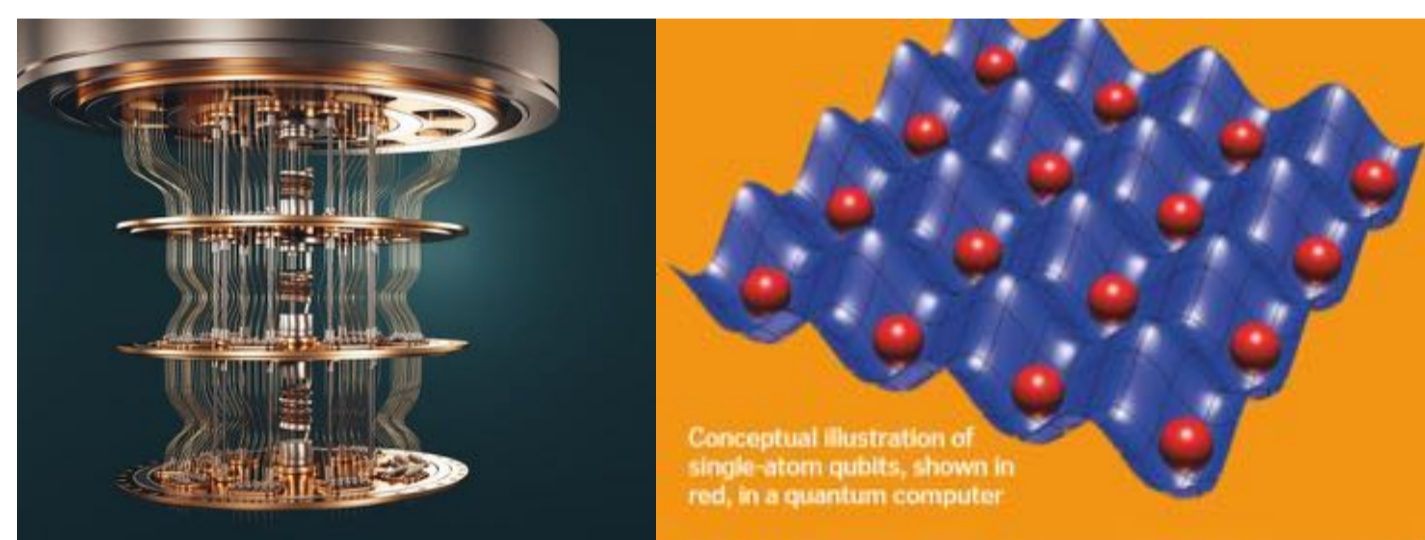
Two entangled particles are strangely linked, so the fate of one affects the other. If you observe one particle this will cause its superposition to be lost, and the same will happen to its entangled twin.

Quantum Teleportation

We have a qubit and we want to transfer it from one place to another, but we cannot do it because what we are transferring is not particles or any matter, it is just quantum information.

Observation

Observing a particle in superposition causes it to adopt a single state. Any interaction with the environment does the same. The more entangled the particles, the harder it is to maintain superposition.



Quantum Gates

Single Quantum Logic Gates

I Gate (Identity gate), X Gate (Pauli-X), Y Gate (Pauli-Y), Z Gate, S Gate, T Gate, Hadamard Gate (H)

Multiple Quantum Logic Gates

CNOT Gate (Controlled Not, CX), SWAP Gate, Toffoli Gate

Operator	Gate(s)	Matrix
Pauli-X (X)		$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
Pauli-Y (Y)		$\begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$
Pauli-Z (Z)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
Hadamard (H)		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
Phase (S, P)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$
$\pi/8$ (T)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\pi/4} \end{bmatrix}$
Controlled Not (CNOT, CX)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Controlled Z (CZ)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$
SWAP		$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Toffoli (CCNOT, CCX, TOFF)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Entangling The Qubits

With 2 qubit arrays, we can entangle our qubits using Hadamard and CNOT quantum logic gates.

Qubit Structure Architectures

Although there are many qubit structures, there are mainly three types of architecture: charge, phase, and flux qubits. Apart from these three main qubit structure architectures. There are architectures like Transmon, Fluxonium, Xmon, Quantrionium, Gatemon etc

Types Of Quantum Bits

Trapped Ions

The first natural candidate that comes to mind for quantum computing is single-atom systems. Trapped ions are an accepted system among these single-atom systems.

Since the energy levels of atoms are discrete and their transition energies are different, we can code these levels as $|0\rangle$ and $|1\rangle$. The energy difference between the $|0\rangle$ energy level and the $|1\rangle$ energy level is called the transition energy.

We can raise the electron to $|1\rangle$ with a laser operating at the frequency corresponding to this transition energy difference. As the same electron falls from $|1\rangle$ to $|0\rangle$, it emits a photon at the same frequency.

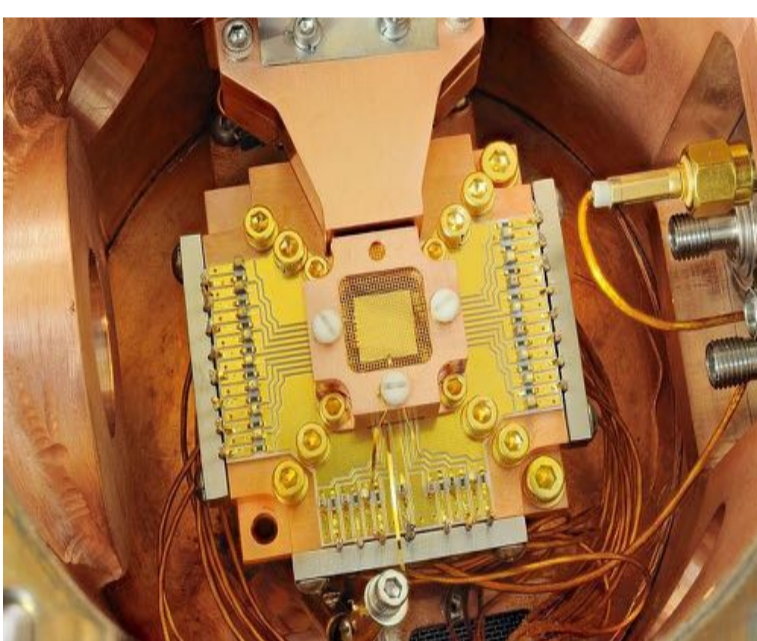
This method is a form of quadrupole trapping that creates an electric field with DC and AC potentials applied to the electrodes at both ends and middle of the device. Since trapping is done with an electric field, it is necessary to use ions instead of neutral atoms.

When a metal is heated to high temperatures ($>1000K$) in a high vacuum environment, some atoms are gasified in the vacuum chamber. We turn these neutral atoms into ions by hitting them with high-energy electrons, and when they become ions, they are trapped in traps after a while.

Trapping in the X and Y axes is provided by AC potential, while trapping in the Z axis is provided by DC potential. However, trapping with the electric field does not sufficiently immobilize the ions.

Determining which energy levels to use as $|0\rangle$ and $|1\rangle$ is not easy.

Apart from the levels corresponding to the $|0\rangle$ and $|1\rangle$ states, we also use quantum vibrational levels to apply operations where the state of one qubit determines the action to be taken of the other qubit in trapped ions. [1]



Superconducting Qubits

This system is based on circuits using superconducting Cooper electron pairs and the Josephson effect, which won the 1972 and 1973 Nobel Prizes in Physics, respectively.

In superconducting materials, the charge is carried by electron pairs called Cooper Pairs. Cooper pairs consist of electron-phonon interactions. The negatively charged electron attracts the positive ions in the material lattice and a shift occurs in the lattice. This shift affects another electron.

Bonding occurs between the electron causing the shift in the lattice and the electron affected by the shift, with the help of phonons, and a pair is formed that effectively behaves like a single particle.

At low temperatures, the Cooper couple does not scatter in the material and electron current occurs as if the material has no resistance.

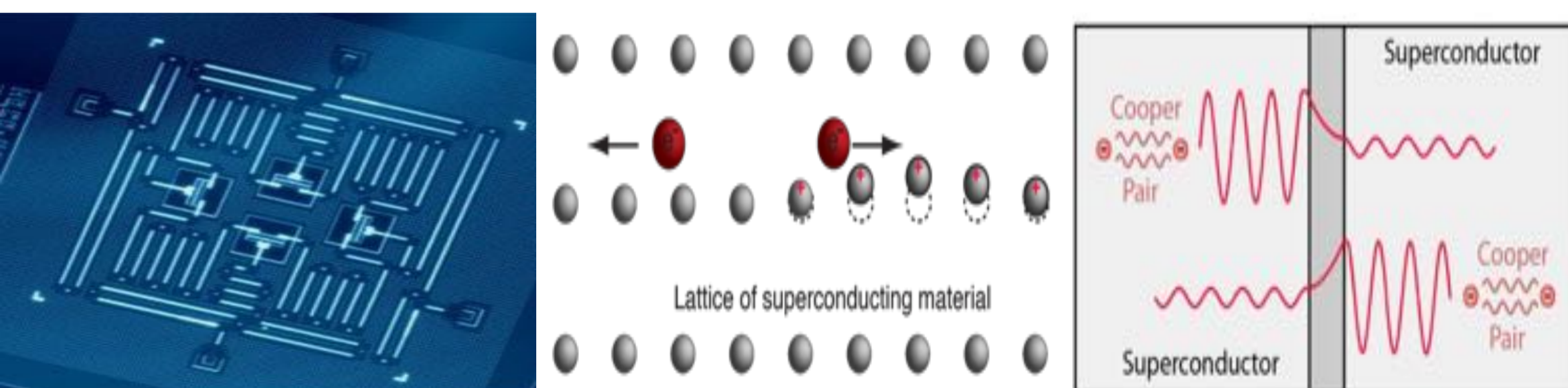
Since the particle called fermion, that is the electron, cannot be in the same quantum state at the same time, molecular materials are formed, on the other hand, the particle called the boson, that is, the photon, can be in the same quantum state. Although electrons are fermions in Cooper Pairs, they become bosons in pairs.

All Cooper pairs can collapse to the lowest energy level collectively entangled. Thus, we can write the entire superconducting part with a single wave function.

This is where the Josephson effect comes into play. This event is split by placing an insulating layer (2-3 nanometers thin) between the two superconducting parts. According to classical physics, since the energy of the electrons is not enough, it is expected to bounce off the insulating part and stay in its own part. But Cooper Pairs tunnel through the insulator, and a phase difference between the two superconducting parts is sufficient for supercurrent to occur. Therefore, there is no need for electric current.

When DC potential is applied to the system, the phase difference increases and we start to see AC current. The Josephson junction acts as an inductor and the junction acts as an oscillator.

It's a non-linear oscillator as its inductance depends on the amount of supercurrent. Thus, we obtain a system with unequal energy intervals. Thus, the states $|0\rangle$ and $|1\rangle$ can be placed. [1]



REFERENCES

ALL PICTURES ON THE POSTER ARE QUOTES

[1] Kutlu Kutluer . (2019) . Kuantum bilgisayar nedir, nasıl çalışır ve nasıl yapılır? . <https://duzensiz.org/kuantum-bilgisayar-nedir-8746955bd5e>

[2] Necmi Gürsakal , Sadullah Çelik . (2020) . In book: KÜRESEL EKONOMIYEVÖN VEREN YENİ TEKNOLOJİLER (pp.23-48). 2.BÖLÜM KUANTUM BİLGİSAYARLAR TEKNOLOJİK ANLAMDA NE GETİRECEK? . https://www.researchgate.net/publication/342624622_KUANTUM_BILGISAYARLAR_TEKNOLOJIK_ANLAMDA_NE_GETIRECEK

[3] Arda Mavi . (2021) . Kuantum Hesaplamaya Teorik ve Uygulamalı Giriş . https://www.researchgate.net/publication/350857574_Kuantum_Hesaplamaya_Teorik_ve_Uygulamali_Giris

[4] (2020) . Quantum Computers . HOW IT WORKS , page 059

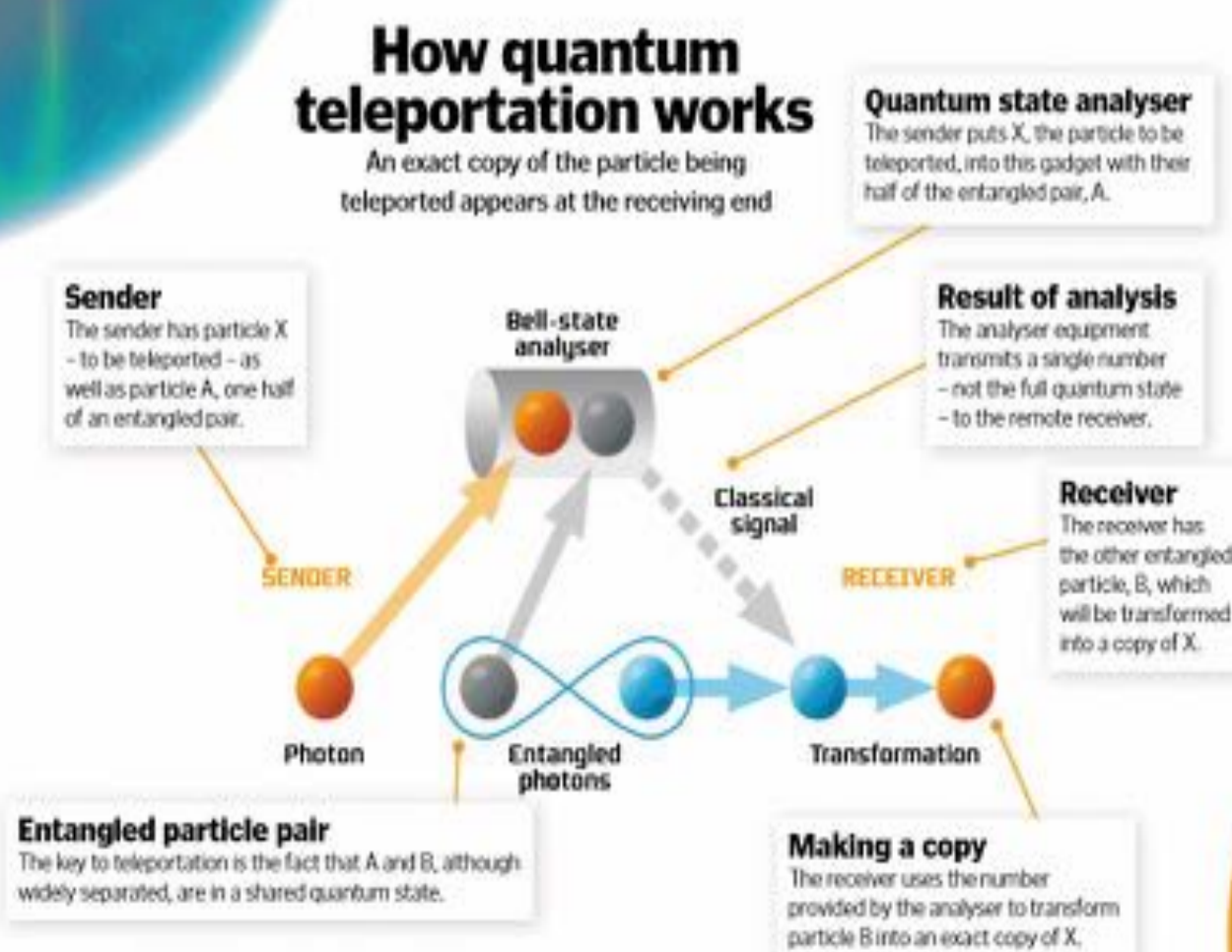
[5] <https://www.science.org/doi/10.1126/science.354.6316.1090>

[6] <https://www.physics.ox.ac.uk/research/group/ion-trap-quantum-computing>

[7] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/coop.html>

[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_logic_gate [9] <https://kuantumturkiye.org/kuantum-bilgisayari-anlamak/>

[10] https://en.wikipedia.org/wiki/Trapped_ion_quantum_computer [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Superconducting_quantum_computing





INVESTIGATION OF MORPHOLOGICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF NICKEL OXIDE (NiO_x) HOLE TRANSPORT LAYER FOR THEIR POSSIBLE USE IN PEROVSKITE SOLAR CELLS

Gizem SEVDİŞAN and Prof. Dr. Serap GÜNEŞ

ABSTRACT

In this project, we prepared nickel oxide thin films using sol-gel method and investigated the morphology of these layers through atomic force microscopy technique. The AFM images revealed a smooth film with rms roughness of 2.477 nm. We also measured the resistivity of NiO_x films using four probe technique and calculated the conductivity using the resistivity values obtained from four probe measurements. We achieved a conductivity of $9.9 \times 10^3 \text{ S/cm}$.

INTRODUCTION

NiO_x is a metal oxide with special morphological and electrical properties that make it suitable for various electronic device applications. Recently, NiO_x attracted attention for its use in perovskite solar cells fabricated in the p-i-n structure. Due to its hydrophobic nature, high hole mobility and high conductivity it has been evaluated as a hole transporting layer in perovskite solar cells.[1] This study focused on investigating the morphology and electrical properties of NiO_x thin films for their potential use in perovskite solar cells. We have investigated the morphology and electrical conductivity properties of NiO_x thin films.

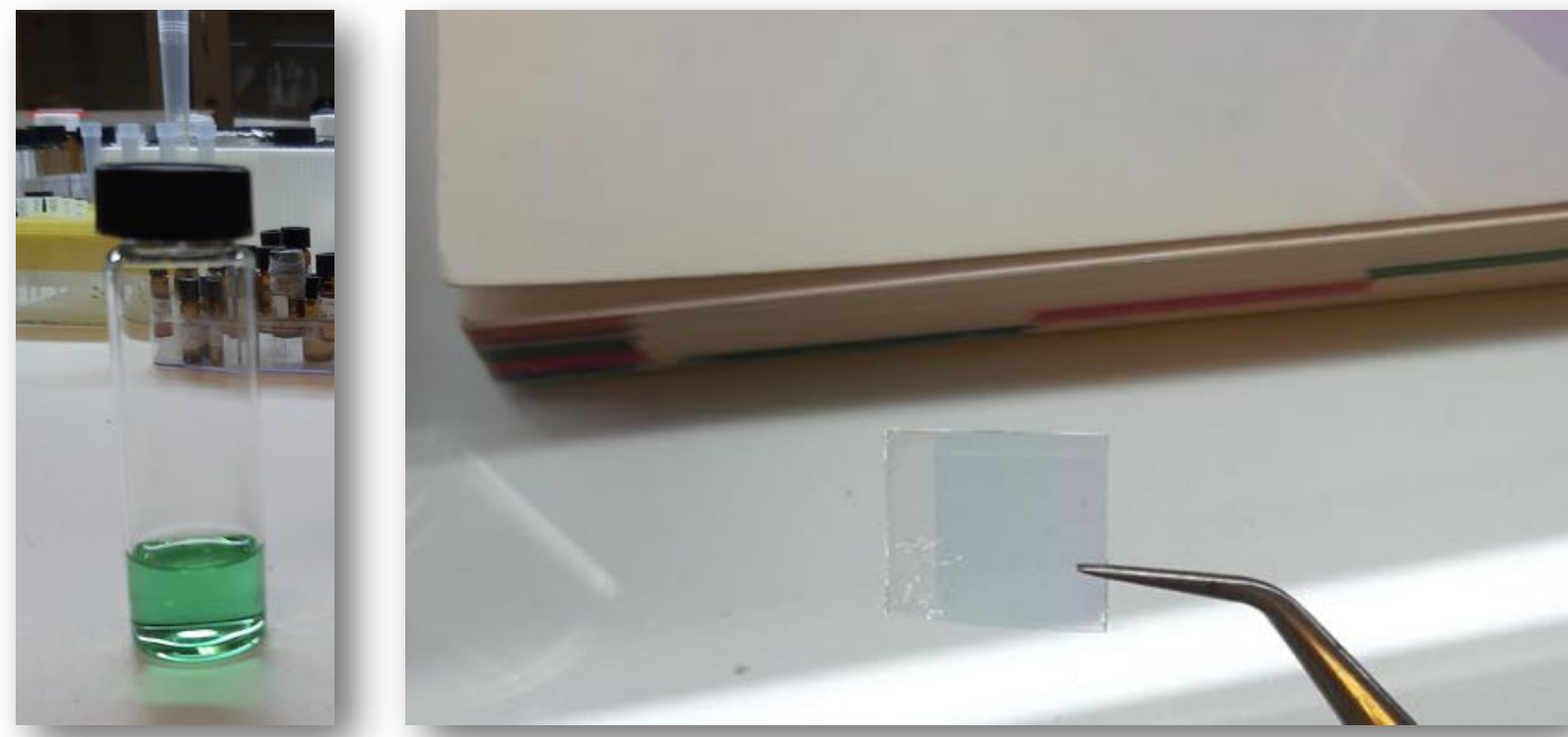


Figure 1. NiO_x solution (left) and thin film (right)

EXPERIMENTAL DETAILS

124.42 mg nickel (II) acetate tetrahydrate was dissolved in 5 ml isopropanol and 30 μl ethanolamine (MEA) mixture at room temperature. The mixture stirred at 70 °C for at least two hours to get NiO_x solution. This solution is filtered with 0.22 micrometer PTFE filter prior to spin casting. The films were coated at 1500 rpm for 30 s and the coating was repeated in two steps, and then annealed in an oven at 450 C for 30 min. The resulting films were measured by a mechanical profilometer as to be approximately 25 nm. Park System Atomic Force Microscopy (AFM) device was used at non-contact mode to investigate the morphology of NiO_x thin films. Four probe system (Signatone) was used to characterize the electrical properties. The resistivity values were obtained from the measurements directly and by taking into account that the conductivity is the inverse of resistivity, the conductivity was calculated.

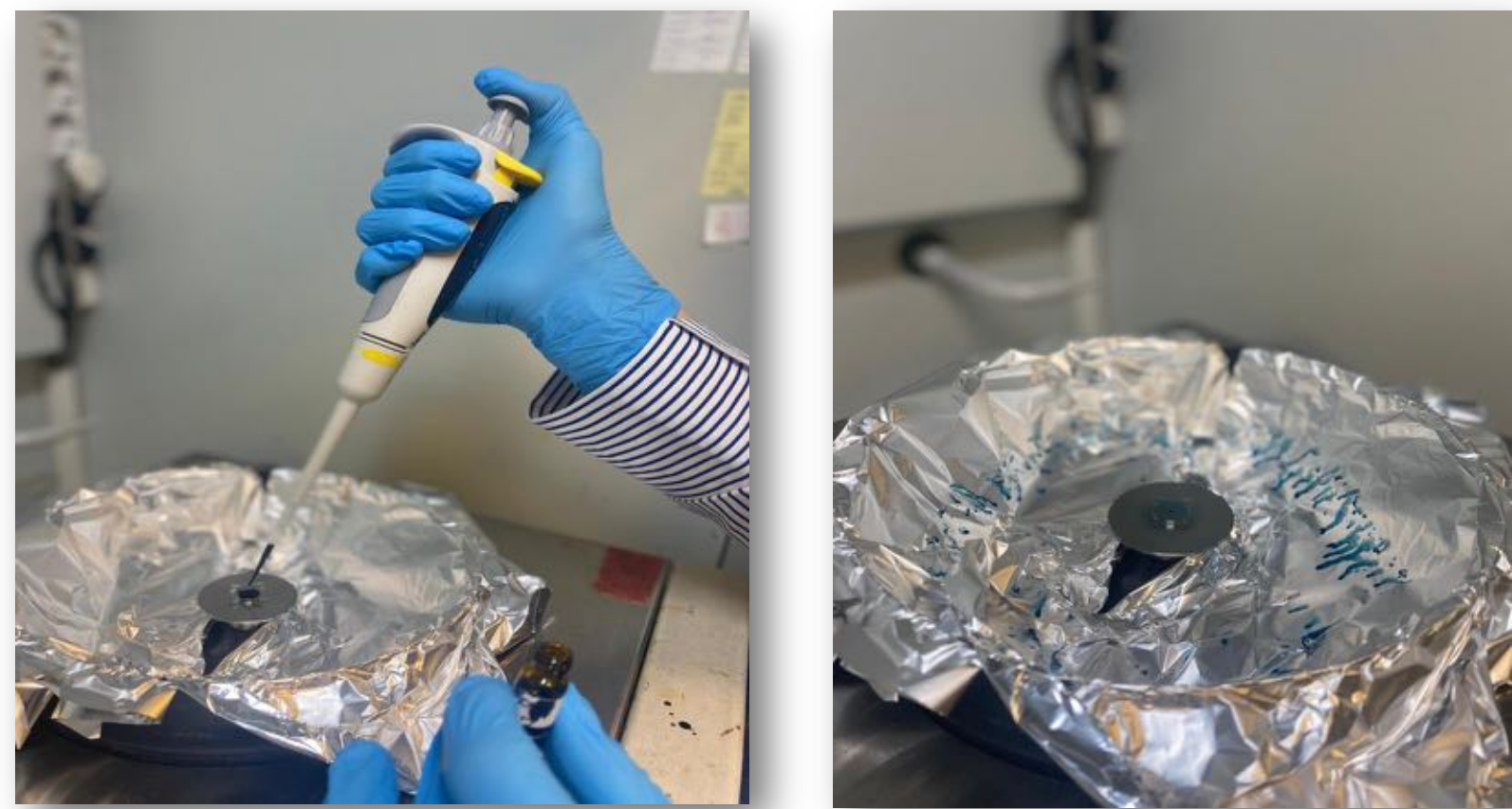


Figure 2. Steps of NiO_x film preparation via spin coating technique

REFERENCES

- [1] Moeini A. H., Choi F. P., Menda U. D., Kahveci C., C. Rodop M., Mendes M. J. (2021). Effect of bathocuproine concentration on the photovoltaic performance of NiO_x -based perovskite solar cells. Journal of The Mexican Chemical Society, cilt.65, sa.2, ss.149-160
- [2] Li, J., Wang, N., ve Zhang, Q. (2018). Recent advances in nickel oxide-based materials for perovskite solar cells. Materials Today Energy, 7, 31-50
- [3] Jariwala, S., Gangishetty, M.K., ve Desai, S.B. (2019). Nickel oxide as a hole-transport layer in perovskite solar cells: A review. Journal of Materials Chemistry A, 7(36), 20759-20779.

RESULTS AND DISCUSSION

Nanomorphology of the nickel oxide thin films was investigated using AFM technique (see Figure 3).

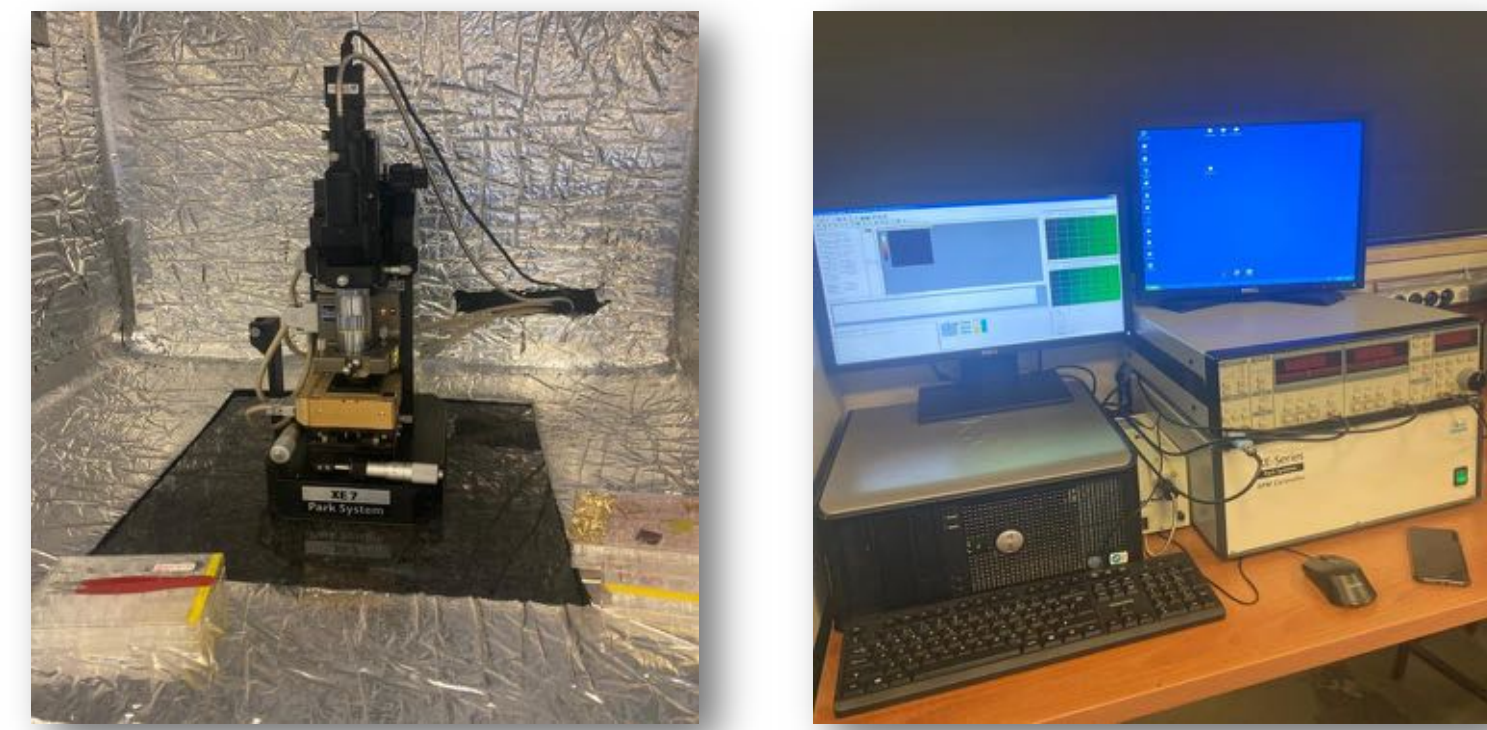


Figure 3. AFM set up

Figure 4 shows the AFM image of NiO_x thin film. Rms roughness was 2.027 nm and the height scale was 10 nm, which indicates a rather smooth morphology.

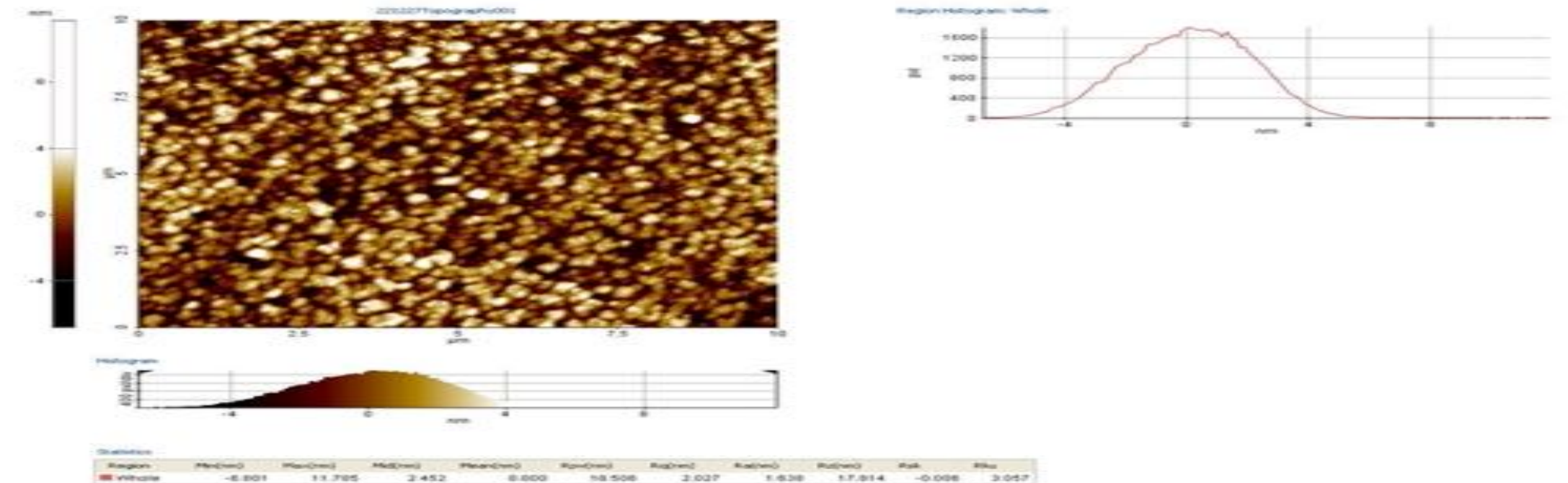


Figure 4. AFM image of NiO_x film

Conductivity measurements were performed using four probe technique (see Figure 5).

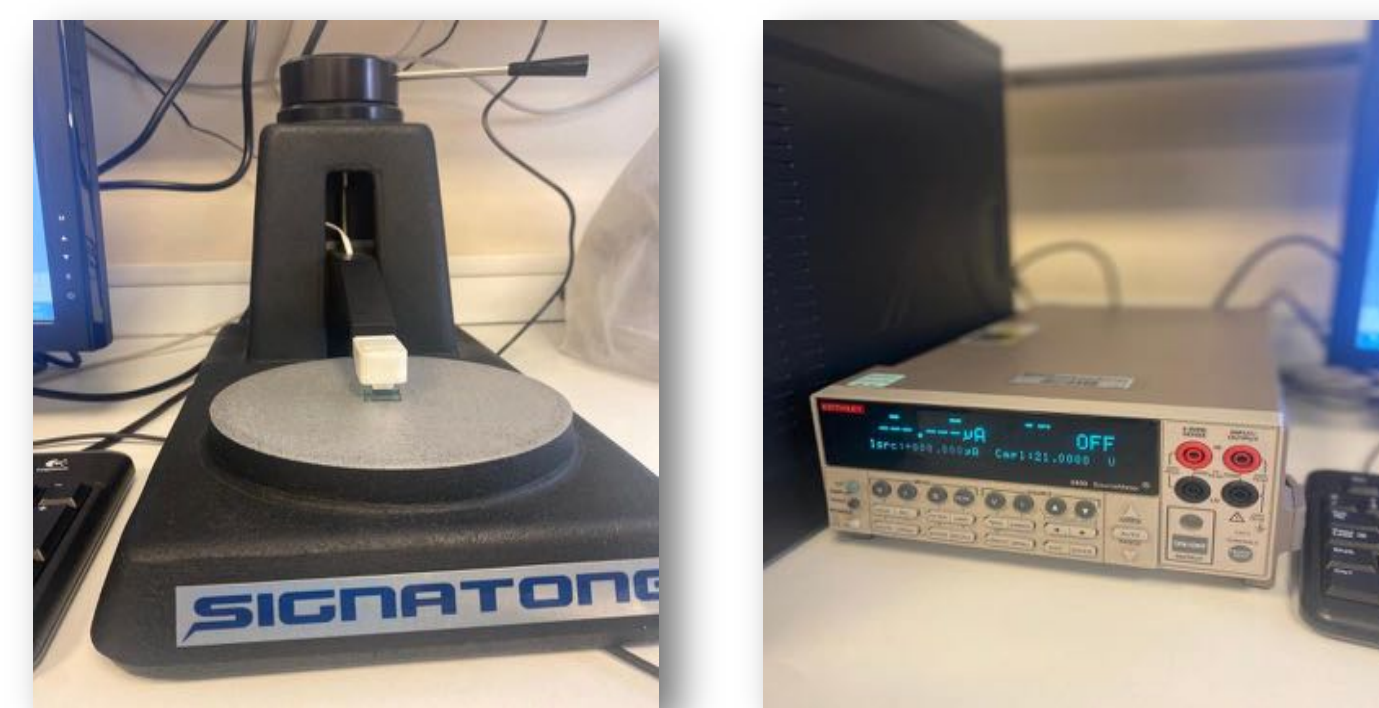


Figure 5. Four probe conductivity measurement system

(Table 1) summarizes the resistivity and the conductivity values of NiO_x thin films. As can be seen NiO_x possess a high conductivity of $9.9 \times 10^3 \text{ S/cm}$.

Pro4 Data						
Date	6/8/2023 1:15:00 PM					
Wafer ID	deneme1					
Wafer Lot	1					
Wafer Shape	Square					
Wafer Size (mm)	20					
Edge Exclusion (mm)	2					
Number of Points	4					
Current Used (mA)	0.5					
	Avg	Std Dev	1-Sigma	Min	Max	
Rs (Ohm/sq)	33.810909	1.001184	2.961126	32.652988	35.332615	
Res (Ohm-cm)	0.000101	0.000003	2.961123	0.000098	0.000106	
Thk (um)	0.03	0	0	0.03	0.03	
V/I	8.507339	0.802505	8.433087	7.919732	8.889134	
Point	X	Y	Rs (ohm/sq)	Res (ohm-cm)	V/I	Thk (um)
1	0	0	34.007786	0.000102	8.889134	0.03
2	0	8	32.652988	0.000098	7.919732	0.03
3	6.928203	4	33.250244	0.0001	8.055248	0.03
4	6.928203	4	35.332615	0.000106	8.165244	0.03

In conclusion, due to smooth thin film morphology and high conductivity NiO_x may be evaluated as a hole transporting material perovskite solar cells. Overall, this study advances knowledge of the morphological and electrical characteristics of NiO_x and highlights the material's potential for cutting-edge electronics. The fascinating characteristics of NiO_x can be taken advantage of through more investigation and optimization work to create high-performance electronic devices used in a variety of applications.

FİZİK BÖLÜMÜ

TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMİNİN DOZİMETRİK YAPRAK ARALIĞI PARAMETRESİNİN FARKLI DENEY DÜZENEKLERİ İLE ÖLÇÜLMESİ

Gülsiye ACAR 18022052

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Macide CANTÜRK RODOP

ÖZET

Kanser ile mücadelede etkin tedavi yöntemlerinden birisi olan radyoterapi tedavisi tekniklerinden yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART-IMRT) ve yoğunluk ayarlı ark terapisi (YAAT-VMAT) modaliteleri, radyasyon dozu hızı, gantri dönüşü ve çok yapraklı kolimatör gibi tedavi parametrelerinin bilgisayar algoritmaları yardımı ile ayarlanarak uygulanması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kanser hücresine verilmek istenen radyasyon dozunun hesabı bu bilgisayar algoritmaları ile tedavi planlama sistemi (TPS) denilen iş istasyonlarında gerçekleştirilir. TPS’de bulunan bu algoritmaların radyasyon dozunu doğru hesaplayabilmesi için tedavi esnasında kullanılacak lineer hızlandırıcı cihazının mevcut TPS’de modellenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Varian Truebeam lineer hızlandırıcı cihazının Eclipse TPS’inde modellenmesi için gereken parametrelerden birisi olan “dozimetrik yaprak aralığı (Dosimetric Leaf Gap-DLG)” ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Varian firması tarafından belirlenen ölçüm yönteminin farklı deney düzenekleri ile gerçekleştirilmesi sonucunda oluşan değişimler incelenmiştir.

GİRİŞ

Kanserin etkili tedavi yollarından biri de radyoterapidir. Radyoterapide kanser hücrelerinin bölünmesini engellemek ya da onları öldürmek amacıyla iyonizan radyasyon kullanılır. Radyoterapi; brakiterapi ve eksternal radyoterapi olarak ikiye ayrılır. Eksternal radyoterapinin amacı, hedef volüm içindeki tümör hücrelerini yok ederken, çevre risk altındaki sağlam dokuları korumaktır. Radyoterapide başarı oranı en yüksek seviyeyi yakalayabilmek için mutlaka çok iyi bir planlama ve tedavi tekniği gerekir. TPS’de bulunan algoritmaların radyasyon dozunu doğru hesaplayabilmesi için tedavi için kullanılacak lineer hızlandırıcı cihazının mevcut TPS’de modellenmesi gerekmektedir. Modelleme ise ilgili lineer hızlandırıcı cihazı üreticisi tarafından kullanılacak TPS için belirlenen dozimetrik ölçümlerin alınması ile gerçekleştirilir. Bu ölçümlerin doğru deney düzenekleri kurularak ölçülmesi bir diğer adıyla kalibrasyon yapılması, TPS sistemi algoritmalarının radyasyon dozunu doğru hesaplamasında önemli bir rol oynamaktadır. Varian firması tarafından belirlenen ölçüm yönteminin farklı deney düzenekleri ile gerçekleştirilmesi sonucunda oluşan değişimleri ortaya koymayı amaç edindiğimiz bu çalışmada katı su fantomunda alınmış olan ölçümler farklı derinlikte 3 adet farklı iyon odası kullanılarak ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları tabloda belirtilmiştir.

BULGULAR

Open Field	1.1707 HC	17.073 HC	Gap (g)	Moving Gap (R _g)	Contribution of Transmitted Dose to Moving Gap (R _g)	Corrected Gap (R _g)
Transion A (Leaf Bank A is Closed)	0.228 HC	0.228 HC	2 mm	0.1707 HC	0.0580 HC	0.1649 HC
Transion B (Leaf Bank B is Closed)	0.228 HC	0.228 HC	4 mm	0.1620 HC	0.0664 HC	0.1556 HC
Average Transion A + B (Mean Value of A&B)	0.228 HC	0.228 HC	6 mm	0.1533 HC	0.0748 HC	0.1485 HC
Moving Gap of 2 mm (R _g)	0.1707 HC	0.1707 HC	8 mm	0.1446 HC	0.0832 HC	0.1394 HC
Moving Gap of 4 mm (R _g)	0.1620 HC	0.1620 HC	10 mm	0.1359 HC	0.0916 HC	0.1302 HC
Moving Gap of 6 mm (R _g)	0.1533 HC	0.1533 HC	12 mm	0.1272 HC	0.0999 HC	0.1210 HC
Moving Gap of 8 mm (R _g)	0.1446 HC	0.1446 HC	14 mm	0.1185 HC	0.1083 HC	0.1118 HC
Moving Gap of 10 mm (R _g)	0.1359 HC	0.1359 HC	16 mm	0.1098 HC	0.1166 HC	0.1026 HC
Moving Gap of 12 mm (R _g)	0.1272 HC	0.1272 HC	18 mm	0.1011 HC	0.1250 HC	0.0934 HC
Moving Gap of 14 mm (R _g)	0.1185 HC	0.1185 HC	20 mm	0.0924 HC	0.1333 HC	0.0842 HC

Tablo 1: IBA FC65p (0.65cc Hacimli) 5 cm Derinlikteki İyon Odası



Şekil 5: IBA Dose 1 Elektrometre

HEDEF – YÖNTEM

Dozimetrik yaprak mesafesi, radyoterapi tedavisinde kullanılan hareketli metal yaprakların radyasyon kaynağına olan uzaklığını ifade eder. Bu yapraklar, tedavi sırasında radyasyonun istenilen bölgeye yönlendirilmesini sağlamak için kullanılır. Yapmış olduğumuz çalışmada hedefimiz bu ölçümü farklı derinliklerde farklı iyon odalarıyla yapmak ve arasındaki farkı incelemek olmuştur. Bu hedefe ulaşırken izlediğimiz yöntem deney sırasında kullanmış olduğumuz Varian firmasının Eclipse TPS sistemi için hazırlanmış olduğu yönergelerdir. Bu prosedür, temel Dozimetrik Yaprak Mesafesini (DLG) belirleme yöntemlerinden birini açıklamaktadır. Deneyler sırasında hata payının düşük olması için dedektör ve ölçüm cihazının hazır olmasına, dedektörü referans geometrisinde konumlandırmaya ve dedektörün de elektron kontaminasyon derinliğinden daha derinde olduğuna özellikle dikkat edilmiştir. İzlemiş olduğumuz bu adımlar sonucunda ve alınan ölçümler doğrultusunda hesaplamamız şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

Open Field	2.437 HC	2.438 HC	Gap (g)	Moving Gap (R _g)	Contribution of Transmitted Dose to Moving Gap (R _g)	Corrected Gap (R _g)
Transion A (Leaf Bank A is Closed)	0.458 HC	0.458 HC	2 mm	0.3889 HC	0.0691 HC	0.3798 HC
Transion B (Leaf Bank B is Closed)	0.458 HC	0.458 HC	4 mm	0.3798 HC	0.0782 HC	0.3716 HC
Average Transion A + B (Mean Value of A&B)	0.458 HC	0.458 HC	6 mm	0.3707 HC	0.0873 HC	0.3634 HC
Moving Gap of 2 mm (R _g)	0.3889 HC	0.3889 HC	8 mm	0.3616 HC	0.0964 HC	0.3552 HC
Moving Gap of 4 mm (R _g)	0.3798 HC	0.3798 HC	10 mm	0.3525 HC	0.1055 HC	0.3490 HC
Moving Gap of 6 mm (R _g)	0.3707 HC	0.3707 HC	12 mm	0.3434 HC	0.1146 HC	0.3428 HC
Moving Gap of 8 mm (R _g)	0.3616 HC	0.3616 HC	14 mm	0.3343 HC	0.1237 HC	0.3366 HC
Moving Gap of 10 mm (R _g)	0.3525 HC	0.3525 HC	16 mm	0.3252 HC	0.1328 HC	0.3304 HC
Moving Gap of 12 mm (R _g)	0.3434 HC	0.3434 HC	18 mm	0.3161 HC	0.1419 HC	0.3242 HC
Moving Gap of 14 mm (R _g)	0.3343 HC	0.3343 HC	20 mm	0.3070 HC	0.1510 HC	0.3180 HC

Tablo 2: IBA FC65p (0.65cc Hacimli) 10 cm Derinlikteki İyon Odası



Şekil 6: İyon Odası

1- Ortalama MLC yaprak iletiminin mesafe okumasına olan katkısını (R_{gT}) her bir mesafe g için hesaplanmıştır. İletimin mesafe okumasına olan katkısı şu şekilde tanımlanmıştır.

$$R_{gT} = R_{(T)} \cdot (1 - g[\text{mm}]/120[\text{mm}])$$

2- Her bir mesafe g için düzeltilmiş mesafe okuması hesaplanmıştır. Düzeltme yapılmış mesafe, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R_{g'} = R_g - R_{gT}$$

Verilen boşluk boyutu g ve düzeltilmiş mesafe okuması R_{g'} tarafından belirlenen noktalara

$$g(R_{g'}) = aR_{g'} + b$$

şeklinde bir doğrusal fonksiyona uygun hale getirilmiştir. Uygun fonksiyonun kesim noktası olan b kaydedilmiştir. Ayrıca b'nin mutlak değeri, Dozimetrik Yaprak Mesafesini temsil etmektedir.

Open Field	0.1889 HC	0.1889 HC	Gap (g)	Moving Gap (R _g)	Contribution of Transmitted Dose to Moving Gap (R _g)	Corrected Gap (R _g)
Transion A (Leaf Bank A is Closed)	0.0440 HC	0.0440 HC	2 mm	0.1449 HC	0.0440 HC	0.1009 HC
Transion B (Leaf Bank B is Closed)	0.0440 HC	0.0440 HC	4 mm	0.1358 HC	0.0531 HC	0.1027 HC
Average Transion A + B (Mean Value of A&B)	0.0440 HC	0.0440 HC	6 mm	0.1267 HC	0.0622 HC	0.1045 HC
Moving Gap of 2 mm (R _g)	0.1449 HC	0.1449 HC	8 mm	0.1176 HC	0.0713 HC	0.1063 HC
Moving Gap of 4 mm (R _g)	0.1358 HC	0.1358 HC	10 mm	0.1085 HC	0.0804 HC	0.1081 HC
Moving Gap of 6 mm (R _g)	0.1267 HC	0.1267 HC	12 mm	0.0994 HC	0.0895 HC	0.1099 HC
Moving Gap of 8 mm (R _g)	0.1176 HC	0.1176 HC	14 mm	0.0903 HC	0.0986 HC	0.1117 HC
Moving Gap of 10 mm (R _g)	0.1085 HC	0.1085 HC	16 mm	0.0812 HC	0.1077 HC	0.1135 HC
Moving Gap of 12 mm (R _g)	0.0994 HC	0.0994 HC	18 mm	0.0721 HC	0.1168 HC	0.1153 HC
Moving Gap of 14 mm (R _g)	0.0903 HC	0.0903 HC	20 mm	0.0630 HC	0.1259 HC	0.1171 HC

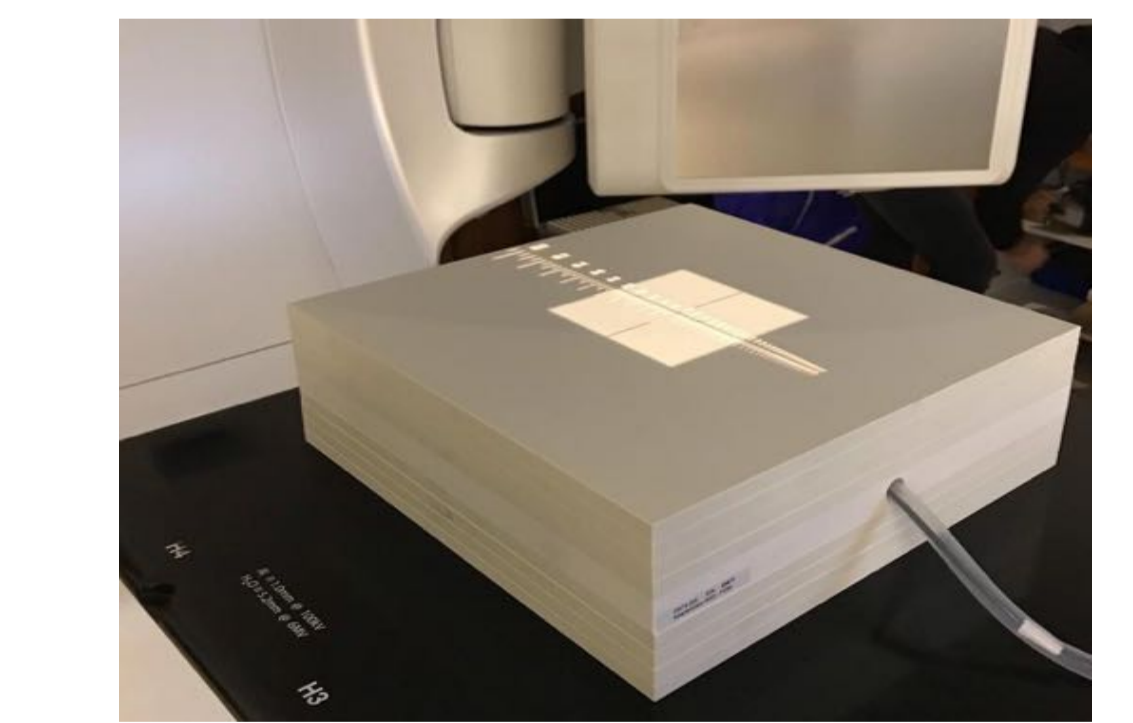
Tablo 3: IBA CC13 (0.3cc Hacimli) 5 cm Derinlikteki İyon Odası



Şekil 7: IBA Katı Su Fantomları

Open Field	2.437 HC	2.438 HC	Gap (g)	Moving Gap (R _g)	Contribution of Transmitted Dose to Moving Gap (R _g)	Corrected Gap (R _g)
Transion A (Leaf Bank A is Closed)	0.458 HC	0.458 HC	2 mm	0.3889 HC	0.0691 HC	0.3798 HC
Transion B (Leaf Bank B is Closed)	0.458 HC	0.458 HC	4 mm	0.3798 HC	0.0782 HC	0.3716 HC
Average Transion A + B (Mean Value of A&B)	0.458 HC	0.458 HC	6 mm	0.3707 HC	0.0873 HC	0.3634 HC
Moving Gap of 2 mm (R _g)	0.3889 HC	0.3889 HC	8 mm	0.3616 HC	0.0964 HC	0.3552 HC
Moving Gap of 4 mm (R _g)	0.3798 HC	0.3798 HC	10 mm	0.3525 HC	0.1055 HC	0.3490 HC
Moving Gap of 6 mm (R _g)	0.3707 HC	0.3707 HC	12 mm	0.3434 HC	0.1146 HC	0.3428 HC
Moving Gap of 8 mm (R _g)	0.3616 HC	0.3616 HC	14 mm	0.3343 HC	0.1237 HC	0.3366 HC
Moving Gap of 10 mm (R _g)	0.3525 HC	0.3525 HC	16 mm	0.3252 HC	0.1328 HC	0.3304 HC
Moving Gap of 12 mm (R _g)	0.3434 HC	0.3434 HC	18 mm	0.3161 HC	0.1419 HC	0.3242 HC
Moving Gap of 14 mm (R _g)	0.3343 HC	0.3343 HC	20 mm	0.3070 HC	0.1510 HC	0.3180 HC

Tablo 4: IBA CC13 (0.3cc Hacimli) 10 cm Derinlikteki İyon Odası



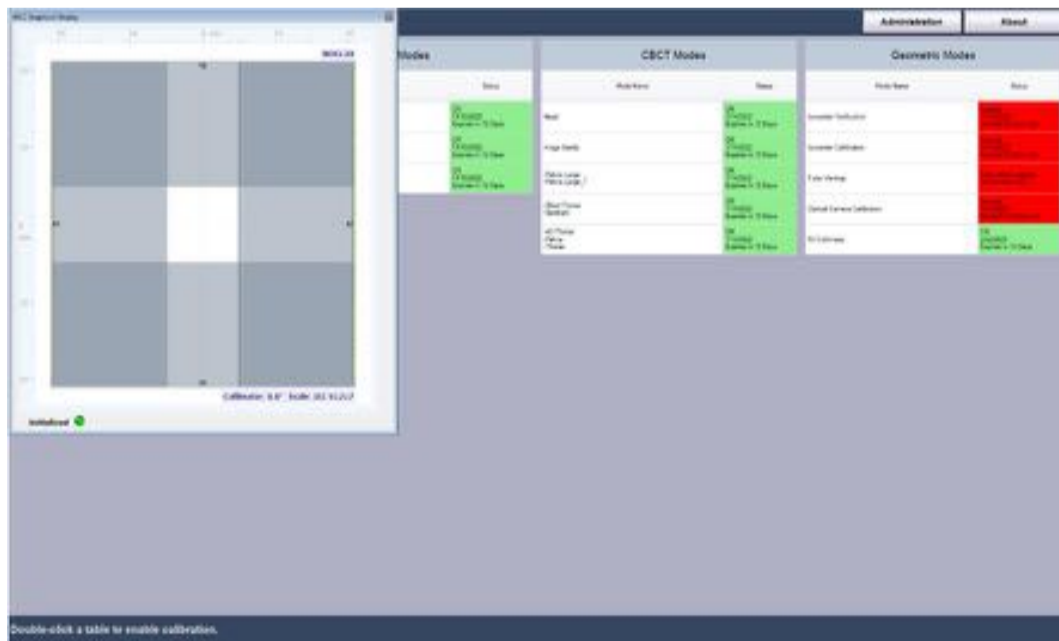
Şekil 8: Farklı derinliklerde ve Farklı İyon odaları ile alınan ölçümler

SONUÇ

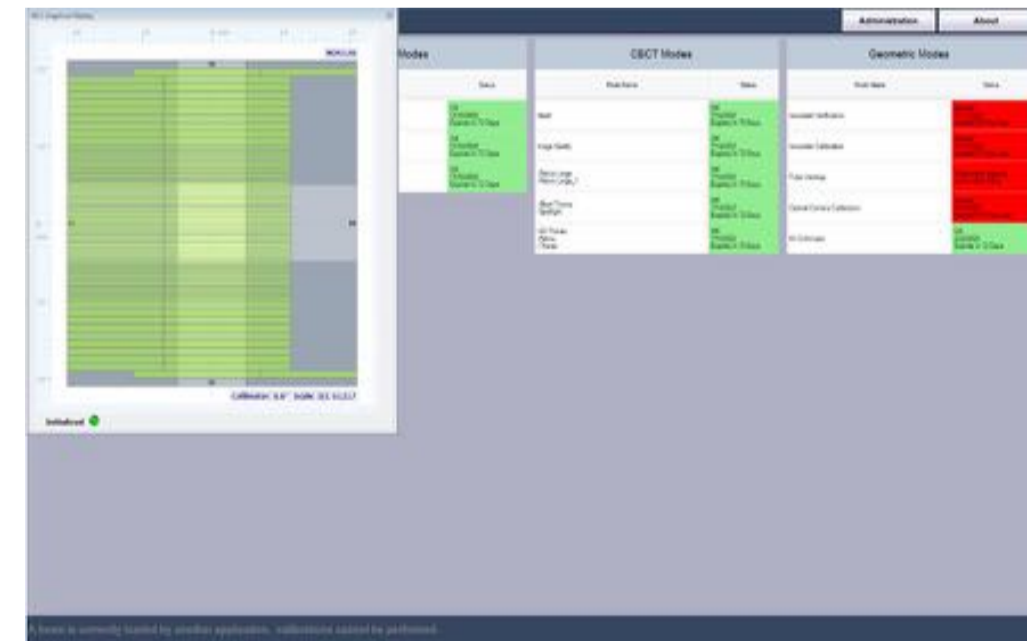
Bu çalışmada Varian cihazı kullanılmış olmasından dolayı tedavi planlama sistemi (TPS) olarak Eclipse kullanılmıştır. Eclipse, Varian Truebeam Lineer hızlandırıcı ile kullanılan bir Tedavi Planlama Sistemidir. DLG Eclipse planlama sisteminde tanımlanan bir dozimetrik parametredir. Bu nedenle DLG'nin RT tedavi planlamasında hasta dozunun doğruluğu açısından önemli büyüktür. Yukarıda katı su fantomundan alınmış olan ölçümler farklı derinlikte 3 adet iyon odası kullanılarak yapıldığında çıkan sonuçlar tablolarda verilmiştir. Varian firmasının DLG ölçümü için hazırlanmış olduğu yönergelerde ölçüm derinliği ve kullanılacak detektör konusunda net bir öneri bulunmamaktadır. Sonuçlara bakıldığında ise farklı düzenekler ile yapılan ölçümlerden çıkan sonuçlar farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu ölçümlerin Eclipse tedavi planlama sistemine ayrı ayrı girilerek gerçek ölçümlerle kıyaslanıp dozunu doğru hesaplatılması açısından optimizasyonunun yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

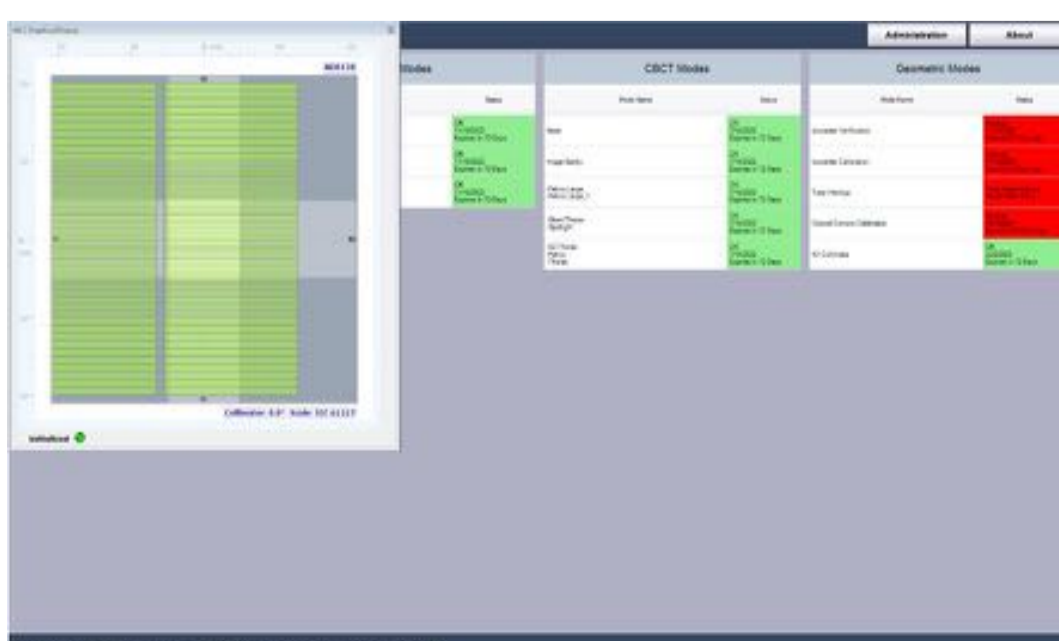
- [1] Hatice Bilge Becerir, Fadime Alkaya, Radyoterapi Fiziği, Haziran 2020.
- [2] Khan F.M, The Physics of Radiation Therapy 3rd ed, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, Chapter 4,38-50,Chapter 9, 60-170, Chapter 14, 300- 3009, 2003.
- [3] Bentel GC, Marks LB, Sher ouse GW et al. A customized head and neck support system. Int J Radiat Oncol Biol Phys; 32: 245-248, 1995.



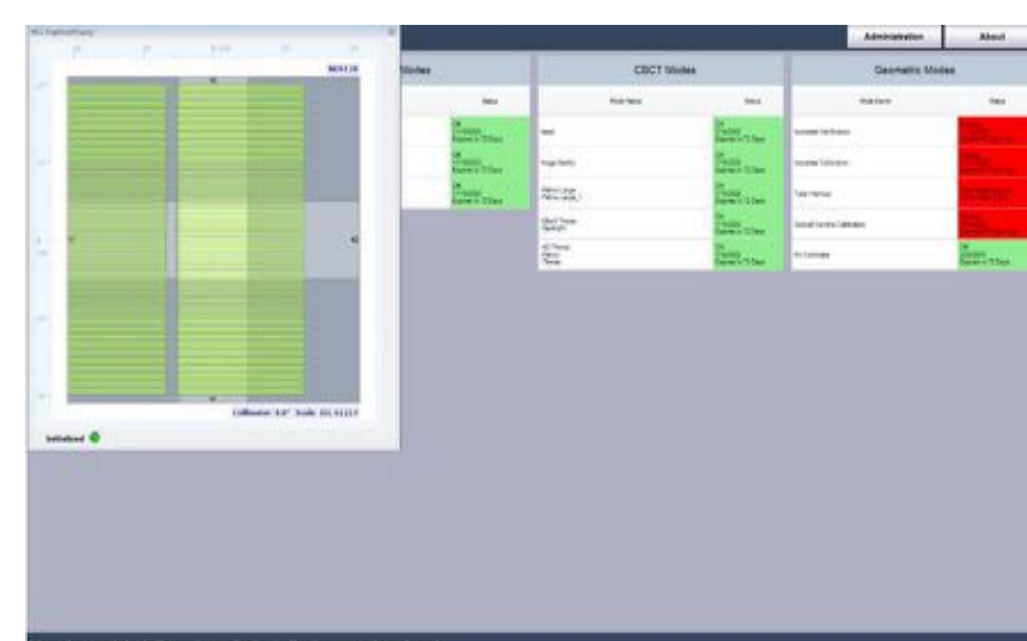
Şekil 1: Açık alan



Şekil 2: Trans Bank A



Şekil 3: 10 mm Dozimetrik Yaprak Aralığı



Şekil 4: 14 mm Dozimetrik Yaprak Aralığı

MCNP ile Kanser İlaçlarının Soğurulan Doza Etkisinin Araştırılması

Özet

Kanser tedavisinde çeşitli yollarla radyoaktif çekirdeklerden ve radyasyon teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Bazı hastalar sadece kemoterapi ile tedavi edilebilirken, diğerleri radyoterapiye ve bazen de ameliyata ihtiyaç duymaktadır. Işın tedavisi planlanırken hastanın kanser türü, tümör konumu, hacmi vb. çeşitli parametreler göz önünde bulundurularak gerekli doz miktarı belirlenir. Tedavi için gereken radyasyon dozu tek bir tedavi yöntemiyle uygulanabildiği gibi, farklı yöntemlerin senkronize uygulandığı tedavi planları da oluşturulmaktadır. Son zamanlarda kanser tedavisinde eş zamanlı kemoterapi ve radyoterapi uygulamaları giderek daha fazla tercih edilmekte ve başarılı tedavi oranını yükseltmektedir. Paralel yürütülen tedavilerin birbirine olan etkileri tedavinin seyrini önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Araştırmacılar, çevre dokuların alacağı dozu arttırmadan kanserli dokuda soğurulan dozu artırmak için enjekte edilebilecek nano parçacıklar üzerine çalışmalarını sürdürmektedirler. Ortamda bulunan maddelerin soğurulan doza etki ediyor oluşu bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Bu çalışma, kanser tedavisinde kullanılan ilaçların radyasyonla etkileşimi sonucunda dokuda soğurulan doza olan etkilerini incelemektedir. Farklı kanser türlerinin tedavisinde kullanılan Tadocele, Fluro-5, Erbitux, Carboplatin, Temodal, Tamoxifen, Endoksan ve Oxaliplatin olmak üzere 8 farklı ilacı içeren dokuların 5-125 KeV enerji aralığında soğurulan dozları ve doz artış oranları belirlenmiştir. Bu sonuçlar Monte Carlo N Particle Transport Code (MCNP 6.2) simülasyon programı kullanılarak tayin edilmiştir. Simülasyonlar sonucunda incelenen ilaçlardan Oxaliplatin ve Carboplatin'in diğer ilaçlara kıyasla çok yüksek doz artış oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hastaların doz planlamaları oluşturulurken ortamda bulunan maddelerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

Giriş

Günümüzde temiz enerjiden medikal uygulamalara çeşitli alanlarda radyasyon teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Radyasyon teknolojileri zararlarıyla ilgili kaygıların yanı sıra kontrollü kullanıldığı takdirde emsalsiz çözümler sunmaktadır. Kanser tanı ve tedavisi de radyasyonun uygulama alanlarının başında gelmektedir (Jayant S Vaidya 2021).

Işın tedavilerinde uygulanacak radyasyon dozunun miktarı çok önemlidir. Yetersiz doz tümörü tahrip ya da tedavi edemeyeceği gibi, aşırı radyasyon dozu da sağlıklı hücreleri öldürerek yeni hastalıklara ve hatta ölüme sebep olabilir (Niloofar Azadegan 2021). Işınlama tedavilerinin ana odak noktası, çevredeki sağlıklı dokuya minimum düzeyde hasar vererek hastalıklı bölgeye doğru doz miktarını uygulamaktır (Anne W. Lee 2019).

Literatürde, uygulanan radyasyon dozunu artırmak amacıyla tümöre nano partikül katkılama yönelik birçok deneysel ve teorik çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda MCNP simülasyonu başta olmak üzere, çeşitli bilgisayar simülasyonlarına başvurulmuştur. Lechtman vd. , altın nanopartiküller kullanarak radyosensitizasyonun ışınlama enerjisi, nano parçacık boyutu, konsantrasyon ve hücre içi lokalizasyon ile büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir (Lechtman vd. 2013). Bayram Bilmez vd. spinel feritlerin doz artırıcı etkilerini ve soğurulan dozun partikül boyutuyla ilişkisini incelemiştir (Bayram Bilmez vd. 2022).

Kanserli dokuya madde katılanması ile soğurulan dozun artırılmasına yönelik çalışmalardan da görülebileceği gibi, ortamda bulunan maddelerin soğurulan doza etki ediyor oluşu bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Işın tedavisi gören hastaların aynı zamanda kanser ilaçlarını kullanma olasılığı çok yüksek olmasına rağmen, kanser tedavisinde kullanılan bu sekiz ilacın radyasyon dozuna etkisini araştıran herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada literatürdeki bu eksikliği gidermek ve kanser tedavisi planlanırken dikkat edilmesi gereken farklı bir noktayı ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Hastaların doz planlamaları oluşturulurken dokuda bulunan ilaçların soğurulan doza artırıcı veya azaltıcı etkisi olup olmadığının belirlenmesi bu çalışmanın ana hedefidir.

Materyal ve Yöntem

Farklı kanser türlerinin tedavisinde kullanılan Tadocele, Fluro-5, Erbitux, Carboplatin, Temodal, Tamoxifen, Endoksan ve Oxaliplatin olmak üzere 8 farklı ilacın 5-125 KeV enerji aralığında soğurulan dozları ve doz artış oranları araştırılmıştır. Tablo 1'de doza etkisi incelenen ilaçların element konsantrasyonları ve yoğunlukları verilmiştir.

Monte Carlo Yöntemi, temelde rastgele sayılar üreterek doğal süreçleri taklit etmeye yarayan stokastik bir simülasyon yöntemidir. Pozitif bilimlerden sosyal bilimlere çok geniş bir yelpazede araştırmacıların ihtiyaçlarını karşılayan bu yöntemin üzerine kurulu çeşitli simülasyon programları bulunmaktadır. MCNP, Fluka ve Geant4 bu programların pozitif bilimlerde sıklıkla tercih edilenlerindendir (M.G Stabin 2003).

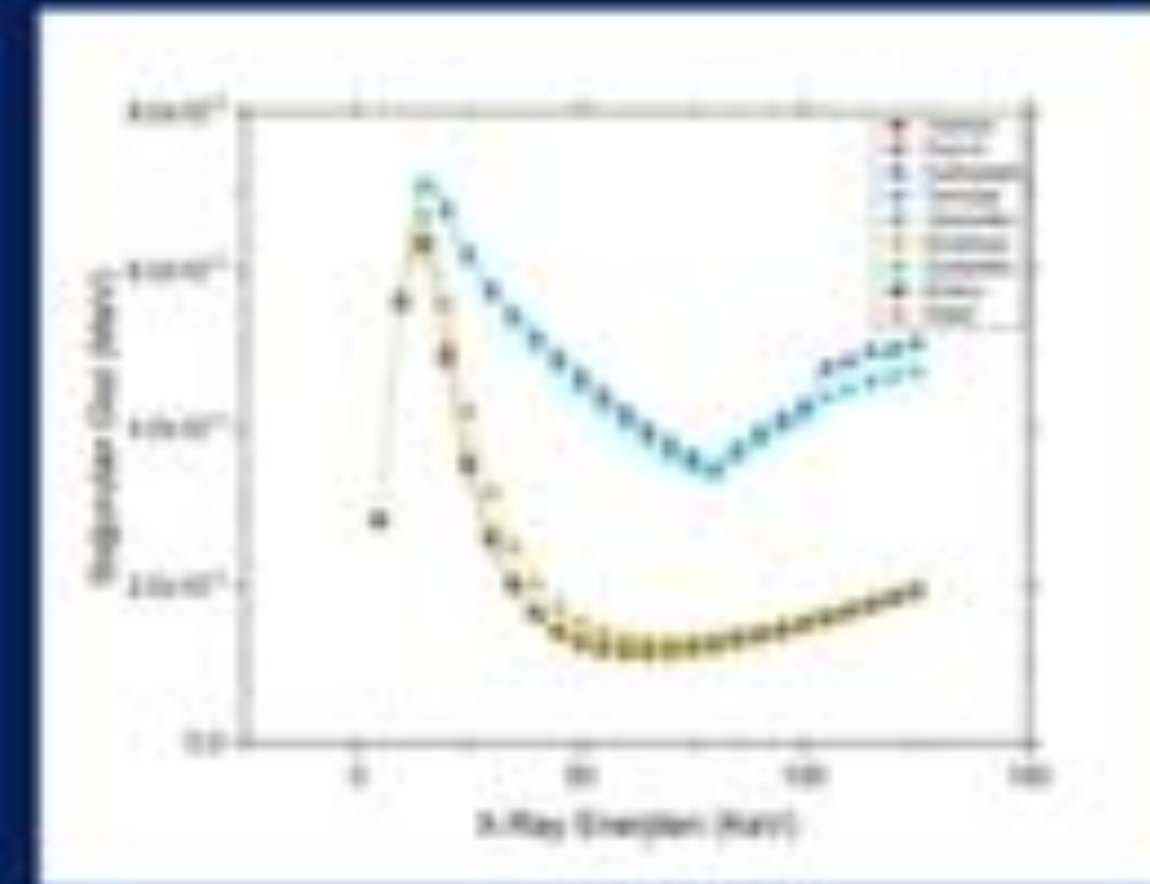
Nükleer etkileşimlerin incelendiği çalışmalarda ihtiyaca göre kurgulanabilen Monte Carlo N Particle (MCNP); geniş bir fonksiyon spektrumuna sahip olup, bu çalışmada hücrede soğurulan dozu tayin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 1'de MCNP'de kullanılan simülasyon geometrisi verilmektedir.

Tablo 1 : İlaçların yoğunlukları ve element konsantrasyonları

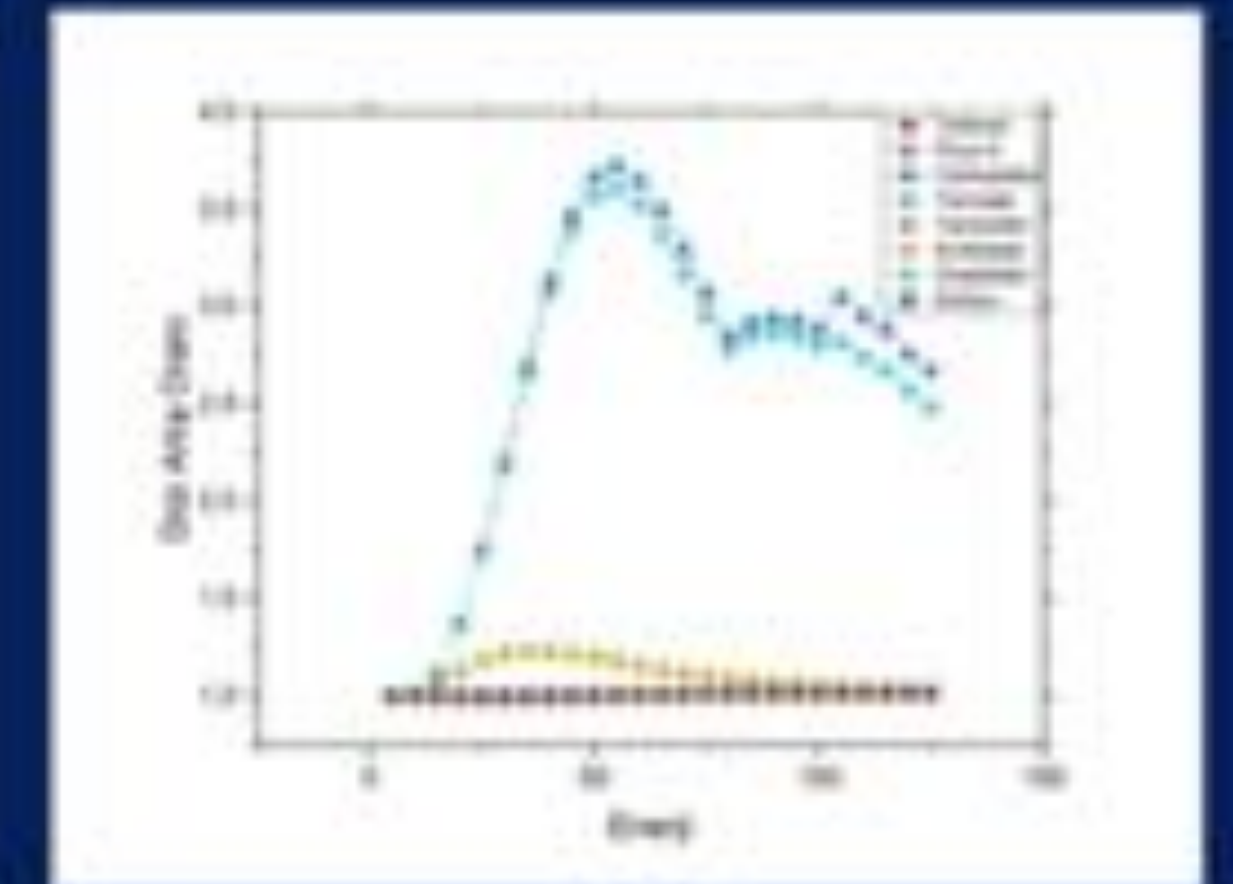
Element	Tadocele	Fluro-5	Erbitux	Carboplatin	Temodal	Tamoxifen	Endoksan	Oxaliplatin
C	61.92	36.93	66.12	19.41	17.11	14.38	32.20	24.18
H	6.61	2.32	6.34	3.29	3.11	22.24	5.79	3.59
N	1.73	21.53	3.50	7.94	43.28	10.68	10.72	7.05
O	27.72	24.59	22.02	17.20	16.48	12.18	12.29	16.10
F	-	14.60	-	-	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-	-	-	27.18	-
P	-	-	-	-	-	-	11.86	-
Pt	-	-	-	52.54	-	-	-	49.10
Yoğunluk (g/cm ³)	1.37	1.45	1.39	1.40	1.97	1.31	1.33	1.40

Kaynakça

- [1] Principles of cancer treatment by radiotherapy (Jayant S Vaidya 2021) - <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.02.002>
- [2] Calculation of secondary radiation absorbed doses due to the proton therapy on breast cancer using MCNPX code (Niloofar Azadegan 2021) - <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109427>
- [3] International Guideline on Dose Prioritization and Acceptance Criteria in Radiation Therapy Planning for Nasopharyngeal Carcinoma (Anne W. Lee 2019) - <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2019.06.2540>
- [4] A Monte Carlo-based model of gold nanoparticle radiosensitization accounting for increased radiobiological effectiveness (Lechtman vd. 2013) - <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/58/10/3075>
- [5] Monte Carlo study on size-dependent radiation enhancement effects of spinel ferrite nanoparticles (Bayram Bilmez vd. 2022) - <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110364>
- [6] Developments in the internal dosimetry of radiopharmaceuticals (M.G. Stabin 2003) - <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006306>
- [7] Gamma photon protection properties of some cancer drugs for medical applications (N. Y. Yorgun vd. 2019) - <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.02.086>



Şekil 2: Soğurulan Doz Değerleri



Şekil 3: Doz Artış Oranları

Bulgular ve Tartışma

Simülasyonlar bir tümör fantomu içerisinde homojen dağılmış halde ilaçları içeren mikro hücreler üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlaçların yoğunlukları, sahip oldukları element dağılımları sebebiyle birbirinden farklı olmasına rağmen, tümör fantomu içerisindeki ilaç konsantrasyonu 5 mg/cm³ olacak şekilde tüm ilaçlarda sabit konsantrasyonda çalışılmıştır. Şekil 2'de ilaç içeren tümör fantomlarının soğurduğu doz değerleri gösterilmektedir. Soğurulan doz grafiğindeki değerler simülasyon konfigürasyonuna (kaynak enerjisi, ışınlama akısı, hedefin yüzey alanı, yoğunluğu, mesafe vb.) göre değişkenlik gösterebilir fakat tüm konfigürasyonlar için ilgili enerji bölgesinde grafikteki eğrilerin davranışı benzer olacaktır. Bazı ilaçlarda yaklaşık 15 keV'den itibaren soğurulan doz değerlerinin arasındaki farkların yükseldiği görüldüğü de, doz artış oranları kanser ilaçlarının soğurulan doz ile ilişkisini daha açıkça gösterebilir. Şekil 3'te ilaçların farklı enerji düzeylerinde sahip oldukları doz artış oranları verilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda Oxaliplatin veya Carboplatin ilaçlarını içeren dokularda yaklaşık %275'e kadar, Endoksan içerenlerde ise yaklaşık %25'e kadar doz artış oranları gözlenmiştir. Yüksek doz artış oranı gözlemlenen iki ilaç da Platin elementini içermektedir. Bu özellik bu iki ilacı incelenen diğer ilaçlardan ayıran en belirgin özelliklerden biridir.

Platin, ilaçların içerdiği diğer elementlere kıyasla yüksek atom numaralı olduğundan, X ışını bölgesinde daha yüksek fotoelektrik tesir kesitine sahiptir. Oxaliplatin ve Carboplatin'de elde edilen yüksek doz artış oranları, düşük enerji-yüksek atom numarası etkileşimi bölgesinde olduğundan doz artırıcı etki bu şekilde yorumlanabilir.

Simülasyonlar yüksek enerjili fotonlar ile gerçekleştirildiğinde ilaçların soğurulan doza etkisinin ihmal edilebilecek düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, kritik doz artırıcı etkiler düşük enerjili (X-ışını Bölgesi) fotonların kullanıldığı simülasyonlarda gözlenmiştir.

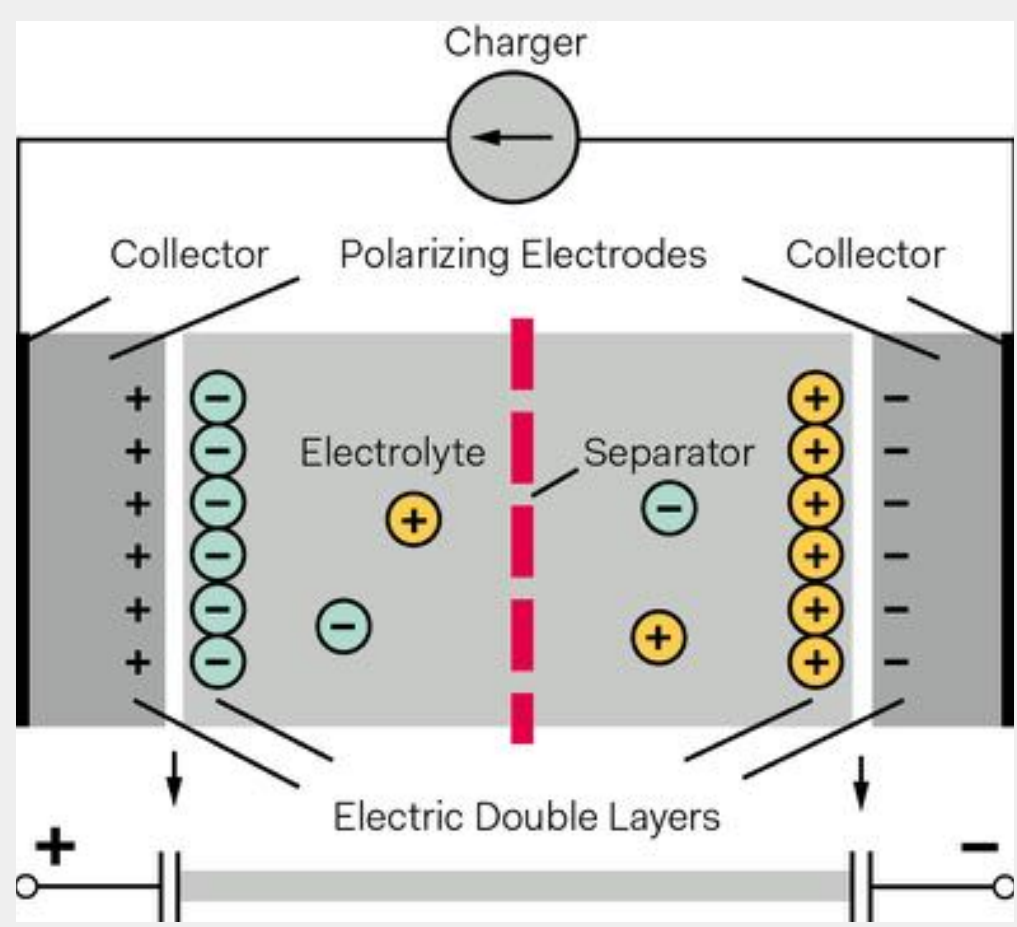
Sonuç ve Öneriler

Simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler göstermektedir ki tümörün içinde ya da etrafında kanser ilaçlarının varlığı soğurulan doza etki edebilmektedir. Tedavi planı hazırlanırken radyoterapi alacak hastaların kullandığı ilaçların da göz önünde bulundurulması kritik bir öneme sahiptir. Tedavinin aksamaması ve farklı olumsuz sonuçlara sebep olmaması için medikal alandaki araştırmacıların da katılımıyla daha kapsamlı çalışmalar yapılarak ilaç - soğurulan doz ilişkisi için düzeltme faktörleri elde edilebilir.

GİRİŞ

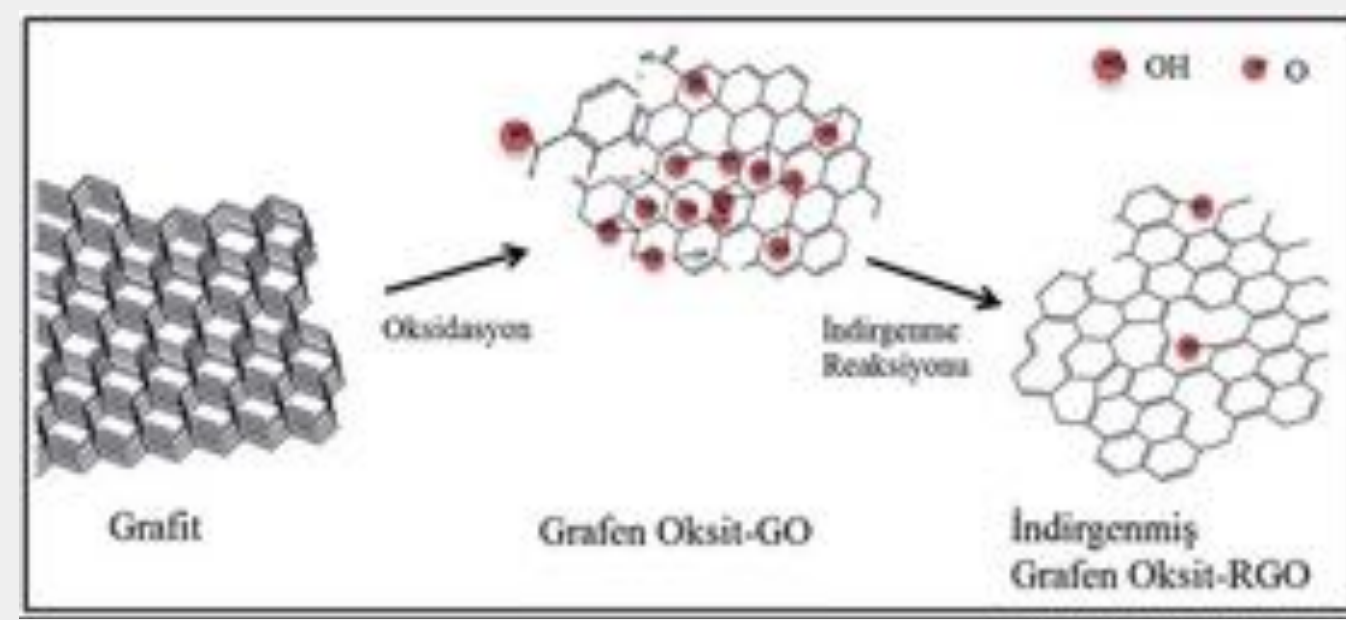
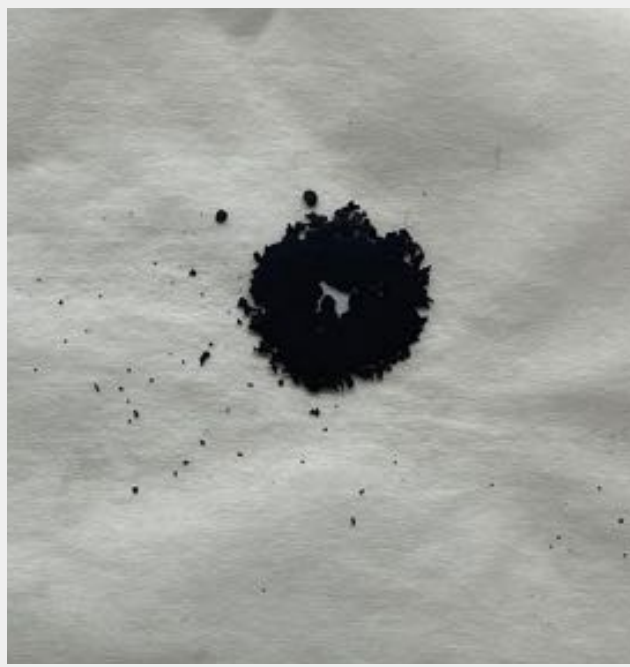
Elektrokimyasal kapasitör olarak da bilinen bir süper kapasitör, büyük miktarda elektrik enerjisini hızlı bir şekilde depolayabilen ve serbest bırakabilen bir tür enerji depolama cihazıdır. Süper kapasitörler, özel olarak tasarlanmış elektrotların yüzeyindeki elektrik yüklerinin ayrılmasıyla enerji depolar.

Süper kapasitörler yüksek güç yoğunlukları ile bilinir, bu da büyük miktarda elektrik enerjisini hızlı bir şekilde iletebilecekleri ve uzun çevrim ömürleri anlamına gelir, bu da depolama kapasitelerini kaybetmeden binlerce kez şarj edilip boşaltılabilecekleri anlamına gelir. Bu özellikler, elektrikli araçlar, yenilenebilir enerji sistemleri ve yedek güç kaynakları gibi çeşitli uygulamalarda kullanışlı olmalarını sağlar.



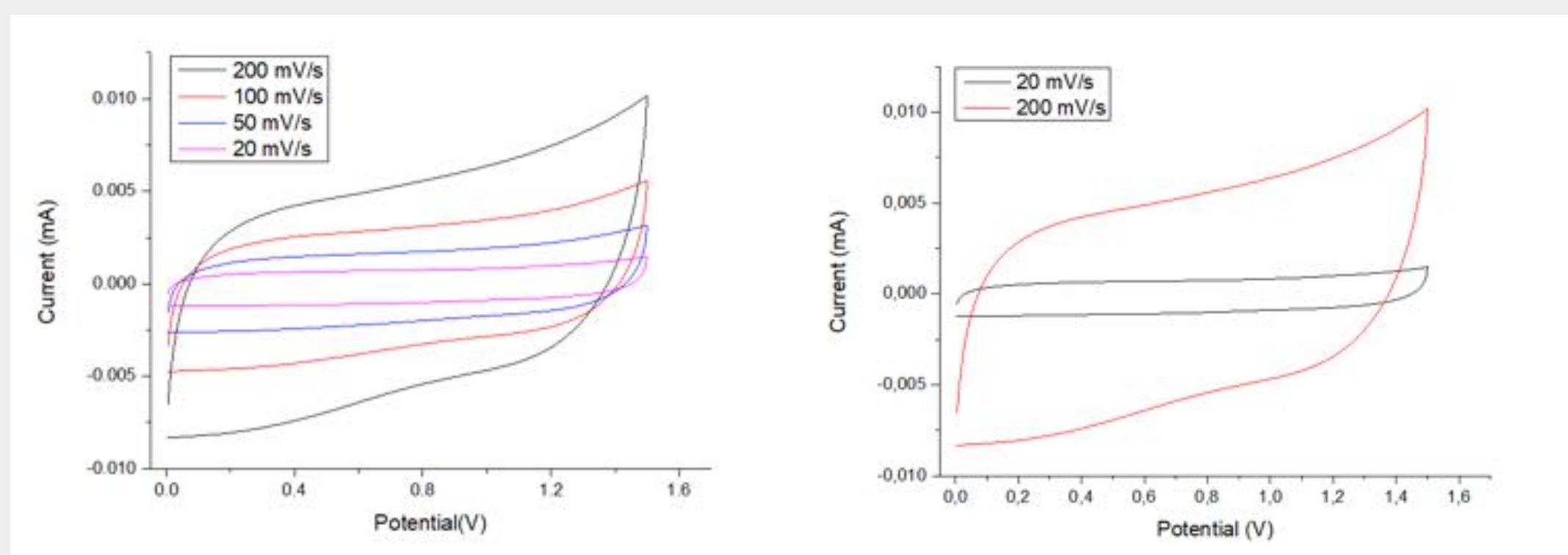
DENEY

Elektriksel biriktirme yöntemiyle elektrotlar %2'lik rGO ve 0.1 molarlık LiClO_4 ile kaplandı. 6 saatlik ısıtma işlemi sonrasında darbe ile rGO fazlalığından arındırıldı ve böylece daha gözenekli bir yapı elde edildi.



rGO, grafen oksit malzemesinin indirgenmesi yoluyla elde edilir. Bu işlem, grafen oksit malzemesinin kararlılığını artırarak, elektriksel ve termal iletkenliğini artırır ve mekanik özelliklerini iyileştirir.

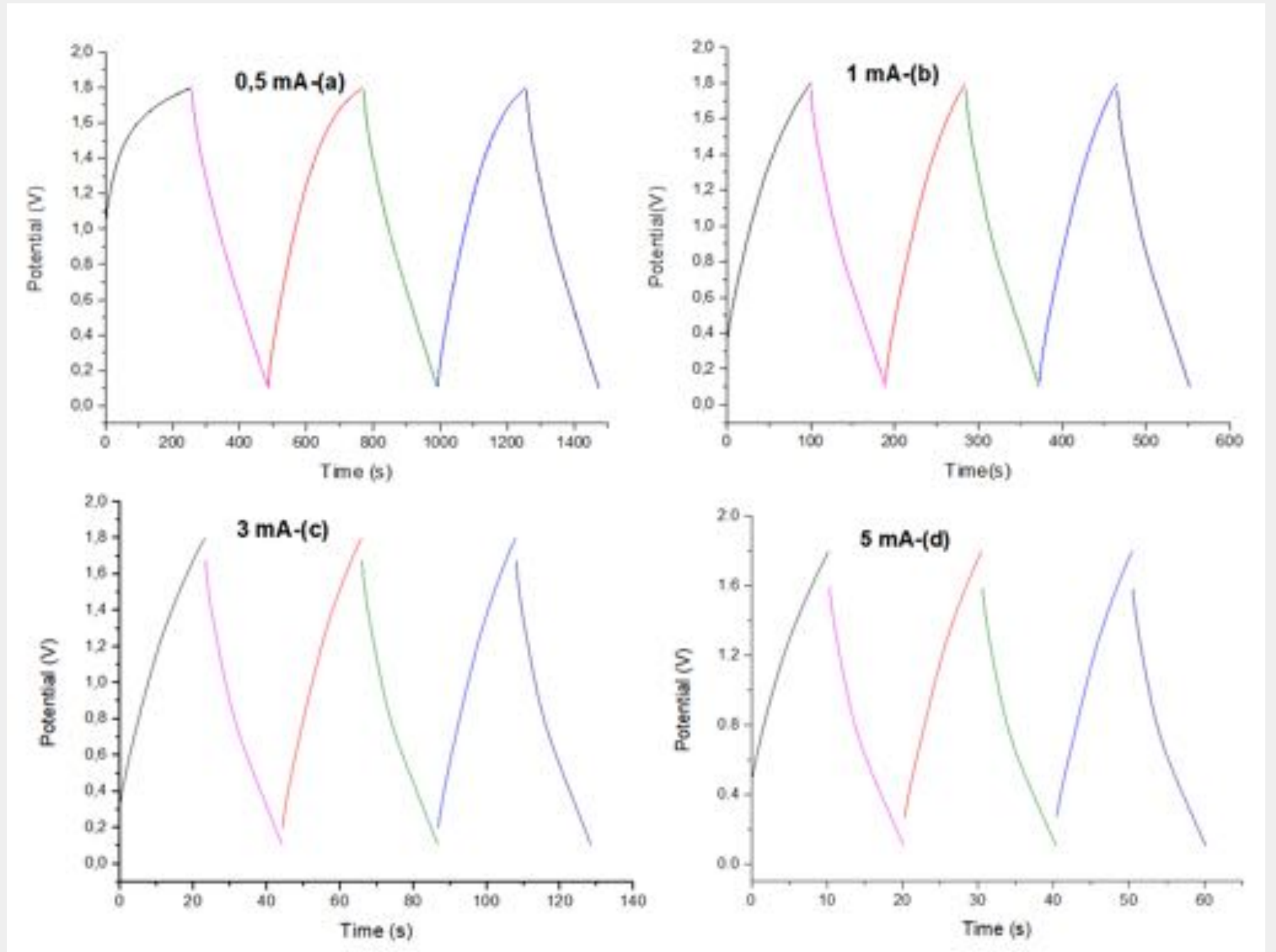
SONUÇ



Şekil 1. rGo'nun 200 mV/s, 100 mV/s, 50 mV/s ve 20 mV/s'deki CV eğrileri

Şekil 2. rGo'nun 200 mV/s ve 20 mV/s'deki CV eğrileri

CV (dönüşümlü voltametri) elektrokimyasal özellikleri analiz etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik, elektrot üzerindeki redoks reaksiyonlarının gerilim ve akım değişimleri arasındaki ilişkiyi ölçerek çalışır



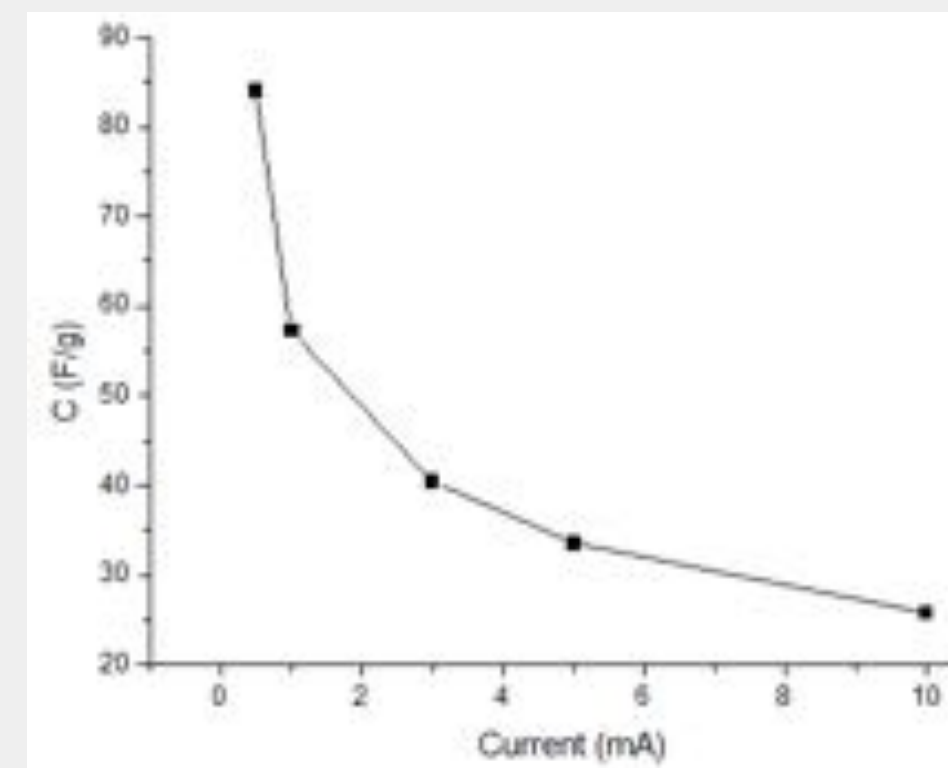
Şekil (a) rGo'nun 0.5 mA'de GCD eğrisi

Şekil (b) rGo'nun 1 mA'de GCD eğrisi

Şekil (c) rGo'nun 3 mA'de GCD eğrisi

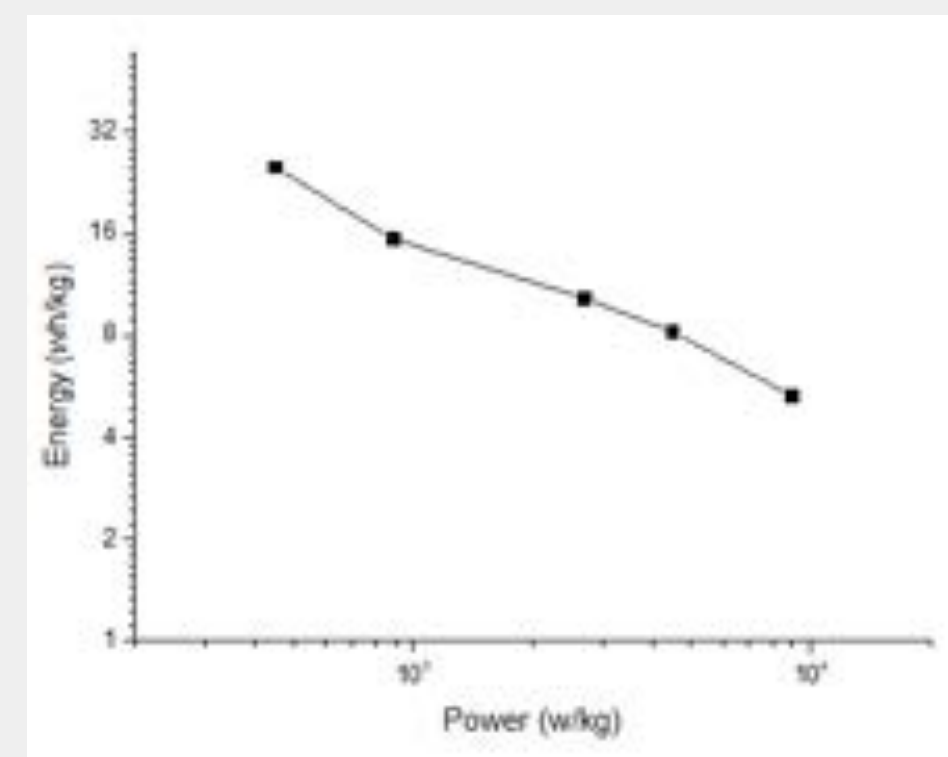
Şekil (d) rGo'nun 5 mA'de GCD eğrisi

GCD (Galvanostatik şarj-deşarj) elektrokimyasal enerji depolama cihazlarındaki elektrotların şarj vedeşarj işlemlerini kontrol etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik, sabit akım ile elektrotun şarj veyadeşarj edilmesi işlemidir.

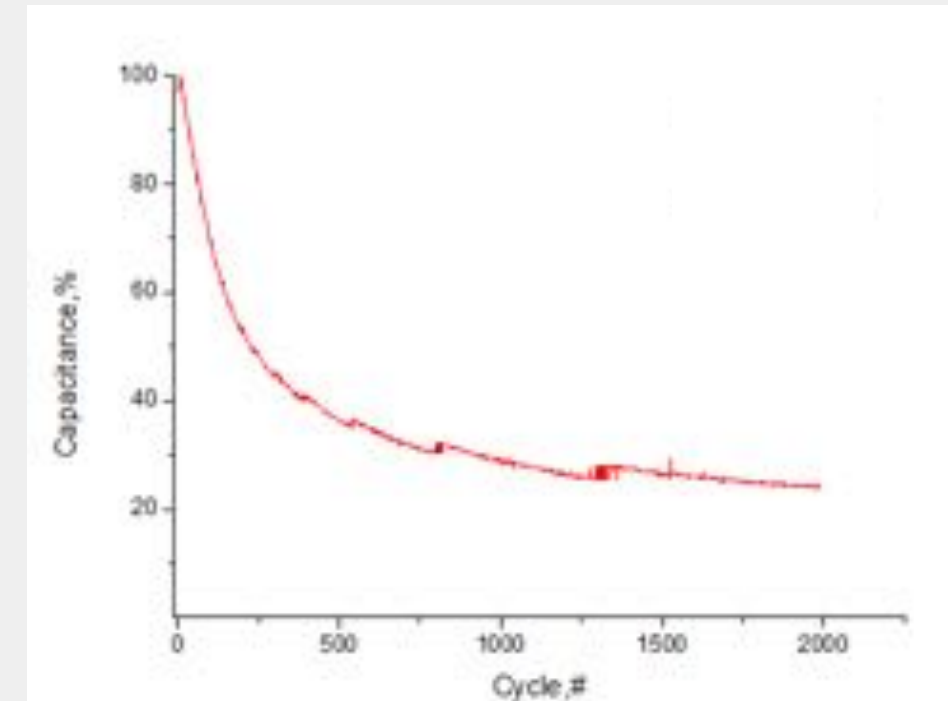
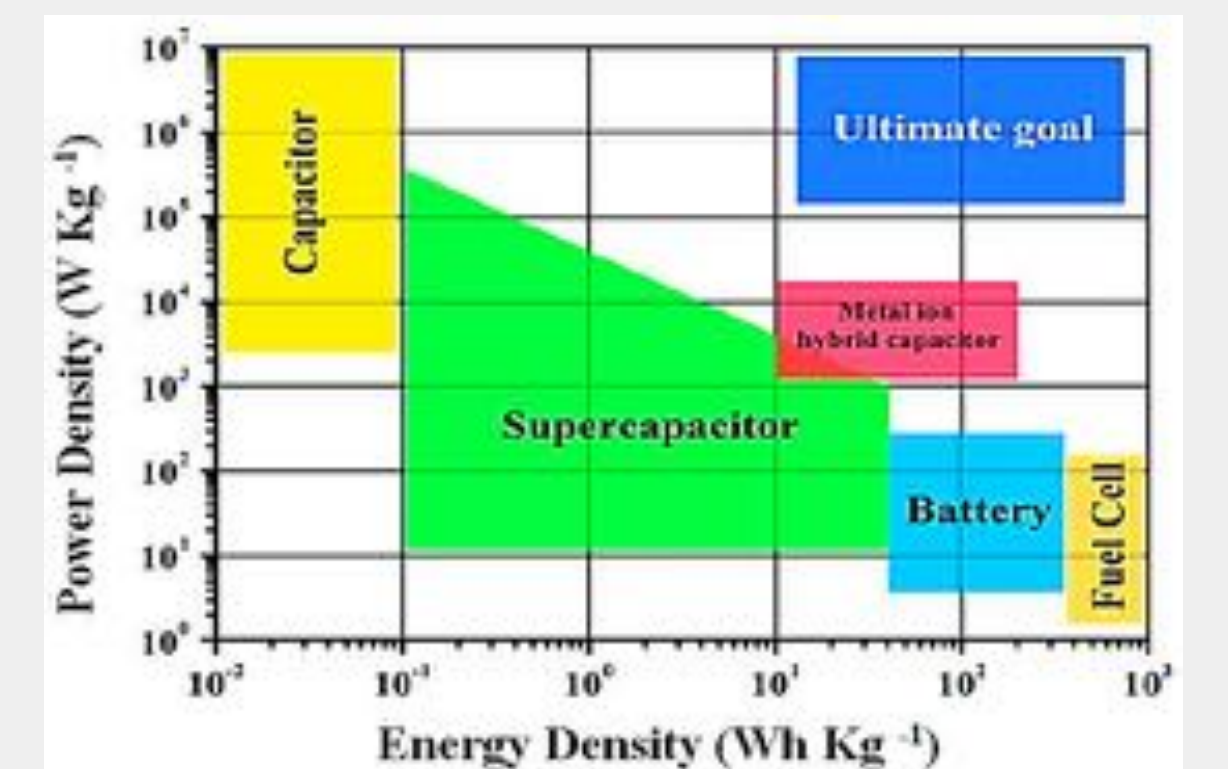


Şekil 3. rGo'nun 0.5, 1, 3, 5 ve 10 mA'deki spesifik kapasitansları

Bu şekilde 0.5, 1, 3, 5 mA akımlarındaki kapasitanslar verilmiştir. Bu grafiğe göre en düşük akımda yüksek kapasitans elde edilir.



Şekil 4. rGo'nun Enerji-Güç eğrisi



2000 döngülük bir şarj-deşarj analizi sonucunda bu grafik elde edilmiştir. Bu analize dayanarak şunlar söylenebilir; yaklaşık 250 devirde elektrodun başlangıç kapasitesinin dayanıklılığı uzun süre korunmasına rağmen belli bir sınırdan sonra hızla azaldı.

Bu çalışmada homojen kaplı elektrotlardan üretilmiş düğme yapıda bir süper kapasitör elde edilmiştir. Elde edilen verilerden hazırlanan elektrotlar, yüksek kapasite, kararlılık ve yüksek güç yoğunluğu sergilemektedir ve bu nedenle enerji depolama alanında kullanılabilir. Ayrıca, yüksek güç hücresi yoğunluğuna rağmen, anında güç iletimi gerektiren tüm sistemler için idealdir.

KAYNAKÇA

- Hao L, Li X, Zhi L. Carbonaceous electrode materials for supercapacitors. *Adv Mater.* 2013; 25(28): 3899-3904.
- R. Naresh Muthu, Sankara Sarma V. Tatipart Electrode and symmetric supercapacitor device performance of boron-incorporated reduced graphene oxide synthesized by electrochemical exfoliation. 17 Ocak 2020

ÖZET

Yapay Zeka, bilgisayar sistemlerine veya makinelerin insan benzeri zekaya sahip olması için tasarlanan teknolojilere verilen genel bir isimdir. Yapay zeka, insan düşünme ve problemleri çözme yeteneklerini taklit etmeye çalışır.

Yapay zeka, birçok farklı yöntem ve teknik içerebilir. "Fuzzy" veya "Bulanık Mantık", belirsizlik ve kesin olmayan bilgilerle çalışan bir matematiksel modeldir. Geleneksel matematikte, bir önermenin doğru veya yanlış olduğu net bir şekilde tanımlanırken, bulanık mantık, önermelerin kısmen doğru veya kısmen yanlış olabileceğini kabul eder. Bulanık mantık, gerçek dünyadaki belirsizliklerle başa çıkmak için kullanılır.

Bu çalışmada Yapay Zeka ve onun bir yöntemi olan "Fuzzy" kullanılmıştır. Viskoelastik malzemelerin basınç altında kırılma teorisinde Akbarov yöntemiyle elde edilen kritik teorik kırılma değerleri, MATLAB' de Fuzzy yöntemiyle elde edilen yapay zeka değerleri ile karşılaştırılmıştır.



YÖNTEM

"Fuzzy", kullanıldığı duruma bağlı olarak farklı anlamlara sahip olabilen bir terimdir. Yaygın olarak kullanılan yorumlardan bazıları şunlardır :

Fuzzy Logic : Bulanık mantık, belirsizlik veya belirsizlik altında akıl yürütme ve karar verme ile ilgilenen matematiksel bir mantıktır. İfadelere 0 ile 1 arasında doğruluk dereceleri atayarak kesin olmayan veya öznel bilgilerin temsiline izin verir.

Bir ifadenin doğru veya yanlış olduğu geleneksel ikili mantığın aksine, bulanık mantık kısmi gerçek kavramını barındırır.

Fuzzy Set Theory : Bulanık küme teorisi, klasik küme teorisini belirsizlik ve belirsizliği ele almak için genişleten matematiksel bir çerçevedir. Klasik küme teorisinde, bir eleman bir kümeye aittir veya ait değildir, ancak bulanık küme teorisinde üyelik, bir aidiyet derecesi olarak ifade edilir. Bu durum, belirsiz veya belirsizlik kavramlarının temsilini ve manipülasyonunu sağlar.

Akbarov Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışmada viskoelastik malzemelerin basınç altında kırılmasının Akbarov yöntemiyle elde edilen teorik değerleri aşağıdaki ilk bölümde ki tablolarda verilmiştir. İkinci bölümde ki tablolarda ise yapay zeka yöntemlerinden biri olan Fuzzy ile, elde edilmiş kritik değerlerin sonuçlarının, teorik değerlerle uyumu ve hata oranları gösterilmiştir.

Tablo 1

w= 0.5, a= -0.3, E= 50, n=0.2 durumunda p değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	p						
	0.18	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27
tcr.0	6.599	2.900	1.700	1.299	1.000	0.800	0.569
tcr.∞	6.300	2.799	1.649	1.269	1.000	0.800	0.569

Tablo 2

w=0.5, a= -0.3, E= 100, n= 0.2 durumunda p değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	p						
	0.22	0.23	0.24	0.31	0.36	0.38	0.42
tcr.0	1.450	1.200	0.970	0.270	0.115	8.39x10 ⁻²	3.50x10 ⁻²
tcr.∞	1.450	1.200	0.970	0.270	0.115	8.39x10 ⁻²	3.50x10 ⁻²

Tablo 3

w= 0.5, a= -0.3, p=0.28, n=0.2 durumunda E değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	E			
	50	100	150	200
tcr.0	0.490	0.469	0.449	0.400
tcr.∞	0.479	0.465	0.449	0.400

Tablo 4

a= -0.3, E= 100, p= 0.42, n= 0.2 durumunda w değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	w					
	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0
tcr.0	3.50x10 ⁻²	3.90x10 ⁻²	5.00x10 ⁻²	6.49x10 ⁻²	0.189	0.649
tcr.∞	3.50x10 ⁻²	3.90x10 ⁻²	4.89 x10 ⁻²	6.49x10 ⁻²	0.189	0.649

Tablo 5

w=1, E= 100, p= 0.45, n= 0.2 durumunda a değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	a			
	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1
tcr.0	9.999x10 ⁻⁵	3.800x10 ⁻³	1.400x10 ⁻²	3.200x10 ⁻²
tcr.∞	9.999x10 ⁻⁵	3.599x10 ⁻³	1.400x10 ⁻²	3.099x10 ⁻²

Tablo 6

w= 0.5, E= 100, p=0.32 durumunda a ve n değişiminin tcr. değerlerine etkisi

	a= -0.3		a= -0.5			a= -0.7		
	n		n			n		
	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	
tcr.0	0.10	0.209	2.50	7.5x10 ⁻²	0.170	4.90	2.3x10 ⁻²	8.8x10 ⁻²
tcr.∞	0.10	0.209	2.50	7.5x10 ⁻²	0.170	4.90	2.1x10 ⁻²	8.8x10 ⁻²

Fuzzy İle Elde Edilen Sonuçlar ve Hata Oranları

Tablo 1

Elde edilen sonuçlara %0 ile %7 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	p		
	0.20	0.23	0.24
tcr.0	131180	59080	45450
Fuzzy	141000	60000	46300
Hata oranı	%6.97	%1.56	%1.87
tcr.∞	12722	5772	4545
Fuzzy	13400	5770	4650
Hata oranı	%5.33	%0.03	%2.31

Tablo 2

Elde edilen sonuçlarla %0 ile %3 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	p		
	0.24	0.31	0.36
tcr.0	44090	12270	5220
Fuzzy	43700	12300	5250
Hata oranı	%0.89	%0.24	%0.57
tcr.∞	4409	1227	522
Fuzzy	4300	1230	522
Hata oranı	%2.53	%0.24	%0

Tablo 3

Elde edilen sonuçlarla %0 ile %4 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	E			
	50	100	150	200
tcr.0	22270	21313	20450	18180
Fuzzy	22900	21600	20700	18600
Hata oranı	%2.83	%1.35	%1.22	%2.31
tcr.∞	2191	2113	2045	1818
Fuzzy	2250	2130	2030	1850
Hata oranı	%3.16	%0.80	%0.74	%1.76

Akbarov Yöntemi

Akbarov yöntemi, çok kriterli hesaplamalı problemlerde kullanılan bir yöntem olup, farklı kriterlerin ve alternatiflerin performanslarını değerlendirerek optimal teorik sonuçlar elde etmeyi sağlar.

Tablo 4

Elde edilen sonuçlarla %0 ile %4 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	w		
	2.0	3.0	5.0
tcr.0	2268	2995	8630
Fuzzy	2270	2990	8540
Hata oranı	%0.09	%0.22	%1.05
tcr.∞	222.22	295	863
Fuzzy	214	302	854
Hata oranı	%3.84	%2.37	%1.05

Tablo 5

Elde edilen sonuçlarla %0 ile %8 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	a (alfa)					
	-0.5		-0.1			
	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.2
tcr.0	4540	9540	113630	3400	7720	222720
Fuzzy	4660	9700	108000	3400	6810	213000
Hata oranı	%2.64	%1.68	%5.21	%0	%13.36	%4.56
tcr.∞	454	954	11363	340	772	22272
Fuzzy	453	954	11100	350	772	21100
Hata oranı	%0.22	%0	%2.37	%2.94	%0	%5.55

Tablo 6

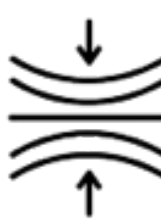
Elde edilen sonuçlarla %0 ile %14 hata oranında uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

	a= -0.3		a= -0.5			a= -0.7	
	n		n			n	
	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2
tcr.0	4540	9540	113630	3400	7720	222720	1040
Fuzzy	4660	9700	108000	3400	6810	213000	1040
Hata oranı	%2.64	%1.68	%5.21	%0	%13.36	%4.56	%0.76
tcr.∞	454	954	11363	340	772	22272	99.5
Fuzzy	453	954	11100	350	772	21100	102
Hata oranı	%0.22	%0	%2.37	%2.94	%0	%5.55	%2.51

Viskoelastisite

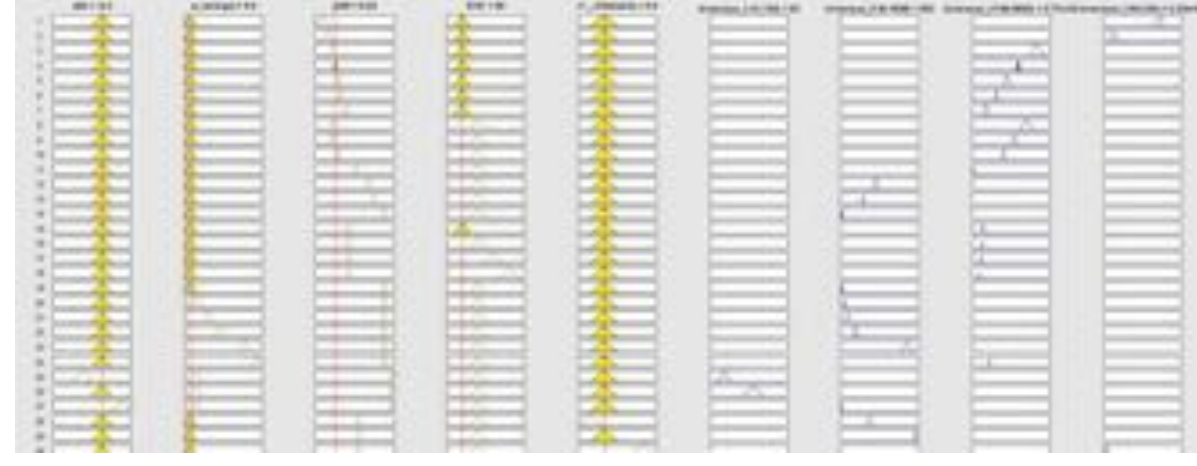
Viskoelastik, viskozite ve elastisite özelliklerini bir arada gösteren bir malzeme veya maddenin özelliğini ifade eder. Viskoelastik malzemeler, hem akışkan hem de katı davranışları sergileyebilir.

Viskoelastik malzemeler, bir dış kuvvet uygulandığında hem deformasyon (kalıcı şekil değişimi) gösterebilirler hem de kısmi bir şekilde geri dönebilirler (yani orijinal şekline yakın bir şekle geri dönebilirler).

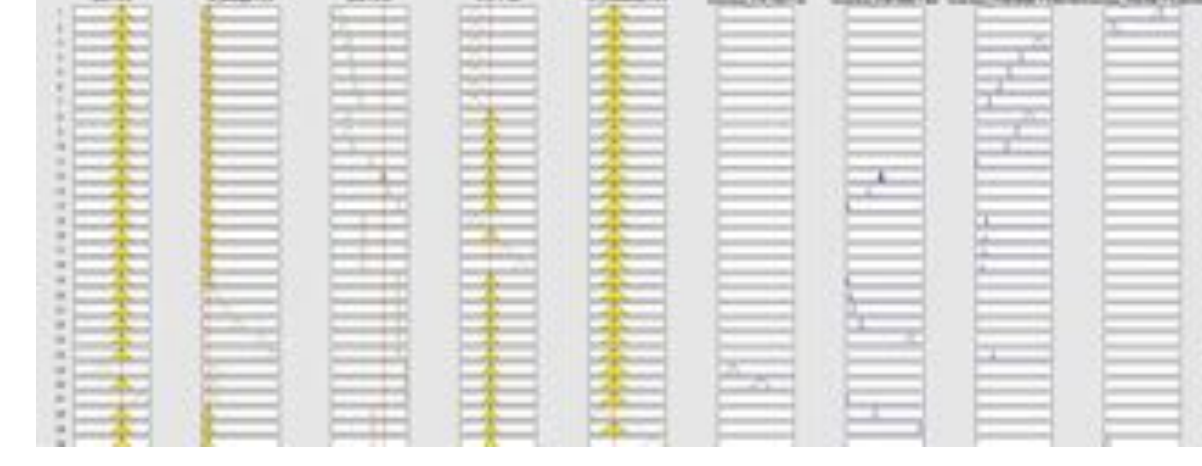


Fuzzy Tabloları

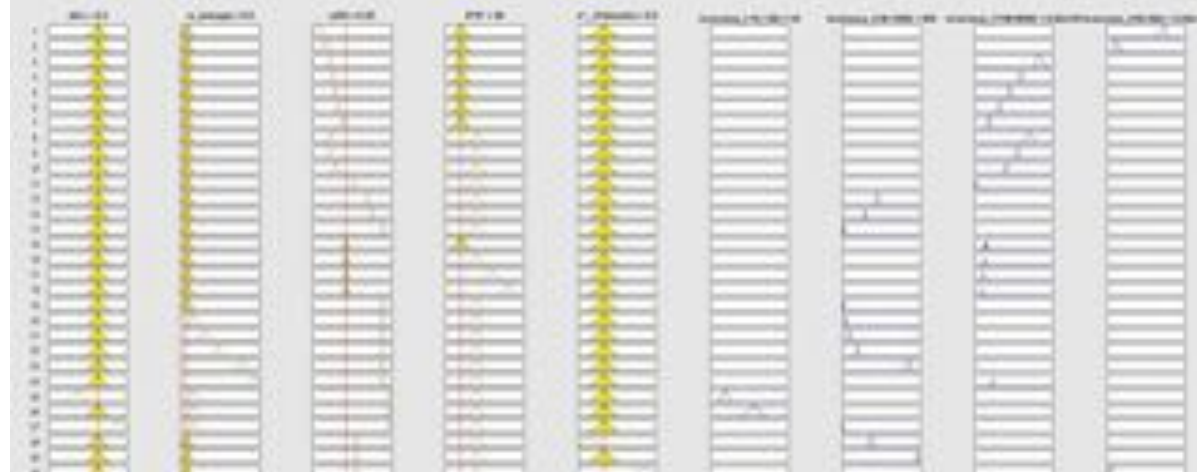
Tablo 1



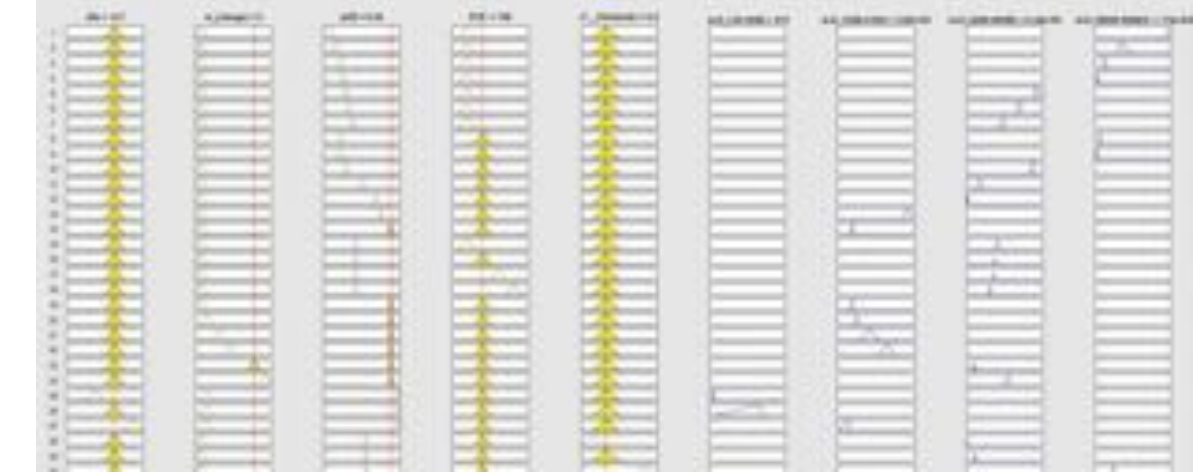
Tablo 2



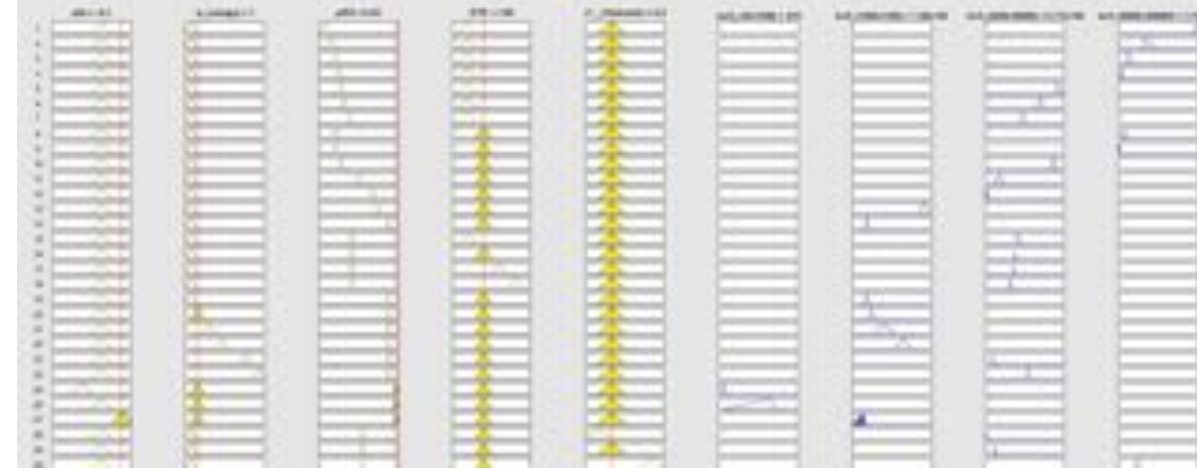
Tablo 3



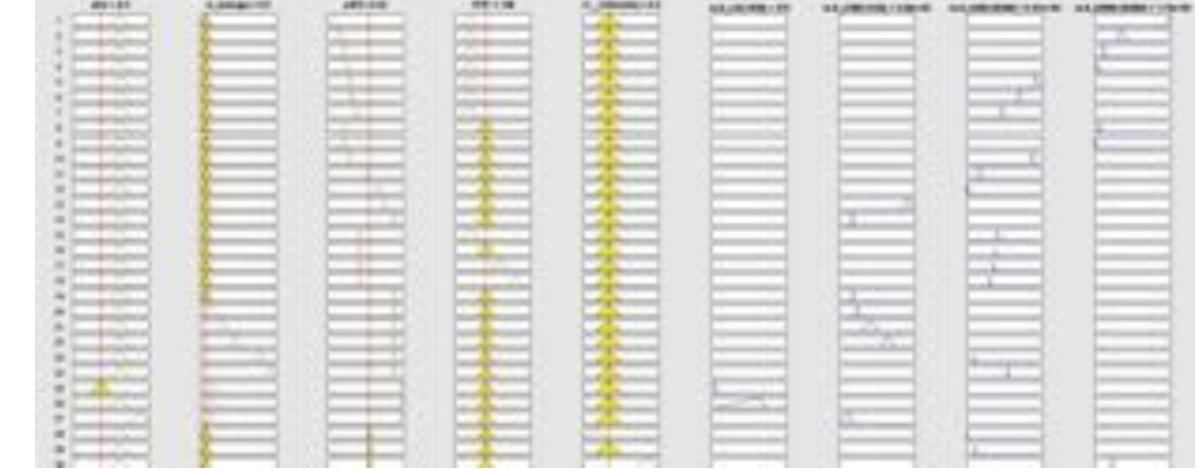
Tablo 4



Tablo 5



Tablo 6

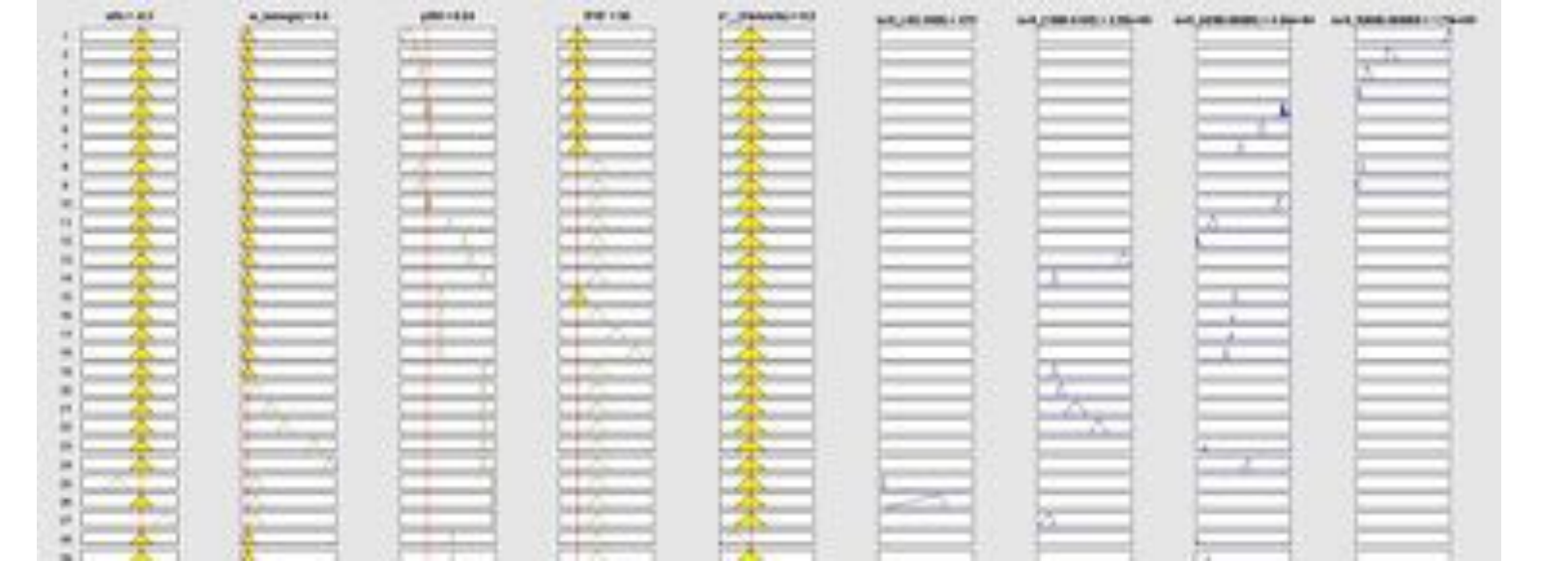


Öngörülemez Değerler

Bu dataların karşılaştırılması haricinde hesaplanmayan bazı ara değerleri de biz ekledik veya değiştirdik. Bu değiştirdiğimiz veya eklediğimiz dataları ana datalarımızla karşılaştırdık.

Normal Parametre (Tablo 2)

a	-0.3
w (omega)	0.5
E	100
n	0.2

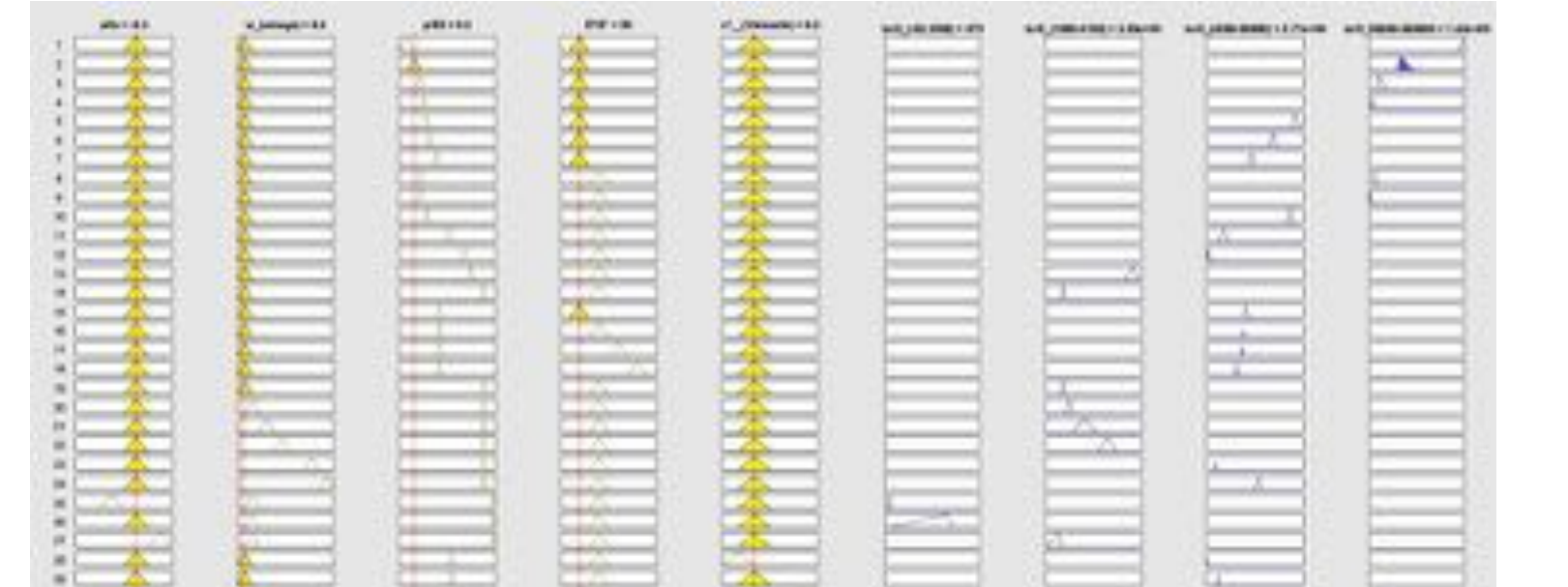


Değnilmemiş Parametre

a	-0.3
w (omega)	0.4
E	50
n	0.2

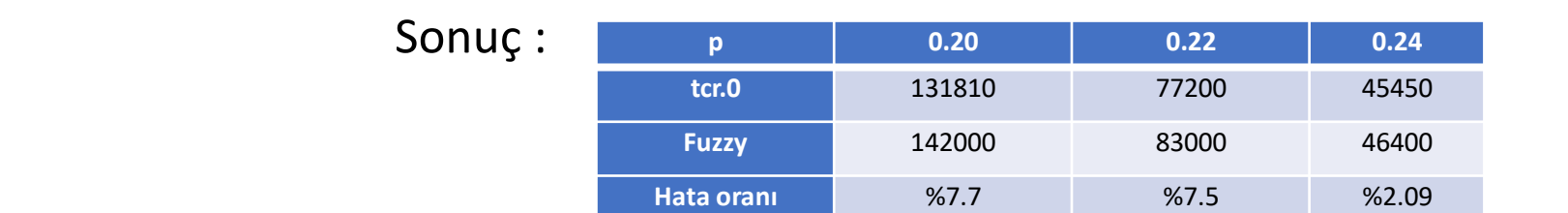
Normal Parametre (Tablo 1)

Alfa	-0.3
w	0.5
E	50
n	0.2



Değnilmemiş Parametre

Alfa	-0.3
w	0.4
E	50
n	0.2



Bu kurgulanan sistemde, yeni parametreler vererek elde ettiğimiz dataları kullanmış olsaydık yeni tcr.0 ve tcr.∞ elde ediyor olacaktık. Yeni elde edilen dataların ise daha önce karşılaştırmalarda olduğu gibi %0 ile %8 arasında hata payını gözlemlenmiş olduk.

Teşekkür: Bu çalışmanın Fuzzy Yöntemi kısmında desteklerini esirgemeyen ve bana yol gösteren Abant İzzet Baysal Üniversitesi Öğretim Üyesi **Doç. Dr. Murat BEKEN** hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

- Kaynaklar :**
- Akbarov, S.D, Sisman, T. Ve Yahnioglu, N. (1997), "On the Fracture of the Unidirectional Composites In Compression", Int.J.Eng.Sci., Vol.35,No:12-13, p.1115-1136.
 - Cilli, A., Doktora tezi (1998) "Tek Yönlü Lif-Levhalı Kompozitlerin Basınç altında Kırılma Problemleri"
 - ZADEH, L. A. (1985). "Syllogistic reasoning in fuzzy logic and its application to usuality and reasoning with dispositions." IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 15:754-763.





ABSTRACT

Metal-Oxide-Semiconductor devices have revolutionized the field of modern electronics, playing a pivotal role in the development of integrated circuits and countless electronic devices. This abstract provides a concise overview of MOS devices, highlighting their working principles, advancements, and diverse applications. The foundation of MOS devices lies in the metal-oxide-semiconductor structure, composed of a metal gate electrode, an insulating oxide layer, and a semiconductor substrate. This configuration enables the control of charge carriers within the semiconductor by modulating the electric field at the oxide-semiconductor interface. The key operating principle of MOS devices is the modulation of the channel conductivity through the application of a gate voltage. In recent years, significant advancements have been made in MOS device technology. The relentless pursuit of miniaturization has led to the development of sub-10nm MOS devices, incorporating novel materials, advanced fabrication techniques, and innovative device architectures. These advancements have enabled higher device densities, increased performance, and reduced power consumption, thereby driving the rapid evolution of electronic devices. MOS devices find extensive applications in various electronic systems. From microprocessors and memory chips to sensors and display technologies, MOS devices form the backbone of modern electronics. The high integration density, low power consumption, and scalability of MOS devices make them indispensable in portable devices, wearable technology, and emerging technologies such as artificial intelligence and quantum computing.

Background and Importance of MOS Devices in Modern Electronics

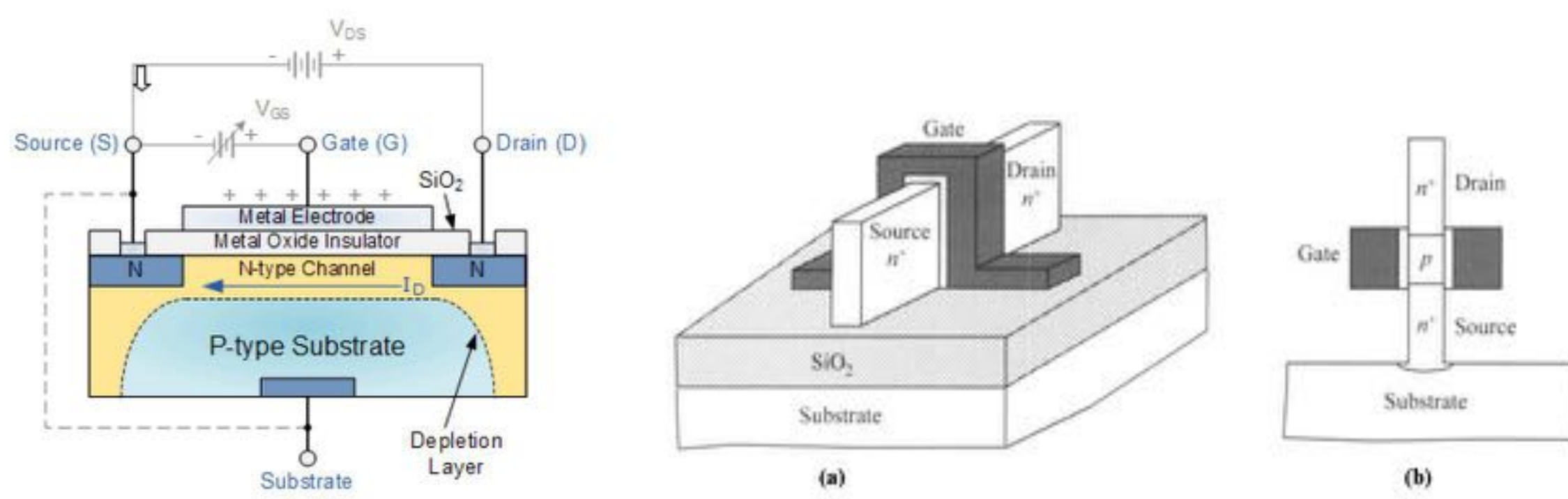
The concept of the Metal-Oxide-Semiconductor (MOS) dates back to the late 1950s and early 1960s. The earliest MOS transistors were based on research conducted by Mohamed Atalla and Dawon Kahng at Bell Labs in 1959. They demonstrated the potential of a metal gate electrode separated from the semiconductor by a thin layer of oxide to control the flow of current in a semiconductor device. Throughout the decades, MOS devices have played a crucial role in the development of digital electronics, contributing to the rapid growth of the semiconductor industry.

MOS Device Basics

The basic structure of a MOS device consists of three layers: a metal layer (usually aluminum or copper), an insulating layer of oxide (typically silicon dioxide), and a semiconductor layer (usually silicon). The metal layer acts as the gate electrode, the oxide layer serves as the insulator, and the semiconductor layer forms the channel region. The principals of forming MOS structure are similar to the metal-semiconductor (MS) contact structures, but the MOS structure is like a sandwich structure which have a thin layer of silicon oxides in the middle between metal and semiconductor (Si) layer.

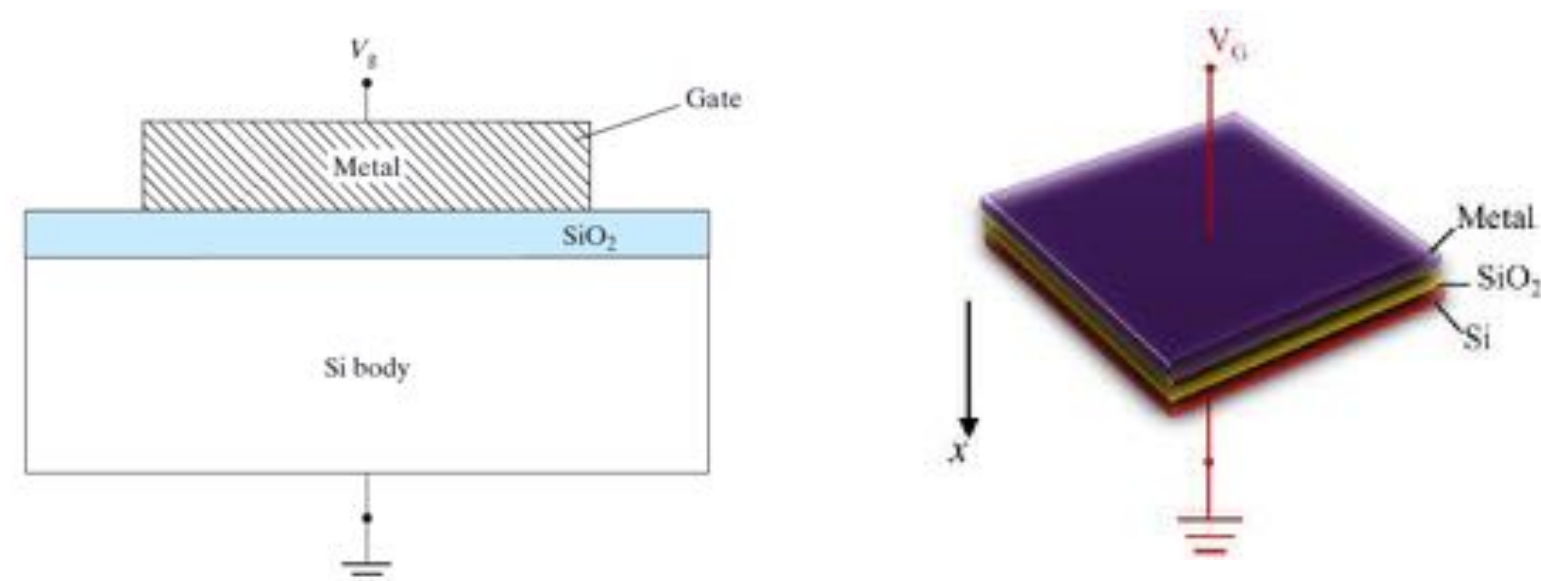
MOS Transistor

A common MOSFET is a four-terminal device that consists of a *p*-type semiconductor substrate into which two *n*+ regions, the source and drain, are formed, usually by ion implantation. The *SiO2*, gate dielectric is formed by thermal oxidation of Si for a highquality *SiO2* – Si interface. The metal contact on the insulator is called the gate; heavily doped polysilicon or a combination of silicide and polysilicon is more commonly used as the gate electrode.



MOS Capacitor

An MOS capacitor is made of a semiconductor body or substrate, an insulator film, such as *SiO2*, and a metal electrode called a gate. The oxide film can be as thin as 1.5 nm. The MOS capacitor is not a widely used device in itself. However, it is part of the MOS transistor. A MOS transistor is a MOS capacitor with PN junctions at two ends.

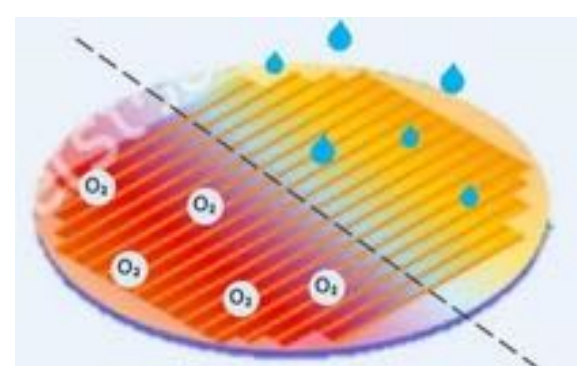


MOS Device Fabrication Techniques

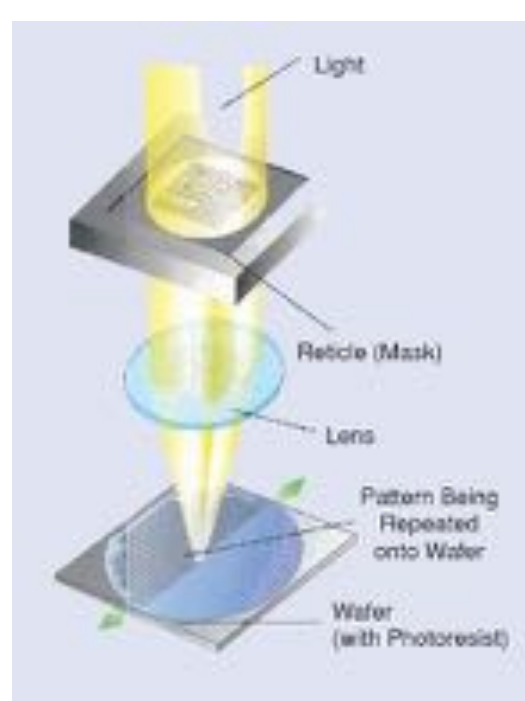
Silicon wafer preparation and cleaning : First, sand is heated until it melts into a high purity liquid and then gets solidified by crystallization. The resultant silicon rod is called an ingot. These ingots are sliced into a disc thinly sliced wafers. The surface of sliced wafers is rough and contains defects. So polishing machines are used to polish the surface of the wafer.



Oxidation: A process to make the wafers semiconductive. Wafers go through the oxidation process. Oxygen or water vapor is sprayed on the wafer surface to form a uniform oxide film. This oxide film protects the wafer surface during the subsequent processes and also blocks current leakage between circuits. The film acts as a strong protective shield.



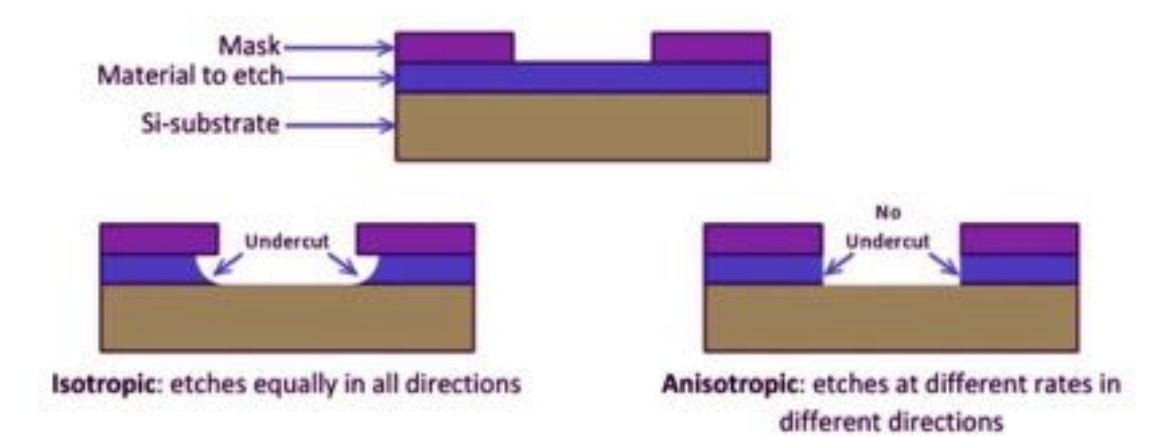
Lithography and patterning :In order to draw the circuit on the wafer, the photoresist, a material that responds to light is applied thinly and evenly on the oxide film previously placed on the wafer. When light transfers the patterned photo mask, the circuit is drawn on the wafer surface. Just like developing a photo, a circuit pattern is imprinted on the wafer by spraying, developer and removing unlit areas from the areas that are exposed to light.



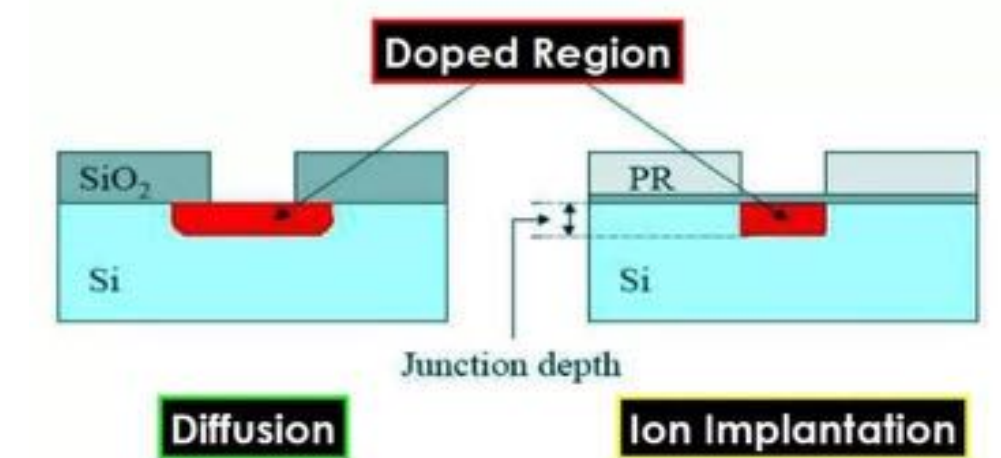
Etching and removal of unwanted materials : The etching process is used immediately after photolithography to etch the unwanted material from the wafer. There are two main methods of etching, wet etching and dry etching.

- **Wet Etching** : When chemical solutions are used for etching, it is called wet etching.
- **Dry Etching** : When gas or plasma is used, it is called dry etching.

This leaves a pattern on the wafer in the exact design of the mask. The hardened photoresist is then removed (cleaned) with another chemical.

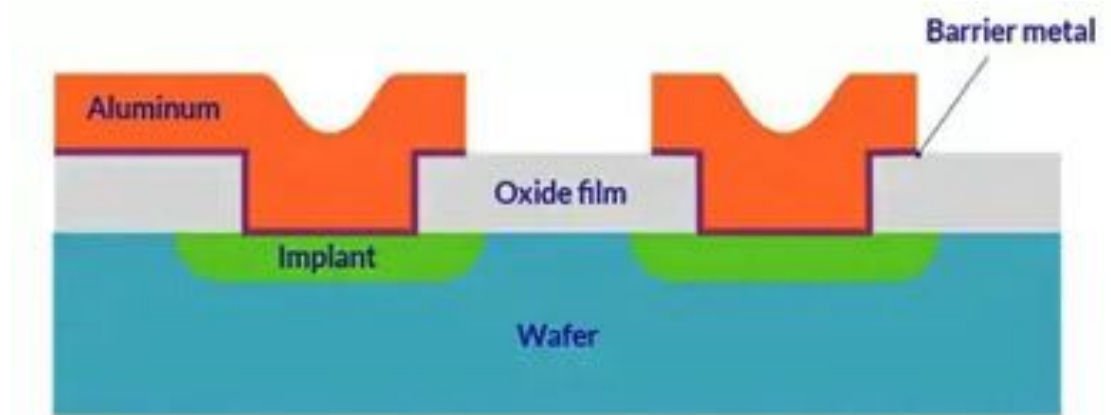


Doping and diffusion of impurities : Electrical characteristics of selected areas on the developing integrated circuit are changed by implanting energized ions (dopants) in the form of specific impurities into areas not protected by resist or other layers. The dopants come to rest below the wafer's surface, creating the positive and negative areas on the wafer which encourage or discourage the flow of electrical current throughout the die.



Metal Wiring : in order for this circuit to work, an electrical signal must be applied. It is necessary to create a path for electricity to pass through according to the circuit pattern. This process is called the metal wiring process.

It is a process that allows electricity to flow by depositing a thin metal film using materials such as aluminum, titanium or tungsten so that electricity can pass through the semiconductor wells.

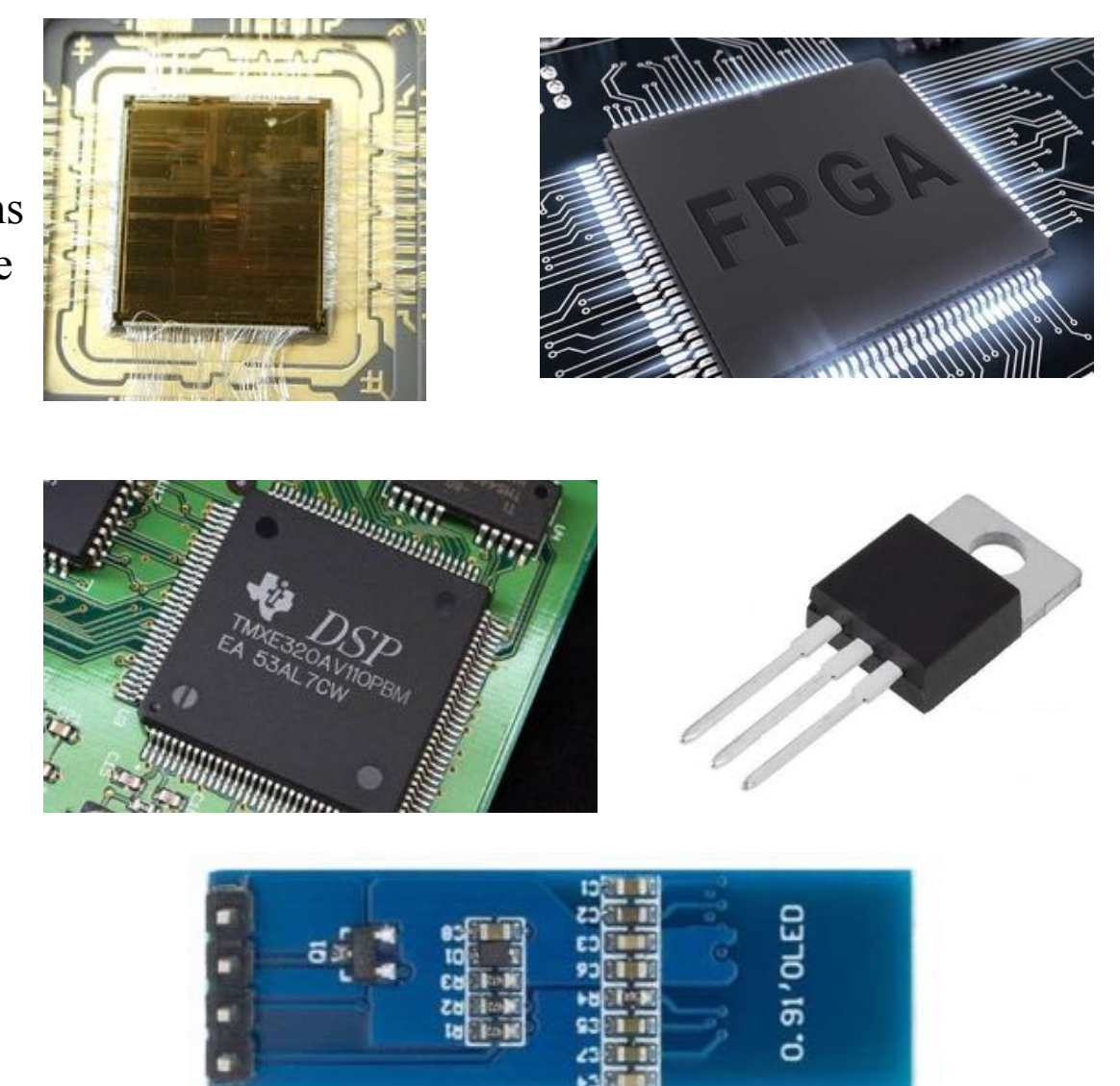


Final Testing : Each memory chip is tested at various stages in the manufacturing process to see how fast it can store or retrieve information. The completed packages are inspected, sealed, and marked with a special ink to indicate product type, date, package code, and speed. The finished goods area ships the chips to computer, peripheral, telecommunications, and transportation customers throughout the world.

Applications of MOS Devices

Metal-Oxide-Semiconductor devices find extensive applications in various fields, with digital integrated circuits being one of the most significant areas.

- Microprocessors
- Memory Chips
- Digital Signal Processors
- Field-Programmable Gate Arrays
- Application-Specific Integrated Circuits
- Digital Sensors
- Display Technology (LCD) (OLED)
- Power Electronics
- Amplifiers, Filters
- Biosensors, Energy Harvesting
- Sensing Devices
- Thermoelectric Devices
- Neuromorphic systems



Challenges and Future Directions

- **Scaling and miniaturization**: One of the challenges is scaling down the size while maintaining performance. As devices become smaller, the effects of quantum mechanics and short-channel effects become more prominent.
- **Power consumption**: Leakage currents, subthreshold leakage, and dynamic power dissipation are significant concerns. Future directions involve exploring alternative device architectures, such as nanowires, nanotubes, and tunnel field-effect transistors (TFETs), which promise better control over power consumption.
- **Integration of new materials**: Traditional MOS devices utilize silicon as the semiconductor material, but the exploration of new materials is essential for future advancements.
- **Beyond classical computing**: Emerging fields like neuromorphic computing, quantum computing, and flexible electronics seek to integrate MOS devices into flexible substrates for applications like wearable devices and rollable displays.
- **Beyond Moore's Law**: The traditional scaling predicted by Moore's Law is reaching its limits due to physical and economic constraints. Future directions involve exploring new paradigms like heterogeneous integration, specialized accelerators, and system-level optimization. This approach involves combining different technologies, such as 3D stacking, advanced packaging, and integrating diverse functionalities onto a single chip.

REFERENCES

- [1]S. M. Sze and Kwok K. Ng Physics of Semiconductor Devices
- [2]Bogdan M. Wilamowski J. David Irwin Power Electronics and Motor Drives
- [3]Dr.Sreenivasa Rao Ijjada, Introduction to MOS Technology
- [4]J. M. Rabaey Digital Integrated Circuits
- [5]Dr. Seth P. Bates Silicon Wafer Processing
- [6]Mutsumi Kimura 2019 Jpn. J. Appl. Phys. 58 090503



Einstein Alan Denklemlerinin Matematiksel Arka Planı

Mücahit Kaya[♣], Prof. Dr. Devrim Yazıcı[♣]

♣ Fizik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Esenler, 34220, İstanbul, Türkiye

Özet

Isaac Newton'un Kütle Çekim Yasası, gözlemler ile tam olarak uyuşmadığı anlaşıldıktan sonra bu kusurların giderilmesi Albert Einstein'ın geliştirdiği Alan Denklemleri ile sağlanmıştır. Bu çalışmada Einstein Alan Denklemleri'nde yer alan matematiksel ifadeler ve bu ifadelerin fiziksel karşılığı temel anlamda açıklanmaya çalışılmıştır.

Giriş

1915 yılında yayınlanan Einstein Alan Denklemleri (EFE)^[1], cisimlerin hareketinin bir kuvvet nedeniyle olmadığını, 3 boyutlu Riemann eğri uzayını zaman boyutu ile birlikte ele alarak "uzay-zaman" kavramıyla evreni açıklamıştır.^[1]

Einstein Alan Denklemleri

Einstein'ın tasvirine göre uzay her yerde izotropik değildir; cisimler uzay-zamanı kütleleriyle bükerek eğrilikler meydana getirir ve oluşan bu jeodezik eğriler üzerinde hareket ederler. Bu hareketleri sonucu ortaya çıkan ivmenin kuvvetin nedeniyle olduğu düşünülse de gerçekte hareketin nedeni kütlelerin uzay-zamanın izotropikliğini bozmasıdır (Şekil 1).

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \quad (1)$$

"Matter tells space-time how to curve, and space-time tells matter how to move."

"Madde uzay-zamana nasıl büküleceğini söylüyor, uzay-zaman da maddeye nasıl hareket etmesi gerektiğini."

EFE içerisinde yer alan tensörlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

- $g_{\mu\nu}$ Metrik tensör
- $R^{\alpha}_{\beta\mu\nu}$ Riemann Eğrilik Tensörü
- $R_{\mu\nu}$ Ricci tensörü
- R Ricci skaleri
- $T_{\mu\nu}$ Enerji-Momentum tensörü

Metrik Tensör

Metrik tensör $g_{\mu\nu}$, uzayda vektörlerin uzunluğunu^[2] ve skaler çarpımlarını hesaplamak için kullanılır.

$$ds^2 = g_{\mu\nu}dx^{\mu}dx^{\nu} \quad (2)$$

Metrik tensör, bir vektörün boyutunun tüm eğri uzaylarda invariant kalabilmesi için, koordinat dönüşümleri altında baz vektörlerine bağlı olarak vektör bileşenlerinin nasıl değişmesi gerektiğini söylemektedir.^[2]

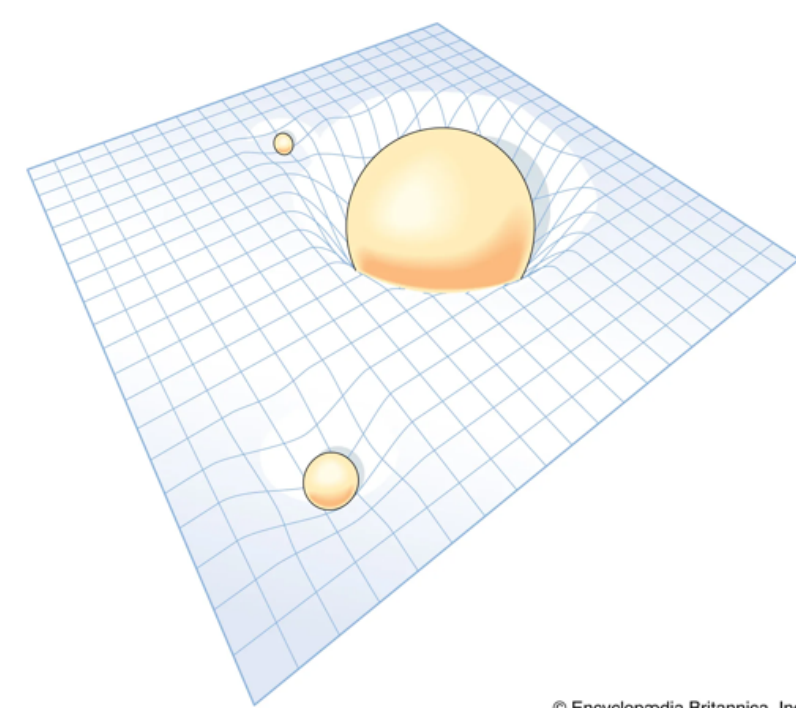
Riemann Eğrilik Tensörü

Ricci Tensörü ve Ricci Skaleri hesabı için Riemann Eğrilik Tensörünün^[3] belirlenmesine ihtiyaç vardır ve uzayın eğriliğini ifade etmektedir.

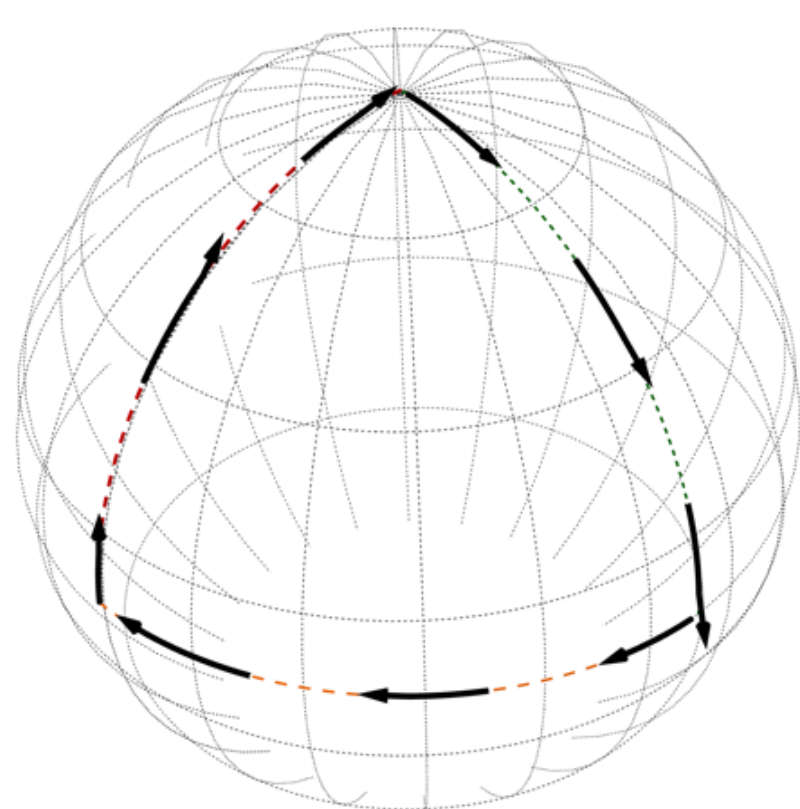
$$\Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} = \frac{1}{2}g^{\nu\sigma}(\partial_{\mu}g_{\lambda\sigma} + \partial_{\lambda}g_{\mu\sigma} - \partial_{\sigma}g_{\mu\lambda}) \quad (3)$$

İki vektörün paralel taşınması sonucu oluşan vektörün başlangıç ile bitiş noktası arasındaki açı değişimini hesaplamakta kullanılır. (Şekil 2) Vektörlerin baz bileşenlerinin koordinat sistemleri üzerindeki değişimleri Christoffel Sembolleri^[3] Γ ile ifade edilmektedir.

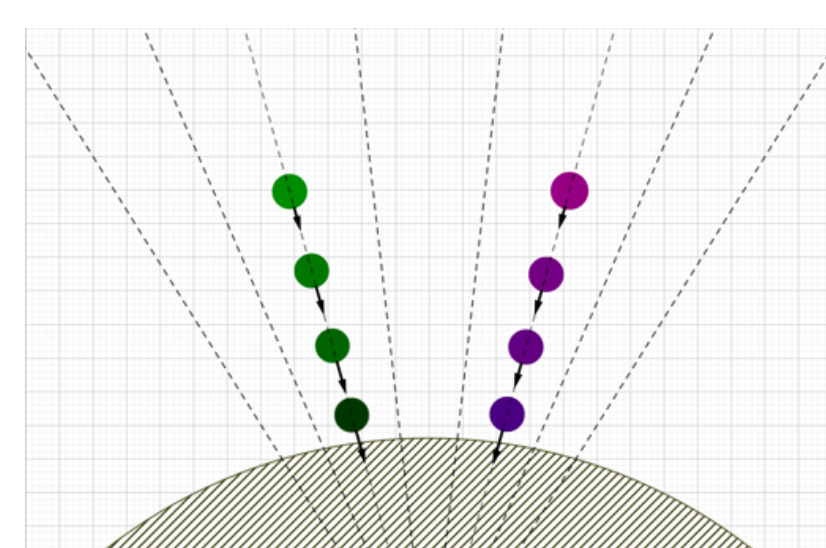
$$R^{\alpha}_{\beta\mu\nu} = \partial_{\mu}\Gamma^{\alpha}_{\beta\nu} - \partial_{\nu}\Gamma^{\alpha}_{\beta\mu} + \Gamma^{\alpha}_{\sigma\mu}\Gamma^{\sigma}_{\beta\nu} - \Gamma^{\alpha}_{\sigma\nu}\Gamma^{\sigma}_{\beta\mu} \quad (4)$$



Şekil 1: Uzay-zaman eğriliği.



Şekil 2: Kapalı bir eğrinin yola bağlı olarak doğrultusunun değişmesi.



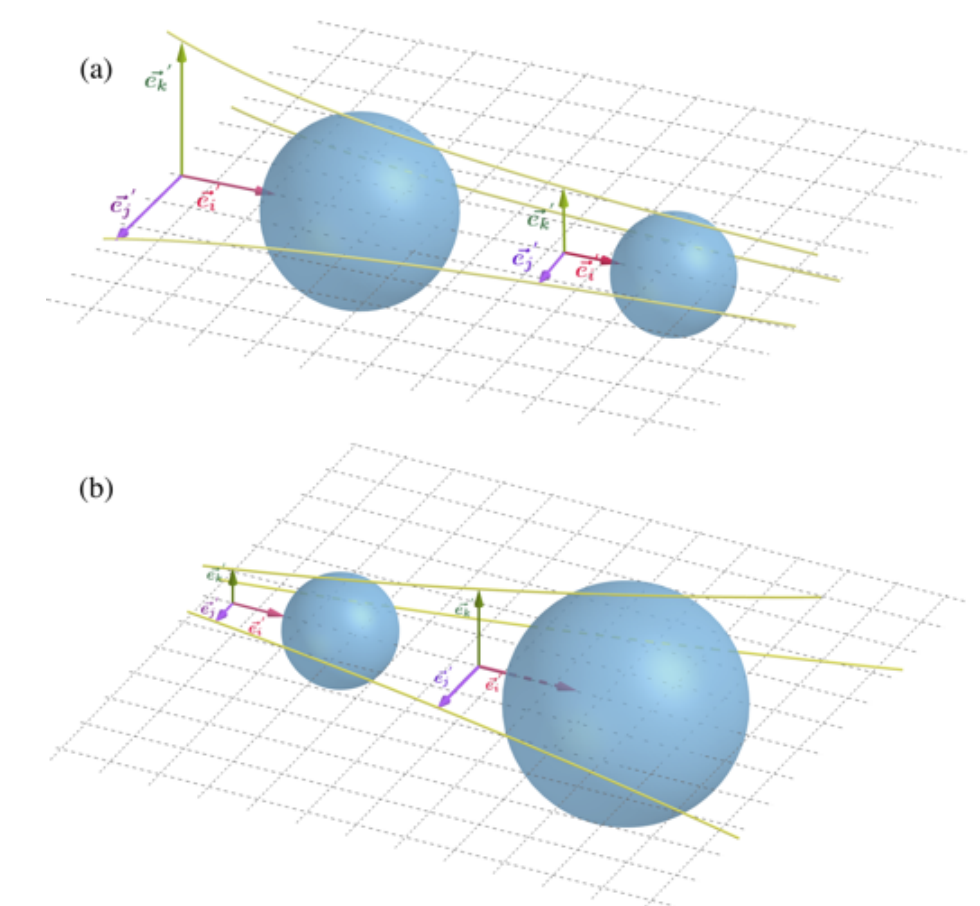
Şekil 3: İki cismin uzay-zaman sıkışması nedeniyle Dünya'nın merkezine hareketi.

Ricci Tensörü

Ricci Tensörü^[3], Riemann Eğrilik Tensörü ile metrik tensörün çarpımı sonucu elde edilmektedir.

$$R_{\mu\nu} = R^{\alpha}_{\mu\alpha\nu} = g^{\alpha\beta}R_{\alpha\mu\beta\nu} \quad (5)$$

Ricci Tensörü, vektörün bileşenlerinin veya hacim elemanının jeodezik eğri boyunca artış veya azalışını ifade ederken, geometrisindeki değişimi göstermez. Ricci tensörü hesabıyla, uzayın genişlemesi veya daralması anlaşılabilir. (Şekil 5) Bu genişleme ve daralma ise, uzaydaki kütle ve enerjiden kaynaklanmaktadır ve uzayın geometrisi hakkında bilgi vermektedir.



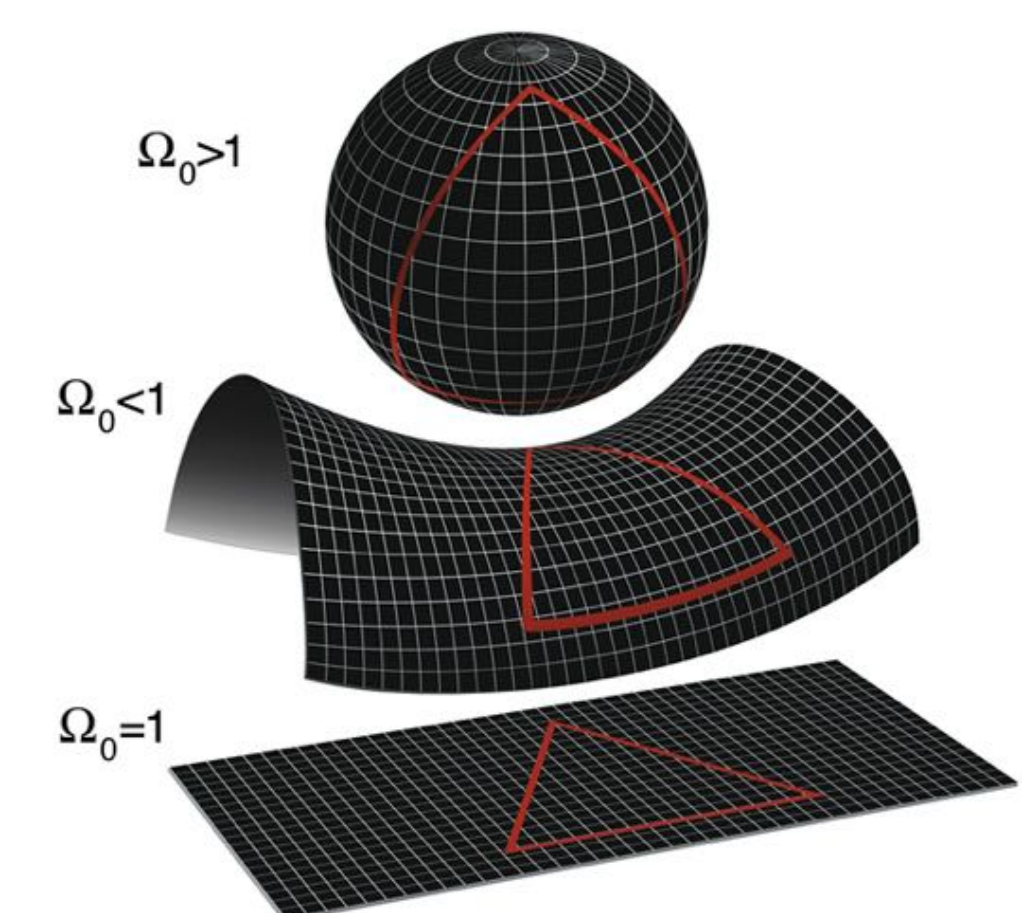
Şekil 4: Jeodezik eğri boyunca birim hacim elemanının (a) küçülmesi, (b) büyümesi.

Ricci Skaleri

Ricci Skaleri^[3], Ricci Tensörü ile metrik tensörün çarpımı sonucu elde edilmektedir.^[3]

Ricci Skaleri, bir uzayın eğriliğini, bir cismin hacminin düz uzaya oranla nasıl değiştiğini (Şekil 4) söyleyerek, uzayın genişlediğini veya daraldığını, buna bağlı olarak da bir kuvvet alanının etkisi altında olup olmadığını söylemektedir.

$$R = g^{\mu\nu}R_{\mu\nu} \quad (6)$$



Şekil 5: Uzay-zamanın pozitif (a) eğriliği, (b) negatif eğriliği, (c) düz olması.

Enerji-Momentum Tensörü

Enerji-Momentum Tensörü (Stres-Enerji Tensörü) $T_{\mu\nu}$, uzay-zaman içerisinde enerjinin akışını (flow) ve momentumun dağılımını ifade etmektedir. Stres-Enerji Tensörü, tensör bileşenleri içerisindeki bileşenleri (Enerji yoğunluğu, Momentum yoğunluğu, Stres-Basınç, Enerji akışı ve momentum akışı) ile uzay-zamanın nasıl eğrileceğini açıklamaktadır.

Bu çalışmayı hazırlama sürecinde derslerine katılmama müsaade ettiği ve değerli görüşlerini esirgemediği için eş danışman hocam kıymetli Prof. Dr. A. Savaş Arapoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

[1] C. W. Misner, K. S. Thorne, and J. A. Wheeler. *Gravitation*. 1973.

[2] Sean Carroll. *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. Benjamin Cummings, 2003.

[3] James B Hartle. *Gravity*. Cambridge University Press, Cambridge, England, June 2021.



Investigation of the Effect of Using Isopropyl Alcohol-Containing Electrolyte in Porous Silicon Production on the Efficiency of Ag/Porous Silicon/Silicon Schottky Diode Fuel Cells

Student Name: Onur Karataş Student No: 18022031 Counselor: Prof. Dr. ÇETİN TAŞSEVEN
Department of Physics

SUMMARY In our study, it was observed the effect of different anodization times (10-110 min) and the addition of isopropanol (3/5 ratio) to the HF:dH₂O electrolyte on the morphological properties of porous silicon (PS) structures produced at a constant current density (1:3:1-dH₂O:ISOP:HF, J=30 mA/cm²), as well as on the efficiency of Ag/PS/nSi mini water (dH₂O) fuel cells using these PS structures. The highest open-circuit voltage and the highest short-circuit current were measured to be 320 mV and 0.22 mA/cm² (respectively) in the cell made with PS, produced at 50 min. The highest power conversion efficiency was measured to be 70.4 mW/cm². The structural significance, apart from the measure of porosity, has been clearly demonstrated as the efficiency decrease compared to the cells made with PS produced under the same conditions using only dH₂O.

Porous Silicon (PS) is known as a material that covers cSi which is generated by electrochemical etching crystalline silicon in aqueous or non-aqueous electrolytes containing hydrofluoric acid (HF) [1], forming a sponge-like layer, which provides a significantly large surface area of 10³ m²/m³, framing the pore perimeters in the range of nm/μm, resembling a spider's web. The porosity measure of the structure is one of the fundamental parameters and holds importance in applications such as batteries and sensors. The pores serve as channels that transport fuel to the catalyst for oxidation reactions, and the increased surface area of the porous layer compared to normal cSi allows for enhanced reaction rates, thus improving the efficiency of fuel cells.

Production of Porous Silicon Layer on cSi:

PS layers were formed using an n-type (111) single crystal Si (r= 1x10⁻² Ω.cm) as anode and Platinum (Pt) as cathode. The Si surface was subjected to an anodization process using a (1:3:1)HF:ISOP:dH₂O and (1:0:4), solution for different durations (10-110 min) and 50 min respectively. The process was performed at constant current density of 30 mA/cm² and under white illumination using the experimental setup shown in Figure 1.

Ag/GS/Si diodes were obtained by coating 200 nm Ag metal on the GS/Si structure produced at different anodization times. The room and dH₂O current-voltage characteristics between the Ag-nSi contacts of these diodes were measured and the fuel cell behavior in dH₂O was investigated.

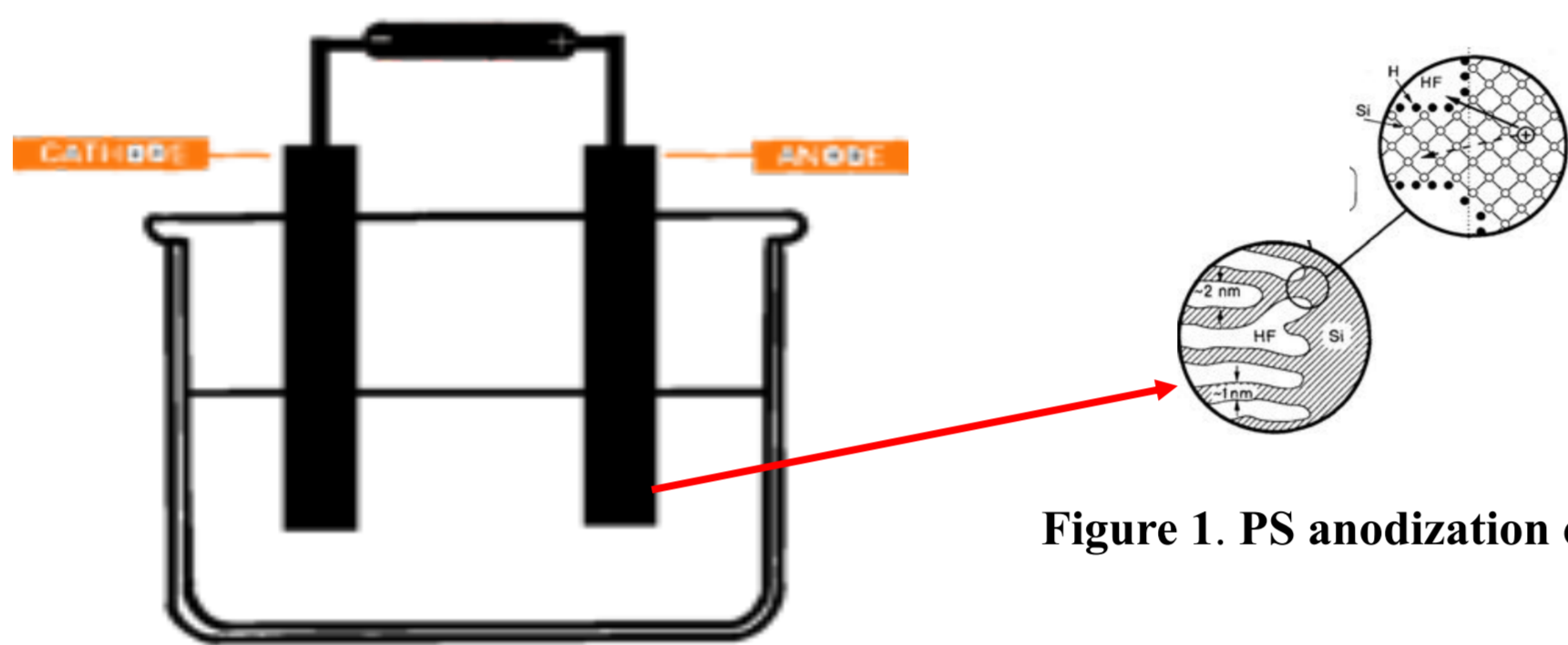


Figure 1. PS anodization cell

Scanning Electron Microscopy (SEM) Images of Porous Silicon (PS) Structures:

Surface images of the produced porous silicon (PS) structures for cSi, 50, and 110 minutes, created under the conditions of (1:3:1-dH₂O:ISOP:HF, J=30 mA/cm²) are provided below.

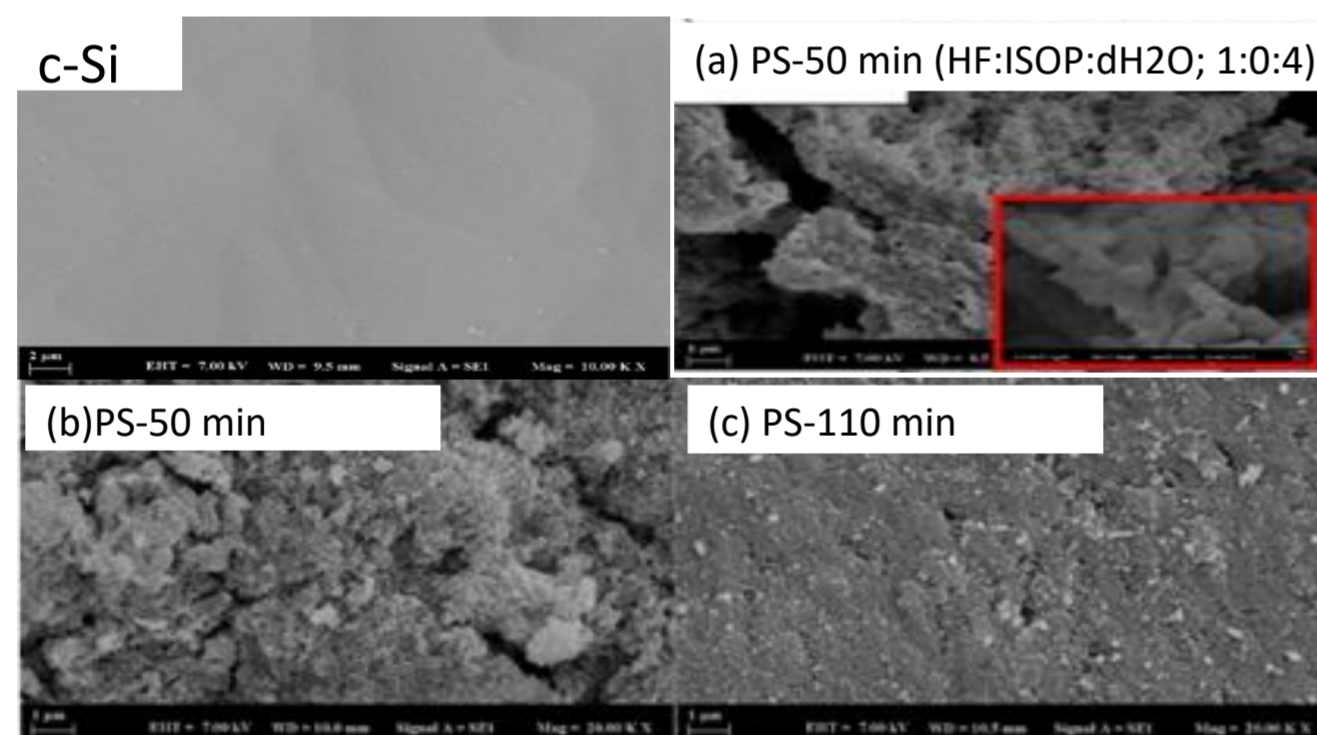


Figure 2. SEM Pictures of cSi and PS structures under different anodization conditions (a) 1:0:4-dH₂O:ISOP:HF (b) 1:3:1-dH₂O:ISOP:HF 50 min and, c) 1:3:1-dH₂O:ISOP:HF 110 min (J=30 mA/cm²) [2].

As seen in the SEM images, it is determined that the PS structures, produced without using isop (a), are pored down towards the cSi substrate shaped as cones with a width of 1-5 μm. However, when isop is used (b,c), it is determined that as the anodization time increases, the PS layer starts to get compact, closing the pores of the PS structure and forms a separated appearance with shallow and narrow cracks (~nm). According to these images, it has been determined that the use of isop clearly leads to the production of a homogeneous sponge-like compact PS layer.

The current-voltage characteristics of Ag/PS/nSi diodes

The current-voltage characteristics of Ag/PS/nSi diodes created with PS layered structures produced at different anodization times under the production conditions mentioned before are shown. These measurements were taken using a Keithley 2400 instrument in ambient conditions and in fuel (dH₂O). The measurements were taken between the back In contact and the Ag silver contact.

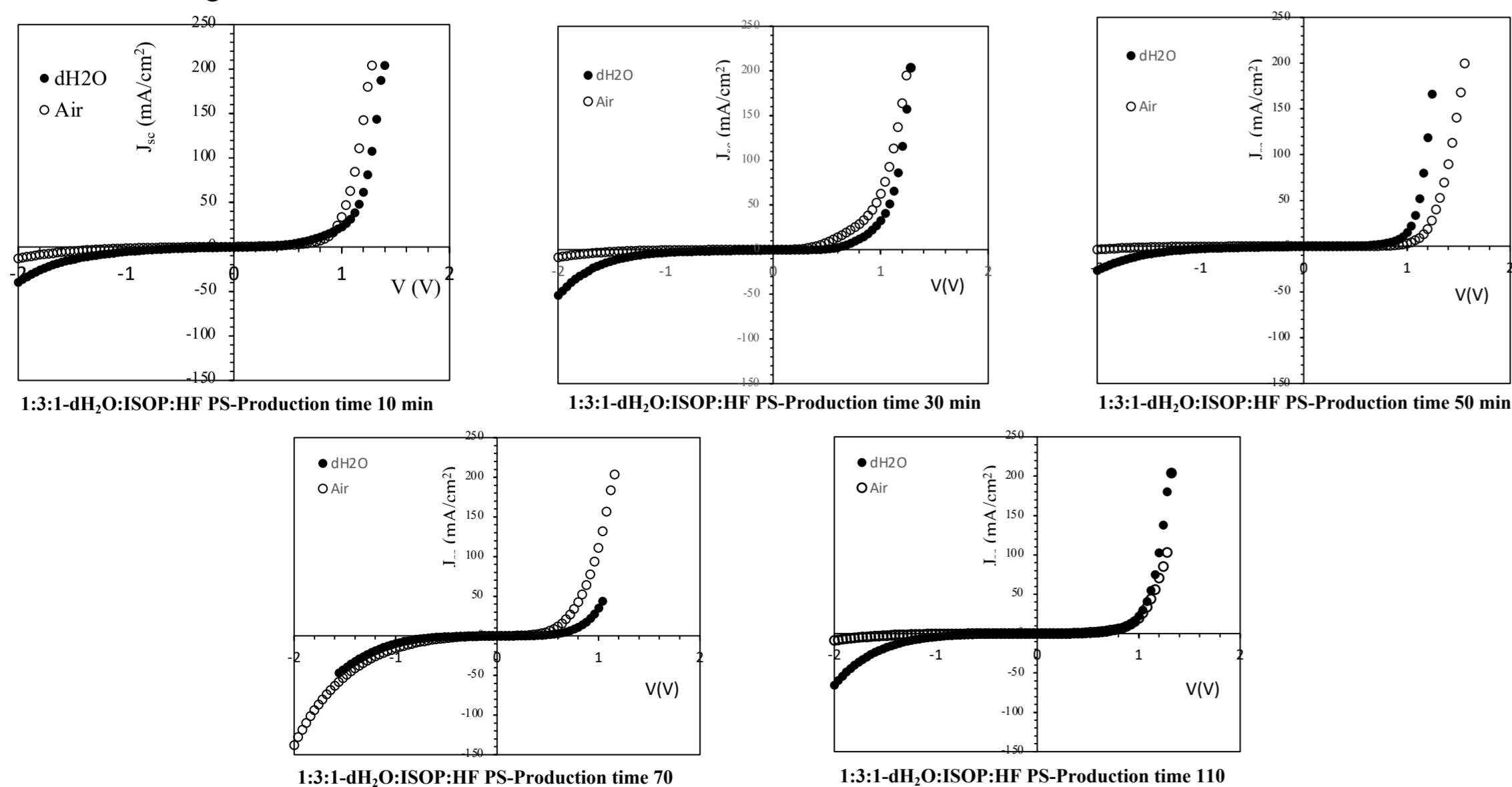


Figure 3. Current voltage characteristics of Ag/PS/nSi diode structure with produced different anodization conditions PS layer (1:3:1-dH₂O:ISOP:HF (10-110 min), J=30 mA/cm².)

The current-voltage characteristics of Ag/PS/nSi diodes created in different anodization periods under conditions specified above measured using a Keithley 2400 device are shown under both room conditions and in fuel (dH₂O). Structures composed of PS-coated structures produced at different anodization durations, along with Ag/PS/nSi structures, have been determined to exhibit rectifying characteristics in both room conditions and under fuel (dH₂O) with respect to current-voltage characteristics, acting as Schottky diodes. As shown in Figure 4, while the current-voltage characteristics obtained under room conditions did not exhibit the fourth quadrant, when the characteristics obtained in dH₂O fuel were magnified, it was determined and analyzed that all structures produced open-circuit voltage and short-circuit current with different efficiencies.

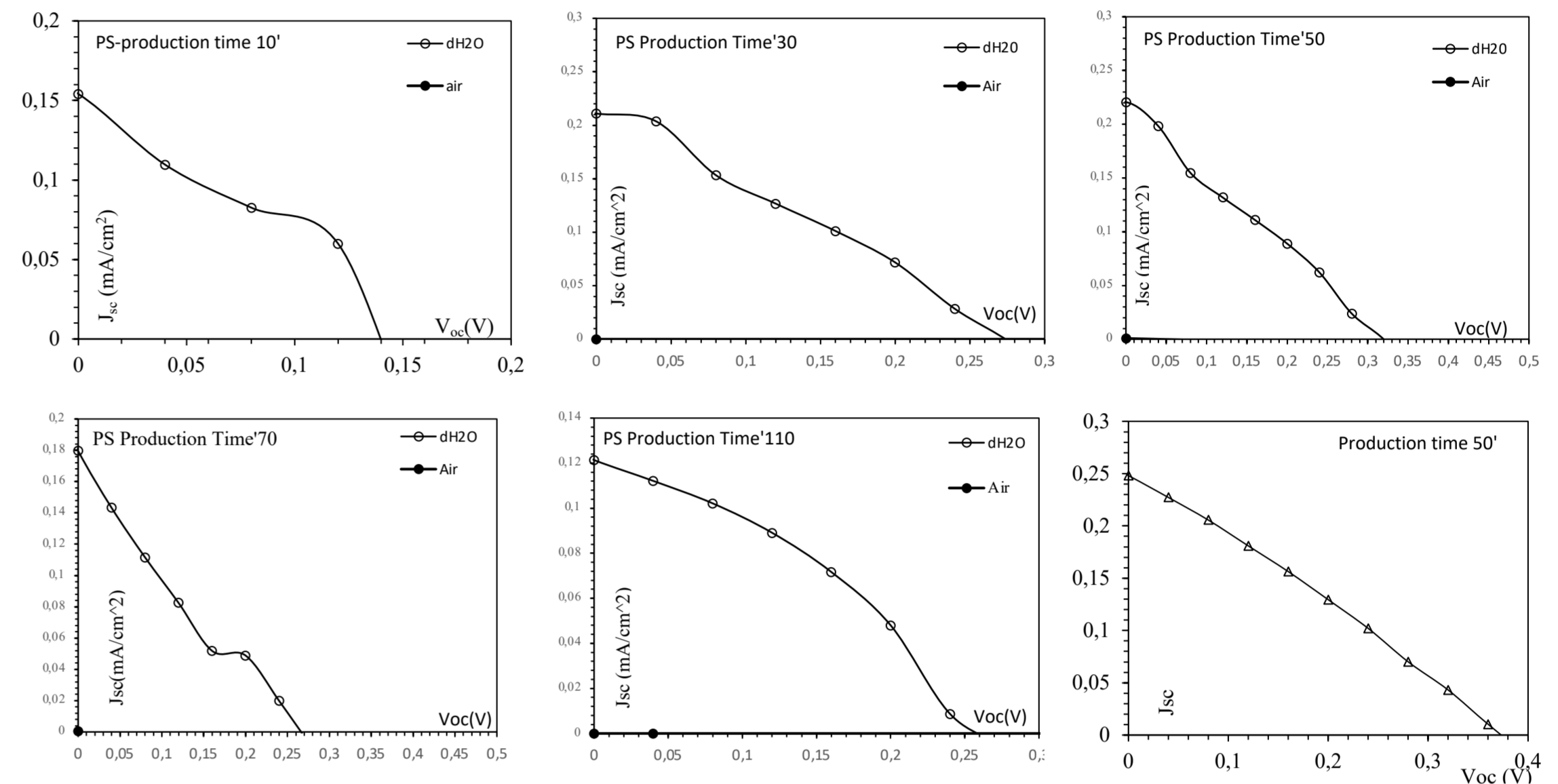


Figure 4. Short circuit current – open circuit voltage characteristics of Ag/PS/nSi diode structure with produced different anodization conditions PS layer (1:3:1-dH₂O:ISOP:HF (10-110 min), and 1:0:4-dH₂O:ISOP:HF (50 min), J=30 mA/cm², different times)

The changes of short-circuit current, open-circuit voltage, and power conversion efficiency of Ag/PS/nSi diodes, created in different anodization times under the production conditions specified above, measured in fuel (dH₂O), is given below Figure 5.

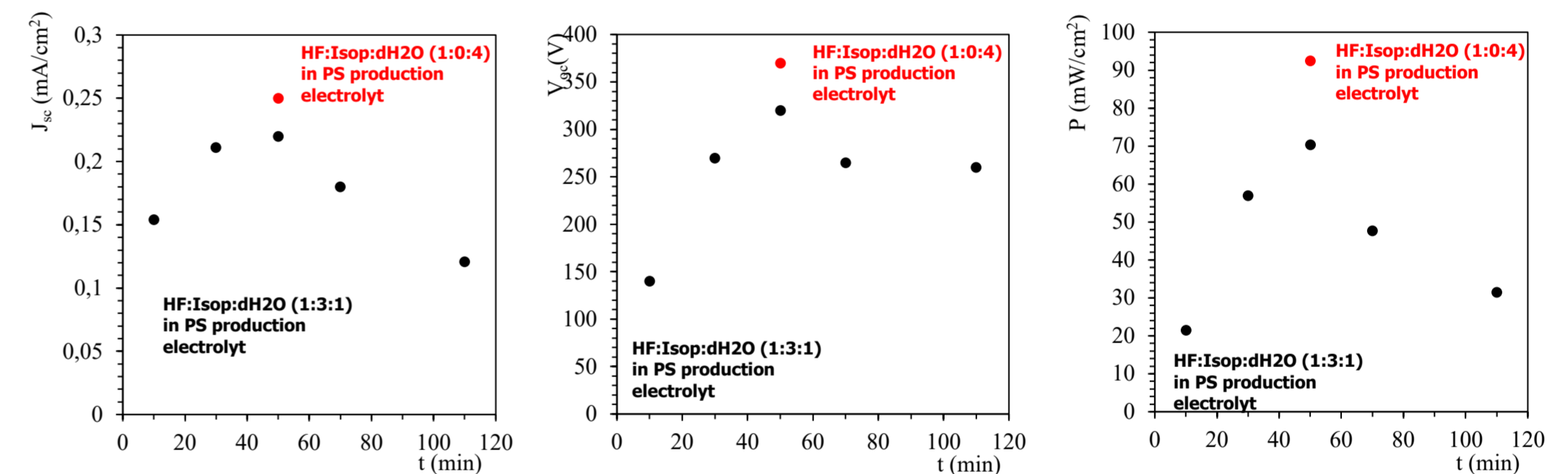
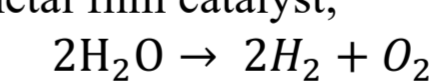


Figure 5. Short circuit Current –open circuit voltage and power density of Ag/PS/nSi fuel cells structure versus PS production time

In Ag/GS/Si dH₂O fuel cells, it has been determined that the efficiency of the cell is directly affected by the surface properties of the porous silicon structure formed during the anodization process, especially the porosity. When PS layers produced using Isop are evaluated within themselves, the maximum short-circuit current and open-circuit voltage were measured in our 50-minute sample (0.22mA, 320 mV), and the minimum short-circuit current (0.12mA,) in our 110-minute sample. The efficiency was higher in the 50 min sample produced with the equivalent volume of solution without ISOP (1:0:4:HF:ISOP:dH₂O).

When Ag/GS/Si/Ag/GS parts of Ag/GS/Si/ diodes are placed in dH₂O, open circuit voltage-short circuit current is observed in the 4th region of the current voltage characteristic taken between Ag-nSi contacts. This indicates that Ag/GS/Si/ structures behave like fuel cells when immersed in fuel. The process of acting as a battery can be described as follows. In Ag/GS/Si/In fuel cell, Ag film is defined as the anode acting as catalyst and solid electrolyte as GS structure proton exchange membrane (PEM) [3]. If the GS/Si is defective, the boundary region will act as the cathode.

When water molecules hit the surface of the silver metal film catalyst;



and hydrogen to proton (H⁺, p⁺) and electrons (e⁻) with the following two different reactions



While the electrons formed go around the outer circuit, H⁺ ions (protons) pass to the cathode. Oxygen and non-degradable water molecules reach the cathode region from the GS surface, interact with protons to form water molecules again. It has been clearly defined that optimum cell efficiency is achieved with sufficiently large pores, where porosity and morphology make the water formation stage particularly difficult in this process.

CONCLUSIONS:

- Electrical characterization of Ag/GS/Si/In fuel cells produced with PS layers prepared using ISOP in dH₂O fuel resulted in the highest open circuit voltage of 0.32 V and short-circuit current density of 0.22 mA/cm² at room conditions. It was determined by SEM pictures that the use of 2-propanol (Isop) in the formation process of PS-Structure provides shallower pores and a more compact, spongy surface formation on crystalline silicon compared to non-ISOP, and that it can be used for pore size control.
- In addition, when SEM and IV-characteristics were evaluated together, it was determined that the compact-porous surface structure of PS material decreased the battery efficiency (70.4 mW/cm²), while the formation of large, deep pores increased it (92.5 mW/cm²).
- Our research was determined to examine the effect on controlled pore size and PS layer thickness with the use of isopropanol.

REFERENCES

- Sailor, M. J. (2012). Porous Silicon in Practice: Preparation, Characterization and Applications. John Wiley & Sons.
- B.Şarlı-S. Aydın Yüksel Y.T.U. Fizik Bölümü Yüksek Lisans Tezi
- Basu, S. (2007). Fuel Science and Technology. New York: Springer.



ÖZET

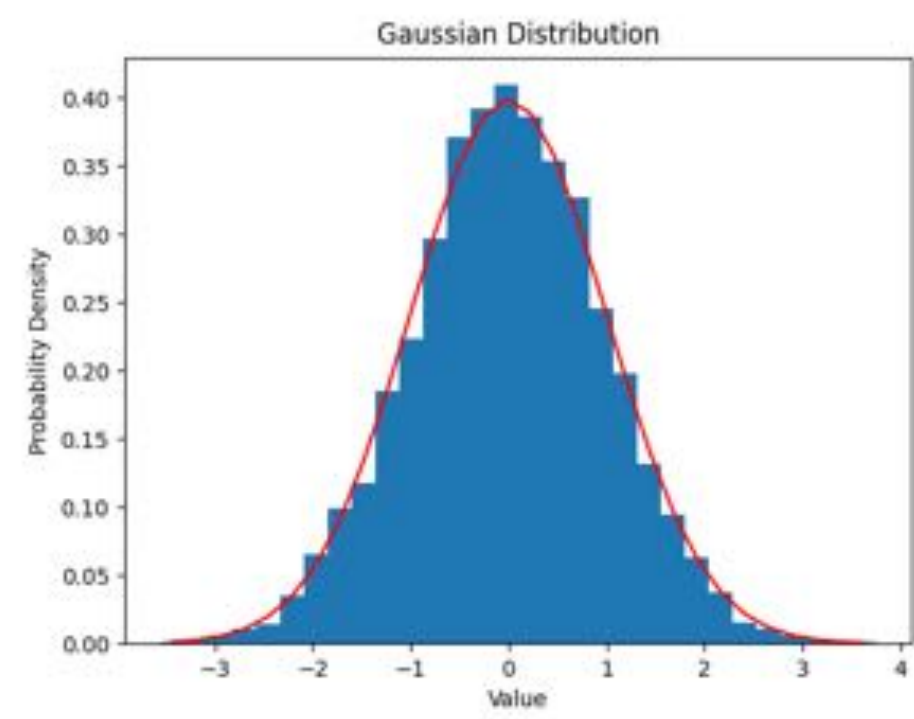
Spektroskopi (Tayf bilimi), bir örneğin uyarılarak veya doğrudan örnek tarafından yayımlanan radyasyon, manyetizma, optik vb. niceliklerin incelenerek; örneğin yapısı ve fiziksel özelliklerinin tayininde kullanılan bilim dalıdır. Spektroskopi, astrofizikte galaksilerin kıza kayması, kimyada moleküllerin titreşimlerinin yakalanması, nükleer fizikte radyoaktif izotopların tayini gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılır.

Bu çalışmada nükleer spektroskopideki inceleme yöntemlerine yer verilmiş, Co-60, Ba-133 ve Cs-137 kaynaklarından elde edilen spektroskopi verileri Python yazılım dili kullanılarak simüle edilip incelenmiştir.

NÜKLEER SPEKTROSKOPİ

Radyoaktif izotoplar uyarılmış durumdan alfa, beta ışınları yaparak veya elektron yakalayarak daha düşük enerjili uyarılmış duruma geçerler. Bu durumdan da gama ışınları yaparak kararlı duruma geçerler. Bu ışınların bir dedektör yardımı ile yakalanarak, enerji dağılımı olarak ölçülmesi ve incelenmesi nükleer spektroskopi olarak isimlendirilir. Bu teknik, radyoaktif izotopların fiziksel özelliklerinin tayininde kullanılır. Gama ışınlarının yakalanmasında en çok tercih edilen dedektörler, NaI(Tl) sintilasyon dedektörleri ve Ge yarı iletken dedektörlerdir.

GAUSS DAĞILIMI



Gauss dağılımı (Normal dağılımı), beklenen değer ve standart sapma olarak iki parametreye bağlı bir sürekli olasılık dağılımıdır. Genel formu,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_0}{\sigma}\right)^2} \quad f(x) = N e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_0}{\sigma}\right)^2}$$

$$FWHM = 2.35 \sigma$$

x_0 : Beklenen Değer

σ : Standart sapma

N : Veri miktarı

FWHM: Maksimum yarı tam genişlik

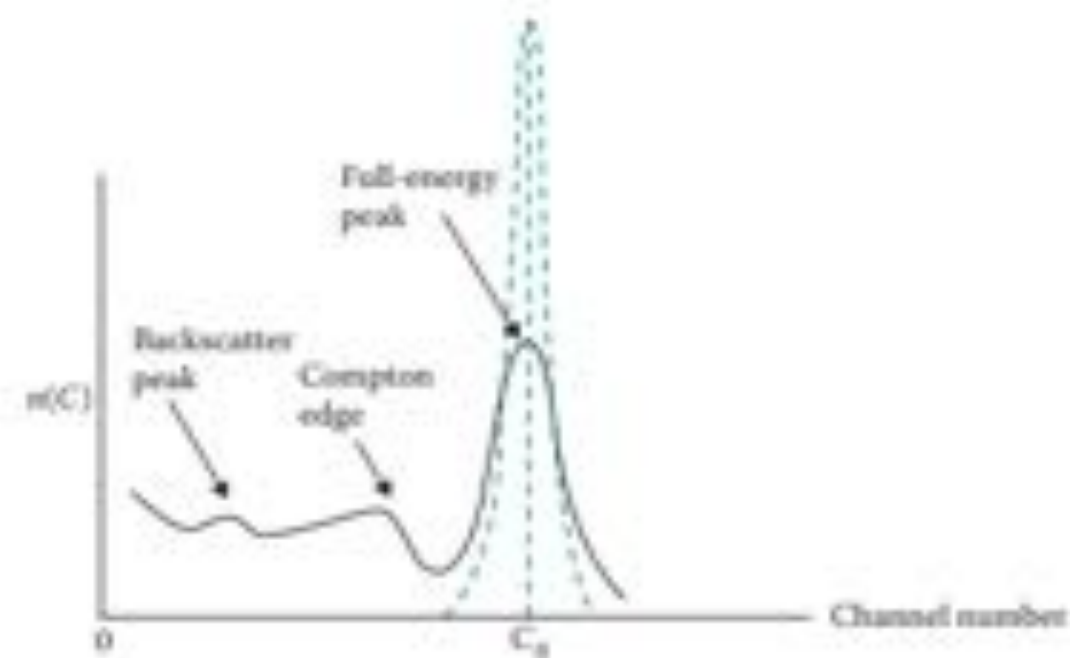
şeklinde. Gauss dağılımı, $-\infty$ ile $+\infty$ arasında tanımlı bir dağılım olmasına karşın, Nükleer spektroskopide istenilen değerde en uygun formu oluşturduğu için en yaygın tercih edilen istatistiksel dağılımlardan biridir. Nükleer spektroskopide x_0 ışınların kanal değeri veya enerjileri olup, σ çözünürlüğe bağlı bir değişkendir ve sisteme etki eden elektrik, optik gibi fiziksel olgulara göre değişir.

GAMA IŞINI SPEKTROSKOPİSİNDE SİNYAL ANALİZİ

Gama ışını spektroskopisinde örnekten yayımlanan gama ışınının enerjisine bağlı olarak 5 fiziksel olay gerçekleşmektedir.

— **Yayımlanan fotonun enerjisi, $E < 1.022$ MeV ise:**

- Tam dolu enerji tepe noktası (Full-energy peak), örnekten yayımlanan fotonun fiziksel bir etkileşime uğramadan dedektör tarafından tespit edilmesidir.
- Compton-edge, yayımlanan fotonun elektron ile esnek olmayan çarpışma yapması sonucu, enerjisini kaybederek dedektör tarafından tespit edilmesidir. Bu durumda enerji Klein-Nashina Compton Scattering Distribution olarak adlandırılan enerji dağılımı gözlenmektedir.



$$E_c = E - \frac{E}{1 + 2E/mc^2}$$

- Geri saçılma tepe noktası (Backscatter peak), dedektörün duvarı tarafında soğrulan ve tekrar saçılan elektronun dedektör tarafından tespit edilmesidir.

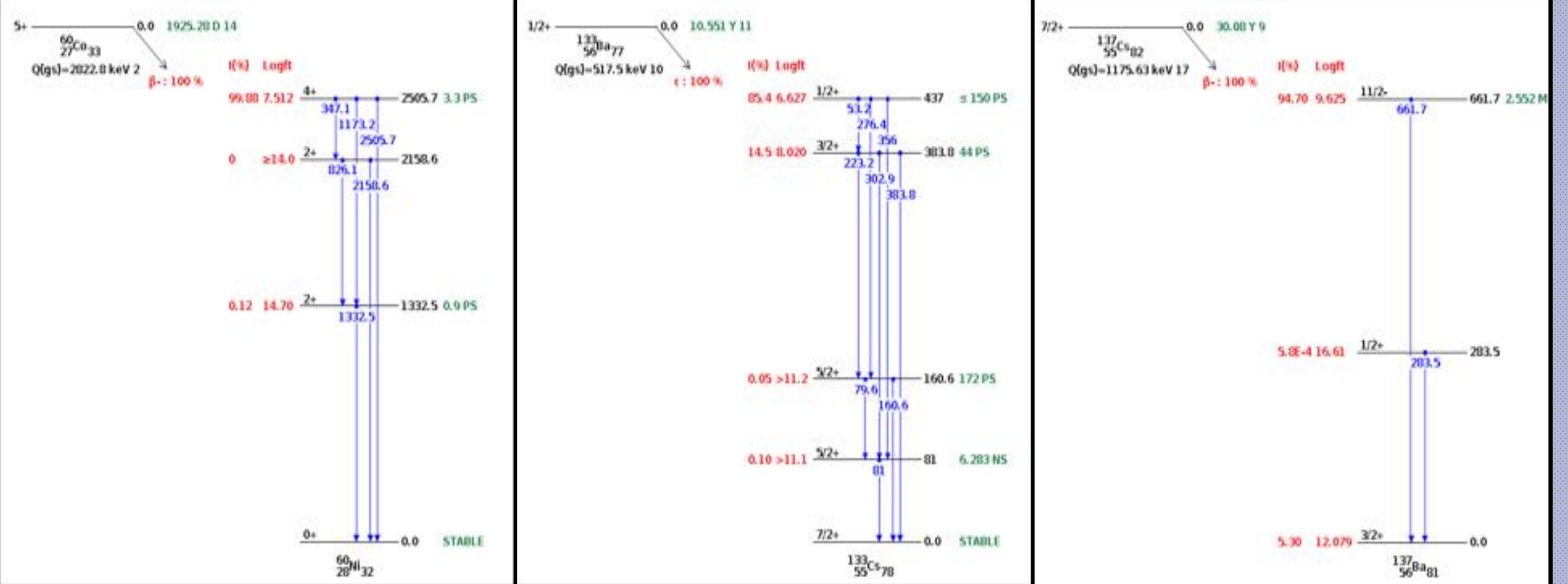
$$E_{BS} = \frac{E}{1 + 2E/mc^2}$$

— **Yayımlanan fotonun enerjisi, $E > 1.022$ MeV ise çift oluşum gerçekleşir:**

- Tek kaçış tepe noktası; eğer tek bir foton kurtulursa, $E_{SE} = (E - 0.511)$ MeV
- Çift kaçış tepe noktası, eğer iki foton kurtulursa, $E_{DE} = (E - 1.022)$ MeV

NÜKLEER KAYNAKLAR

Bu çalışmada örnek olarak Co-60, Ba-133 ve Cs-137 kullanılmıştır. Co-60 ve Cs-137 beta ışınları yapmalarından sonra, Ba-133 elektron yakalanması sonrasında kaynaklar gama ışınları yaparlar. Bu bozunumların enerji seviyeleri, olasılık şiddetleri, bozunum enerjileri ve yarı ömürleri aşağıdaki bozunum şemalarında gösterilmiştir.



SPEKTROSKOPİ VERİLERİNİN PYTHON İLE İNCELENMESİ

Python, yavaş bir programlama dili olmasına rağmen, zengin bilimsel, istatistiksel ve veri görselleştirme kütüphaneleri sayesinde büyük miktarda verinin işlenmesinde tercih edilen bir yazılım dilidir. Bu çalışmada Python kullanılarak Co-60, Ba-133, Cs-137 gama ışını spektroskopisi simüle edilmiş daha sonra elde edilen veriler analiz edilmiştir. Programın akış şemaları aşağıda gösterilmiştir.

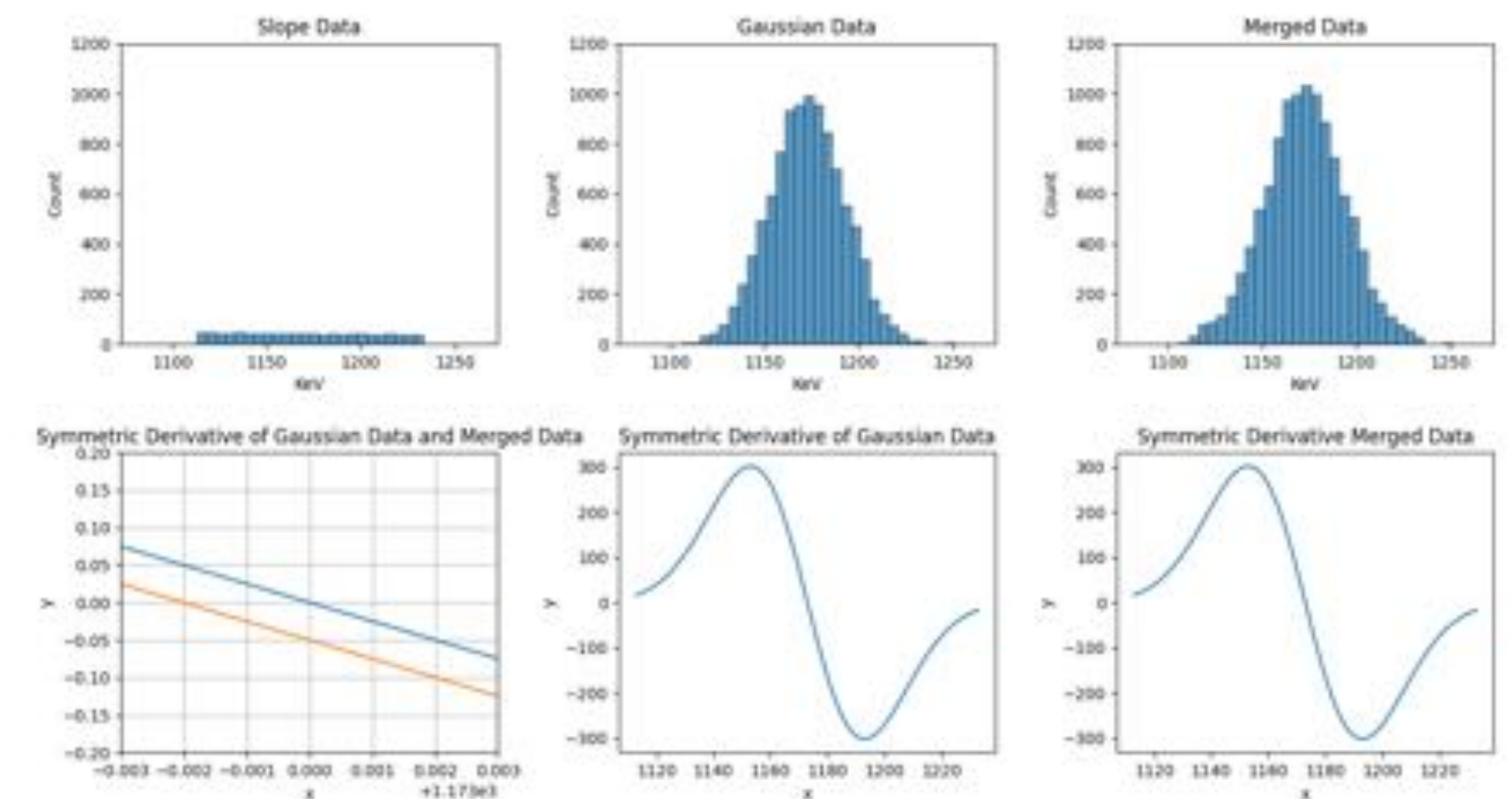
1. KISIM



2. KISIM



Program çıktısı: Co-60 kaynağının 1173 KeV değerindeki simülasyonu;



	Simülasyon	Analiz	Hata
x_0	1173	1172.56	%0.04
σ	20	21.35	%6.75
a	0.05	0.06	%20
b	100	125.19	%25.19

KAYNAKÇA

- [1] Tsoulfanidis, & Landsberger. (n.d.). *Measurement & Detection of Radiation* (4th ed.). CRC Press.
- [2] Krane. (n.d.). *Introductory Nuclear Physics*.
- [3] Bevington, & Robinson. (n.d.). *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences* (3rd ed.). McGraw-Hill Companies.
- [4] <https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/>

SONUÇ

Bu çalışmada nükleer spektroskopi ve analiz yöntemleri incelenmiş ve detaylı bilgi verilmiştir. Gauss dağılımının spektroskopideki uygulaması gösterilmiştir. Python yazılım dili ile bir Gauss dağılımı ve gürültü hazırlanmış ve oluşturulan bu dağılım Python'da yazılmış olan ikinci bir yazılım ile analiz edilmiştir. Simülasyon ile analiz arasındaki fark incelenmiştir.



FİZİK BÖLÜMÜ

KUANTUM HESAPLAMA

Haris Kulosmanovic 18022090

Danışman: Prof.Dr. Zeynel Yalçın

Kuantum hesaplama, kuantum mekaniği ilkelerine dayanan ve gelecekte bilgi işleme yöntemlerini devrimlendirecek bir bilim dalıdır. Bu bitirme çalışmasında, kuantum hesaplamanın temel kavramları olan spin ve kübit gibi yapı taşları incelenmiştir. Ayrıca, kuantum dolanıklık olarak adlandırılan fenomenin mantığı ve bu alandaki önemi ele alınmıştır. Kuantum hesaplamanın teknik yönü de kuantum kapıları aracılığıyla kübit manipülasyonu ve birden fazla işlemi aynı anda gerçekleştirebilen Deutsch algoritması gibi örneklerle gösterilmiştir.

KUANTUM HESAPLAMA

Elektronlar, minyatür mıknatıslar olarak düşünülebilir, bir manyetik alanda bulunduğu kendilerini, kendi kuzey kutuplarının manyetik alanın kuzey kutbu ile karşılaşacak şekilde konumlandırır. Bu konumda iken elektronlar minimum enerji durumundadır ve bu durum $|0\rangle$ (spin aşağı) ile gösterilmekte, ayrıca her elektron bu durumda kalma eğilimindedir. Bir elektronu 180 derece döndürmek için belli miktarda enerji verildiğinde, elektron $|1\rangle$ (spin yukarı) durumuna geçer, ancak bu durum elektronun kalmak istediği durum değildir, dolayısıyla elektronu bu duruma getiren kuvvet ortadan kalktığında, elektron $|0\rangle$ durumuna geri dönmektedir.

$$|1\rangle = |\uparrow\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$|0\rangle = |\downarrow\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Kuantum dolanıklık

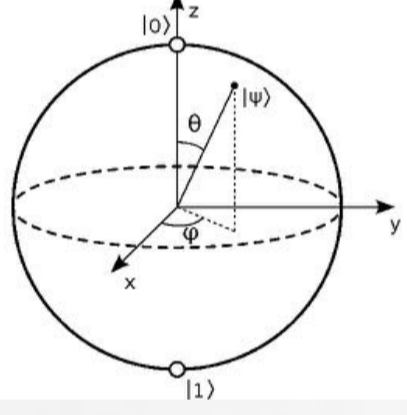
İki ya da daha fazla parçacık, her birinin özelliklerinin diğer parçacıkların özelliklerine bağlı olacak şekilde bir ilişki geliştirmeleri durumunda, bu parçacıkların birbirlerinden ne kadar uzak olduğuna bakılmaksızın, kuantum dolanıklık denir. Bu şu anlama gelmektedir; iki parçacığın arasındaki mesafe büyük olsa da bir parçacığın durumunu ölçmekle diğer parçacığın da durumu ölçülmüş olur.

Örneğin, bir elektron çiftinde, elektronların spinlerinin belli olduğunu söylemek mümkün değil, bunun yerine onların birbirine dolanmış olduğu söylenir, yani birbirlerine ters spinlere sahip oldukları söylenir. Bir ölçüm yapıldıktan sonra elektron, ölçümde elde edilen spini korumakta, yani aslında ölçümle elektronun spini belirlenmiş olur. Aynı zamanda bir elektron çiftinde bir elektronun spini ölçüldükten sonra, çiftin ikinci elektronunun spini hemen belli olur, çünkü birbirlerine ters olmalıydılar. Bu olay, John Stewart Bell tarafından kanıtlanmıştır.

Kübitler

Parçacıklar 0 ve 1 olmak üzere iki durumda olabileceğinden, klasik hesaplamada 0 ve 1 değerlerine de sahip olan bitlerle bir benzetme yapılabilir. Kuantum hesaplamada kullanılan bu "bitlere" kübitler (kuantum bitler) denir. Bir kübit ile klasik bir bit arasındaki fark, kübitin kuantum mekaniğinde süperpozisyon adı verilen doğrusal kombinasyonlar oluşturabilmesidir.

$$|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$



Bloch küre gösterimi, $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ durumundaki tek bir kübiti geometrik olarak temsil etmenin iyi bir yoludur. Bir kübitin tüm olası durumları, üç boyutlu bir birim küre ile temsil edilir. Kübit durumları ve kuantum devrelerinin temel bileşenleri olan kuantum kapılarının bunları nasıl değiştirebileceği Bloch küresinde rahatlıkla görülmektedir.

Çoklu kübitler

Klasik hesaplamada iki bit birleştirildiğinde 4 farklı durum (00,01,10,11) elde edilir. Bilgisayarın bu 4 durumdan hangisine sahip olduğunu söyleyebilmek için, birinci ve ikinci bitin değeri belli olması gerekmektedir. Kuantum hesaplamada süperpozisyon sayesinde bilgisayarın hangi durumda olduğunu belirlemek için 4 adet bilgiyi temsil eden 4 katsayıyı ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) bilmemiz gerekir ($2^{\text{kübit sayısı}} = 2^2 = 4$). Yani 3 kübitimiz varsa, kuantum bilgisayarın sahip olduğu tüm bilgileri öğrenilebilir için 8 tane katsayıyı bilmemiz gerekir ve kübit sayısı arttıkça bu sayı katlanarak eksponansiyel artmaya devam eder.

$$|\Psi\rangle = \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$$

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 = 1$$

Kuantum kapıları

Mantık kapıları, klasik bilgisayarlarda bitleri manipüle etmek için kullanılan temel işlemlerden biri olduğu gibi, kuantum bilgisayarlarda da kuantum kapıları vardır. Matematiksel olarak Boole cebiri ile temsil edilen klasik kapıların aksine, kuantum kapıları aslında üniter matrislerdir. Üniter matrisler, vektörlerin küre etrafında nasıl hareket ettiğini açıklayan bir sayı bloğudur. Her kuantum kapısı, kübitlerin durumunu temsil eden vektörü değiştiren farklı bir üniter matrisle temsil edilebilir.

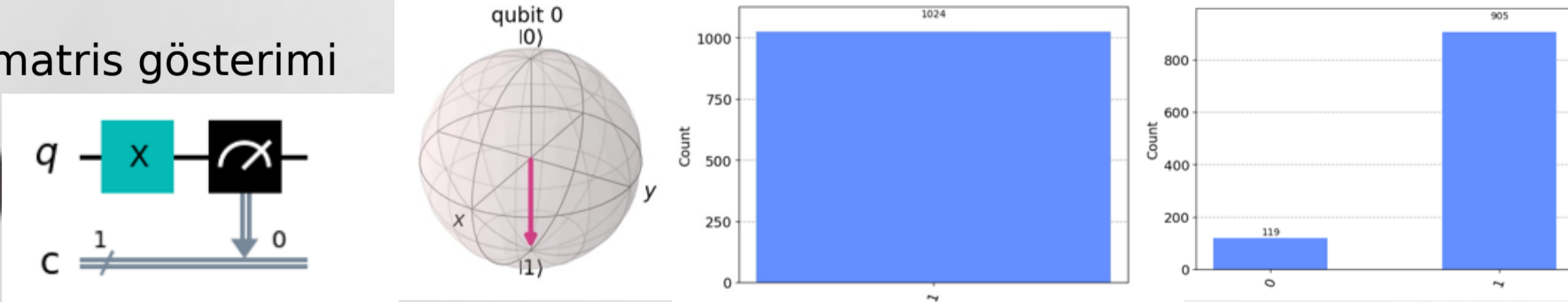
X kapısı

$|0\rangle$ durumuna uygulandığında, onu $|1\rangle$ durumuna ve $|1\rangle$ durumuna uygulandığında, onu $|0\rangle$ durumuna getirir.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X|0\rangle = |1\rangle$$

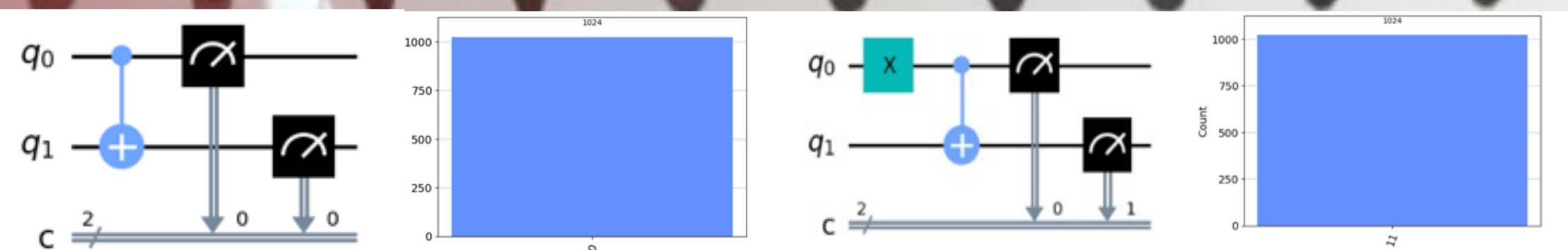
$$X|1\rangle = |0\rangle$$



İki grafiğin içerdiği sonuçlardaki farklılık, birinci grafiğin sonucunun bir kuantum bilgisayar simülöründen elde edilmesi, ikinci grafiğin sonucunun ise ideal olmayan gerçek kuantum bilgisayardan elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

CNOT kapısı

CNOT kapısı iki kübitlik bir kuantum kapısıdır. Bu kapı iki kübit üzerinde çalışır, ilk kübit kontrol kübiti olarak kullanılırken, ikinci kübit ise hedef kübitidir. Eğer kontrol kübiti $|0\rangle$ durumunda ise, hedef kübitte hiçbir işlem yapılmaz ve eğer kontrol kübiti $|1\rangle$ durumunda ise, hedef kübit üzerinde bir X (NOT) işlemi gerçekleştirilir.



Girdiler: $q_0=0$ ve $q_1=0$;
 $q_0=0$ olduğundan q_1 (hedef kübit) olduğu gibi kalır
Çıktılar: $q_0=0$ ve $q_1=0$

Girdiler: $q_0=1$ ve $q_1=0$;
 $q_0=1$ olduğundan q_1 kübitine işlem uygulanır
Çıktılar: $q_0=1$ ve $q_1=1$

Hadamard kapısı

Hadamard kapısı, $|0\rangle$ durumunu ve $|1\rangle$ durumunu kullanarak süperpozisyon kuantum durumunu oluşturmak için kullanılan temel kuantum kapılarından biridir. Matematiksel olarak şu şekilde temsil edilebilir:

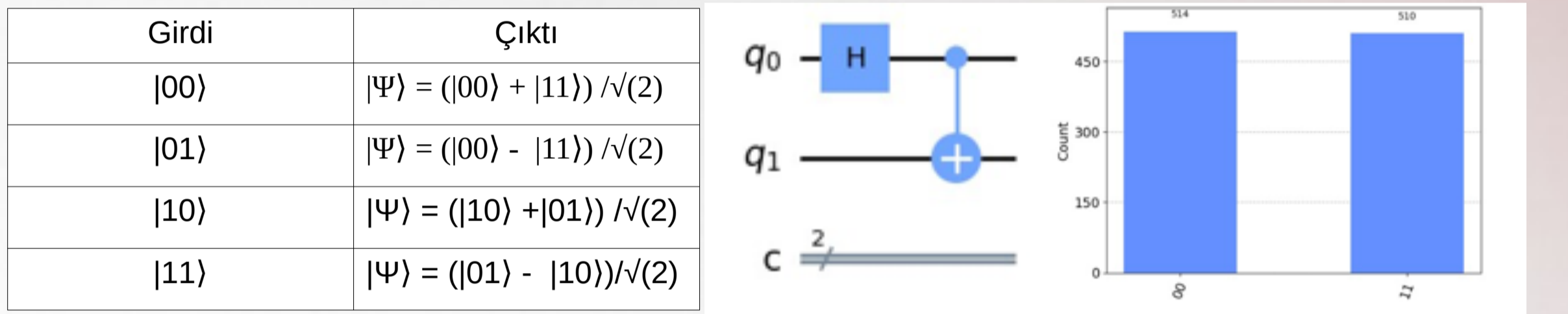
$|0\rangle$ durumuna uygulandığında aşağıdaki sonuçları verir: $(|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2}$
 $|1\rangle$ durumuna uygulandığında aşağıdaki sonuçları verir: $(|0\rangle - |1\rangle)/\sqrt{2}$

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Hadamard kapısının matris gösterimi

Bell durumları

Bell durumu, iki kübitin maksimum düzeyde dolanık olduğu bir kuantum durumdur. Bell durumları $|00\rangle$, $|01\rangle$, $|10\rangle$ ve $|11\rangle$ temel iki kübit durumlarının doğrusal kombinasyonlarıdır. Bell durumlarını oluşturmanın en basit yolu, bir Hadamard ve bir CNOT kapısından oluşan bir kuantum devresi kullanmaktır. Bell durumlarını elde etmek için yukarıdaki dört kuantum durumundan birini girdi olarak kullanmak gerekir. Girdilerin her biri için Bell durumlarını temsil eden farklı bir çıktı elde edilir.



Kuantum paralelliği

Kuantum paralelliği, süperpozisyon durumu sayesinde bir kuantum bilgisayarın aynı anda birden fazla hesaplama yapmasını sağlayan bir kavramdır. Başka bir deyişle, bir kuantum bilgisayarın belirli bir $f(x)$ fonksiyonunun birkaç farklı x değeri için aynı anda değerlerini hesaplamasını sağlar.

Deutsch algoritması

Deutsch algoritması, kuantum bilgisayarın aynı anda birden fazla hesaplama yapabildiğini gösteren ilk algoritmadır. Bu algoritma bize bir Boole fonksiyonunun sabit mi yoksa dengeli mi olduğunu tek bir adımda söyler.

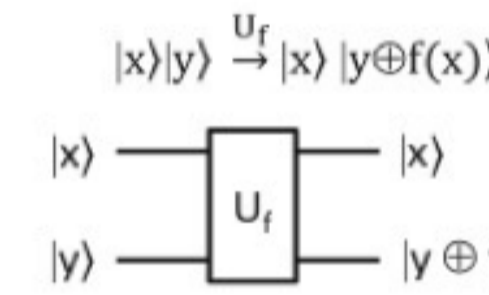
Not: Sabit bir fonksiyon, tüm girdiler için her zaman aynı çıktıyı veren bir fonksiyondur.

Dengeli bir fonksiyon, tüm girdiler için çıktı olarak eşit sayıda sıfır ve bir veren bir fonksiyondur.

Klasik hesaplamada bir fonksiyonun sabit mi yoksa dengeli mi olduğunu belirleyebilmek için fonksiyonun iki kez değerlendirilmesi gerekir. Ancak, Deutsch algoritması kullanılarak bu prosedür bir adıma indirgenmiştir.

Örneğin: $f: \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$

$f(0)=0$; $f(1)=0$; $f(0)=f(1)$ → fonksiyon sabittir
 $f(0)=0$; $f(1)=1$; $f(0) \neq f(1)$ → fonksiyon dengelidir



$$U_f = \begin{bmatrix} 1-f(0) & f(0) & 0 & 0 \\ f(0) & 1-f(0) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-f(0) & f(1) \\ 0 & 0 & f(1) & 1-f(1) \end{bmatrix}$$

Deutsch algoritmasının kuantum devresi

U_f kapısının matris gösterimi

U_f kapısı

Eğer $|x\rangle$ ($x \in \{0, 1\}$) kontrol kübiti ve $|-\rangle = (|0\rangle - |1\rangle)/\sqrt{2}$ hedef kübiti olarak alınırsa, devrenin girdisi $|\Psi\rangle = |x\rangle \otimes |-\rangle$ olur. Daha sonra U_f kapısı uygulanırsa, devrenin çıktısı

$$U_f |\Psi\rangle = U_f [(|x\rangle - |x1\rangle)/\sqrt{2}] = [|x, f(x)\rangle - |x, 1-f(x)\rangle]/\sqrt{2}$$

$f(x)$ 'nin değeri ya 0 ya da 1 olabilir.

$f(x)=0$ için $U_f |\Psi\rangle = [|x, f(x)\rangle - |x, 1-f(x)\rangle]/\sqrt{2} = [|x, 0\rangle - |x, 1\rangle]/\sqrt{2} = |x, -\rangle$

$f(x)=1$ için $U_f |\Psi\rangle = [|x, f(x)\rangle - |x, 1-f(x)\rangle]/\sqrt{2} = [|x, 1\rangle - |x, 0\rangle]/\sqrt{2} = -|x, -\rangle$

$$U_f |\Psi\rangle = (-1)^{f(x)} |x, -\rangle \quad (9)$$

her iki durum için ortak formül

Deutsch algoritması için kuantum devresi

Devredeki ilk iki Hadamard kapısı $|+\rangle$ ve $|-\rangle$ durumları oluşturmak için kullanılır.

$|\Psi_1\rangle = |+\rangle \otimes |-\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2} \otimes (|0\rangle - |1\rangle)/\sqrt{2} = (|00\rangle - |01\rangle + |10\rangle - |11\rangle)/2$

$|\Psi_2\rangle$ durumu (9) denklemine göre

$|\Psi_2\rangle = ((-1)^{f(0)} |0\rangle - (-1)^{f(1)} |1\rangle)/\sqrt{2}$ olur

$|\Psi_2\rangle$ durumu, $f(0)=f(1)$ için

$|\Psi_2\rangle = \pm(|0\rangle + |1\rangle) \otimes |-\rangle/\sqrt{2} = \pm|+\rangle \otimes |-\rangle$ olup fonksiyon sabit olduğu anlaşılır.

$|\Psi_2\rangle$ durumu, $f(0) \neq f(1)$ için

$|\Psi_2\rangle = \pm(|0\rangle - |1\rangle) \otimes |-\rangle/\sqrt{2} = \pm|-\rangle \otimes |-\rangle$ olup fonksiyon dengeli olduğu anlaşılır.

Son olarak, devredeki ilk kübit üzerine uygulanan son Hadamard kapısı, durumunu temel durumlardan birine geri getirecektir:

$f(0)=f(1)$ için $|\Psi_3\rangle = H|\Psi_2\rangle = \pm|0\rangle$ (14) $f(0) \neq f(1)$ için $|\Psi_3\rangle = H|\Psi_2\rangle = \pm|1\rangle$ (15)

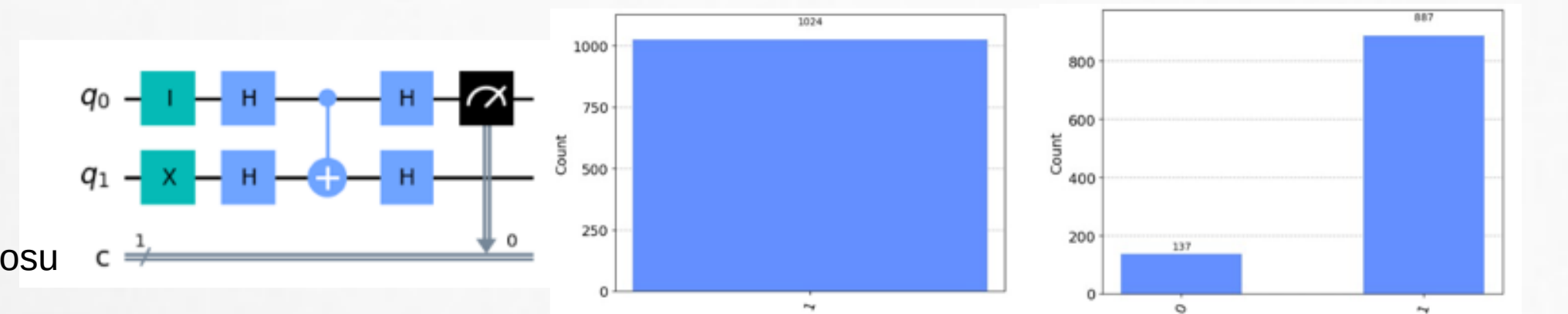
Her iki durum için $|\Psi_3\rangle = \pm|f(0) \oplus f(1)\rangle$ (16) ifadesi yazılabilir.

Ve son olarak, ilk kübitte ölçüm yapıldığında, ölçüm sonucunda 0 değeri elde ediliyorsa fonksiyon sabittir, aksi halde ölçülen değer 1 ise fonksiyon dengelidir.

Bu algoritmanın değeri fonksiyonun tek adımda iki farklı değer için değerlendirilmesi ve onu $|\Psi_3\rangle = \pm|f(0) \oplus f(1)\rangle$ ifadesinin altı çizili kısmından görülebilir.

$ 0 \oplus 0\rangle = 0\rangle$
$ 0 \oplus 1\rangle = 1\rangle$
$ 1 \oplus 0\rangle = 1\rangle$
$ 1 \oplus 1\rangle = 0\rangle$

$|f(0) \oplus f(1)\rangle$ tablosu



KAYNAKÇA

- [1] Quantum information processing and quantum error correction: an engineering approach Ivan Djordjevic - Academic Press - 2012
- [2] Quantum Computation and Quantum Information-Nielsen & Chuang - Cambridge University Press - 2022
- [3] Quantum theory an information processing approach-Rau - Oxford University Press - 2021
- [4] Quantum computing for everyone-Bernhardt - The MIT Press - 2020



EXPLORING THE IMPACT OF PCBM ELECTRON TRANSPORT LAYERS IN PLANAR PEROVSKITE SOLAR CELLS

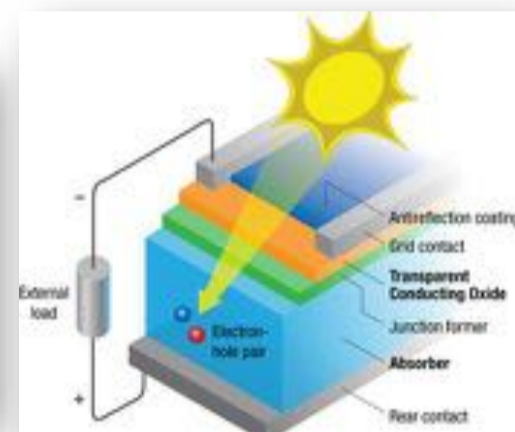
Student: Reza ERENTÜRK 19022083

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma Pınar CHOI

ABSTRACT

Phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM) is a conventional electron transport layer (ETL) for p-i-n type inverted perovskite solar cells (PSCs) due to its low-temperature processability and high performance [1]. In this work we investigated the effect of PCBM concentration as an ETL for the PSCs that were fabricated using a sol-gel method and had the following configuration: ITO/NiO_x/CH₃NH₃PbI₃/PCBM/BCP/Ag. The fabricated solar cells were then analyzed under a solar simulator, which simulated the illumination conditions of sunlight. Various photovoltaic parameters were calculated, including the open circuit voltage (V_{oc}), fill factor (FF), short circuit current density (J_{sc}), and power conversion efficiencies (PCE). These parameters provide insights into the performance of solar cells and their ability to convert light into electricity. Additionally, shunt and series resistances were extracted. The shunt resistance refers to the presence of unintended low-resistance pathways in the solar cell, which can cause a reduction in its performance. Series resistance, on the other hand, refers to the total resistance along the current path within the cell. By studying the impact of varying PCBM concentration in the CB solvent, we aimed to understand how this parameter affects the overall performance of the perovskite solar cells. Our results can provide valuable insights for optimizing the design and fabrication of efficient inverted perovskite solar cells.

Solar Energy and Perovskite Solar Cell



Halide perovskites are a family of materials that have shown potential for high performance and low production costs in solar cells. In 2012, researchers first discovered how to make a stable, thin-film perovskite solar cell with light photon-to-electron conversion efficiencies over 10%, using lead halide perovskites as the light-absorbing layer. Since then, the sunlight-to-electrical-power conversion efficiency of perovskite solar cells has skyrocketed, with the laboratory record standing at 26.0 %.

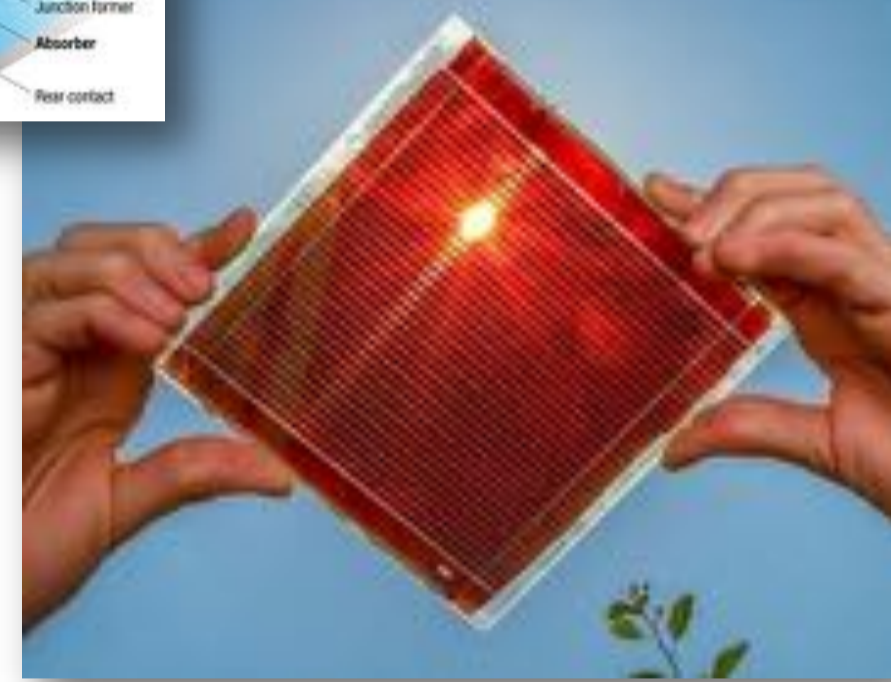


Figure 1. Photograph of a PSC under sunlight

Perovskite crystal structure and properties



- direct bandgap
- strong absorption
- long carrier life time
- long diffusion length
- small exciton B.E

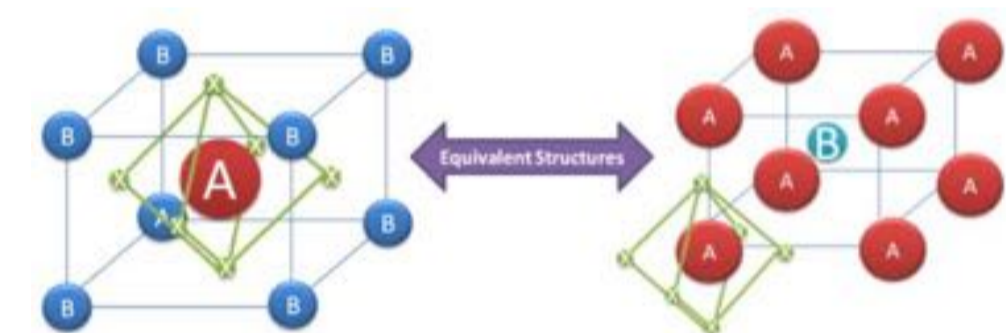


Figure 2. Perovskite crystal structure of the form ABX₃ [2]

A = An organic or inorganic cation: MAI, FAI, Cs⁺, Rb⁺
 B = A big inorganic cation: Pb²⁺, Sn²⁺, Ge²⁺...
 X₃ = A slightly smaller halogen anion: I, Cl, Br

Device structure and working principle

- The basic structure of a perovskite solar cell consists of an electron transporting layer, a hole transporting layer, and metal contacts.
- Perovskite solar cells are classified as regular «n-i-p» and inverted «p-i-n» structures, depending on which transport material on the exterior portion of the perovskite encounters light rays first.
- In the n-i-p structure of perovskite solar cells the electron ETL is deposited first, whereas the HTL is deposited first in p-i-n structures.

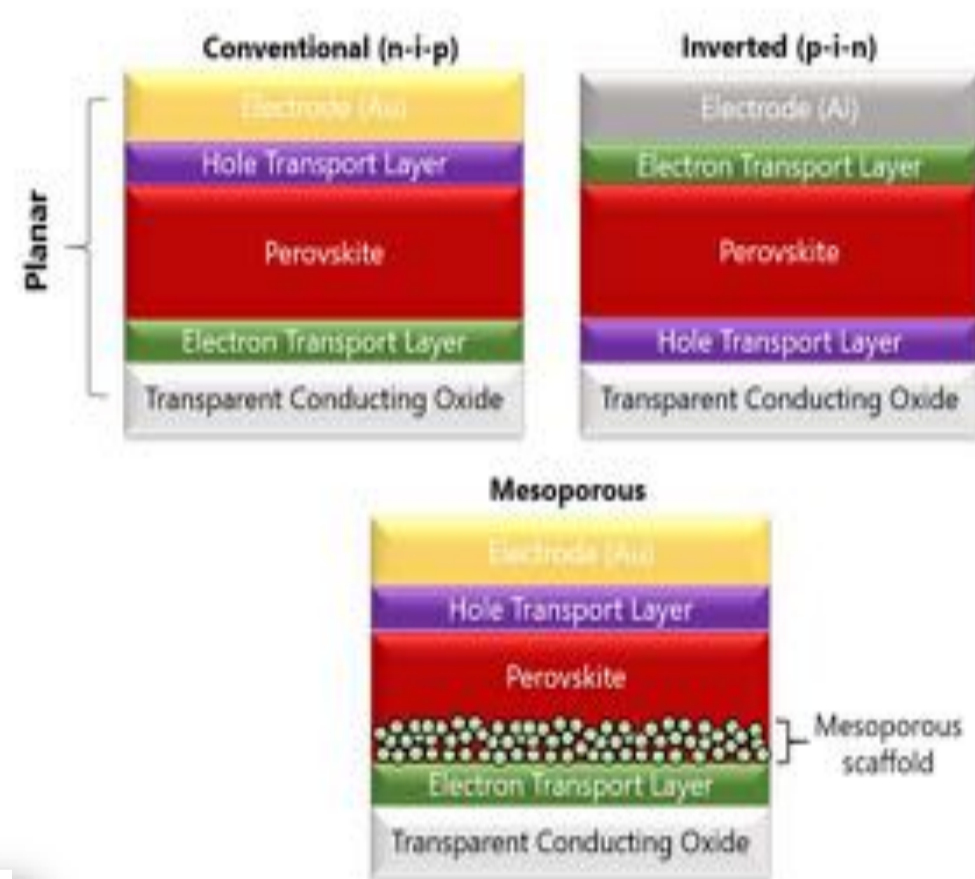


Figure 3. Classification of Perovskite Solar Cells [2]

$$FF = \frac{V_{mpp} \times J_{mpp}}{V_{oc} \times J_{sc}}$$

Open circuit voltage
Short circuit current density

$$PCE(\%) = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100 = \left(\frac{FF \times V_{oc} \times J_{sc}}{P_{in}} \right) \times 100$$

Optimizing Perovskite Solar Cells: Electron Transport Materials

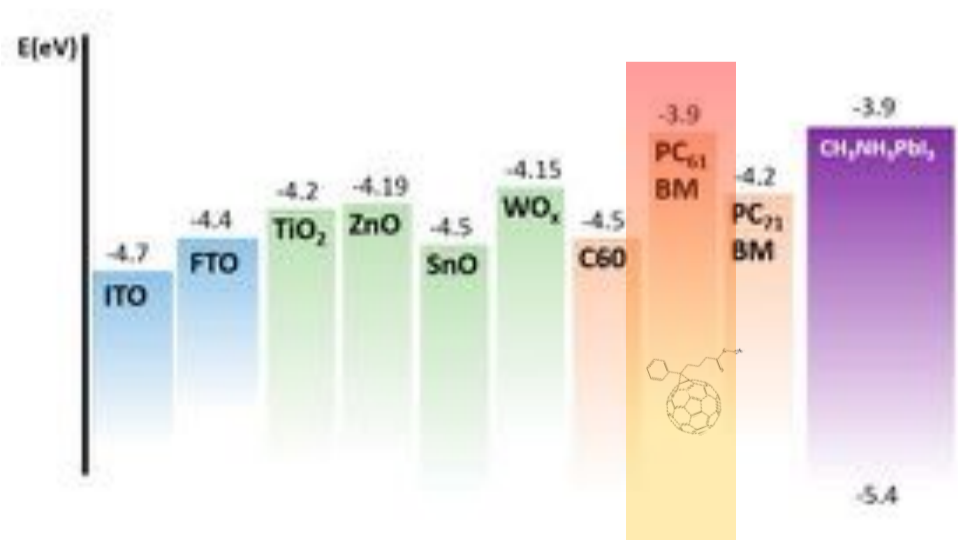


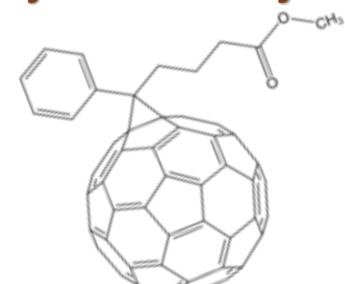
Figure 4. Electron transport layers for PSCs [3]

Electron transport layers (ETLs) play a fundamental role in perovskite solar cells. Delivering high shunt resistances (R_{sh}) and lower recombination currents (I_{off}) is key to obtain high efficiency. It must have an energy level that is compatible with that of the perovskite material to help promote injection of the photo-generated electrons and reduce energy losses, and it must possess innately high electron mobility to enable fast electron transport.

PCBM Electron Transport Layers

It is widely observed that the involvement of phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM) molecules, either by mixing within the bulk or inserting a single layer into devices. PCBM has high electrical conductivity and has been the most commonly used PSC ETL material of the fullerene derivatives. It has been tested using different fullerene derivatives as electron transport materials in inverted planar perovskite solar cells (PSCs). The results indicated that devices prepared with PC61BM outperformed those using other electron transport materials.

Phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM)



- ✓ good electron transport
 - ✓ high electron affinity - mobility
 - ✓ smoothing perovskite surface
 - ✓ passivating surface traps
 - ✓ solution processability
 - ✓ no annealing process
- aggregation of PCBM
 - interfacial recombination
 - current leakage
 - diffusing of I from perovskite

Effect of PCBM concentration on the performance of Perovskite Solar Cells

• Device Fabrication

The ITO-coated glass substrates were cleaned using an ultrasonic bath with acetone and isopropyl alcohol. The hole transport layers (NiO_x) were deposited using a sol-gel method [4]. The perovskite layers were fabricated using an anti-solvent washing route, involving a PbI₂:MAI solution in Gamma-butyrolactone. Toluene was used as the anti-solvent, and the perovskite layers were annealed at 100°C for 20 minutes.

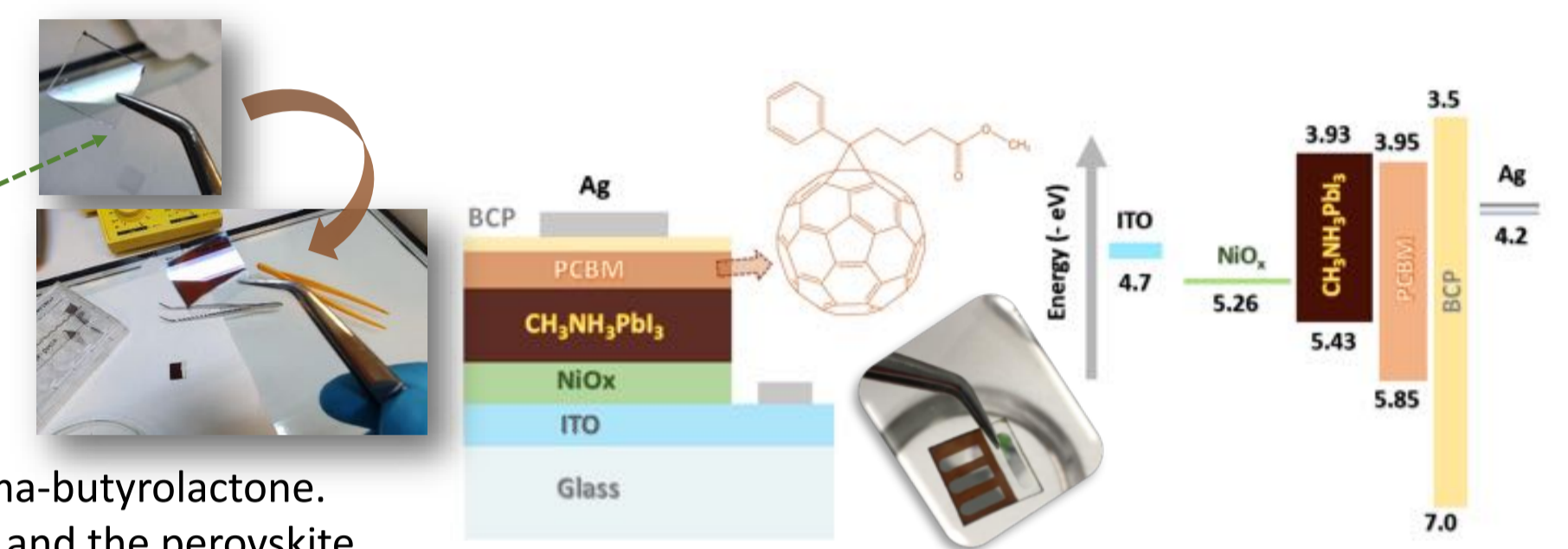


Figure 5. Device scheme and energy level alignment [4]

PCBM precursors were prepared in chlorobenzene, with concentrations of 18, 20, and 22 mg. Both the PCBM electron transport layer (ETL) and the BCP buffer layers were deposited using the sol-gel method. Finally, Ag metal contacts were evaporated to complete the fabrication of the solar cells [4].

• Characterization and Photovoltaic Parameters

Photovoltaic parameters were analyzed by studying the current-voltage (J-V) curves under 1 sun AM 1.5G conditions. Both reverse and forward scans of the champion cells out of a total of 18 devices were given in Figure 6.

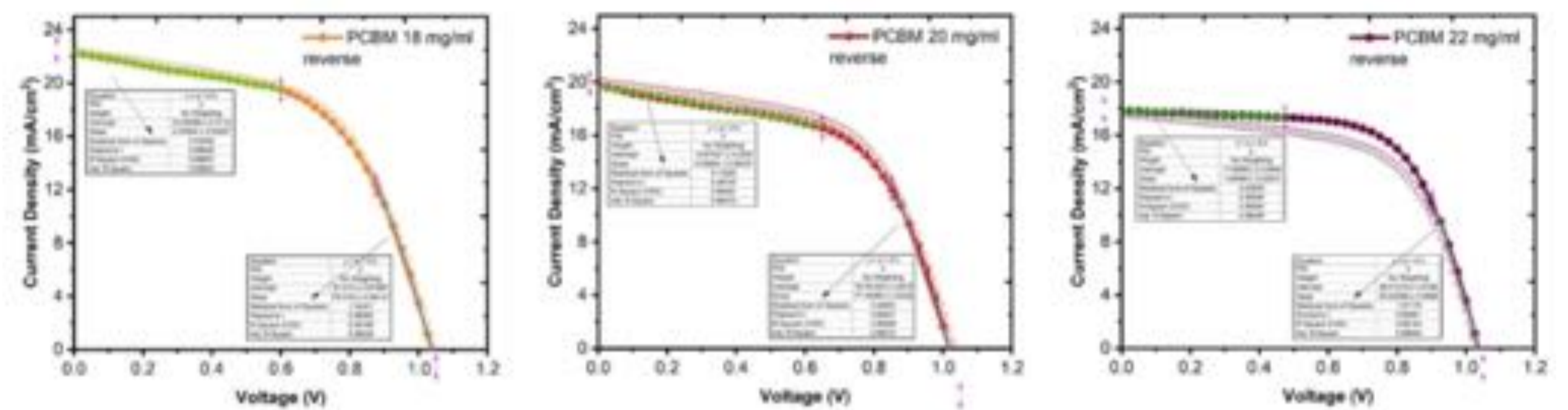


Figure 6. Illuminated J-V curves of the PSCs with different PCBM ETLs.

To determine the shunt and series resistances, linear fits were applied to extract the slopes from the J-V curves. The results of these analyses, along with the extracted resistances, were presented in an inset in the figure and whole parameters were presented in Table 1.

PCBM in CB [Forward (Reverse)*]	V _{oc} (mV)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF (%)	PCE (%)	R _{series} (Ωcm ²)*	R _{shunt} (kΩcm ²)*
18 mg/ml	1048 (1025)	22.33 (22.15)	55.88 (56.39)	13.08 (12.80)	128	2.23
20 mg/ml	1037 (1000)	19.99 (19.60)	56.91 (57.97)	11.80 (11.36)	129	2.18
22 mg/ml	1037 (1025)	17.68 (17.83)	59.71 (65.80)	10.95 (12.03)	120	9.52

• Results and Discussion

Box chart graphs show the results obtained from analyzing 18 PSCs, Figure 7. The champion cells, which displayed the highest performance and consistency, were identified among the tested samples.

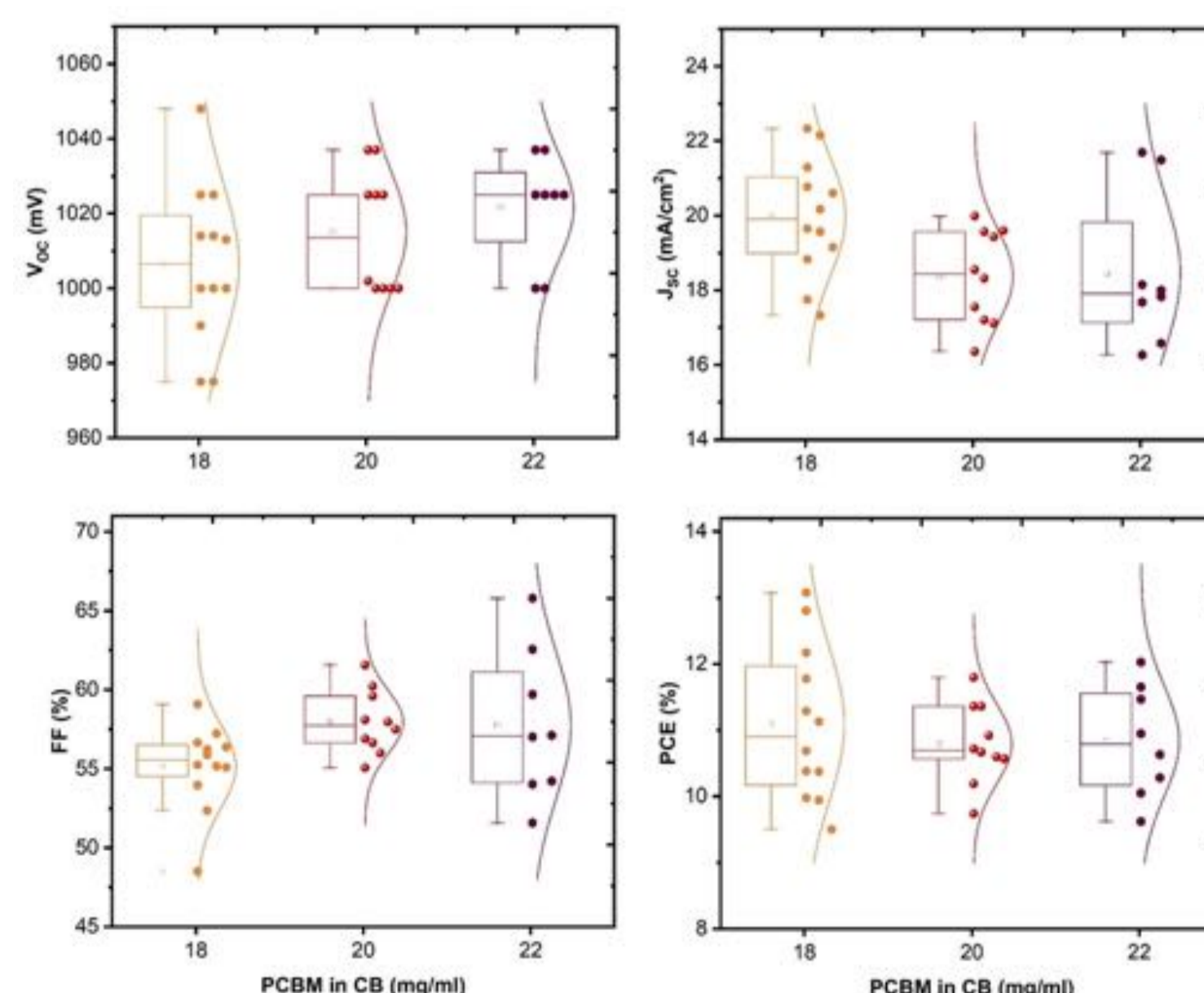


Figure 7. Box chart graphs over 18 PSCs with different PCBM ETLs.

- ❖ hysteresis effect in the PSCs starts to increase with the concentration of PCBM
- ❖ increasing the concentration of PCBM resulted in slight decreases in the V_{oc} values and decreased J_{sc} values
- ❖ highest PCBM concentration resulted in the best R_{shunt} and the FF that improved charge transport and reduced losses within the cell
- ❖ the box charts suggest that the PCBM concentration of 20 mg may be the best option with narrower Gaussian curves indicating higher reproducibility and consistency

Ongoing experiments are being conducted to evaluate the lifetime and stability of PSCs, as this is a significant challenge in the field.

REFERENCES

[1] Tsai, Chih-Hung, Chia-Ming Lin, and Cheng-Hao Kuei. "Investigation of the effects of various organic solvents on the PCBM electron transport layer of perovskite solar cells." *Coatings* 10.3 (2020): 237.
 [2] ossila.com/pages/perovskites-and-perovskite-solar-cells-an-introduction
 [3] Kim, Taewan, Jongchul Lim, and Seulki Song. "Recent progress and challenges of electron transport layers in organic-inorganic perovskite solar cells." *Energies* 13.21 (2020): 5572.
 [4] Choi, Fatma Pınar Gokdemir, Hamed Moeini Alishah, and Serap Gunes. "Cerium and zinc co-doped nickel oxide hole transport layers for gamma-butyrolactone based ambient air fabrication of CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cells." *Applied Surface Science* 563 (2021): 150249.



FİZİK BÖLÜMÜ

METAMALZEME

Öğrenci Adı SOYADI: Semanur BAŞTÜRK Öğrenci no:19022003

Danışman: Doç. Dr. Cenk DENKTAŞ

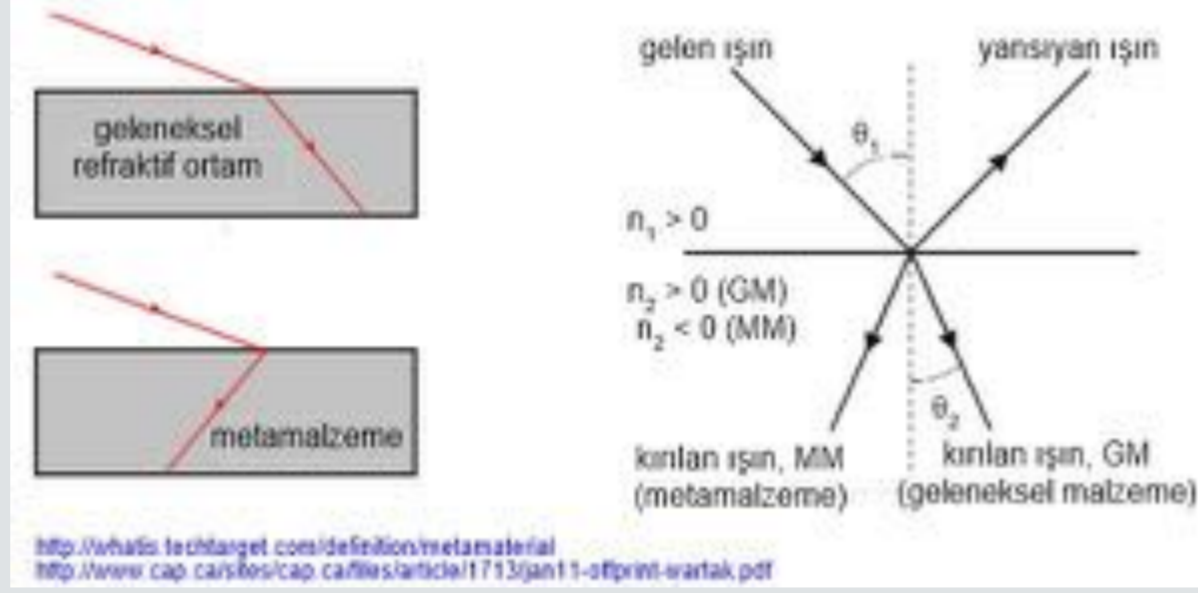
ÖZET

Metamalzemeler veya metamalzemeler, doğal malzemelerde bulunmayan özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanmış insan yapımı malzemelerdir. Metamalzemeler, doğada kendiliğinden bulunmayan üstün özelliklere sahiptir. Çünkü doğada aşına olduğumuz malzemelerin aksine metamalzemeler çok farklı optik özelliklere sahiptir

GİRİŞ

Metamateryal veya **metamalzeme**, doğadaki malzemelerde bulunmayan özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanan yapay malzemelerdir. Metamateryaller genellikle plastik, metal gibi doğal malzemelerden oluşturulan mikroskobik boyutlardaki yapıların tekrarlanan kalıpları olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Metamateryaller bu özellikleri, titizce tasarlanan bu yapılar sayesinde kazanır. Geometrisi, büyüklüğü ve düzeni, ışık ve sesle doğada görülmeyen bir şekilde etkileşebilir. [1]

Metamalzemeler laboratuvar ortamında hassas mikro boyuttaki çalışmalar sonucunda elde edilmektedir. Hatta ilk başta metamalzemelerin üretilebilmesi birçok kişiye göre olanaksız kabul edilmekteydi. Çünkü doğada alışlagelen malzemelerin aksine **metamalzemeler** çok farklı optik özelliklere sahiptir. Metamalzemeler, bir maddenin içerisine o maddeye yönelen elektromanyetik dalgaların çok farklı şekillerde bükülmesini sağlayan çok minik implantlar yerleştirilerek elde edilmektedir. Bir cismin görünür olmasını sağlayan da elektromanyetik dalgalarda meydana gelen bozulmalardır. Yani mikrodalgaların yönü değiştirilebildiğinde gerçekten de bir maddeyi görünmez kılmak mümkün hale gelir.



Görsel-1 (bilisenbesergil.blogspot.com'dan alınmıştır [2])

METAMALZEME ÜRETİMİ

2000'li yılların başında metamalzemeler üzerinde yapılan araştırmalar ve çalışmalar yoğunlaşmıştır. 2006 yılında ise Duke Üniversitesi ve Imperial College'daki araştırmacılar tarafından mikrodalga ışımına maruz kalan malzemeleri görünmez hale getirmek için **metamalzemeler** kullanıldı. Bu sayede metamalzemeler ile görünmezlik arasındaki ilişki de sağlamlaşmış oldu.

Işığın farklı ortamlardan geçerken kırılma gibi bir özelliği bulunmaktadır. Kırılma indisi ortamlara göre değişiklik göstermektedir. Örneğin vakumda n olarak gösterilen kırılma indisi 1.00 iken hava için 1.000293'dir. Ve cam için ise 1.52 değerini almaktadır. Kırılma indisi(n) sabit bir sayı olarak kabul edilmektedir ve yoğunlukla ilişkilidir.

Bir cismin görünmezliğini sağlamak için de malzemenin negatif kırılma indisine sahip olması gerekir. Bu durum ilk kez 1967 yılında **Victor Veselego** tarafından ele alınmıştır ve **metamalzemelerin** bu tarz özelliklere sahip olabileceği söylenmiştir. Metamalzemeler laboratuvar ortamında üretilmeye başlandıktan bu yana basın ve halk tarafından ilgi odağı haline gelmiştir.

Elbette **metamalzemeler** alanında çok ümit verici çalışmalar yapılmaktadır. Fakat bunlar henüz mikrodalga ışık altında yapılan çalışmalardır. Görülebilir ışık içinde uyarlanması için zaman gerekmektedir.

METAMALZEMELERİN BAZI KULLANIM ALANLARI

GÖRÜNMEZLİK VE FOTOLİTOGRAFI

Görülebilir ışık altında **metamalzemeler** üretmek için sıfırdan başlamak yerine bazı halihazırda bulunan teknolojilerin kullanılması önerilmektedir. Bunlardan biri "**fotolitografi**" yöntemidir. Bu yöntemi kullanarak görülebilir ışık altında çalışan ilk metamalzemeyi üretme çabası başarılı oldu. Almanya ile ABD 'li bilim insanlarının çalışmaları sonucunda 2007 yılında kırmızı ışıkta çalışan bir metamalzeme üretildi.

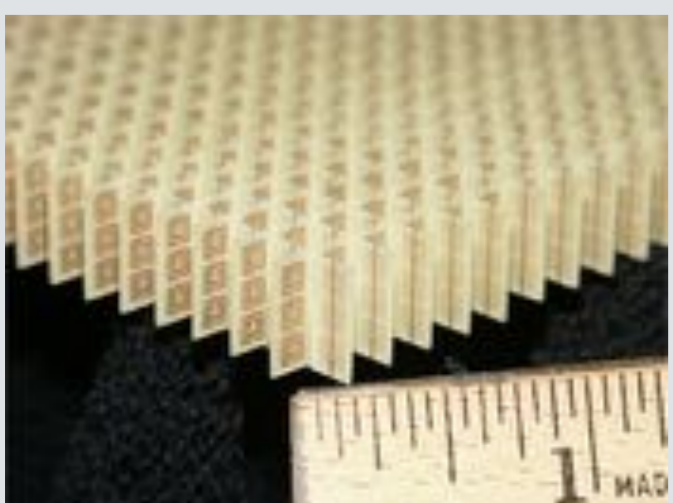
Bilim insanları cam bir plaka alıp daha sonra üzerine gümüş tabakası, magnezyum florür ardından tekrar gümüş kaplama yaptılar. 100 nm kalınlığında bir sandviç yapısı elde ettiler. Sonra ise oyma teknikleri kullanarak bir balık ızgara yapısı elde ettiler. Bu delikler kırmızı ışığın dalga boyundan daha da küçük yapıdaydı. Daha sonra bilim insanları oluşturdukları bu yapıdan bir kırmızı ışık demeti geçirecek şekilde incelediler ve yapılan ölçüm sonucunda indisin -0.6 olduğunu gördüler.

Bu teknolojinin ileride çok gelişmiş(ışığın bir dalga boyundan daha küçük ayrıntıları yakalayan) bir düz merceğin icat edilmesinde de kullanılabileceği bilim insanları tarafından öngörülmektedir. Bu yeni süper mercek ile X-ışını kullanmadan detaylı DNA fotoğrafları çekmek bile mümkün olacaktır.

Görünür ışıkta yapılan çalışmalar olumlu sonuçlanmıştır fakat sadece kırmızı ışık ile sınırlıdır. Bilim insanları artık kırmızı ışığı bir nesnenin etrafında tamamen döndürerek görünmez kılmayı hedeflemektedir. Ayrıca ileride bu teknolojinin fotonik kristaller teknolojisinde de kullanılması düşünülmektedir. Fotonik kristaller ışığı kullanır ve elektronik kısıtlara kıyasla ısı kaybının daha az olması yönünden avantajlıdır.

NANOTEKNOLOJİ VE GÖRÜNMEZLİK

Tüm çalışmalar atomun yapısı ile yakından ilgilidir. Yani atomun hareketlerini düzenlemek öğrenildiği takdirde pek çok şey mümkündür. Örneğin Cornell Üniversitesi'nden bir grup fizikçi dünyanın en küçük gitarını üretmişlerdir. Bu gitar bilinen gitarlar ile tamamen aynı özelliklere sahiptir fakat sadece 10 mikron boyutundadır. Telleri vardır ve üstelik çalınabilir. Fakat anlamlı veya bizim duyabileceğimiz aralıkta ses elde etmek şimdilik mümkün değildir.

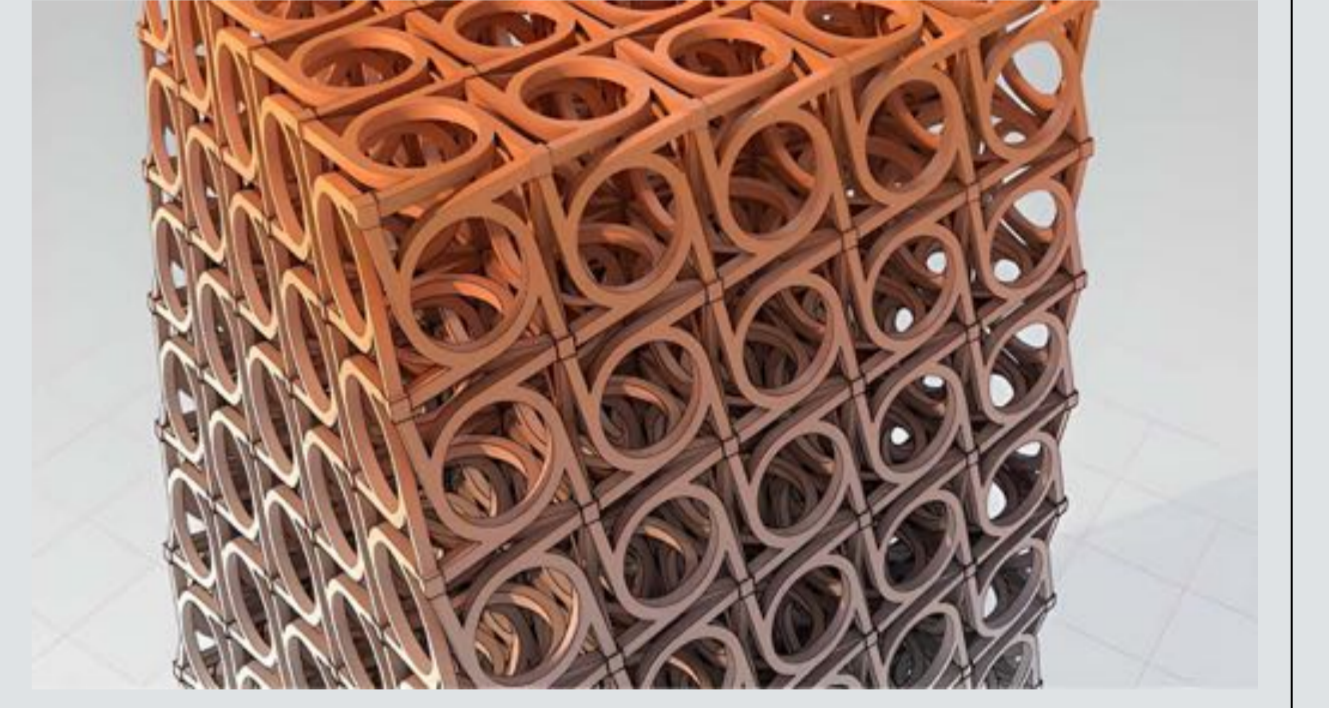


Görsel-2 (wikipedia.org'dan alınmıştır [4])

Ülkemizde de bu alanda Bilkent Üniversitesi NANOTAM tarafından çalışmalar yürütülmüştür. Prof. Dr. Ekmel Özbay ile doktora öğrencisi Atilla Özgür Çakmak, cisimlerin belirli frekanslarda görünmez olmasını sağlayan nanoteknoloji tabanlı bir malzeme geliştirmişlerdir. Bu sayede cep telefonu sinyallerinin rotaları yönlendirilebileceğini ve kalp pili kullananların güvenli bir şekilde MRI çekilebileceğini belirtmiştir. [3]

AKUSTİK METAMALZEMELER

"Metamalzemeler" terimi genellikle yapay alt dalga boyu yapılarının rastgele veya periyodik düzenlemelerinden oluşan yapay kompozit malzemeleri tanımlamak için kullanılır. 1992 gibi erken bir tarihte, fononik kristaller üzerine yapılan çalışmalar, yapay mikro yapıların tasarımının, elastik kompozit ortamlarda elastik dalgaların yayılmasını düzenleyebileceğini göstermiştir.

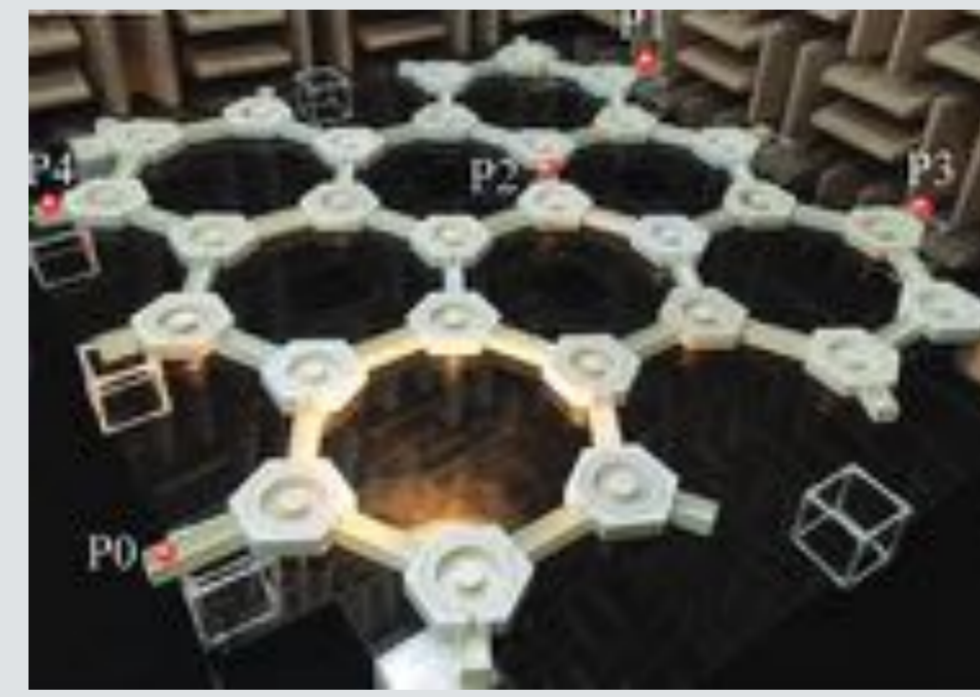


Görsel-3 (malevus.com'dan alınmıştır [5])

Deneylerde negatif eşdeğer geçirgenlikler ve geçirgenlikleri kullanan ve alanla ilgili teorik anlayışa katkıda bulunan ilk metamalzemelerin gerçekleştirilmesinde, elektromanyetik alanlar ana rolü oynamıştır. Fononik kristaller ve elektromanyetik metamalzemeler üzerine yapılan araştırmalara paralel olarak, akustik metamalzemelerin hem ortaya çıkışını hem de hızlı gelişimini destekleyen mekanik, ısı transferi ve optik için benzer kavramlar kullanılmıştır. 2000 yılında, bilim insanları yerel bir rezonans birimi elde etmek amacıyla yüksek yoğunluklu bir çekirdeği kaplamak için kauçuk bir malzeme kullandı. Bu grup ayrıca, akustik metamalzemeleri incelemek için yeni kapılar açan yerel rezonans fononik kristal için bir teori geliştirdi. Daha sonrasında ise bir fononik kristalin yerel rezonansı için etkili kütle yoğunluğunun, yerel rezonans frekansının yakınında negatif olabileceği bulundu.

2004 yılında, suya gömülmüş yumuşak silikon-kauçuk saçıcıardan oluşan katı-sıvı periyodik bir kompozit yapı sunuldu. Bu yapının belirli bir frekans aralığında negatif eşdeğer elastik modüle ve negatif eşdeğer kütle yoğunluğuna sahip olduğu bulundu. Elektromanyetik metamalzemelerden esinlenilerek, akustik metamalzeme kavramı tanıtıldı. Örneğin, 2006 yılında Helmholtz rezonatörleri periyodik olarak düzenlenmiş ve rezonans frekans bandında negatif bir eşdeğer elastik modülün olduğu deneysel olarak gösterilmiştir. Daha sonra, geleneksel fononik kristal teorisini kullanarak, birkaç araştırma grubu, negatif eşdeğer kütle yoğunluğuna ve kütle modülüne sahip geniş bir akustik metamalzeme aralığı keşfetmiştir.

2018'de, yerel rezonansa dayalı bir metamalzeme sandviç paneli sunuldu, sandviç panellerin ses yalıtımını önemli ölçüde geliştirdi. 2019'da Mehaney ve ark. iki kauçuk katman arasına sıkıştırılmış bir 1D gözenekli silikon-karbür fononik-kristal tasarladı. Bu yapı, düşük frekanslı bir fonon bant aralığı sorununu çözdü. Bu çalışmalar, negatif eşdeğer parametreleri elde etmek için bir boru veya boşluk kullandı.



Görsel-4 (Advance Materials Technologies Volume 7'den alınmıştır. [7])

Fakat bu yapılar sert olma eğiliminde olduğu için şekilleri kolayca değiştirilemez. Akustik rezonans yapıları kullanılarak akustik metamalzemeler, negatif etkili dinamik kütle yoğunluğu, negatif elastik modülü ve sıfır kırılma indisi gibi geleneksel malzemelerin sahip olamadığı akustik özellikler geliştirebilir. Bu, ses dalgalarını kontrol etmek için yeni araştırma yönleri sağlar. [6]

SONUÇ

Son yıllarda, sıradan malzemelerden elde edilemeyen emsalsiz özellikleri nedeniyle hızla büyüyen metamalzeme alanına ilgi artmaktadır. Doğada kendiliğinden bulunamaması, bilinen malzemelerden çok daha farklı özelliklere sahip olması metamalzemelere karşı olan ilgiyi arttırmıştır. Çeşitli sensörlerde, görüntüleme teknolojilerinde ve daha birçok alanda kullanılabilmesi bilimsel ve teknolojik olarak çok önemli bir konu olduğunun göstergesidir.

KAYNAKÇA

- [1] wikipedia.org
- [2] bilisenbesergil.blogspot.com
- [3] Michio Kakio-Olanaksızın Fiziği/ 8. Basım/ODTÜ Yayıncılık
- [4] wikipedia.org
- [5] https://malevus.com/metamaterials/
- [6] Advance Materials Technologies / Volume 7/ Issue 6
- [7] Advance Materials Technologies / Volume 7/ Issue 6



SODYUM METASİLİKAT TABANLI NANO BİZMUT TUNGSTAT KATKILI RADYASYON ZIRHLAYICI KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ

Şevval Öztürk 18022019

Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Yaşar Karabul

ÖZET

Radyasyonun zararlarını azaltmak için en önemli yöntemlerden biri zırhlamadır. Radyasyondan korunma, canlı organizmalar ile radyasyon kaynağı arasında "koruyucu malzeme" yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı Sodyum Metasilikat (Na_2SiO_3) malzemesi içine yüksek atom numaraları ve radyasyon zırhlama kabiliyetleri sebebiyle sentezlenen nano partikül malzeme Bizmut Tungstat (Bi_2WO_6) farklı oranlarda katılarak kompozit oluşturulması ve elde edilen kompozit malzemenin gama spektroskopisi yöntemi ile NaI(Tl) dedektörü kullanılarak alınan ölçüm sonuçlarından tüm numunelerin lineer azaltma katsayıları deneysel olarak belirlemek bu parametreye bağlı olarak kütle azaltma katsayılarını ve HVL gibi zırhlama parametreleri hesaplanmalarına göre radyasyon geçirgenliğinin ölçülmesidir.

GİRİŞ

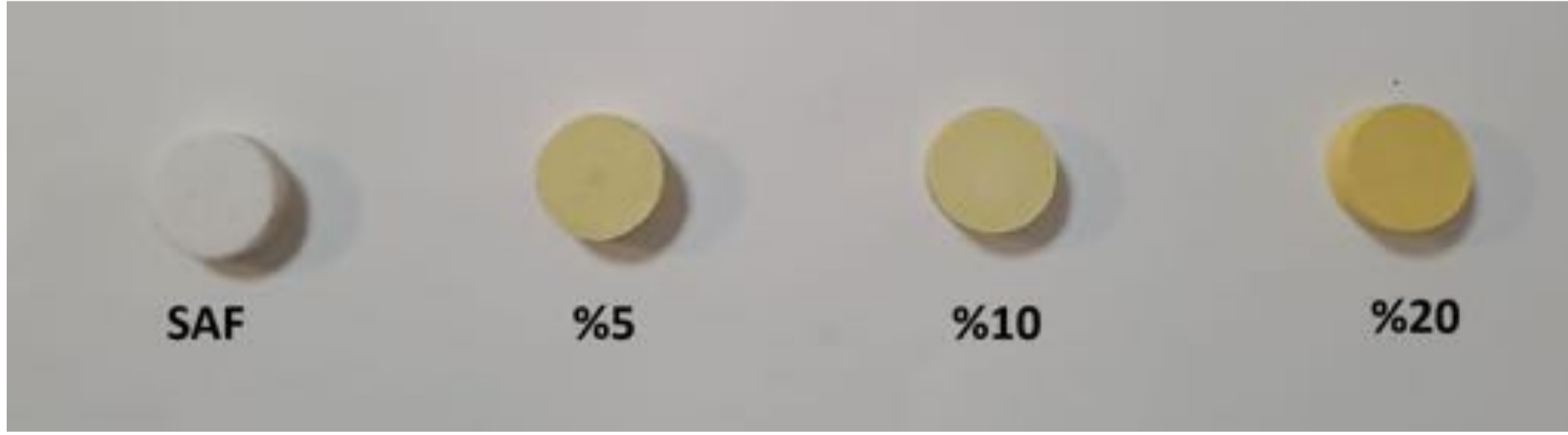
Genel olarak, X-ışınları ve gama-ışınları gibi iyonlaştırıcı radyasyon, nükleer tesislerde ve tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonun insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri maruz kalma süresine, maruz kalma miktarına ve kişinin radyasyon kaynağına ne kadar yakın olduğuna bağlı olarak değişmektedir. Öte yandan, iyonlaştırıcı radyasyona karşı en etkili koruma zırhlamadır. Kurşun, yüksek kütle yoğunluğu ve yüksek K soğurma kenar enerjisi nedeniyle uzun süredir etkili bir radyasyon kalkanı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak hayatımızda maruz kaldığımız radyasyon miktarı her geçen gün arttıkça kurşun kullanımının dezavantajları da artık göz ardı edilemeyecek boyuta ulaşmıştır. Bu açıdan bakıldığında hafif, toksik olmayan, kurşunsuz, iyi radyasyon koruma özelliklerine sahip yeni nesil malzeme arayışları hızla devam etmektedir. Bu kapsamda bu bitirme çalışmasında kurşuna alternatif, tıbbi uygulamalara yön verecek yeni bir malzemeye odaklanarak hidrotermal metotla sentezlenen nano partiküllü katkı malzemesi Bizmut Tungstat (Bi_2WO_6) kullanılmıştır. Kompozitlerin ana bileşeni olarak düşük maliyetli, toksik olmayan ve kokusuz bir malzeme olan Na_2SiO_3 (sodyum metasilikat veya kısaca SMS) seçilmiştir. Nano ölçekli Bi_2WO_6 partikülleri, SMS bazlı kompozitlerde kütlece farklı oranlarda takviye edici bileşenler olarak kullanılmıştır. Saf sodyum metasilikat ve SMS/ Bi_2WO_6 nano kompozitleri 81 keV, 356 keV, 662 keV, 1173 keV, 1332 keV radyasyon enerjilerinde zırhlama özellikleri ölçülmüştür. Bu kapsamda, SMS/ Bi_2WO_6 nanokompozitlerinin radyasyondan korunma özellikleri hem deneysel hem de teorik olarak belirlenmiştir. İlgili numunelerin radyasyon zırhlama performansları yani nano yapıli kompozitler için deneysel sonuçlar WinXCom programı ile ölçülen teorik hesaplarla karşılaştırılarak detaylı bir analiz yapılmıştır.

DENEYSEL

Kompozitlerin Hazırlanışı

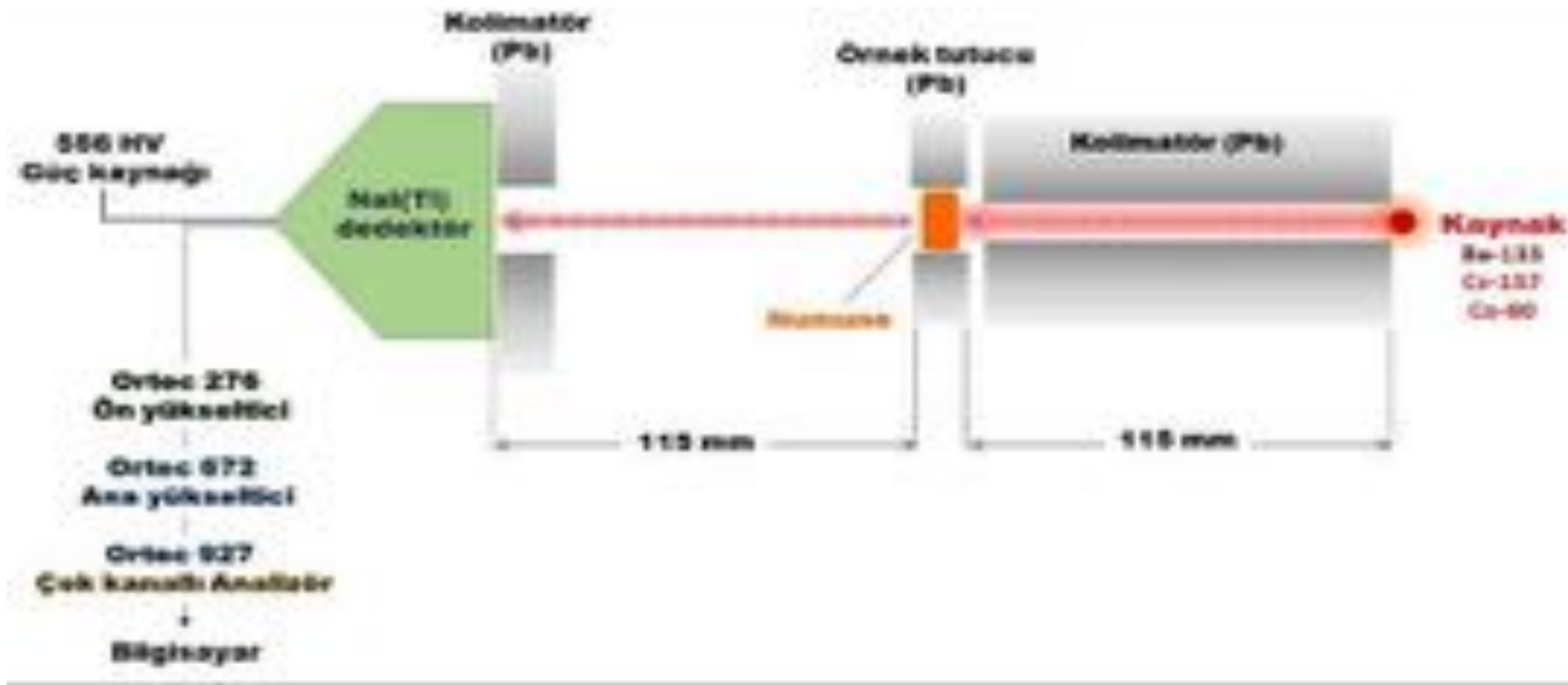
İlk olarak matris malzeme Sodyum Metasilikat (Na_2SiO_3) agat havanda öğütülerek tamamen ince toz haline getirilmiştir. Katkı malzemesi Bizmut Tungstat (Bi_2WO_6) matris malzemeye %5, %10 ve %20 oranlarında eklenerek homojen hale gelene kadar tekrar öğütülmüş, toz haline getirilmiştir. Kompozitler ölçüm için gerekli şekli vermek adına soğuk press makinesinde pelet haline getirilmiştir. Sonuç olarak saf ve %5,%10,%20 katkılı 4 adet disk ölçüm için hazırlanmıştır. Üretilen kompozitlerin kütle yoğunlukları, matris malzeme sodyum metasilikat suda çözünebileceği göz önüne alınarak, Arşimet prensibine göre daldırma sıvısı etanol kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir.

Saf ve SMS/ Bi_2WO_6 katkılı numuneler



Radyasyon Zırhlama Ölçümü

Deneysel olarak gerçekleştirilen radyasyon zırhlama ölçümlerinde gama spektroskopisi kullanılmıştır. Gama spektroskopisi genellikle bir malzemenin radyoaktivitesini ve radyoizotopların yoğunluğunu tayin etmede kullanılan bir yöntemdir. Spektroskopi sistemi bir dedektör, buna bağlı elektronik sistemler (fotoçoğaltıcı tüp, yükselticiler analog-dijital sinyal dönüştürücü ve çok kanallı analizör gibi) ve yazılımın kurulu olduğu bir bilgisayardan oluşur. Bu spektroskopinin temel hedefi, dedektörden gelen sinyallerin işlenmesiyle oluşan ve enerji soğurulmasına karşılık gelen sinyaller için spektrumdaki zirvelerin analizinin yapılmasıdır. Üretilen kompozitlerin düşük, orta ve yüksek enerjili gama ışınlarını zırhlama kabiliyetlerinin belirlenebilmesi için Baryum-133 (Ba-133), Sezyum-137 (Cs-137) ve Kobalt-60 (Co-60) olmak üzere üç noktasal radyoaktif kaynak tercih edilmiştir. Kullanılan deney düzeneğinin şematik gösterimi ise Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 Zırhlama ölçüm geometrisinin şematik gösterimi

Deneysel ölçümler her numune için ölçüm hata değerini azaltmak için üç kez tekrar edilmiş ve her ölçüm 1200 saniye sürmüştür. Ayrıca, örneklerin hazırlanış kısmında da belirtildiği gibi, iki farklı kalınlıktaki aynı takviye parçasına ve aynı ağırlık yüzdesine sahip örnekler için ölçümler tekrar edilmiştir. Bu noktadan ortalama alınarak, lineer azaltma katsayısı hesabı yapılmıştır. Ölçüme başlamadan önce ortamda radyoaktif kaynak deney sisteminden uzaklaştırılmış ve ortamın kendi boş sayımı alınmıştır. Bu değerler background (art ortam) sayımı olarak kayıt edilmiş; ardından dedektör ve radyasyon kaynağı arasında hiçbir radyasyon perdeleyici malzeme yokken ölçümler alınarak, her bir radyoaktif kaynaktan yayınlanan gama ışınlarının şiddeti olan I_0 değerleri belirlenmiştir. Ardından sentezlenen saf Sodyum Metasilikat ve Sodyum Metasilikat temelli kompozitler Şekilde gösterildiği gibi kaynak ile dedektör arasında yerleştirilerek sayımlar alınmıştır. Tüm ölçüm işlemleri yapıldıktan sonra başlangıçtaki background sayımının tüm sayımlar üzerindeki düzeltmeleri yapılmıştır.

Sonuçlar

Radyasyon zırhlaması için kullanılacak malzemeler homojen yoğunluğa ve içeriğe sahip olmalıdır. Bunun yanında radyasyon zırhlayıcı malzemelerin radyasyon dozunu güvenli bir seviyeye düşürmek için yeterli bir kalınlıkta üretilmesi gerekmektedir. Bir malzemenin radyasyon zırhlama kabiliyetini belirlemek ve bilinen başka malzemelerle kıyaslayabilmek için; lineer azaltma katsayısı, kütle azaltma katsayısı, ortalama serbest yol, yarı değer kalınlığı (HVL) bilinmesi gerekir.

Kütle azaltma katsayısı, bir zırh malzemesinin monoenerjik bir fotonla birim hacim başına toplam etkileşim olasılığını temsil etmektedir. Lineer azaltma katsayısının malzemenin yoğunluğuna oranı kütle azaltma katsayısını vermektedir ve bu katsayının birimi cm^2/g 'dir. μ/ρ formülü ile hesaplanır.

Madde ortamında etkileşen tek enerjili radyasyonun malzemeye girmeden önce sahip olduğu başlangıç şiddetini (I_0) yarıya düşürmek ($I = I_0/2$) için gerekli malzeme kalınlığına yarı değer kalınlığı (HVL) denir. HVL, bir malzemeye gelen fotonların şiddetinin yarısına düştüğü kalınlığı tarif etmesi nedeniyle, bir malzemenin radyasyon zırhlama performansı değerlendirilirken kullanılan önemli bir parametredir. Herhangi bir zırhlayıcının tek enerjili radyasyon demeti için yarı-değer kalınlığı: $\text{HVL} = \ln 2 / \mu$ formülü ile hesaplanır.

Buna göre hesaplamalar Tablo 1 ve Tablo 2'de sırasıyla kütle azaltma katsayısı ve HVL değerleri deneysel ve teorik olarak gösterilmektedir.

(Saf, %5,%10,%20 numunelerinin yoğunlukları sırasıyla 2.5903, 2.6417, 2.7604, 2.8790 g/cm^3 olarak ölçülmüştür.)

Tablo 1. Numunelerin kütle azaltma katsayıları

		81 keV	356 keV	662 keV	1173 keV	1332 keV
Deneysel μ/ρ	SAF	0,1775	0,0949	0,0730	0,0564	0,0534
	%5 BWO	0,3428	0,0997	0,0766	0,0572	0,0533
	%10 BWO	0,4962	0,1135	0,0786	0,0582	0,0538
	%20 BWO	0,8080	0,1222	0,0791	0,0582	0,0544
Teorik μ/ρ	SAF	0,1830	0,0989	0,0760	0,0579	0,0543
	%5 BWO	0,3480	0,1070	0,0774	0,0581	0,0544
	%10 BWO	0,5130	0,1140	0,0788	0,0583	0,0544
	%20 BWO	0,8430	0,1300	0,0816	0,0586	0,0546

Tablo 2. Numunelerin yarı değer kalınlığı HVL değerleri

		81 keV	356 keV	662 keV	1173 keV	1332 keV
Deneysel HVL(cm)	SAF	1,5075	2,8188	3,6669	4,7472	5,0103
	%5 BWO	0,7654	2,6316	3,4249	4,5863	4,9218
	%10 BWO	0,5060	2,2119	3,1959	4,3174	4,6658
	%20 BWO	0,2980	1,9697	3,0432	4,1380	4,4266
Teorik HVL (cm)	SAF	1,4623	2,7065	3,522	4,626	4,9299
	%5 BWO	0,7539	2,4527	3,3911	4,5185	4,8235
	%10 BWO	0,4895	2,203	3,1868	4,3079	4,6179
	%20 BWO	0,2856	1,8523	2,9508	4,1087	4,4121

Bu çalışmada, tanısal görüntüleme için kullanılan iyonize radyasyona karşı hafif, düşük maliyetli, kolay hazırlanabilen ve toksik olmayan radyasyon kalkanı malzemeleri üretmek için yeni SMS/ Bi_2WO_6 nano yapıli kompozitler hazırlanmıştır. Bu amaçla, kompozitlerin 81 keV ile 1332 keV arasında değişen enerjilere sahip fotonlara karşı radyasyondan korunma yetenekleri deneysel ve teorik olarak belirlenmiştir. Deneyler bir NaI(Tl) dedektörü ile yapılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Karabul, Y., & İçelli, O. (2021). The assessment of usage of epoxy based micro and nano-structured composites enriched with Bi_2O_3 and WO_3 particles for radiation shielding. *Results in Physics*, 26, 104423.
- [2] [25] J. E. Martin, Radyasyon ve radyasyondan korunma fiziği. Palme Yayıncılık, 2013. [26] Y. Karabul, "Bazalt numunelerde EABF ve EBF parametrelerinin yeni bir metot ile tayini," İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [3] Bozkurt, M., Şahin, N., Karabul, Y., Kılıç, M., & Özdemir, Z. G. (2022). Radiation shielding performances of Na_2SiO_3 based low-cost micro and nano composites for diagnostic imaging. *Progress in Nuclear Energy*, 143, 104058.



ELECTROCHROMIC BEHAVIOR AND PERFORMANCE ANALYSIS OF PEDOT:PSS FILMS FOR SMART WINDOW APPLICATIONS

Sevde Nur BENLİ 17022051

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma Pınar CHOI

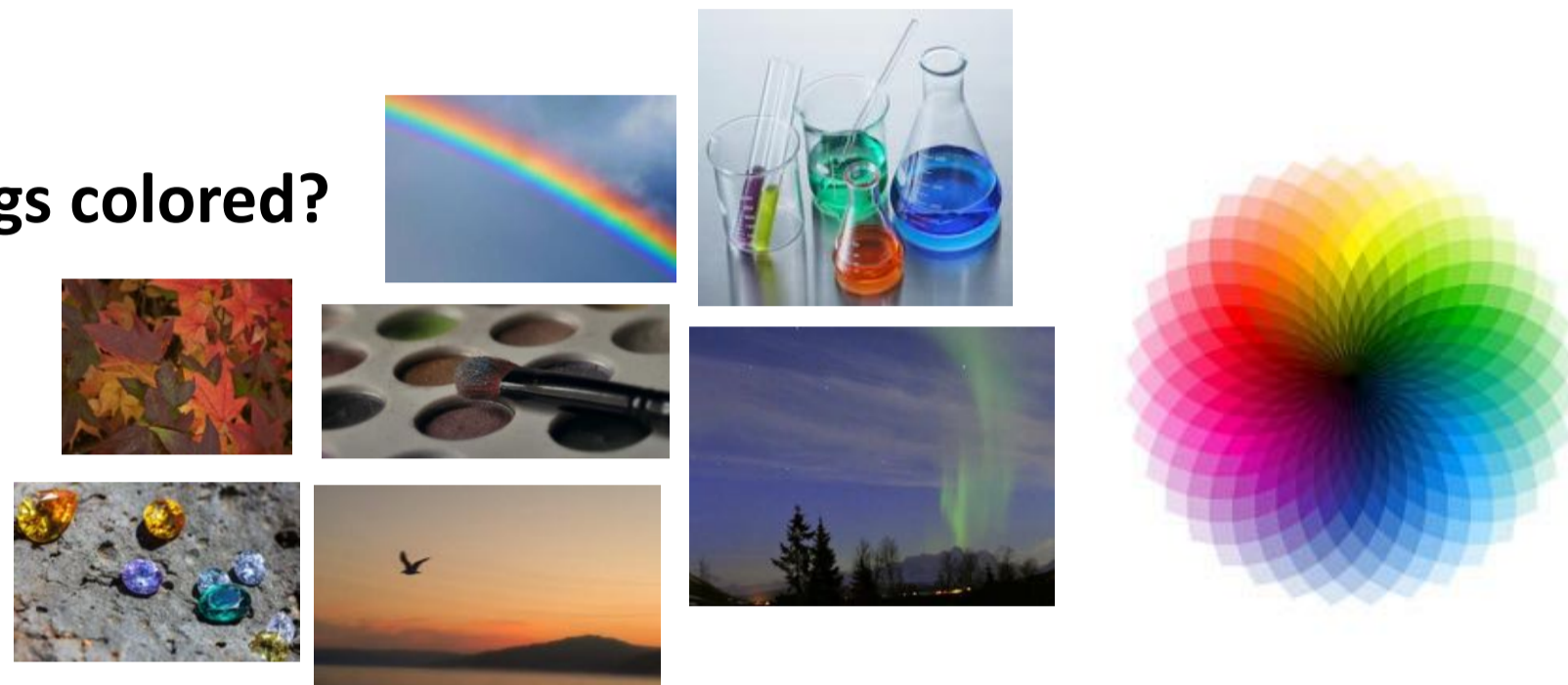
ABSTRACT

Electrochromic devices have gained noteworthy attention in recent years due to their potential applications in smart windows, displays, and other optoelectronic devices [1]. These devices utilize materials such as PEDOT:PSS and employ electrochemical processes to control their optical properties. The development of efficient and durable electrochromic materials and device architectures has become a focal point in research, aiming to improve response times, charge capacity, ion diffusion thus coloration efficiency, and overall device performance. With further advancements in the field, electrochromic devices hold great promise for creating energy-efficient smart windows and next-generation optoelectronic technologies. In this study, we studied the electrochemical properties of the sol-gel PEDOT:PSS layers on ITO glass substrates with a modification using copper acetate monohydrate salt to enhance conductivity. Cyclic voltammetry and chronoamperometry measurements were conducted using a three-electrode cell to determine the charge capacities and lithium diffusion coefficients.

INTRODUCTION

What makes things colored?

- Absorption
- Reflection
- Scattering
- Refraction



Electrochromism Fundamentals

Electrochromism is the phenomenon of a material changing color when an electric field is applied to it due to the redox reactions. Electrochromic materials perform electrochemical reactions in response to the applied electric current. As a result of these reactions, the color & tone of the material changes. These materials have a wide range of applications from electronic devices to energy efficient smart glasses.

Electrochromic Device Structures and Operation

A simple electrochromic device consist of five layers placed between two substrates and assembled using the sandwich configuration method. These two substrates can be glass or polyester. The other layers are transparent conductive layer, ion storage layer, ion-conducting layer (electrolyte), electrochromic layer and transparent conductive layer, respectively.

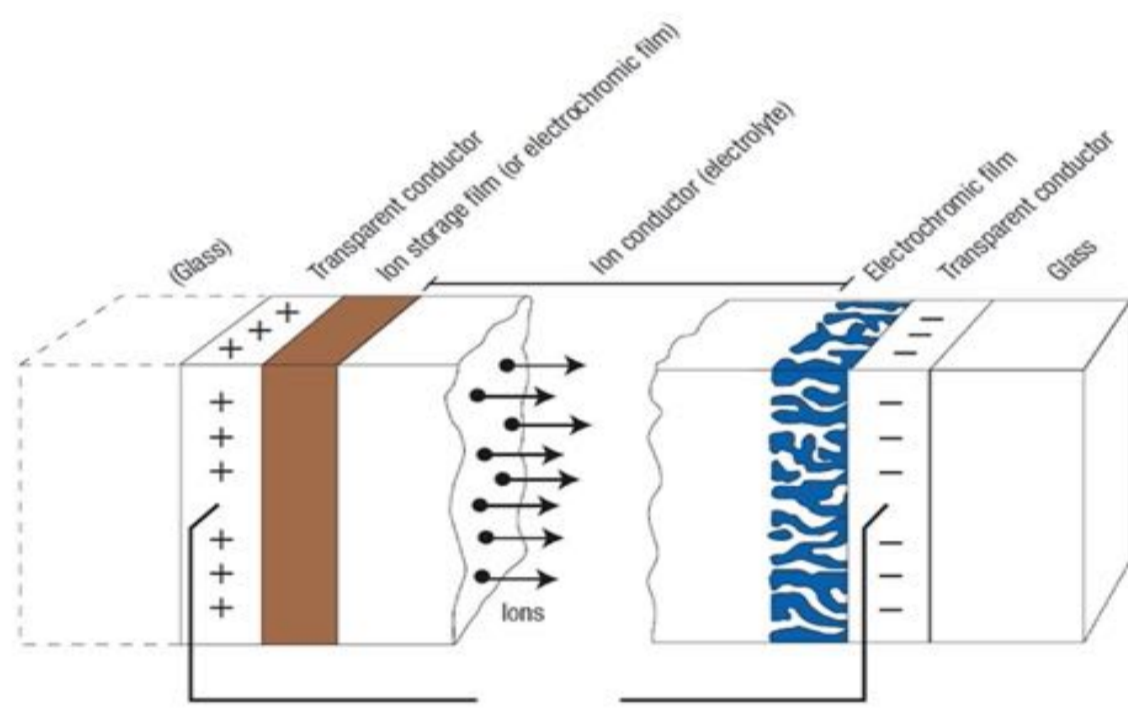


Figure 1. Scheme of an electrochromic device [2]

Types of Electrochromic Materials

- Organic electrochromic materials
- Inorganic electrochromic materials

Applications of Electrochromism

- Smart windows
- Information displays
- Energy storage and conversion devices
- Eyewear (e.g., biosensors, optical data storage)

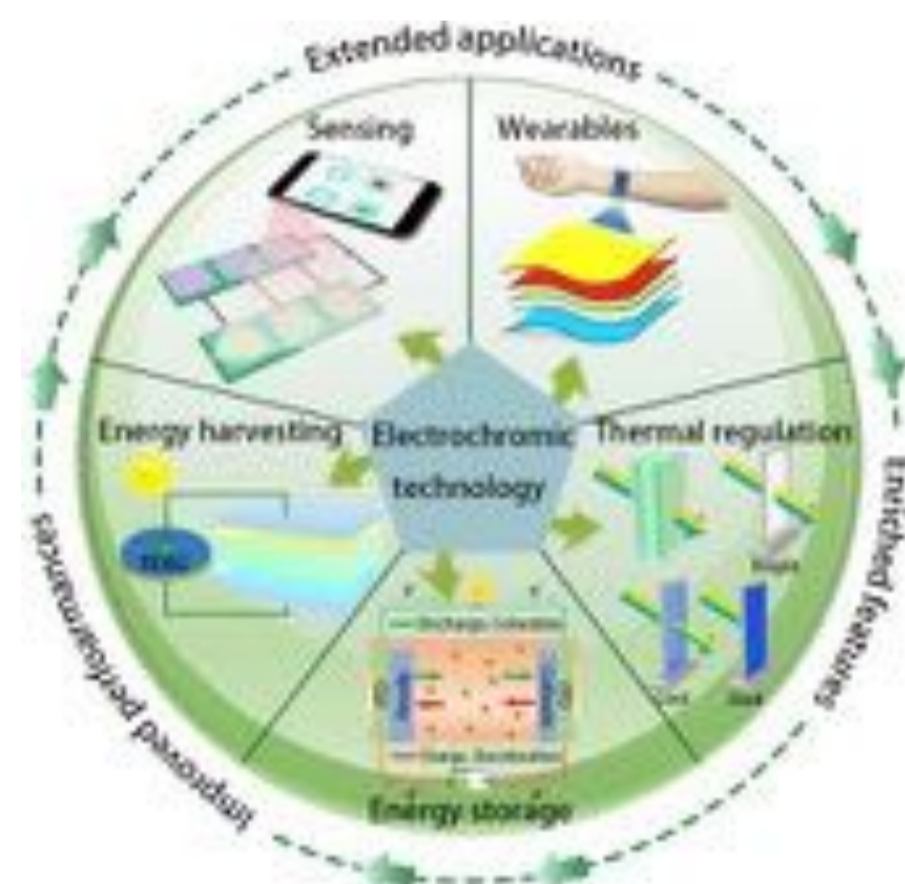


Figure 2. Applications of electrochromism [3]

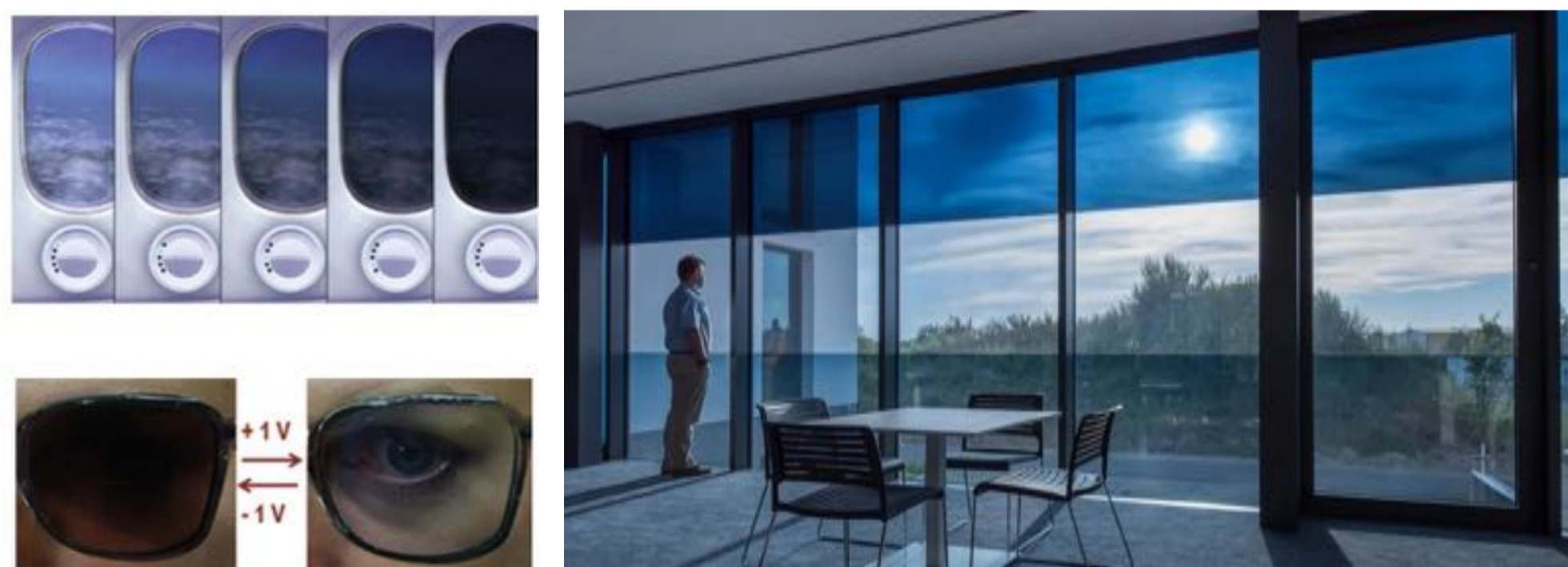


Figure 3. Application of the electrochromic glasses [4]

Challenges and Future Directions

- Electrode degradation
- Electrolyte leakage
- Coloration efficiency loss

Stability and durability of electrochromic devices

- Material selection
- Encapsulation
- Testing and standards

Cost-effective and scalable fabrication methods

- Printing Techniques
- Solution Processing
- Flexible Substrates
- Material Optimization

Investigating the Electrochromic Behavior of PEDOT:PSS Films

Fabrication of PEDOT:PSS Films

ITO-coated glass substrates were cleaned through ultrasonication with acetone and isopropyl alcohol. The PEDOT: PSS Clevious, PH500 (poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate)) precursor was filtered using a syringe with a PTFE 0.45 filter before spin coating it onto ITO substrates at 2000 rpm for 50 s.

To investigate the impact of Cu-salt, we introduced copper acetate monohydrate into the PEDOT:PSS solution at a concentration of 1 mM.

Furthermore, we examined the effects of multiple layers by repeating the coating process three times. All samples were annealed on a hot plate at 145°C for 20 minutes.

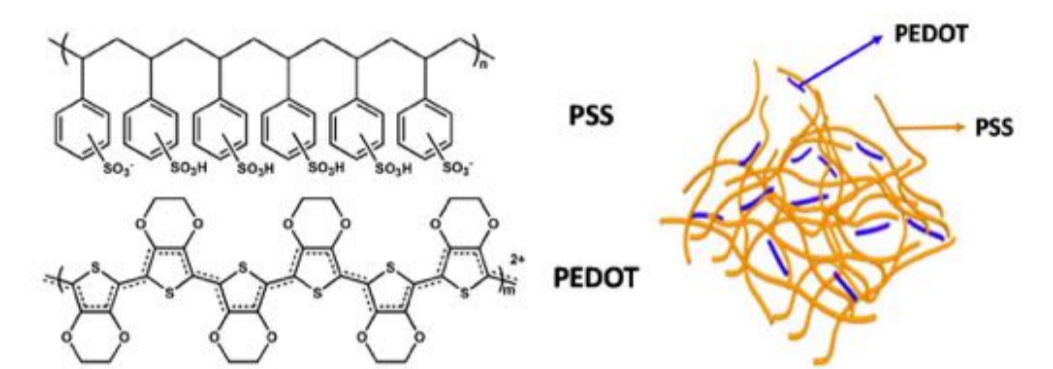


Figure 4. Structure of PEDOT:PSS [5]

Electrochemical Measurements for PEDOT:PSS Films

Three-electrode cell configuration employed with the working electrode (WE) consisted of the investigated film, the counter electrode (CE) was a platinum wire, and the reference electrode (RE) was a silver wire. The electrolyte was a solution of 0.1 M lithium perchlorate in acetonitrile. Figure 5 illustrates the cyclic voltammograms (CVs) of three different PEDOT: PSS-based samples, where the scan rate dependency is depicted. The inserted and extracted charge capacities are calculated from the areas of the CVs' for each sample are provided in Table 1. To calculate the lithium diffusion coefficients from Randles-Sevcik Equation (below, for cathodic currents), we utilized Figure 6, which presents the slopes proportional to the diffusion coefficients.

$$I_p = (2.69 \times 10^5) n^{3/2} A D_{Li}^{1/2} C_{Li} v^{1/2}$$

D = Diffusion coefficient of lithium ions,
 n = Number of electrons involved in the redox reaction,
 A = Electrode area, v = Scan rate,
 C = Concentration of the lithium salt in the electrolyte solution

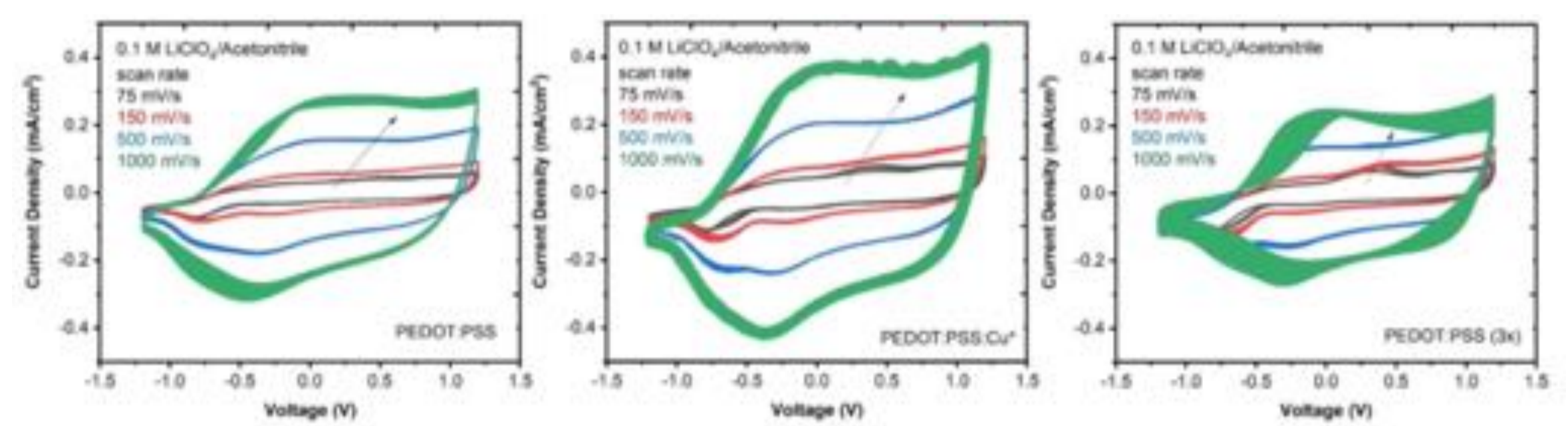


Figure 5. Cyclic voltammograms of PEDOT:PSS layers under various scan rates in 0.1 M LiClO₄/ACN

Table 1. Inserted and extracted charge ratios and calculated Li diffusion coefficients

Sample	Qi/Qe	D (cm ² /s)
PEDOT:PSS	1.02	1.64 10 ⁻⁷
PEDOT:PSS Cu*	0.96	1.84 10 ⁻⁷
PEDOT:PSS 3x	0.85	0.93 10 ⁻⁷

Chronoamperometry (CA) measurements done by applying a specific voltage and maintaining it to observe the complete oxidation and/or reduction of the samples. During the reduction process, all samples exhibited a similar dark blue color, indicating their reduced state. Conversely, in their oxidized state, all samples appeared completely transparent as in Figure 7, right side.

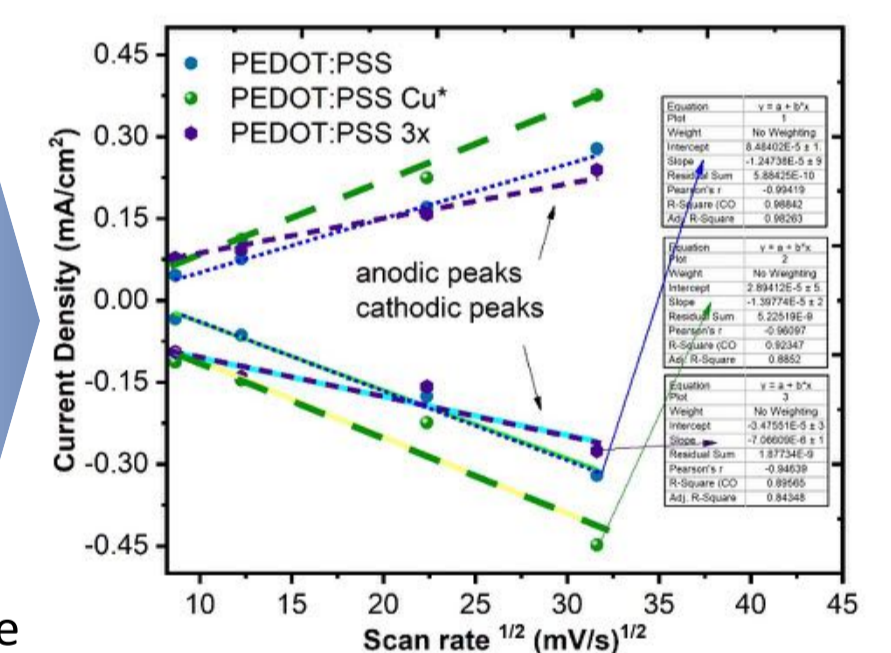


Figure 6. Anodic and cathodic peak currents vs scan rate to evaluate the diffusion coefficients

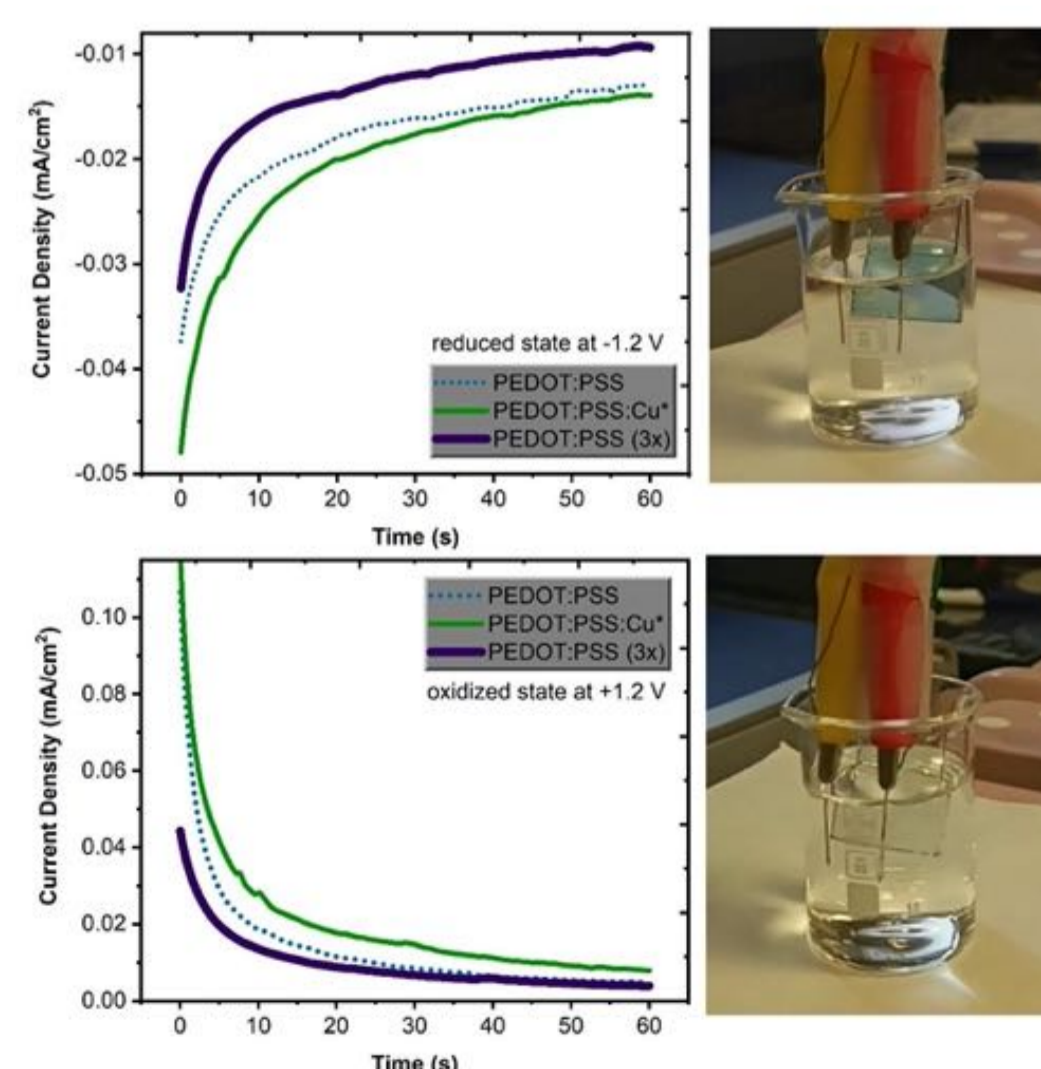


Figure 7. Chronoamperometric measurements with the photographs of the colored/bleached PEDOT:PSS single layers

Results and Discussion

- CV measurements revealed that the current densities increased for the Cu-doped layers, even when compared to the triple-coated samples.
- The lithium diffusion coefficients clearly increased for Cu-doped layers and this enhancement might be attributed to the formation of a more porous structure. To further understand this phenomenon, atomic force microscopy measurements will be conducted.
- CA measurements were performed for the reduced and oxidized states of the samples. Interestingly, there was no significant color variation observed among the different samples. However, it was noted that the response times appeared to be lowered in the Cu-doped samples.

➤ Future work will involve conducting transmittance measurements to gain insights into the coloring efficiencies of the PEDOT:PSS layers.

REFERENCES

[1] Granqvist, Claes Goran. "Electrochromic devices." Journal of the European Ceramic Society 25.12 (2005): 2907-2912.
 [2] Granqvist, C.-G. Electrochromic materials: Out of a niche. Nat. Mater. 2006, 5, 89–90.
 [3] Wang, Zhen, et al. "Fusing electrochromic technology with other advanced technologies: A new roadmap for future development." Materials Science and Engineering: R: Reports 140 (2020): 100524.
 [4] Yang, Peihua, Peng Sun, Wenjie Mai. "Electrochromic energy storage devices." Materials today 19.7 (2016): 394-402.
 [5] https://encyclopedia.pub/entry/16956



ÖZET

Girişimsel kardiyoloji, günümüzde hastalara cerrahi müdahale kararı verilmesinden, tedavi amaçlı uzun süreli uygulamalara kadar, tıp alanında ciddi yere sahiptir. Teşhis, tetkik ve tedavi alanında bu kadar yer kaplayan Girişimsel Kardiyoloji, bu uygulamaları yaparken X-ışınlarını kullanmaktadır. Bu çalışmada, perkütan koroner girişim ve x-ışını görüntülenmesinde maruz kalınan radyasyon dozunun, ulusal ve uluslararası azami maruz kalma sınırlarının altında olup olmadığı incelenecek ve bu incelemeyi yapabilmek için gereken temel bilgiler verilecektir

GİRİŞ

KARDİYOLOJİ

Kalp ve tüm diğer kardiyovasküler sisteme ait bozukluklarla uğraşan tıbbi bir daldır.

GİRİŞİMSSEL KARDİYOLOJİ

Kalp ve damar rahatsızlıklarının, kateter adı verilen küçük tüpler vasıtasıyla damar içine yerleştirme ve damar içinde ilerletme suretiyle tespiti ve lüzumu halinde tedavisi ile uğraşan uzmanlık dalıdır

NEDEN GİRİŞİMSSEL KARDİYOLOJİ KULLANILIYOR?

Kalp damar rahatsızlıklarının tam olarak tespiti ve olası tedavi şeklinin belirlenmesinde rol oynar. Buna göre tespit edilen bir kalp damar rahatsızlığının medikal, girişimsel veya cerrahi kararının belirlenmesinde yine girişimsel kardiyoloji dahi devreye girer. Tanıda altın standarttır. Anjiyo yapılmadan cerrahi müdahale yapılamaz. Seçili olgularda endikasyon olduğu sürece kalp damar cerrahisine gerek duymadan tedavi imkanı sunar.

RADYASYON DOZU BİRİMLERİ

SOĞURULAN DOZ (RAD) (RADIATION ABSORBED DOSE)

Soğurulan doz, birim kütle başına depolanan enerji miktarı olarak tanımlanır. Soğurulan doz için geleneksel birim rad'dır (radiation absorbed dose) ve 1 g soğurucu ortama, tipik olarak dokuda 100 erg enerjinin soğurulmasına eşittir. Radyasyon enerjisinin ortamda iyonizasyon nedeniyle enerji olarak depolandığı miktara soğurulan doz denir. (1 rad = 100 erg/g, 1rad=0.01Gy=1cGy ve ya 1 Gy= 100 rad) [3]



RADYASYON DOZ EŞDEĞERİ (EŞDEĞER DOZ) (REM) (ROENTGEN EQUIVALENT MEN)

Doz eşdeğerinin tanımı radyasyonun insan üzerindeki etkisini anlayabilmek için çok önemlidir, çünkü insanın farklı radyasyon tiplerine maruz kalmasından dolayı biriken enerji aynı olsa bile farklı radyasyonlar farklı miktarlarda biyolojik hasar üretir. Biyolojik etkiler yalnızca biriken toplam enerjeye değil, aynı zamanda maruz kalınan radyasyonun aldığı yol boyunca sahip olduğu davranışa da bağlıdır. Radyasyonun lineer enerji transferi (LET) ile radyasyon hasarı artar; bu nedenle, aynı emilen doz için, yüksek LET'li radyasyondan (örn. alfa parçacıkları, nötronlar, vb.) kaynaklanan biyolojik hasar, düşük LET'li radyasyondan (beta parçacıkları, gama ışınları, x-ışınları, vb.) kaynaklanan hasardan daha fazladır.

Rem= Rad x Q(X-ışını),

Doz eşdeğerinin SI birimi: Sievert (Sv)'dir. [2]

İŞNİLANMA TERİMİ(RADIATION EXPOSURE) (ROENTGEN R OR X)

İşnılama terimi, x-ışınları veya gama ışınları havada etkileştiğinde üretilen iyonlaşma miktarını tarif etmek için kullanılır. Röntgen (R) radyasyon işnılama birimidir; sadece hava için tanımlanır ve sadece yaklaşık 3 MeV enerjeye kadar olan x-ışınları ve gama ışınları için geçerlidir. İşnılama oranları genellikle "birim zaman başına röntgen" olarak ifade edilir, 1 R, 1 kg havada 2,58 x 10⁻⁴ C yük üreten x radyasyonu veya gama radyasyonu miktarıdır.

Röntgen, SI birim sistemine dahil değildir; maruziyet için SI birimi, 1 kg havada 1 C coulomb yük üretimi olarak tanımlanan X birimidir, X = 1 C/kg (hava). X birimi, 1 kg havada 33,97 J birikimine karşılık gelir ve 3876 R'ye eşittir. X birimi çok büyük bir birimdir ve sonuç olarak, çoğu maruz kalma ölçümü, R'de yapılır ve raporlanır. [3]

RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyondan korunmanın amacı, radyasyonun potansiyel zararlı etkilerine karşı insanların korunmasıdır. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu'nun (ICRP) yayınladığı tavsiyelerle beraber dünya genelinde kabul gören radyasyondan korunma sistemi üç temel üstüne kuruludur; [4]

UYGULAMALARIN GEREKLENDİRİLMESİ

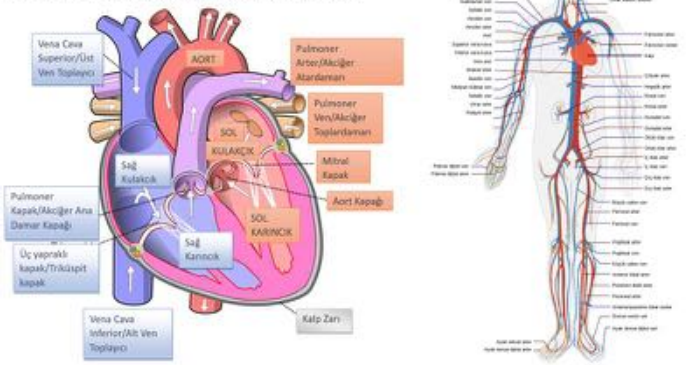
İlke olarak, gerekleştirilmediği uygulamalara izin verilmemelidir. İnsanların işnılmasına karar verecek kişiler, uygulamanın gereklerini hazırlamak zorundadır. [4]

OPTİMİZASYON

Bütün işnılmalar, gerekleştirilmediği uygulamalarda mümkün olan en düşük doz değerinde (ALARA- as low as reasonably achievable) uygulanması gerekir ve optimizasyonu (ALARA'nın) amacı, işnılmayı sıfıra indirmek değil riskleri, bulunduğu koşullarda kabul edilebilir seviyeye düşürmektir. [4]

SINIRLAMA

Toplum üyesi ve radyasyon çalışanları için ulusal ve uluslararası olarak kabul edilen işnılama sınır değerleri geçilmemelidir [4]



X-İŞİNİ İLE GÖRÜNTÜLEME, FLOROSKOPİ(ANJİYOGRAFI)

PRENSİP

Radyografik koroner görüntülemenin temel prensibi, x-ışını tüpü tarafından üretilen radyasyonun vücuttan geçerken zayıflatılması ve görüntü yoğunlaştırıcı veya düz panel detektör tarafından saptanmasıdır. Koroner arterlere enjekte edilen iyotlu kontrast madde, x-ışınlarının emilimini artırır ve çevredeki kalp dokularını bir kontrast oluşturur. Daha sonra x-ışını gölgesi bir görüntü yoğunlaştırıcı vasıtasıyla floroskopik ekranlarda görünür bir ışık görüntüsüne dönüştürülür.

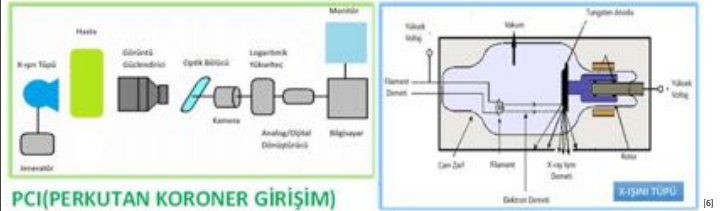


FLOROSKOPİ

Floroskopi, bir prosedürün(kateter kullanımı gibi) veya bir kontrast maddenin ("boya") vücuttan geçişinin gerçek zamanlı olarak gösteren sürekli bir X-ışını görüntüsüdür. Floroskopi, özellikle uzun bir süre uygulanmasını gerektiren karmaşık girişimsel prosedürler (vücut içine stent veya diğer cihazların yerleştirilmesi gibi) için nispeten yüksek radyasyon dozlarıyla sonuçlanabilir.

FLOROSKOPİDE X-İŞİNİ ÜRETİMİ/X-İŞİNİ TÜPLERİ

X-ışını tüpü Bremsstrahlung ve karakteristik x-ışınlarını üretmek için gereken çevreyi oluşturur. Tüpün ana bileşenleri katot, anot, rotor/stator, cam veya metal zarf, boru girişi, kablo soketleri ve boru muhafazasını içerir. X-ışını jeneratörü gereken gücü ve X-ışını tüp voltajının, tüp akımının ve maruz kalma süresinin belirlenmesini sağlar. X-ışını voltajı görüntülenecek bölgeye ve görüntüleme tipine göre değiştirilmiştir. Tüm X-ışını tüplerinin genel yapısı benzerdir. Floroskopik x-ışını tüpleri radyografik tüplerden daha yaygın kullanılmaktadır. Floroskopik tüpler, radyografik tüplere göre daha yüksek ısı depolama kapasitesine ve daha hızlı soğutma hızlarına sahiptir. Neden girişimsel kardiyolojide floroskopiyi kullandığımızı baktığımızda, en önemli sebebi floroskopik gerçek zamanlı görüntü verirken, florografi görüntüyü anında değil bir zaman sonra verir ki bu da operatörün herhangi bir yanlış hamlesinde hastanın acil kalp ameliyatına girmesini sebebiyet verebileceği için gerçek zamanlı görüntüleme sistemi girişimsel kardiyolojide çok önem arz etmektedir.



PCI(PERKUTAN KORONER GİRİŞİM)

KARDİYAK KATERİZASYON

Kardiyak girişimsel prosedürler için özel şekillendirilmiş küçük bir tüptür. İğne ve prosedüre özel ekipmanlar kullanarak kateter vasıtasıyla, prosedüre uygun düşen vücutun ilgili bölümünden(kol, boyun ve ya kasık gibi) dolaşım sistemine giriş yapılır.

Kateter ile kalp damarlarına kontrast madde verilip tanı konulması sağlandığı gibi, balonlu kateter ile balon tedavisi, balonlu stent tedavisi, ilaçlı stent tedavisi gibi tedavi amaçlı uygulamalar da yapılır.

HASTALIKLAR/TANI/TEDAVİ

- Kapak Patalojisi Aydınlatma: Kapak yetmezliklerinde(kaçırma), stenoz(daralma)
- Kapakta bozulma: Kapak değişimi
- Pulmoner Arter Hipertansiyon(KTEPH)(Kronik tromboembolik pulmoner hipertansiyon, sol kalp hastalıkları...): Akciğere giden atardamarın basınç artışı(hipertansiyon)
- Koroner Arter Hastalıkları(Kalp atardamar hastalığı): (Aterosklerotik kalp hastalığı) Damarlar içinde kolesterol oluşumu(Ateroskleroz), genetik faktörler, seker, hipertansiyon gibi faktörler kalp atardamar hastalığına başlıca zemin hazırlayan faktörlerdir. Bu sebeplerle oluşan plaklar kalp damarlarını daraltıp akımı azaltır. Bunun sonucunda hastada, kalp krizi(Mi-myo-kardiyal-infarktüs), kalp kasında tam bozulma, elektrokardiyografide «q» da belirginleşme/iskemi, ST elevasyonu görülebilir. (İskemi: Kasın tam ölümünden önceki bozulma başlaması)



DOZ SINIRLAMALARI (AZAMI MÜSAADE EDİLEN DOZ DEĞERLERİ) VE ARAŞTIRMAMIZDA BULDUĞUMUZ DOZ DEĞERLERİ

SAĞLIK ÇALIŞANI NO:	BİRİM	(mSv) VÜCUT EŞDEĞER DOZ	(mSv) CİLT EŞDEĞER DOZ	DURUM	Elkin Doz	Radyasyon görevleri (mSv)	Risk (mSv)
1	YKA	0.085	0.093	SA	10	10	1
2	YKA	0.078	0.122	SA	10	10	1
3	YKA	0.145	0.180	SA	10	10	1
4	YKA	0.135	0.186	SA	10	10	1
5	YKA	0.300	0.186	SA	10	10	1
6	YKA	0.083	0.090	SA	10	10	1
7	YKA	0.056	0.119	SA	10	10	1
8	YKA	0.095	0.125	SA	10	10	1
9	YKA	0.371	0.510	SA	10	10	1
10	YKA	0.077	0.210	SA	10	10	1

(Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi'nde 01.01.2023 ile 01.02.2023 tarihleri arasında yapılan TLD doz analizi) *YKA:Yetişkin Kardiyoloji Anjiyo *SA:Sınır Altında [5]

SONUÇ

Girişimsel kardiyoloji, sağlık çalışanlarının radyasyon kaynağına yakın ve radyasyona maruz kalma sürelerinin fazla olması sebebiyle sağlık çalışanları için yüksek risk taşıyır. Bu sebeple sağlık çalışanlarının maruz kaldığı doz değerlerinin ulusal ve uluslararası azami müsaade edilen maruz kalma değerlerinin altında olması gerektirir. Araştırmamız sonucunda, ulaştığımız sağlık çalışanlarının aylık TLD doz değerlerinin, ulusal ve uluslararası azami müsaade edilen doz değerlerinin altında olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-x-ray-image/fluoroscopy>
- [2] An Introduction to Medical Physics, edited by Muhammad MacLeod, Springer International Publishing AG, 2017. ProQuest Ebook Central
- [3] Martin, James E. Physics for Radiation Protection, John Wiley & Sons, Incorporated, 2013. ProQuest Ebook Central
- [4] <https://www.tennak.gov.tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/834-bolum-06-radyasyondan-korunma.html>
- [5] Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi
- [6] https://www.cyberphysics.co.uk/topics/medical/X_Rays/XRayTube.html
- [7] <https://www.afad.gov.tr/>



FİZİK BÖLÜMÜ

ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR

ZEHRANUR ŞULE ASLAN 17022065

Danışman: DOÇ. DR. SÜREYYA AYDIN YÜKSEL

ÖZET

Bu çalışmada Elektromanyetik Fırlatıcıların çalışma prensibi, kullanım alanları , fırlatıcı yapımı için kullanılan malzemeler teknik detaylarla anlatılması amaçlanmıştır.

Temeli Fizik biliminde Elektromanyetik Teoriye dayanır. Elektromanyetik Fırlatıcıların çalışma prensibini bobinli bir fırlatıcıyla anlatmak istersek; değişen elektromanyetik alanda merminin bu alandan etkilenerek hareket etmesini sağlamaktır. Elektromanyetik Fırlatıcıda mermiyi harekete geçiren güç, manyetik alandır. Bu manyetik alanın oluşturulması için bobine ve güç kaynağına ihtiyaç vardır. Akım, yüklerin hareketi sonucunda oluşur. Bobinde manyetik alan ise «İçerisinden akım geçirilen telin etrafında manyetik alan oluşur.» prensibine dayalı olarak oluşur. Bobine bağlı güç kaynağı ile bobinde akım oluşturulur. Buna bağlı olarak manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan da, manyetik geçirgenliği yüksek olan mermiyi hızlandıracak ve böylece fırlatma işlemi gerçekleştirilecektir. Elektromanyetik Fırlatıcıların raylı, bobinli, doğrusal hareketli ve hibrit olmak üzere çeşitleri vardır.



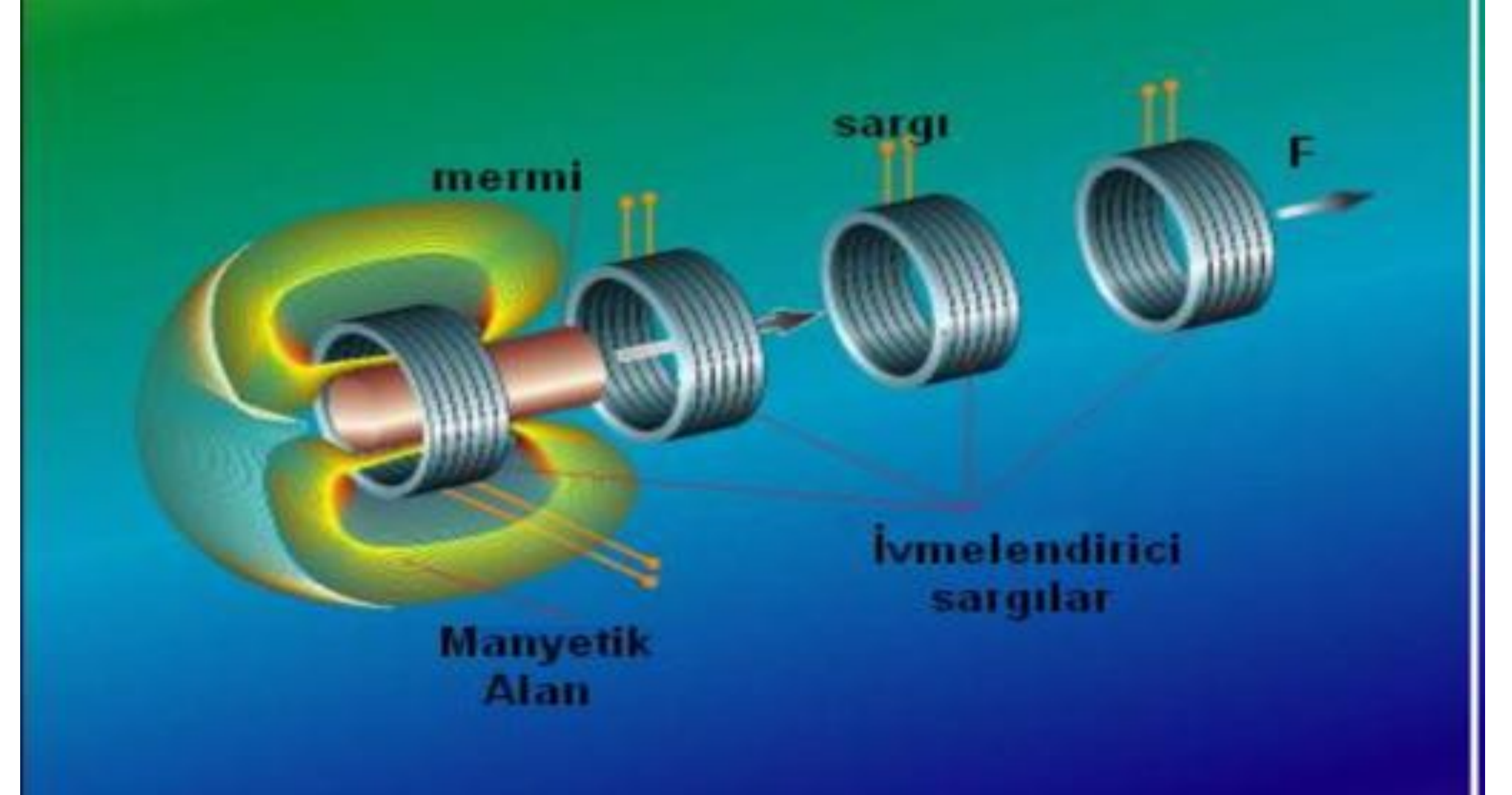
Şekil 3: Elektromanyetik Silah Sistemi [4]

AVANTAJ – DEZAVANTAJ:

Elektromanyetik Fırlatıcılar, barutlu sistemlere göre oldukça avantajlı konuma sahiptirler. Sistem daha geliştiği takdirde çok daha kullanışlı olacaktır. Barutlu sistemlere kıyasla hem nakliye ve depolama anlamında hem de kullanan kişiler bakımından daha güvenlidir. İçerisinde herhangi kimyasal madde bulunmaz. Ses hızından 5 katı hızlarda atış yapabilir. Ancak Elektromanyetik Fırlatıcıları daha verimli ve kullanılabilir hale getirmek üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmalardan biri de fırlatma işleminin gerçekleşmesi için çok fazla enerjiye ve dolaylı yoldan kapasitörlere duyulan ihtiyaç. Bu sorunun çözülmesi için ultra kapasitörler, volanlı enerji sistemleri, süper kapasitörler seçenekler arasında. Ayrıca bir diğer seçenek: Yüksek güç gerektiren devrelerde kullanılan film kapasitörler. Enerji problemi çözüldüğü takdirde barutlu sistemlere göre katbekat fazla hızlarda ve uzun menzile atış yapabilmek mümkün.

ELEKTROMANYETİK FIRLATICILARIN VERİMLİLİĞİ



Şekil 4: Bobinli Fırlatıcıların iç mekanizması [5]

Elektromanyetik fırlatıcılarda verimliliğin artırılması çeşitlerine göre değişkenlik göstermektedir. Bobinli fırlatıcılarda bobinin çapı, uzunluğu, sarım sayısı ve kullanılan telin çapı bobinli fırlatıcılarda verimlilik açısından önemli parametrelerdir. Ayrıca bobin uzunluğuna ek olarak daha fazla bobin kullanılarak merminin daha uzun süre manyetik alanda kalması sağlanabilir. Fazla bobin kullanılan sistemlerde bobinler arası mesafe arttıkça mermiyi etki eden kuvvet de artmaktadır. Böylece merminin daha hızlı bir şekilde hedefe varması sağlanır. Ek olarak verimliliğin artırılması için merminin kesiti, uygulanacak voltaj ve akım değerleri de önemlidir. Merminin çapı arttıkça mermi ile bobinin arasındaki sürtünme kuvveti artacağından yavaşlatıcı etki göstermektedir. Yapılan çalışmalar, uygulanan gerilimle doğru orantılı olarak merminin hızının arttığı bulunmuştur. Raylı fırlatıcılarda ray direnci sebebiyle verimliliği artırma çalışmaları devam etmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] KABADAYI, M «Labview Tabanlı Yeni Bir Helisel Bobin Elektromanyetik Fırlatıcı Tasarımı Ve Karakterizasyonu» Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi FBE Fizik Anabilim Dalı, Balıkesir 2018
- [2] KILIÇ, Y «Bobin Silahı» Bitirme Çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon 2011
- [3] Şekil 1 ve 2: İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi «Elektromanyetik Fırlatıcılar» 2018. [4] Şekil 3: Sorumlu Yazar: GÜLVER, B «Endüstri 4.0'da Elektromanyetik Uygulamalar» Uluslararası Kongre, Antalya 2019 (Kırıkkale Üniversitesi)
- [5] Şekil 4: AKYAZI, Ö «Elektromanyetik Fırlatıcılar» Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon 2006
- [6] YURT, S «Yönlendirilmiş Elektromanyetik Enerji Transferi ve Gerekli Yüksek Güç için Toryum Reaktörler» Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 2011
- [7] GÜLVER, A «Elektromanyetik Silahların Çalışma Prensiplerinin Karşılaştırılması ve Prototip İmalatı» Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Kırıkkale 2018
- [8] KIRAN, T «Elektromanyetik Raylı Fırlatıcıların Yaklaşım Algoritması ile Parametre Optimizasyonu» Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 2015



rGO BASED SUPERCAPACITOR PRODUCTION BY CASTING

Kübra ÖZCAN / 18022013 Doç. Dr. Önder YARGI

Abstract

Among the various energy storage materials, supercapacitors are more preferred recently as they store and transfer energy faster. In this study, the electrode was prepared by drying reduced graphene oxide (rGO) on a Cr-2032 plate after it was prepared by dropping method. 1M SO₄Na-10H₂O was chosen as the electrolyte solution and the electrical properties of the supercapacitor were analyzed using electrochemical analysis methods. Since the equivalent series resistance of the supercapacitor is very low, it supports the power transfer of the capacitor at high levels, and the energy losses due to the internal resistance of the material are at negligible levels.

Introduction

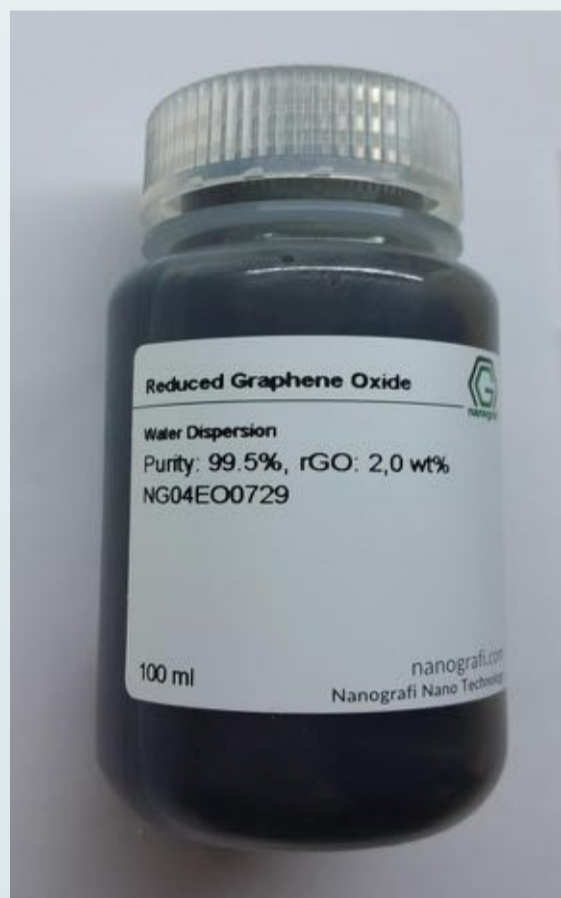
Supercapacitors have a very important place in energy storage systems due to their high power performance, long lifetime and low cost. These batteries, which store energy electrostatically, can store energy much faster than capacitors, while transferring this energy about ten times faster than electrochemical batteries. Supercapacitors are divided into three different groups according to their materials and components. These are Electrostatic Double Layer Capacitors (EDLC), Pseudocapacitors and Hybrid Capacitors. Charge storage in EDLCs is simply based on the physical movement of opposite charges on the surface and is completely reversible. In this type of capacitors, carbon-based materials are often preferred as electrodes. The reason for this is that they are abundant, low cost, easy to produce, non-toxic, have ideal mechanical, conductivity and chemical properties.

Methodology

100 ml of water was added into 34 grams of Na₂SO₄ salt required for the electrolyte solution to be used within the scope of the study. This solution, which was prepared as 1 molar, was left in the frequency mixer. 100 ml of water was added into 34 grams of Na₂SO₄ (Sodium Sulphate) salt required for the electrolyte solution to be used within the scope of the study. This solution, which was prepared as 1 molar, was left in the frequency mixer. Here, the ionic bonded compound Sodium Sulphate; The negative ions of the hydrogen atom forming the water molecules and the positive ions of the oxygen atom were separated into ions by the effect of electrostatic force.



Then the highly conductive silk separator was left to sit in the solution. For the electrodes, the 2% reduced graphene oxide, which is in liquid form, is dropped onto the steel spacer (20 mm radius, 3.2 mm height). In the setup shown in the figure, it was left in an infrared dryer for 4 hours under 270 degrees heat treatment. The electrodes took the form in the image as a result of this process.

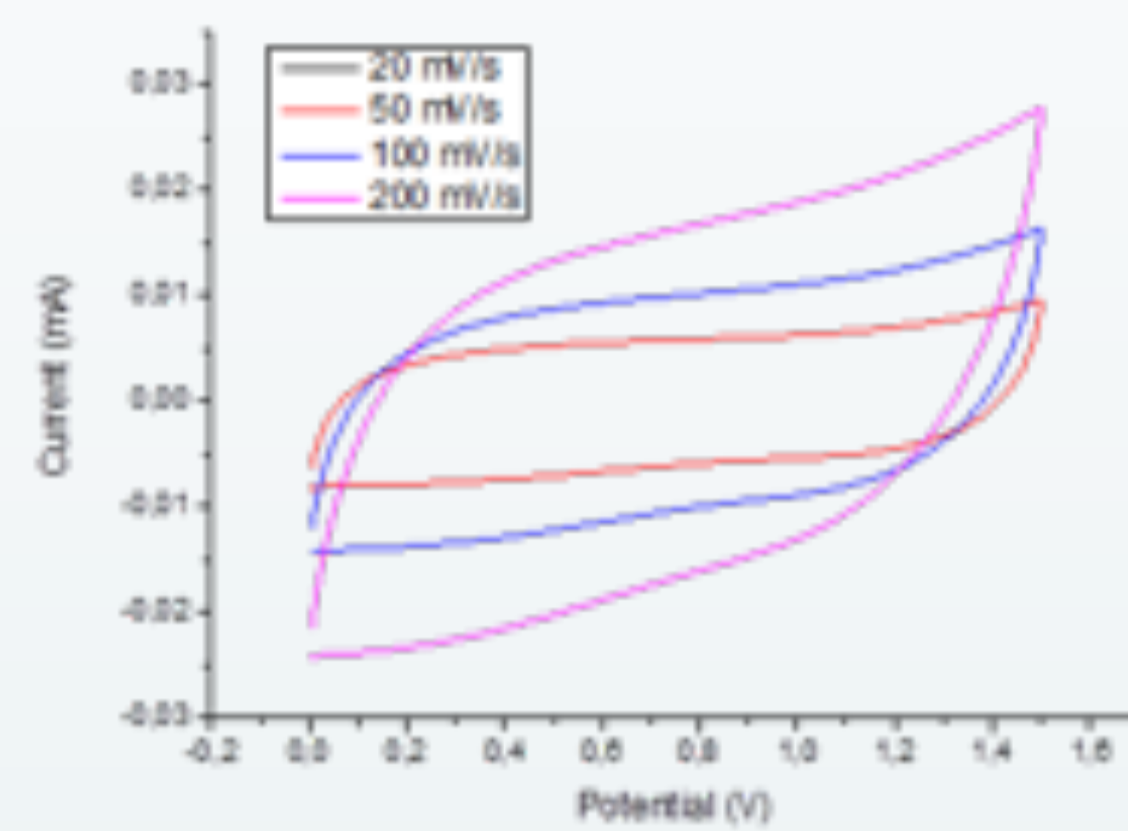
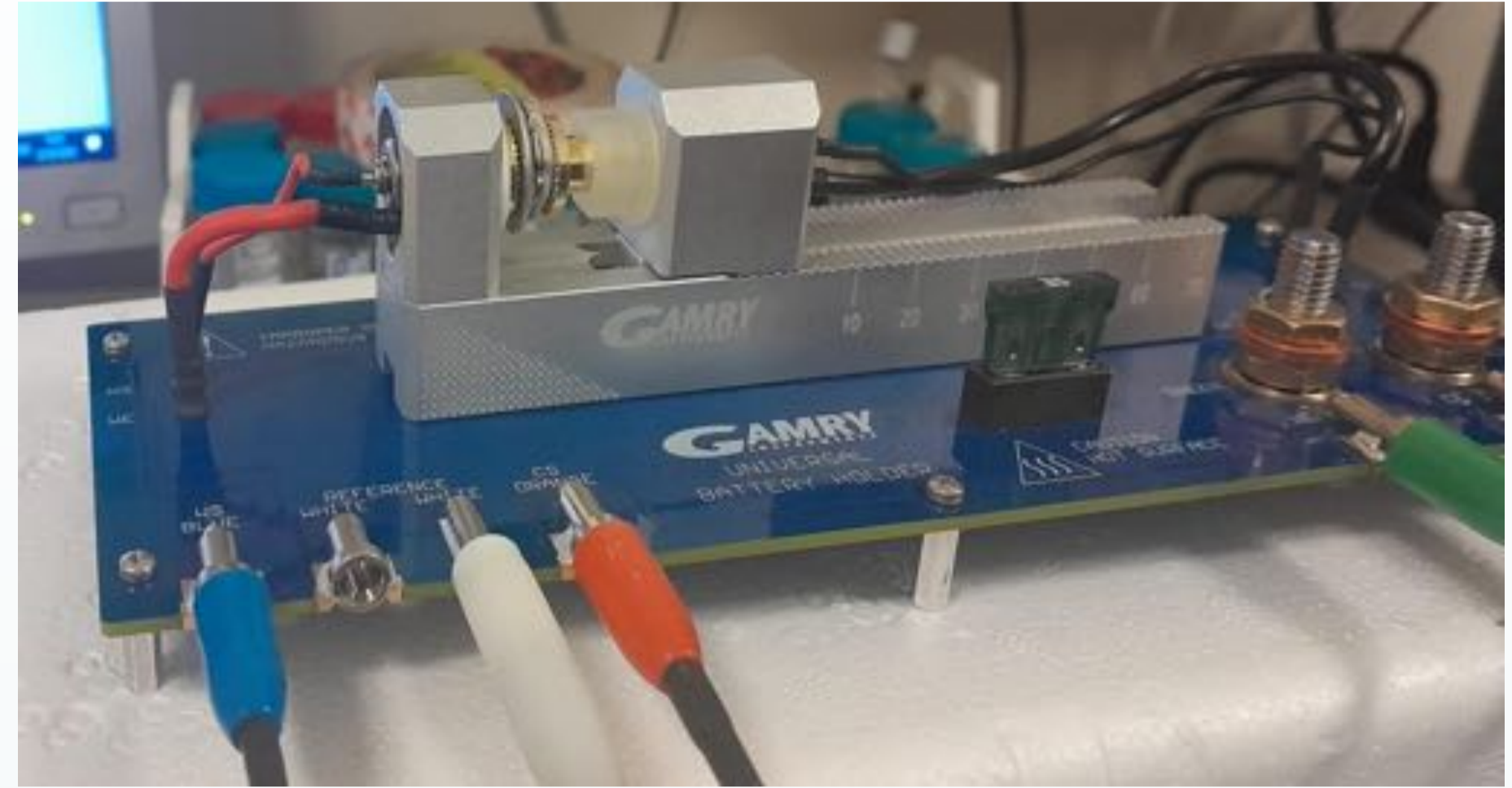


The electrode mass (uncovered spacer) needed for effective mass calculation was measured as 771.57 mg. The mass of the coated steel spacer was calculated as 779 mg and the mass of rGO (Δm)=7.73 mg. This value was accepted as 8 and half of it was taken in order to obtain efficiency. Then, solution was dripped on the bottom cover, after the electrode was placed, the solution was dripped again and the separator was placed. The same procedures were repeated for the upper plate and the upper lid was closed. In the device in the figure, it became ready after it was closed with the effect of high pressure.



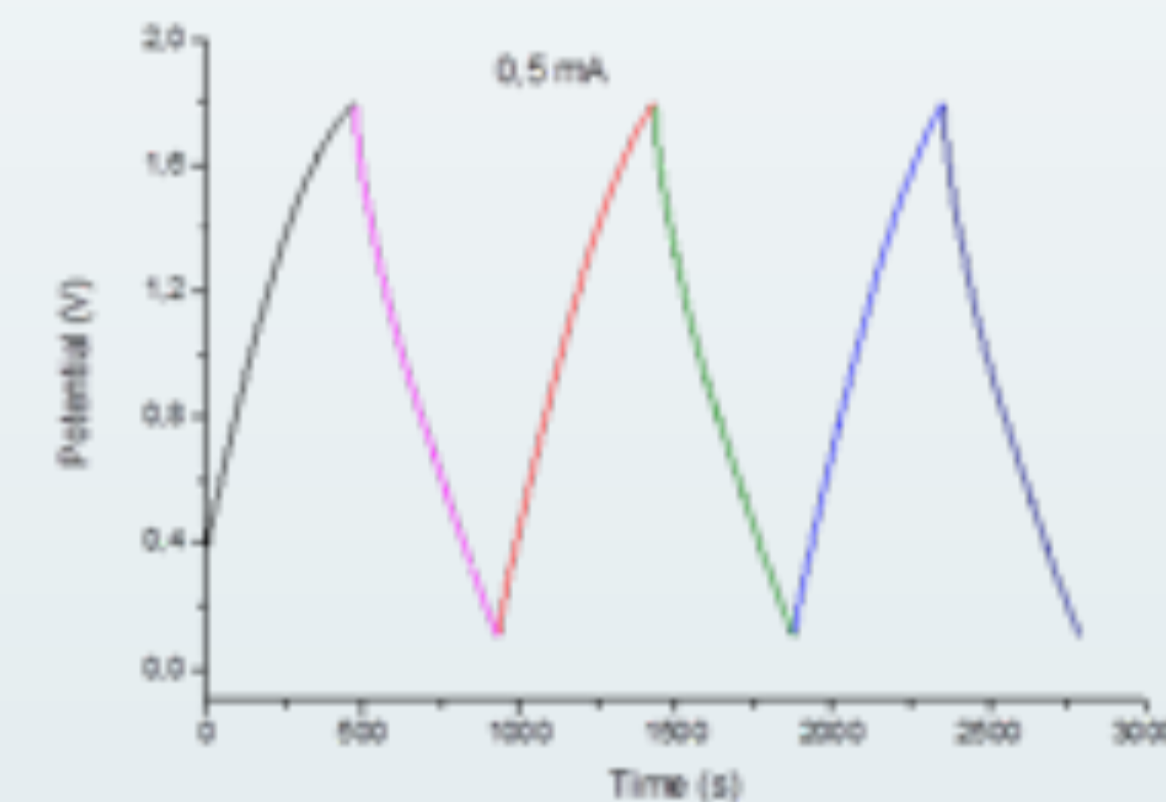
Results

An EDLC supercapacitor was prepared using rGO coated electrode. The energy storage capacity, stability and energy-power density of the supercapacitor were determined using cyclic voltammetry (CV) curves, specific capacitance curves and galvanostatic charge-discharge (GCD) curves obtained from the characterization. The following setup was used for analysis.



Fig**: Cyclic voltammetry at different scan rates

In this figure, the CV curves of the supercapacitor at scanning rates of 20, 50, 100 and 200 mV/s are given. This graph gives the current values reached by the rGO against the potential we apply. The process is completed as a result of the cyclical continuation of the charge-discharge. These CV curves resemble ideal curves. As the scanning speed increases, the curves turn into a rectangular structure with a large area.



Fig**: Galvanostatic Charge-Discharge at 0.5 mA

Charge-discharge curves of the prepared electrodes were obtained using the galvanostatic charge-discharge technique. The curves show perfect resemblance to the ideal supercapacitor curves. The perfection of the curves, the ion exchange between the electrode surfaces and the electrolyte liquid; With the help of the separator, it shows that it happens quickly and reversibly.

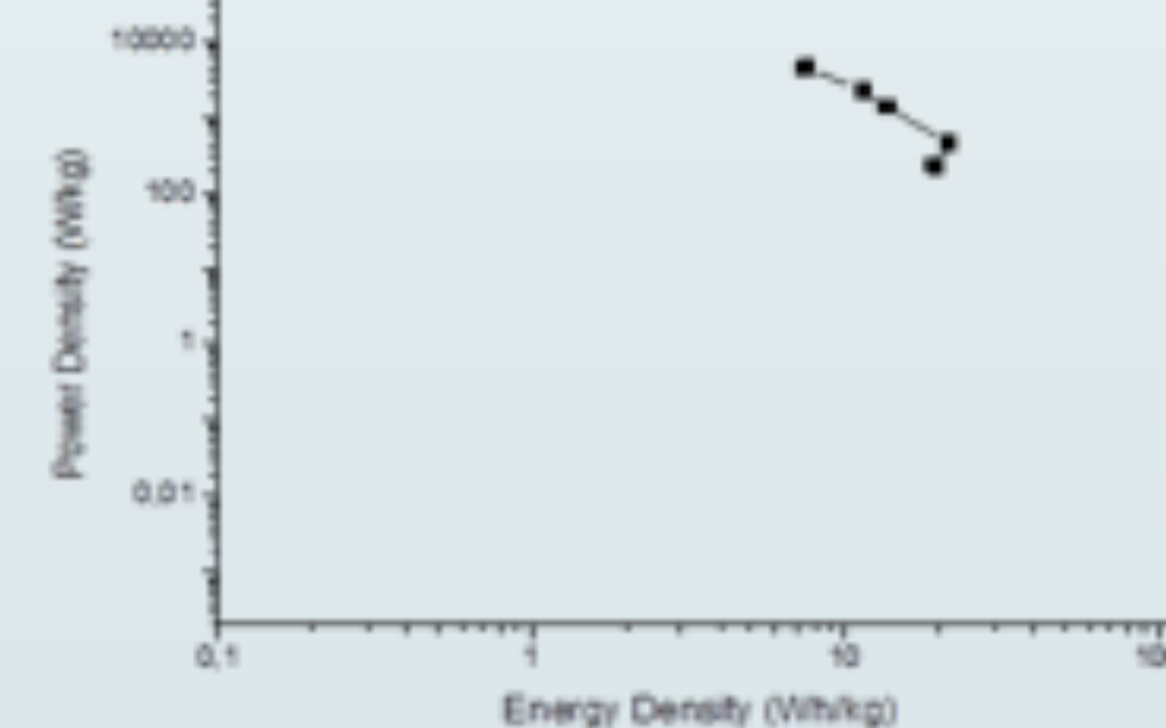
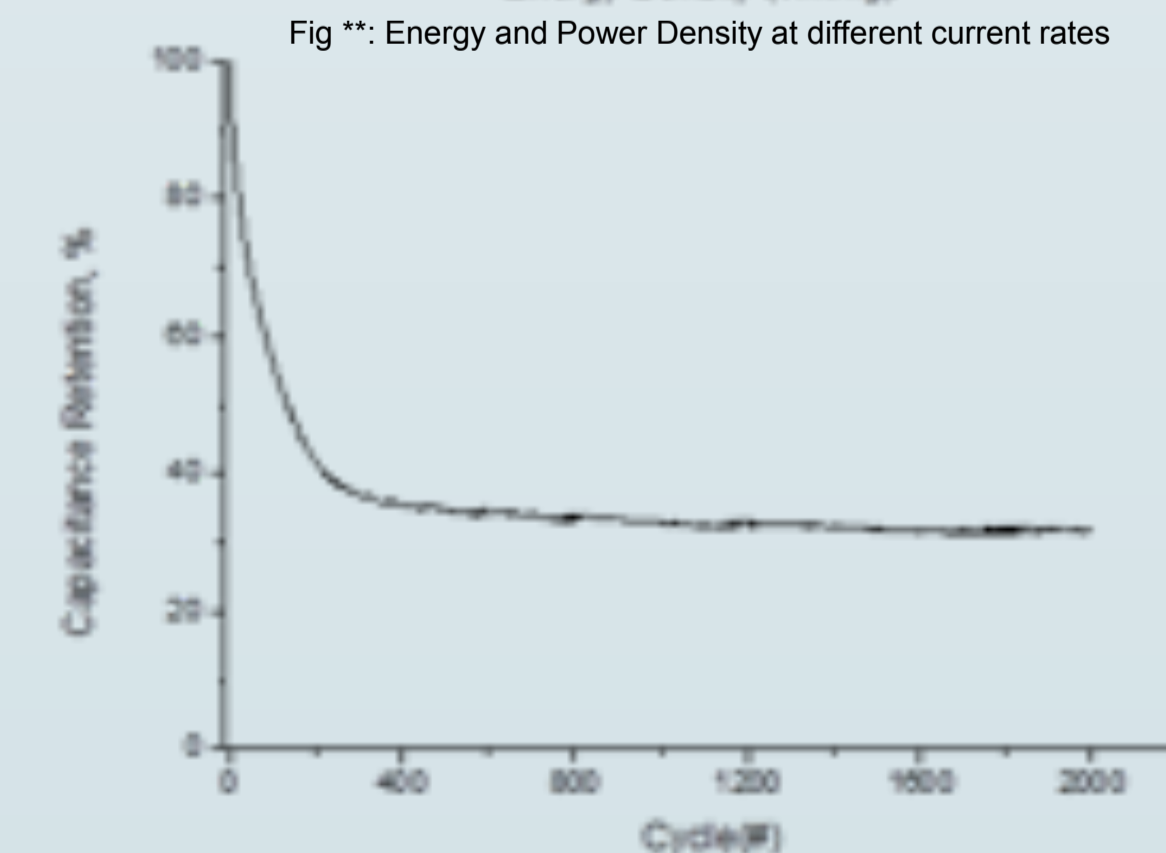


Fig **: Energy and Power Density at different current rates

In this curve, the energy and power densities of the supercapacitor are discussed. Having a high power density shows that energy transfer can be done in a very short time, which is an ideal feature for the areas it is intended to be used in.



Charge-discharge analysis of about 2000 cycles was performed to determine the stability of the electrodes. Based on this analysis, it can be said that; After approximately 200 cycles, the electrodes are able to maintain 40% of their initial capacity. This shows that the produced electrode materials are relatively stable.

Conclusion

Due to the high capacity, stability and high power density of the electrodes prepared in the light of the data obtained, preference should be given to the field of energy storage. In addition, this battery, which has high power density in spite of its energy, is ideal for all systems that require instant power transfer.

References

Akdemir, M., Avci Hansu, T., Caglar, A., Kaya, M., & Demir Kivrak, H. (2021). Ruthenium modified defatted spent coffee catalysts for supercapacitor and methanol application. *Energy Storage*, 3(4), e243. doi:https://doi.org/10.1002/est2.243
Avci Hansu, T., Caglar, A., Demir Kivrak, H., & Sahin, O. (2021). Structure of ruthenium nanocatalysts of bismuth, investigation of its effect on hydrolysis performance and kinetic studies. *Energy Storage*, e267.
Cao, X., He, J., Li, H., Kang, L., He, X., Sun, J., ... Liu, Z. H. (2018). CoNi₂S₄ nanoparticle/carbon nanotube sponge cathode with ultrahigh capacitance for highly compressible asymmetric supercapacitor. *Small*, 14(27), 1800998.
Chen, M., Kang, X., Wumaier, T., Dou, J., Gao, B., Han, Y., ... Zhang, L. (2013). Preparation of activated carbon from cotton stalk and its application in supercapacitor. *Journal of solid state electrochemistry*, 17(4), 1005-1012.
Cheng, Q., Tang, J., Ma, J., Zhang, H., Shinya, N., & Qin, L.-C. (2011). Graphene and nanostructured MnO₂ composite electrodes for supercapacitors. *Carbon*, 49(9), 2917-2925



Yıldız Technical University Faculty of Arts and Sciences Physics Department

Physics Informed Neural Networks

Recep Furkan KOÇ 180220389

Supervised by Prof. Dr. Murat ODUNCUOĞLU

Abstract

Neural Networks have been a topic that become more and more popular since its inception. The opportunities provided by neural networks have been arising more and more due to the explosive growth of available data and computing resources. Neural networks have achieved tremendous success in different aspects of machine learning tasks such as image recognition, natural language processing, cognitive science, etc. In this poster, we introduce an application of scientific machine learning called physics informed neural network and its show ability to solve partial differential equations.

Physics Informed Neural Networks

The logic behind neural networks is predicting a candidate function and optimizing that function according to an equation or experimental data. Mathematical expression for neural networks is generally given as follows:

$$NN = \sigma \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i \omega_i + b \right)$$

Where σ is the activation function, x_i is the data, ω_i is the weights and b is bias. To approximate the function accurately, we need to train our neural network which basically means that we need to find proper weights and biases that minimizes a mean squared loss function.

The idea of physics informed neural networks (PINN's) is proposed by Maziar Raissi, Paris Perdikaris, and George Em Karniadakis [1] as an option to solve partial differential equations with neural networks. In that paper, they focus on the problems that can be expressed as:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{N}[u(x,t); \lambda] = 0$$

Where $\mathbf{N}[u(x,t); \lambda]$ is a non-linear operator parametrized by λ and $u(x,t)$ is the hidden solution. We can state various physical phenomena like conservation laws, diffusion process, heat transfer, fluid mechanics, Schrödinger equation etc. For continuous time models, we define a function $f(x,t)$ as:

$$f(x,t) = \frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{N}[u(x,t); \lambda]$$

and we try to assume $u(x,t)$. By automatic differentiation, we can obtain the derivatives of the function that the neural network predicts. However, the loss function, which we need to minimize, in PINNs is a little different. We evaluate the partial differential equation with certain number of collocation points N_f inside our domain (x,t) . The loss function related to $f(x,t)$ is given as:

$$MSE_f = \frac{1}{N_f} \sum_{i=1}^{N_f} |f(x_f^i, t_f^i)|^2$$

In the process of training the neural network, we usually use data points where we know the answer. Those data points are generally the initial condition and the boundary conditions for our problem. For an initial condition $y(x,0)$, and boundary conditions, for given N_u data points on those conditions, the loss function due to the initial and boundary conditions are given as:

$$MSE_u = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_u} |y(x_f^i, t_f^i) - NN(x_f^i, t_f^i)|^2$$

Total loss for PINN is the sum of these two loss functions.

$$MSE = MSE_f + MSE_u$$

By minimizing MSE, we can find the shared parameters between $f(x,t)$ and $NN(x,t)$.

Diffusion Equation

A diffusion equation with a non-homogenous source term with initial and boundary conditions given as

$$y(x, 0) = \sin(\pi x)$$

$$y(-1, t) = y(1, t) = 0$$

can be written like:

$$\left(\frac{\partial y}{\partial t} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \frac{1}{e^t} (\sin(\pi \cdot x) - \pi^2 \sin(\pi \cdot x)) = 0$$

The exact solution of this partial differential equation:

$$y(x, t) = \frac{\sin(\pi x)}{e^t}$$

We tried to predict the solution to this partial differential equation using a PINN model. We mainly used Torch, one of commonly used libraries for deep learning, and we used pyDOE to create samples using Latin Hypercube sampling method.

```
class model(torch.nn.Module):
    def __init__(self, layers):
        super().__init__()
        # activation function will be used as tanh since it gives more accurate values for gradients
        self.activation = torch.nn.Tanh()
        # A shortcut for loss function
        self.loss_function = torch.nn.MSELoss(reduction='mean')
        # Initializing neural network
        self.layers = torch.nn.ModuleList([torch.nn.Linear(layers[i], layers[i+1]) for i in range(len(layers)-1)])
        self.optimizer = optim.Adam(self.parameters())

    # Xavier normal Initialization
    for i in range(len(layers)-1):
        torch.nn.init.xavier_normal_(self.layers[i].weight.data, gain=1.4)
    # Setting biases to zero
    torch.nn.init.zeros_(self.layers[i].bias.data)

    # Forward pass, data is going through left to right in our neural network
    def forward(self, x):
        if torch.is_tensor(x) && True:
            x = torch.from_numpy(x)
            a = x.float()
            for i in range(len(layers)-2):
                z = self.layers[i](a)
                a = self.activation(z)
            a = self.layers[-1](a)
            return a

    # Loss due to the PDE
    def loss_PDE(self, x, t):
        g = x.PDE.clone()
        g.requires_grad = True # enabling differentiation
        f = self.forward(g)
        f_x_t = torch.autograd.grad(f, g, torch.ones(g.shape, 1), to_device=1, retain_graph=True, create_graph=True)[0] # First derivative
        f_xx_t = torch.autograd.grad(f_x_t, g, torch.ones(g.shape, 2), to_device=1, create_graph=True)[0] # Second derivative
        f_t = f_x_t[:,1:] # We select the 2nd element for t (the first one is x) (Remember the input X=[x,t])
        f_xx = f_xx_t[:,1:] # We select the 1st element for x (the second one is t) (Remember the input X=[x,t])
        f = f_t - f_xx + torch.exp(-g[:,1]) * (torch.sin(np.pi * g[:,0]) - np.pi**2 * torch.sin(np.pi * g[:,0])) # PDE
        return self.loss_function(f, f_hat)

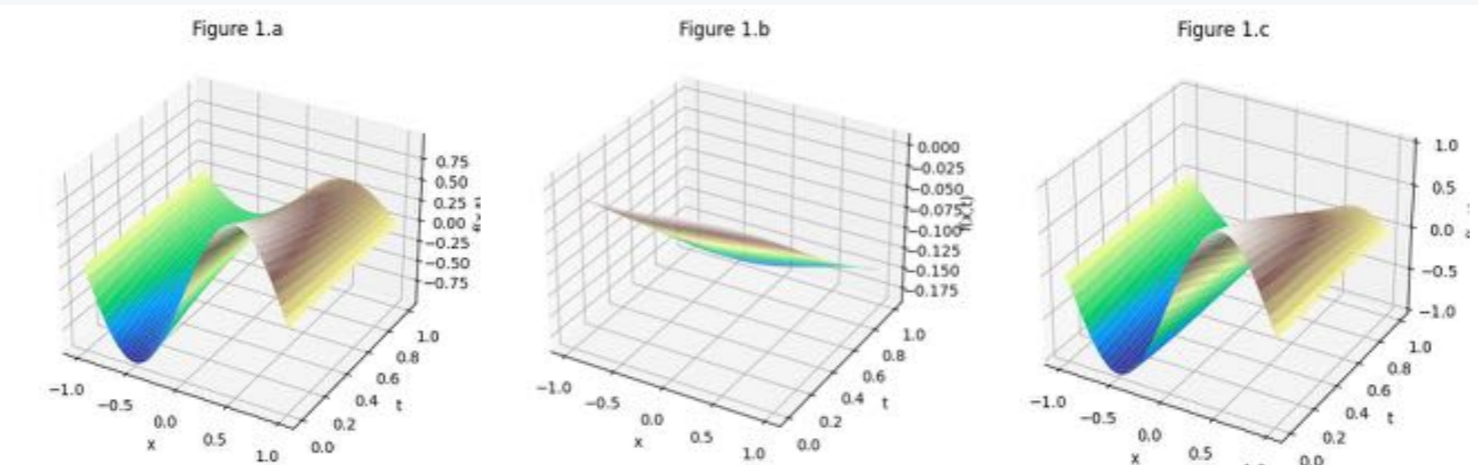
    # Total loss
    def loss(self, x, t, y, BC):
        loss_PDE = self.loss_PDE(x, t)
        loss_BC = self.loss_BC(x, t, y, BC)
        return loss_PDE + loss_BC

# Steps = 10000
lr = 0.001 # Learning rate
layers = np.array([2,48,48,1]) # Input layer with 2 node (x,t), 2 hidden layers and output layer
# Boundary conditions
A, B1 = -1
x_max = 1
t_max = 0
N_u = 100
total_points = 1000
total_collocation = 1000

N_u = 100 # Number of training points from boundary conditions
N_f = 10000 # Number of collocation points that will be used to evaluate PDE
```

We used a PINN model that has 2 hidden layers with 48 nodes each.

We create a random dataset and prepare it for our model using torch. This random dataset is shown in Figure 1.b. We trained the network using the Adam optimizer method. The exact solution of the given partial differential equation and the predicted solution by our model is shown in Figure 1.a and Figure 1.c respectively. Codes can be found on <https://colab.research.google.com/drive/1DqMxbpxQeaUajkBbu-iU1yuGRMtDme5r?usp=sharing>



Figures 1.a, 1.b, and 1.c represent the exact solution to the PDE, non-trained dataset, and trained prediction of our model, respectively. We predicted the solution with a training loss of $9.0009795e-05$ and test loss of 0.035989974 .

Non-Linear Schrodinger Equation

In the paper written by Maziar Raissi, Paris Perdikaris, and George Em Karniadakis, the non-linear Schrödinger equation with periodic boundary conditions is solved via a PINN model.

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + |\Psi|^2 \Psi = 0$$

$$\Psi(x, 0) = 2 \operatorname{sech}(x)$$

$$\Psi(-5, t) = \Psi(5, t)$$

$$\left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)_{(-5,t)} = \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)_{(5,t)}$$

Since the solution $\Psi(x, t)$ is complex-valued, output layer includes 2 nodes (one for the real part, and one for the imaginary part). They simulated the equation to create high-resolution data. Subsequently, an additional loss due to the initial data has occurred. The total loss function:

$$MSE = MSE_u + MSE_f + MSE_o$$

$$MSE_u = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_u} |\Psi(x_i, 0) - \Psi_o^i|^2$$

$$MSE_o = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} \left(|\Psi(-5, t_i) - \Psi(5, t_i)|^2 + \left| \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)_{(-5,t_i)} - \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)_{(5,t_i)} \right|^2 \right)$$

$$MSE_f = \frac{1}{N_f} \sum_{i=1}^{N_f} |f(x_f^i, t_f^i)|^2$$

Here, MSE_o represents the loss due to the initial data, MSE_u enforces the periodic boundary conditions, and MSE_f penalizes the non-linear Schrodinger equation not being satisfied on the collocation points.

They used a PINN model that contains 5 hidden layers with 100 nodes each and they used the hyperbolic tangent as their activation function.

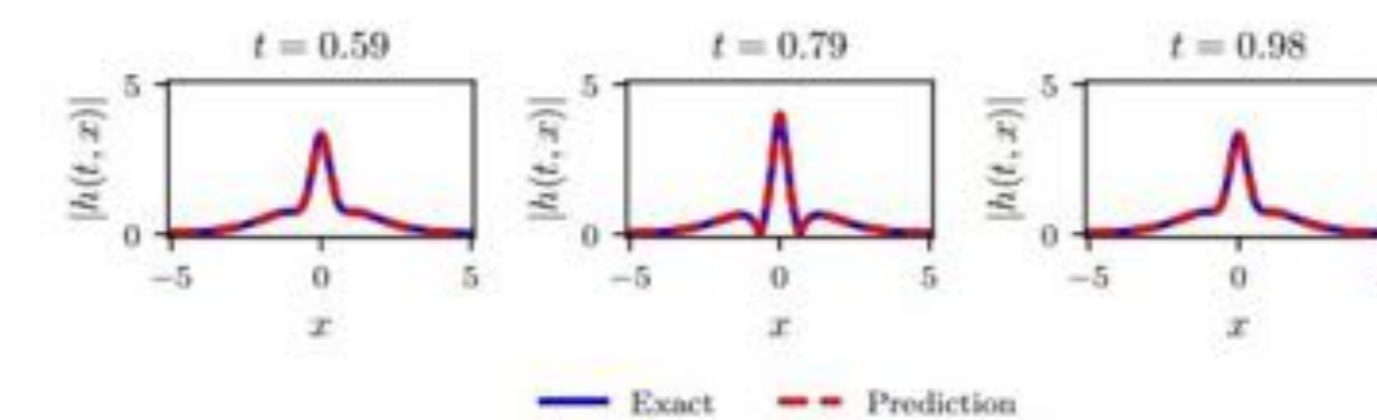


Figure 2: Comparison of the exact solution and PINN prediction, done by M. Raissi et al.[1]. They predicted the complex valued solution to non-linear Schrodinger equation for given initial and boundary conditions with 1.97×10^{-3} relative error.

Wave Equation

Another investigation of PINNs is done by T. Nissen-Meyer, B. Moseley, and A. Markham [2] by solving the acoustic wave equation. In this work, they propose a curriculum-learning based strategy for training the PINN, rather than the standard approach used by Raissi et al.[1] which improves convergence

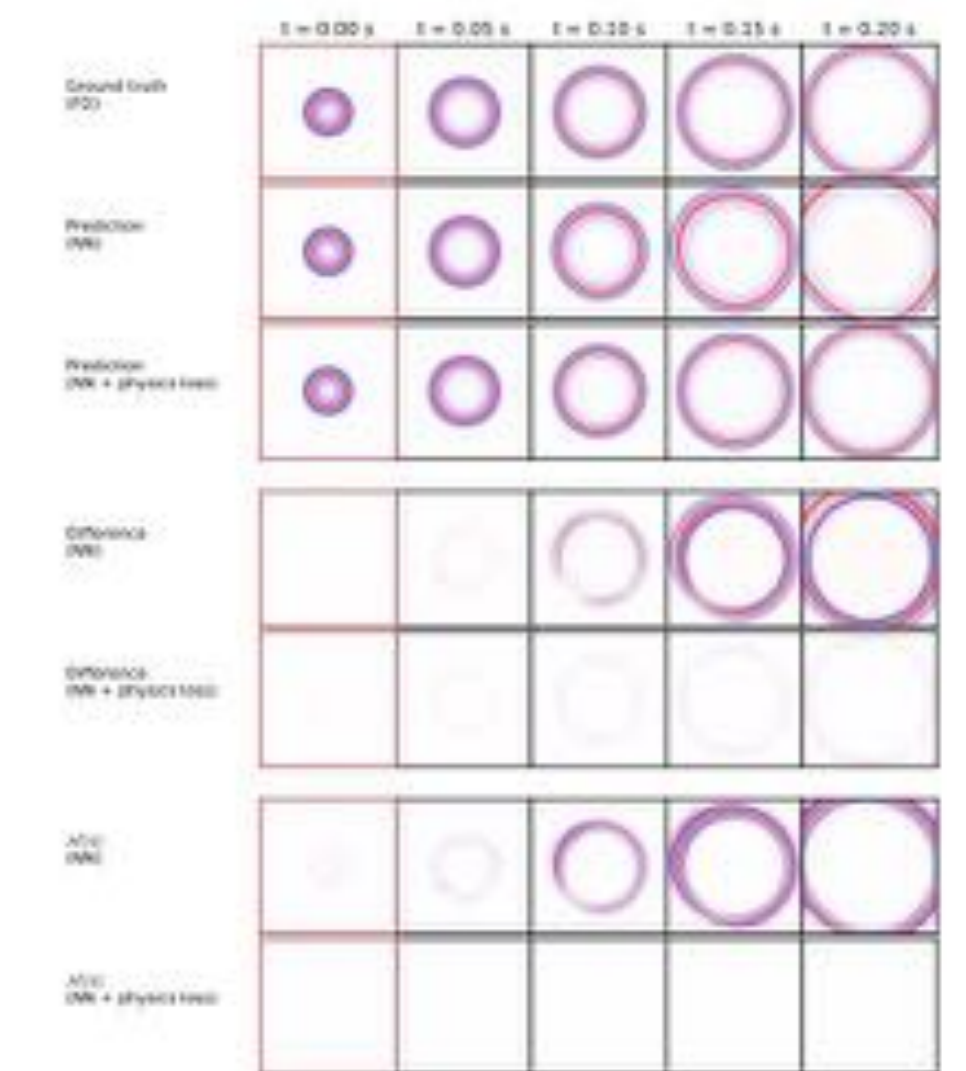


Figure 3: Comparison of the PINN wavefield prediction to ground truth FD simulation, using a homogeneous velocity model

Conclusion

Another way of solving differential equations is the finite element method. The main idea of the FEM is to convert the boundary value problem into a system of linear equations and getting numerical solutions by solving it.



A comparison between these two methods for three dimensional Poisson equation have done by Tamara G. Grossmann, Ursula Julia Komorowska, Jonas Latz, and Carola-Bibiane Schönlieb [3].

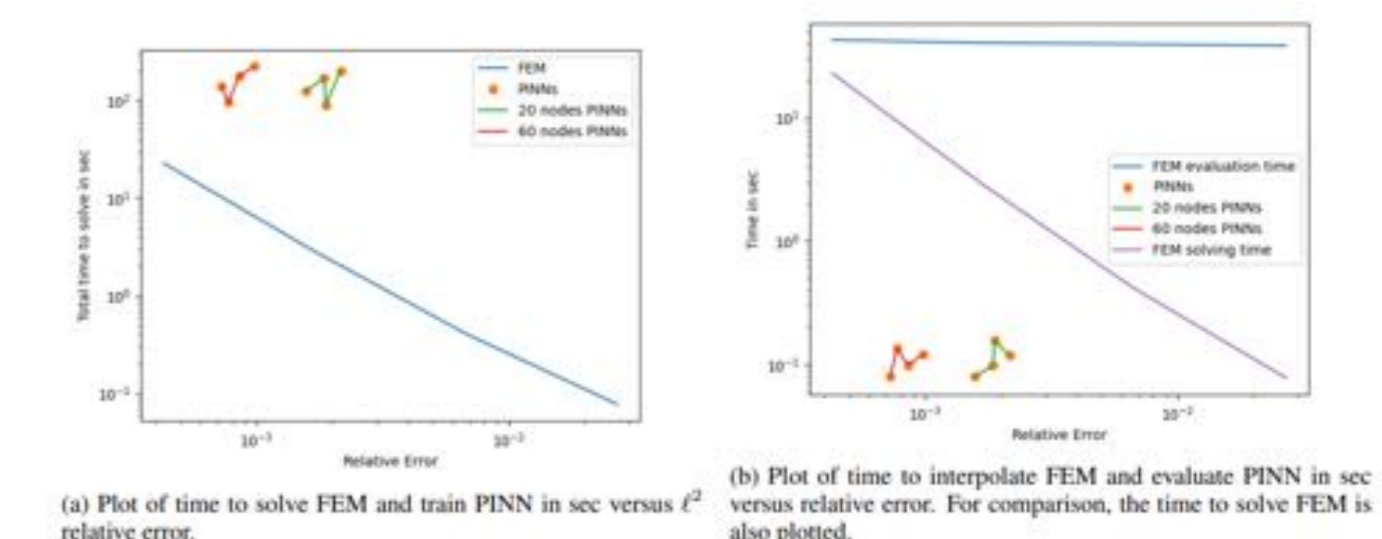


Figure 5: Plot of 3D Poisson equation of time in sec versus relative error.

It can be seen by their work that even though PINNs perform faster for the evaluation of the solution sometimes, it is not a replacement for now. However, as they mentioned in the paper, PINNs are better at the transition to the higher dimensions. Increments in the computational cost for PINNs are much smaller compared to the Finite Element method hence using PINNs for the high-dimension settings would be more efficient due to the cost of the classical methods.

References:

- Physics Informed Deep Learning (Part I): Data-driven Solutions of Nonlinear Partial Differential Equations by Maziar Raissi, Paris Perdikaris, George Em Karniadakis <https://arxiv.org/abs/1711.10561> [1]
- Solving the wave equation with physics-informed deep learning by B. Moseley, A. Markham and T. Nissen-Meyer <https://arxiv.org/abs/2006.11894> [2]
- CAN PHYSICS-INFORMED NEURAL NETWORKS BEAT THE FINITE ELEMENT METHOD? by Tamara G. Grossmann, Ursula Julia Komorowska, Jonas Latz, and Carola-Bibiane Schönlieb <https://arxiv.org/pdf/2302.04107.pdf> [3]
- https://booksciml.ai/notes/O3-Introduction_to_Scientific_Machine_Learning_through_Physics-Informed_Neural_Networks/ [4]
- <https://deepxde.readthedocs.io/en/latest/index.html> [5].



FİZİK BÖLÜMÜ

MANYETİK VEKTÖR POTANSİYELİN COOPER ÇİFTLERİNE ETKİSİ

Ahmetcan KIZILIRMAK 17022056

Danışman: Doç. Dr. Süreyya AYDIN YÜKSEL

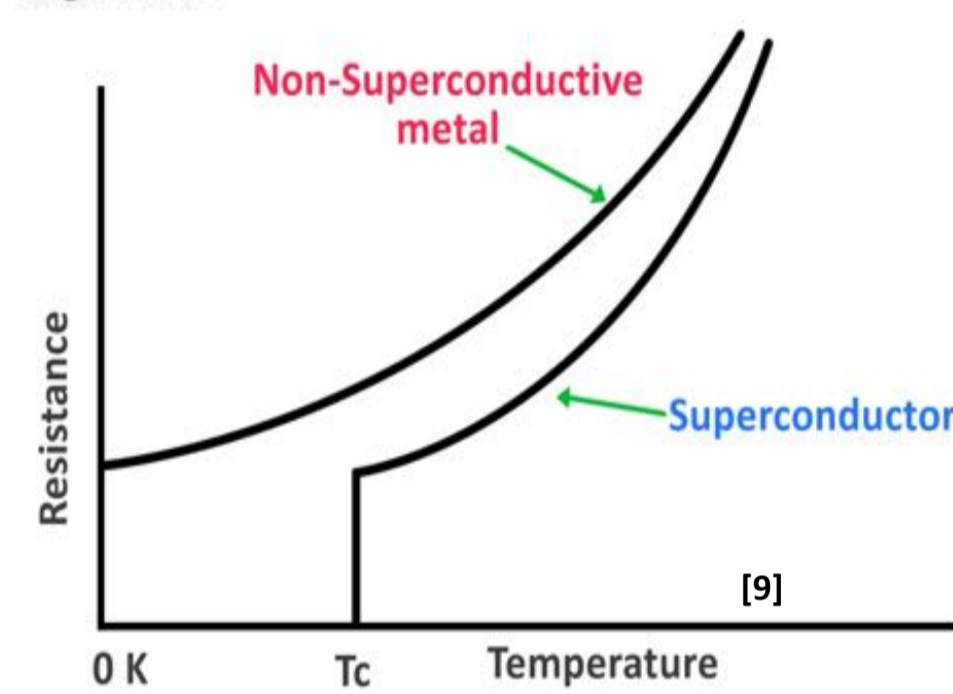
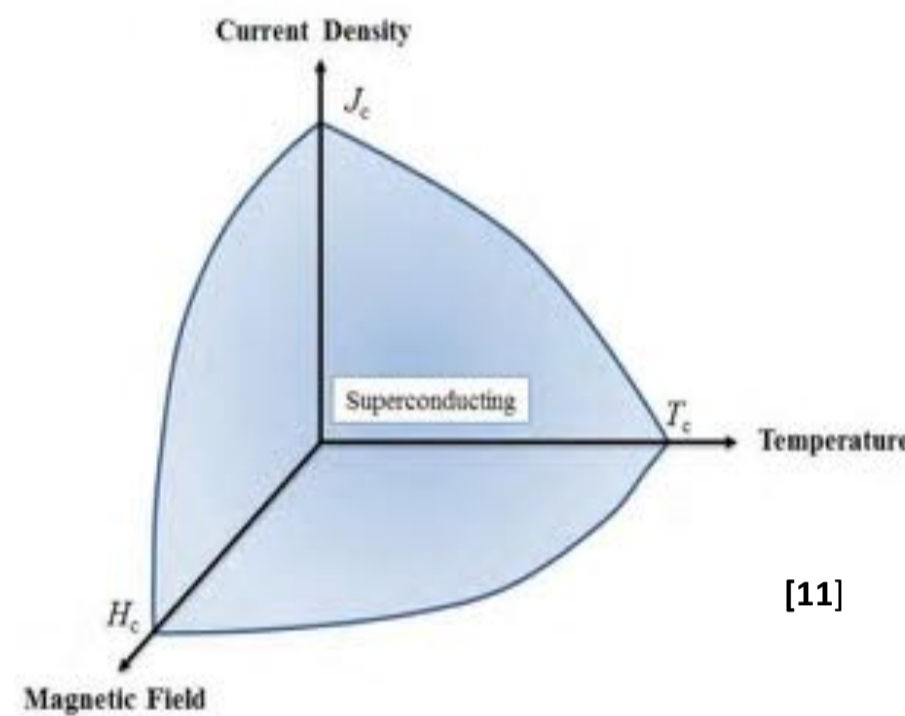
Giriş

Bu çalışmanın temeli

- Manyetik vektör potansiyel ile süperiletken halkada oluşan Cooper çiftleri arasında bir etkileşim öne sürülmüştür,
- Manyetik vektör potansiyel ile Cooper çiftleri arasındaki etkileşimin Aharonov-Bohm etkisi benzeri bir matematiksel yaklaşımla teorik olarak ortaya konulması ve açıklanması,
- Bu olası ilişkiyi sağlayabilecek fiziksel düzeneğin oluşturulmasıdır.

Süperiletkenlik ve Teorileri

Süperiletkenlik ilk defa 1911 yılında Kamerlingh Onnes tarafından cıva üzerinde gösterilmiştir[5]. Süperiletkenlik özelliği gösteren malzemeler çok düşük olan belirli bir kritik sıcaklığa kadar soğutulduklarında sıfır özdirenç gösterirler. Bu sıcaklıklar 0K ya kadar yaklaşan çok düşük sıcaklık seviyeleridir. Daha sonraları yüksek sıcaklıkta süperiletken olabilen malzemeler üretilmiştir. Bu malzemeler kristal kimyasal bileşikler olup yüksek sıcaklık süperiletkenleri olarak bilinir ve 90 K değerinde süperiletken olan örnekleri vardır(YBCO). Saf süperiletken malzemelere alüminyum, kurşun, niobyum ve kalay örnek verilebilir. T_c kritik sıcaklık değeri farklı süperiletken malzemelere göre değişir. Süperiletkenlerin manyetik özellikleri de kendilerine özgüdür. Uygun bir manyetik alan içine konulan soğutulmuş süperiletken malzeme mükemmel diyamagnetizm gösterir. Bu durum Meissner etkisi olarak adlandırılır. Ancak bu dış manyetik alan belirli bir kritik değerin üstündeysse süperiletkenlik ortadan kalkar. Aynı durum kritik bir akım yoğunluğu değeri için de geçerlidir. Süperiletkenlikte oluşan akım artık süper akımdır ve çeşit teorik tanımlara sahiptir. London denklemleri ile süperiletkenlikte iletimi ifade eden, Meissner etkisini ve manyetik alanın sızma derinliğini ortaya koyan denklemler bulunmuştur. Süperiletken malzemeler Tip I ve Tip II olmak üzere iki grupta incelenirler. [1]



Cooper Çifti Animasyonu



Tip I ve Tip II süperiletkenlerde süperiletkenlik mekanizmasında bir fark yoktur. Fakat Tip I süperiletkenler tek bir H_c yani kritik manyetik alan değerine sahiptir bu değer aşıldığında süperiletkenliğe ait tüm özellikler ortadan kalkar. Öte yandan Tip II süperiletkenler tüm süper iletkenlik özellikleri tek bir H_c değeri aşıldığında ortadan kalkmaz. Yani bir den fazla kritik manyetik alan durumu söz konusudur. Örneğin iyi bir Tip II süperiletkende H_{c1} noktası aşıldığında mükemmel diyamagnetizma özelliği ortadan kalksa bile H_{c2} daha yüksek noktasına kadar elektriksel özelliklerini korumaya devam eder. [1]

BCS teorisi süperakımların $2e$ yüküne sahip bozon benzeri davranış sergileyen elektron çiftlerinden yani Cooper çiftlerinden oluştuğunu öne sürer. Bu iki elektronu birbirine bağlayan madde örgüsünün kuantası olan fononlardır. Sıcaklık çok düşük olduğundan örgü titreşimlerinin genlikleri çok düşüktür. Bu durumda madde içerisinde hareket eden elektronlar ile örgü yapısına çekim uygulayarak titreştirir. Eğer hareket eden bu iki elektron belli bir uyumlu hareket ediyorsa bu iki elektron arasında bir örgü titreşimi oluşur. Buna daha genel bir tanımla elektron-fonon-elektron etkileşimi denebilir. Yani sıcaklığın düşük olması düzenli bir iletim durumu oluşturur. Bu teori süperiletkenliğin madde içindeki mekanizmasını açıklamasını yanı sıra yüksek sıcaklık süperiletkenleri ve tip I tip II süperiletkenlerin farklı özelliklerini de açıklar. [1]

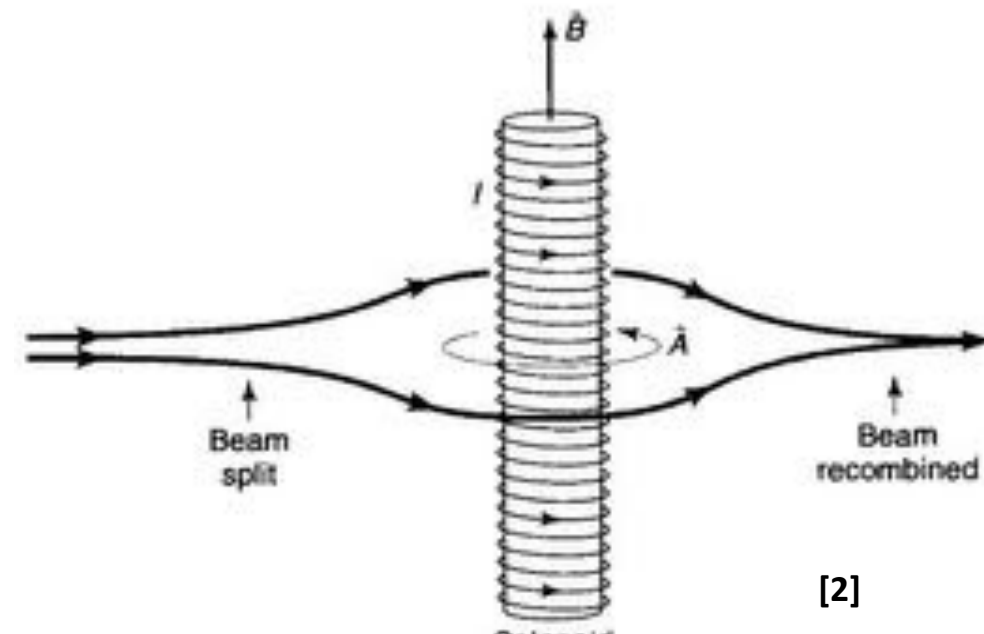
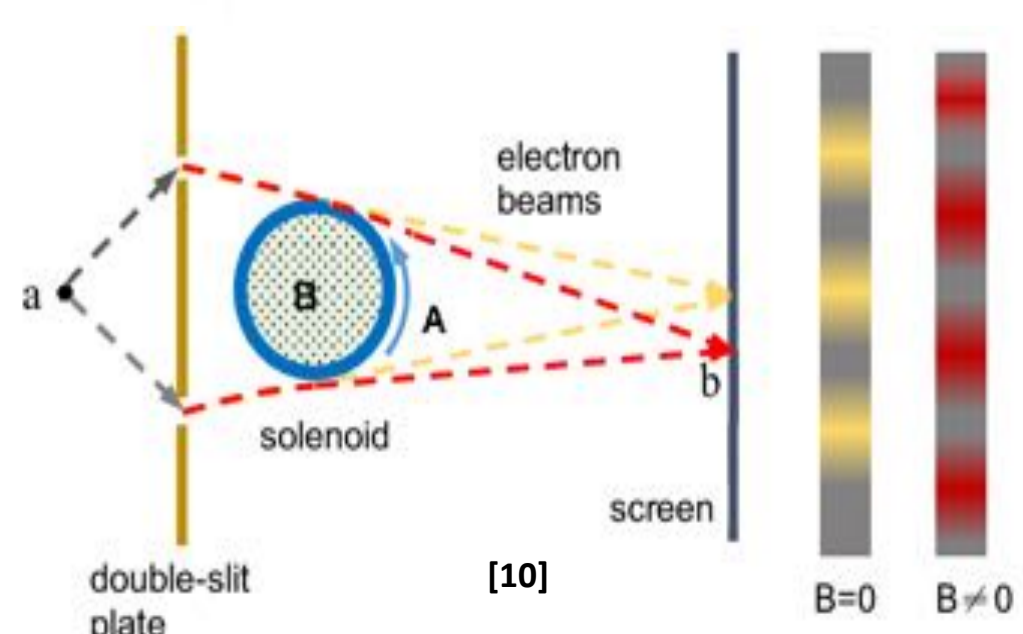
Ginzburg-Landau teorisi ise Cooper çiftlerini uzayda bir dalga fonksiyonu olarak tanımlayarak süperiletkendeki serbest enerji yoğunluğu Cooper çiftlerinin dalga fonksiyonuyla tanımlanır. Bu denklem yoluya süperakım yoğunluğunu ifade eden ikinci denklem de ortaya çıkmıştır. Bu teorelin sonucu olarak süperiletkenler hakkında koherens uzunluğu gibi özgün ayrıt edici özellikleri matematiksel olarak tanımlanmıştır. [1]

Aharonov-Bohm Etkisi ve Vektör Potansiyel

Bu etki klasik elektrodinamikten ölçülemez olarak bilinen vektör potansiyelin elektronlar üzerinde ortaya çıkan bir etkidir. Bu etkiye göre bir elektron demeti vektör potansiyeliyle etkileşime girdiğinde farklı konumlardaki elektronlar arasında faz farkı oluşmaktadır. Aharonov ve Bohm elektron demetinin dalga fonksiyonunu faz durumunu ifade edecek şekilde yeniden tanımladılar. Bu faz farkını ise vektör potansiyelle bağlı bir çizgi integrali ile ifade etmişlerdir. Bu tanımlarını zamana bağlı kanonik olarak yazılmış Schrödinger denkleminde uyguladıklarında denklemi öngörülerine uygun olarak sağladığını görmüşlerdir. Aharonov ve Bohm bir yarığa gönderilen elektronların yarığın öbür kısmında bulunan bir solenoidin oluşturduğu vektör potansiyelinden solenoidin hangi tarafından geçtiklerine bağlı olarak etkilendiklerini ve bu etkilenin ekranda oluşan girişimde bir faz kayması olarak ortaya çıkacağını öngörmüşlerdir. Bu şekilde bir deney önermişlerdir. Bu girişimin deneysel varlığı R.G Chambers tarafından ortaya konulmuştur.[2][4]

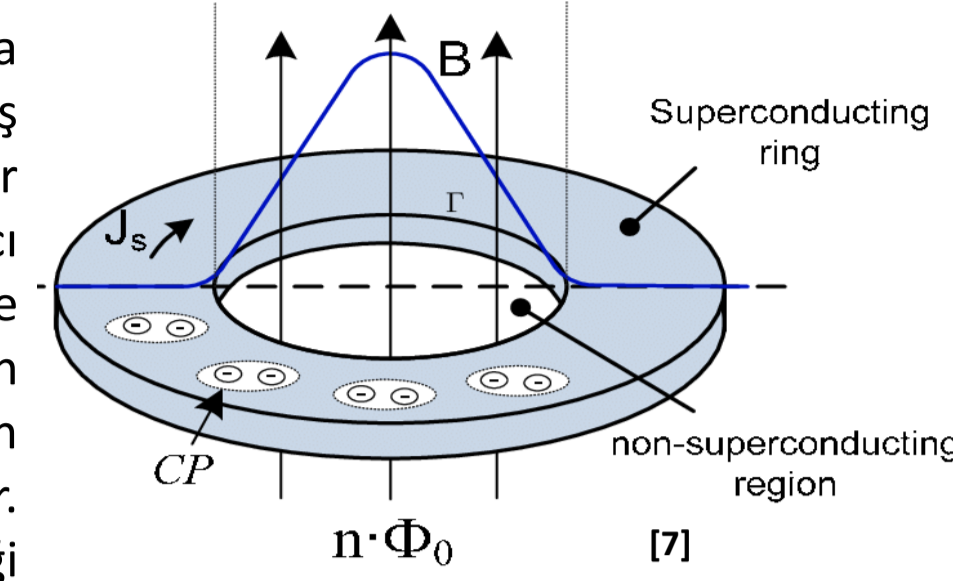
$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left[\frac{1}{2m} \left(\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A} \right)^2 + V \right] \Psi \quad \Psi = e^{ig} \Psi', \quad g(\vec{r}) \equiv \frac{q}{\hbar} \int_0^{\vec{r}} \vec{A}(\vec{r}') \cdot d\vec{r}'$$

$$i\hbar \frac{\partial \Psi'}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi' + V \Psi' \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = 0 \text{ but } \vec{A} \neq 0$$



Manyetik Akı Kuantalanması ve Kalıcı Akımlar

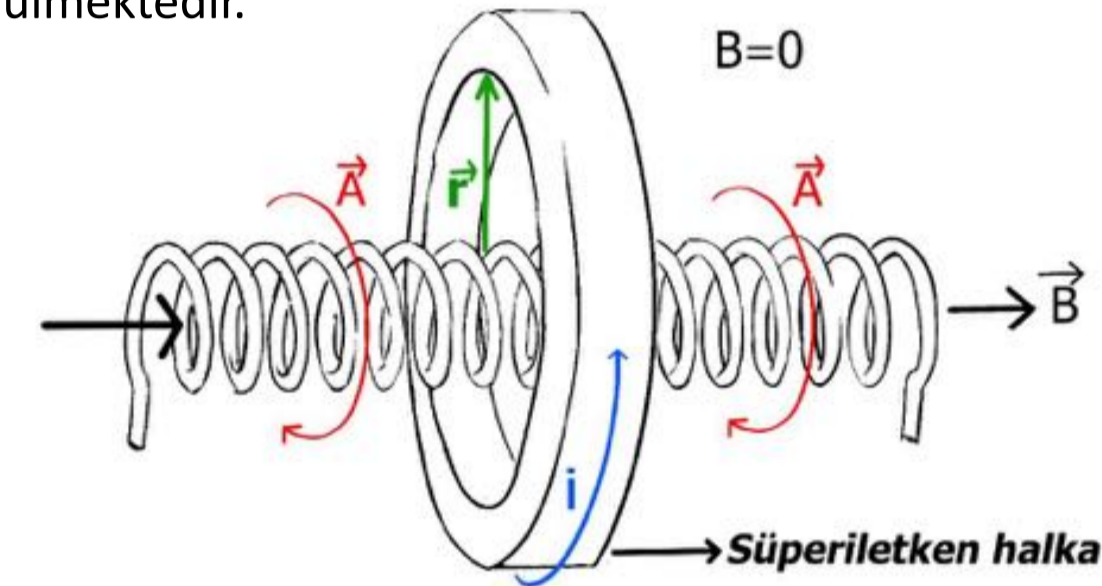
Süperiletken bir halka kritik sıcaklığa kadar soğutulur ve bir gerilim uygulanırsa halkada kalıcı akımlar oluşur. Eğer süperiletken kritik sıcaklığa kadar soğutulmuş halkaya manyetik alan uygulanırsa halka da yine kalıcı akımlar oluşur. Direnç sıfır olduğundan gerilim kaynağı veya manyetik alan kaldırıldıktan sonra bu akımlar kalıcı olarak var olmaya devam eder. Süperiletkenlik koşulları sürdürüldüğü sürece akımların varlığı devam eder. Burada diğer önemli bir kriter kritik akım yoğunluğunun aşılmasıdır. Aşıldığı durumda ise yine süperiletkenlik ortadan kalkar. Bu akımların süresi oldukça uzundur ve bu süre yaklaşık olarak 10^{14} (4x10^7)s seviyesindedir. Fluxoid halkada oluşan manyetik akının kuantasıdır. Üzerinden kalıcı akımların geçtiği bir halkaya dış bir manyetik alan uygulanırsa halkada oluşan toplam akı kuantalanır. [1]



$$\Phi = \frac{n\hbar}{2e} = n\Phi_0$$

Teori

Bir solenoidin etrafında oluşturulan vektör potansiyelin solenoid şeklindeki gibi konumlandırıldığında süperiletken halkada oluşan Cooper çiftlerini etkilediği öne sürülmektedir.



Şekilde görüldüğü üzere B alan yalnızca solenoidin içinde bulunmakta ve vektör potansiyel A süperakıma zıt yöndedir. Bu zıtlık süperakımda bulunan Cooper çiftlerinin bir kısmında faz farkı oluşturacaktır. Yani vektör potansiyel Cooper çiftleriyle üzerlerinde bir faz farkı oluşturması yoluyla etkileşime girer. Bu etkileşimi matematiksel olarak ortaya koymak için Ginzburg-Landau teorisinin temel denklemi kullanılabilir.

$$\frac{1}{2m} (-i\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A})^2 \Psi - \beta |\Psi|^2 \Psi = -\alpha \Psi$$

Bu denklem Schrödinger denkleminde birçok açıdan benzetilmektedir. Aharonov-Bohm etkisinde kullanılan matematiksel yaklaşımı burada kullanabiliriz. Yani, Cooper çiftleri için yeniden tanımlayacağımız dalga fonksiyonu Ginzburg-Landau (G-L) denklemini sağlamalıdır. Cooper çiftlerinin süperiletkenlik teorilerindeki tanımı $\Psi = \sqrt{n} e^{i\theta(r)}$ olarak verilir.

n burada malzemedeki çift yoğunluğu $\theta(r)$ ise faz farkıdır.

Cooper çiftlerinin dalga fonksiyonu için yeni bir tanım yapılırsa, $\Psi = \sqrt{n_i} e^{i\theta(r)}$ Ψ' halini alır. Faz farkı yine vektör potansiyelle bağlı bir yol integrali olarak alınır ve $\theta(r) = \int_0^r \vec{A}(r) \cdot d\vec{r}$ olarak tanımlanır.

$$\vec{A} = \frac{\Phi}{2\pi r} \hat{\phi}, \text{ vektör potansiyel } \Phi = \pi a^2 B, \text{ solenoid içinden geçen akı } a: \text{ solenoidin yarıçapı}$$

$$\vec{\nabla} \theta = (q/\hbar) \vec{A} \quad \Psi' \Psi'^* = \frac{n_s}{n_i}, \quad n_i: \text{ faz farkı oluşan çiftlerin yoğunluğu}$$

Zamandan bağımsız G-L denkleminde bu dalga fonksiyonunu uygularsak:

$$\frac{1}{2m} (-i\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A})^2 \Psi - \beta |\Psi|^2 \Psi = -\alpha \Psi \quad \vec{\nabla} \Psi = \sqrt{n_i} (e^{i\theta} (i\vec{\nabla} \theta) \Psi' + e^{i\theta} (\vec{\nabla} \Psi'))$$

$$(-i\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A}) \Psi = i\hbar \vec{\nabla} \Psi - q\vec{A} \Psi = -i\hbar \sqrt{n_i} (e^{i\theta} (i\vec{\nabla} \theta) \Psi' + e^{i\theta} (\vec{\nabla} \Psi')) - q\vec{A} \sqrt{n_i} e^{i\theta} \Psi'$$

$$\nabla \theta = (q/\hbar) \vec{A} \text{ ifadesi yerine konulursa,}$$

$$= -i\hbar \sqrt{n_i} e^{i\theta} (i(q/\hbar) \vec{A}) \Psi' - e^{i\theta} \vec{\nabla} \Psi' (i\hbar) \sqrt{n_i} - q\vec{A} \sqrt{n_i} e^{i\theta} \Psi' = -i\hbar e^{i\theta} \vec{\nabla} \Psi' \sqrt{n_i}$$

sonucuna ulaşılır. Daha sonra,

$$(-i\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A})^2 = (-i\hbar \vec{\nabla} - q\vec{A}) (-i\hbar e^{i\theta} \vec{\nabla} \Psi' \sqrt{n_i})$$

$$= -\hbar^2 \vec{\nabla} (e^{i\theta} \vec{\nabla} \Psi) \sqrt{n_i} + e^{i\theta} (iq\hbar \vec{A}) \vec{\nabla} \Psi' \sqrt{n_i}$$

$$= -\hbar^2 \sqrt{n_i} (e^{i\theta} (\vec{\nabla} \theta) (\vec{\nabla} \Psi') + e^{i\theta} \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \Psi')) \sqrt{n_i} + e^{i\theta} (iq\hbar \vec{A}) \vec{\nabla} \Psi' \sqrt{n_i} \quad \vec{\nabla} \theta = (q/\hbar) \vec{A}$$

$$= -\hbar^2 e^{i\theta} \nabla^2 \Psi' \sqrt{n_i} \text{ bulunan bu ifade G-L denkleminde yerine konulursa,}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \sqrt{n_i} e^{i\theta} \nabla^2 \Psi' + \beta n_s \sqrt{n_i} e^{i\theta} \Psi' = -\alpha \sqrt{n_i} e^{i\theta} \Psi' \text{ sadeleştirmeler yapılırsa,}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi' + \beta n_s \Psi' = -\alpha \Psi' \text{ ulaşılan sonuçtan anlaşılacağı üzere tanımlanan dalga fonksiyonu G-L denklemini vektör potansiyeli içermeden sağladı. Bu demektir } \vec{A} \text{ vektör potansiyeli etkileşime giriyor ve yine hali hazırda tanımlanmış fiziksel teoriye uygundur.}$$

Sonuç ve Tartışma

Teori kısmında ortaya konulan sonuçlar bize süperiletken bir halkada oluşan kalıcı akımların vektör potansiyelinden etkilendiğini göstermektedir. Bunu öne sürmekle beraber,

- Süperiletkenlik konusunun neredeyse tüm alt dallarının daha iyi ve derin anlaşılmasını sağlayacak tartışmalara kapı aralayabilir.
- Daha genel olarak ise vektör potansiyelin fiziksel anlamı hakkında yeni bilgiler ortaya koymaktadır.
- Aynı zamanda bu etki vektör potansiyelin fiziksel süreçlerde nasıl bir işlevi olduğuna dair genel bir tartışmaya katkı sağlamaktadır.

Referans

[1] Kittel, C. (1996) Introduction to Solid State Physics. 7th Edition, John & Wiley, New York, 117-126.
[2] Griffiths - Introduction To Quantum Mechanics
[3] Theory of Superconductivity* J. Bardeen, L. N. Cooper And J. R. Schrieffer Department of Physics, University of Illinois, Urbana, Illinois (Received July 8, 1957)
[4] Significance of Electromagnetic Potentials in the Quantum Theory Y. AHARONOV AND D. BOHM H. II. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Bristol, England (Received May 28)
[5] Investigations into the properties of substances at low temperatures, which have led, amongst other things, to the preparation of liquid helium Nobel Lecture, December 11, 1913
[6] ITT Energy Materials Group 4.19 The Aharonov-Bohm Effect (Youtube)
[7] Michal, Vratislav & Baggetta, Emanuele & Aurino, Mario & Bouat, Sophie & Villegier, Jean-Claude. (2011). Superconducting RSFQ logic: Towards 100GHz digital electronics. Proceedings of 21st International Conference, Radioelektronika 2011. 1 - 8. 10.1109/RADIOELEK.2011.5936486.
[8] Wikipedi Meissner Etkisi, German Wikipedia, original upload 11:59, 20. Nov 2005 by Peter Nussbaumer
[9] Gallardo, P. & Palmera, Miguel & Muñoz, Martha & Duran, Suzan & Quintero, Miguel & Nieves Rojas, Luis Aurelio & Moreno, Edgar & Ramos García, Miguel & Romero, Hiram. (2013). SUPERCONDUCTIVITY OBSERVATION IN A (CuInTe2)1-x(NbTe)x ALLOY WITH x=0.5. Adv. Mat. Sci. & Technology. 7. 1-11.
[10] Xiao, Gaobiao. (2022). An interpretation for Aharonov-Bohm effect with classical electromagnetic theory.
[11] Archer, J.C. (2012). Investigation into the synthesis and carbon doping of MgB2 for possible bulk superconducting fault current limiters application.



NUCLEAR FUSION

Prepared by Aleyna ÇAKIR 18022032

Advisor Prof. Dr. Kutsal BOZKURT

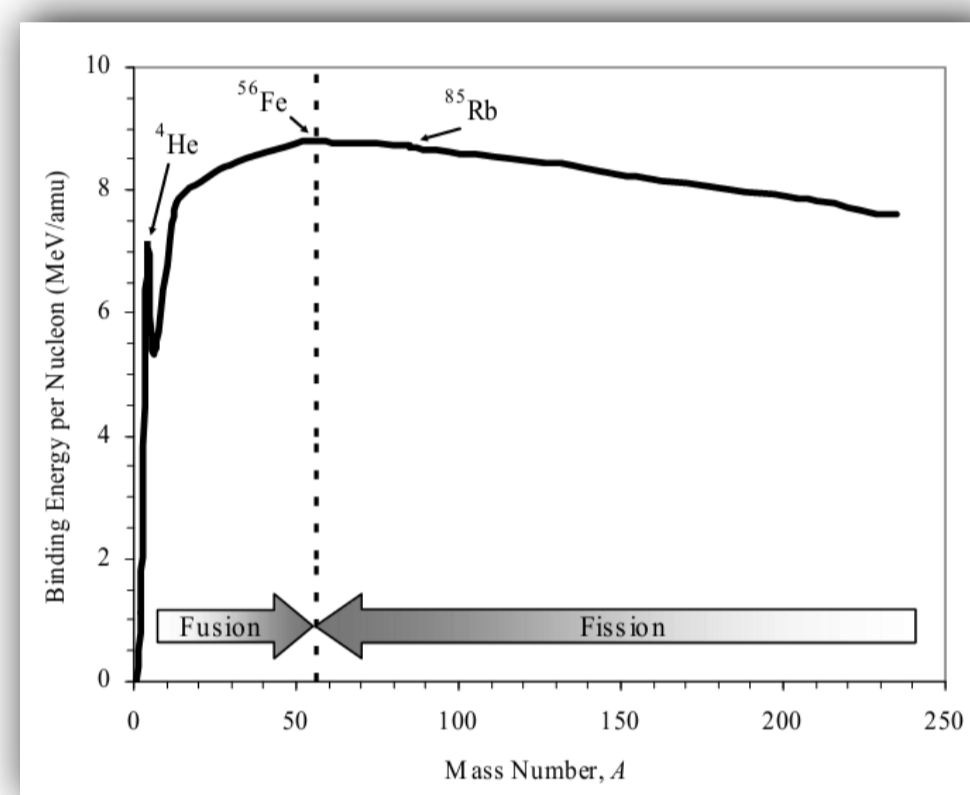
ABSTRACT

Nuclear fusion, the process that powers the stars, holds the promise of providing a virtually limitless and clean energy source for humanity. This thesis explores the state of the art in nuclear fusion to understand its potential as a viable solution to our growing energy needs. The thesis begins by examining the basic concepts of nuclear fusion and explaining the scientific principles that govern this remarkable phenomenon. The basic fusion reactions and their associated parameters are discussed, shedding light on the conditions necessary to achieve controlled fusion on Earth. It also provides an overview of different fusion reactor designs, including magnetic confinement and inertial confinement approaches, highlighting their unique features and technical complexities. Finally, a comprehensive review of current and past fusion research projects and experiments is presented. This analysis demonstrates the progress made in energy research.

INTRODUCTION

Fusion is the nuclear reaction in which two light nuclei release energy to form a heavier nucleus. Fission, in contrast to fusion, is the reaction in which a neutron strikes the nucleus of an atom of a heavy element, such as uranium, and is absorbed, causing it to become unstable and split into two smaller nuclei. The energetic priority in the splitting of a nucleus can be seen from the binding energy per nucleon.

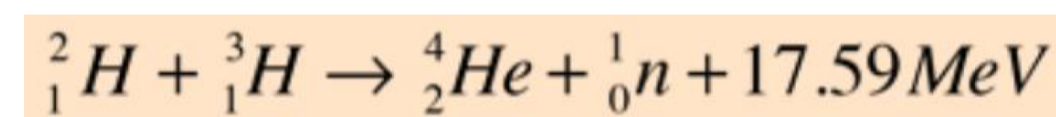
In the graph below, the binding energies per nucleon are plotted against the mass number. The curve reaches a maximum near A=56, where the nuclei are very tightly bound. As the graph shows, fusion occurs in the region of nuclei smaller than A=56 and fission in the region of nuclei larger than A=56.



Fusion can be considered a source of energy because it has the advantages that light nuclei are abundant and easy to obtain, the products are usually light nuclei, and they are more stable than heavy radioactive nuclei. In addition to its advantages, fusion has a significant disadvantage in that light nuclei must overcome the Coulomb barrier before they can fuse. Because of the Coulomb barrier, fusion is not a natural process on Earth (like fission). That is, it does not occur spontaneously, but once the Coulomb barrier is overcome, fusion takes place, and the nuclei rapidly fuse into a state of minimum energy.

1) D-T (Deuterium-Tritium) Fusion Reaction

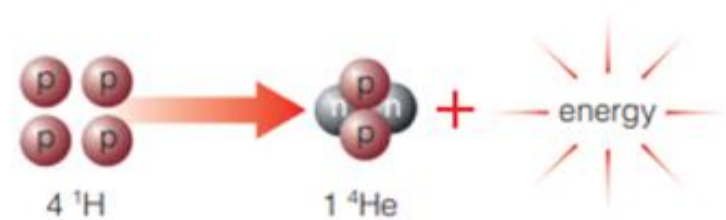
Deuterium is an isotope of the hydrogen nucleus, which consists of one proton and one neutron. The term isotope refers to an atom with the same number of protons but a different number of neutrons. It is symbolized as ${}^2_1\text{H}$. There is another hydrogen nucleus isotope, tritium, consisting of a proton and two neutrons. It is symbolized as ${}^3_1\text{H}$. The deuterium-tritium fusion reaction occurs as follows:



The characteristics of this reaction are that the resulting energy is as high as 17.6 MeV and the required temperature is 4.4 keV. For fusion reactors, deuterium-tritium fuel is the best option. The most prevalent element in the universe, hydrogen, has isotopes called deuterium and tritium. Deuterium is twice as heavy as hydrogen, whose atomic nucleus consists of only one proton. As a result, it is often referred to as heavy hydrogen. Deuterium is abundant in water (sea, lake, glacier, river, rain, etc.) in the form of heavy water at a ratio of 1/5000. Deuterium atoms make up the majority of the hydrogen atoms in saltwater. This means that our oceans contain tons of deuterium. Tritium is a radioactive isotope that decays relatively quickly and does not occur in nature, as it has a half-life of 10 years. In general, the tritium isotope is produced by the reaction of lithium with thermal neutrons. Exposing the element lithium to energetic neutrons can produce tritium.

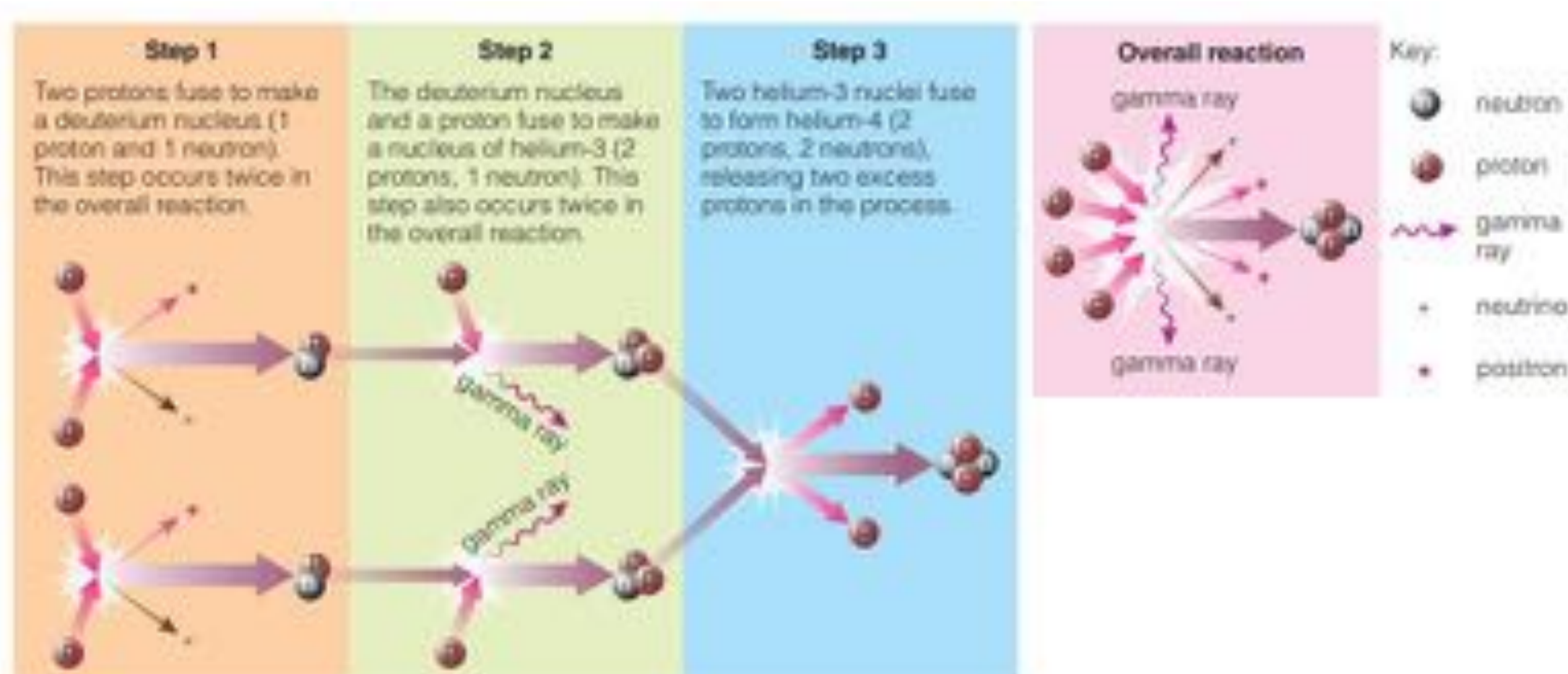
2) D-D (Deuterium-Deuterium) Fusion Reaction

The overall hydrogen fusion reaction converts four individual protons into a helium nucleus containing two protons and two neutrons:



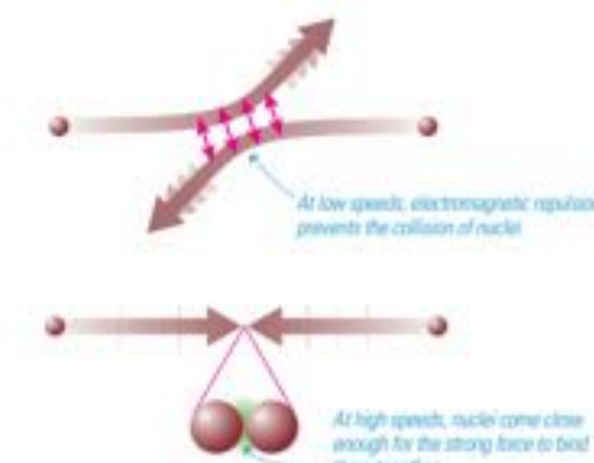
It has a lower cross-section (i.e., probability of reaction) than the D-T reaction. It occurs at a high temperature of 48 keV.

This overall reaction proceeds in several steps involving only two nuclei at a time. The sequence of steps that occurs on the Sun is called the proton-proton chain because it starts with collisions between individual protons (hydrogen nuclei). The figure below shows the steps in the proton-proton chain. In the overall reaction, four protons combine to form a helium nucleus. Energy is carried by gamma rays and subatomic particles (neutrinos and positrons) released in the process.



How does nuclear fusion occur in the Sun?

Fusion occurs on the Sun because the Sun's core is a collection of hot gas filled with positively charged atomic nuclei (and negatively charged electrons). At any given time, some of these nuclei are on a high-speed collision course with each other. Because the positive charges tend to oppose one another, electromagnetic forces typically deflect the nuclei, preventing actual collisions. But if the nuclei collide with enough energy, they can stick together to form a heavier nucleus. Positively charged nuclei are not easy to stick together.



The strong force that binds protons and neutrons together in atomic nuclei is the only force in nature that can overcome the electromagnetic repulsion between two positively charged nuclei. The strong force overcomes the electromagnetic force at very small distances but is insignificant when the distances between particles exceed the size of atomic nuclei. The key to nuclear fusion is to bring the positively charged nuclei close enough together that the strong force overcomes the electromagnetic repulsion. The high pressure and temperature in the solar core are favorable for the fusion of hydrogen nuclei into helium nuclei. The nuclei must smash at extremely high speeds to come close enough for fusion, hence the high temperature is crucial. The higher the temperature, the harder the collisions, which makes fusion reactions more likely at high temperatures.

Fusion Reactor Concepts

Fusion reactor concepts encompass a variety of designs and approaches aimed at achieving controlled and sustained fusion reactions.

1. Tokamaks: Tokamaks are the most studied fusion reactor concept. They use a toroidal (ring-shaped) magnetic field to confine the plasma in which the fusion reaction occurs. Tokamaks achieve plasma stability through a combination of magnetic shaping, plasma current control, and heating mechanisms. Their advantage is that they can achieve high plasma temperatures and pressures, increasing the probability of fusion events. The confinement properties of tokamaks make them suitable for continuous energy production.

Current Research Status: The International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) project represents the culmination of international cooperation to build the world's largest tokamak. It aims to demonstrate the scientific and technical feasibility of fusion power on a large scale.

2. Stellarators: Stellarators are another fusion reactor concept that uses complex, three-dimensional magnetic fields to confine the plasma. Unlike tokamaks, stellarators do not rely on a plasma current for magnetic confinement, but instead, use carefully designed magnetic coils to create a magnetic field configuration that prevents plasma instabilities.

Current Research Status: Stellarator research focuses on optimizing magnetic configurations and developing advanced plasma heating methods. Notable stellar experiments include Wendelstein 7-X in Germany and the Large Helical Device (LHD) in Japan.

3. Inertial Confinement Fusion (ICF) Approaches: Inertial confinement fusion involves compressing small fuel capsules, typically containing a mixture of deuterium and tritium, using powerful lasers or particle beams. This compression results in a high-density, high-temperature plasma that enables fusion reactions. The fusion fuel is trapped for a short time and the resulting energy release is collected.

Current Research Status: Experiments such as the National Ignition Facility (NIF) in the United States are investigating the feasibility of providing ignition and energy recovery through ICF. Research focuses on optimizing and improving fuel capsule designs.

Prominent Fusion Experiments and Facilities

Many major fusion experiments and facilities around the world have made significant contributions to the understanding of Fusion energy. Among them, the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) and various other experimental devices stand out.

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)

- Purpose:** ITER, currently under construction in France, aims to demonstrate the scientific and technical feasibility of fusion power on a large scale. It aims to achieve a self-sustaining fusion reaction and to produce net energy from fusion.
- Research Goals:** The primary goal of ITER is to obtain a burning plasma in which the energy produced by fusion reactions exceeds the input energy. It aims to study the behavior of a plasma sustained by a combination of heating methods and a magnetic confinement system.

JET (Joint European Torus)

- Purpose:** Located in the United Kingdom, JET is the largest tokamak experiment. It serves as a testbed for fusion technologies and provides the necessary data for ITER.
- Research Goals:** JET focuses on plasma physics, plasma heating methods, and materials science for fusion. It aims to investigate plasma behavior, optimize plasma performance and explore operational scenarios for tokamaks.

Wendelstein 7-X

- Purpose:** Wendelstein 7-X, located in Germany, is a stellar experiment. It aims to advance the understanding of stellarator physics and explore the potential of stellarators as a fusion energy concept.
- Research Goals:** Wendelstein 7-X focuses on the optimization of plasma confinement, stability, and magnetic configurations. It aims to demonstrate the steady-state operation and improved plasma performance.

National Ignition Facility (NIF)

- Purpose:** Located in the United States, NIF is primarily focused on exploring inertial confinement fusion (ICF) as an approach to fusion energy.
- Research Goals:** NIF aims to achieve ignition, a state in which the fusion reaction is self-sustaining and releases more energy than the input energy. It investigates high-energy laser compression of fusion fuel capsules.

KAYNAKÇA

[1] Miyamoto, K, Plasma Physics for Nuclear Fusion, 1980
 [2] Richard D. Gill, Plasma Physics and Nuclear Fusion Research, Academic Press, 1981
 [3] Aasen A., Olsson P., Nuclear Reactors, Nuclear Fusion, and Fusion Engineering, 2009



Hidrotermal Yöntemle Nano Bizmut Tungstat (Bi_2WO_6) Seramiğinin
Sentezlenmesi ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi

Buse Koçak 18022038

Danışman: Doç.Dr. Mehmet KILIÇ

ÖZET

Bu çalışmada hem ticari nano Bi_2O_3 ve WO_3 katkılarına alternatif olması hem de daha düşük tanecik boyutuyla daha fazla radyasyon etkileşimi sağlayacak nano parçacıkların sentezlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaca uygun olarak asitli Bi_2WO_6 ve asitsiz Bi_2WO_6 hidrotermal yöntem uygulanarak sentezlenmiştir. Nanoparçacık sentezi için uygulamadaki basitliği ve sahip olduğu yüksek kontrol kabiliyeti sebebiyle HT metot tercih edilmiştir. Bu metot özünde, normal koşullar altında nispeten çözünmeyen malzemeleri çözmek ve yeniden kristalleştirmek için kapalı bir sistemde bir atmosfer basınç ve oda sıcaklığı koşullarının üzerindeki sulu veya susuz çözücüler veya mineralleştiriciler varlığında herhangi bir heterojen veya homojen kimyasal reaksiyonu ifade etmektedir.

Bi_2WO_6 SERAMİĞİNİN SENTEZLENMESİ

Asitli Bi_2WO_6 'nin sentezi:

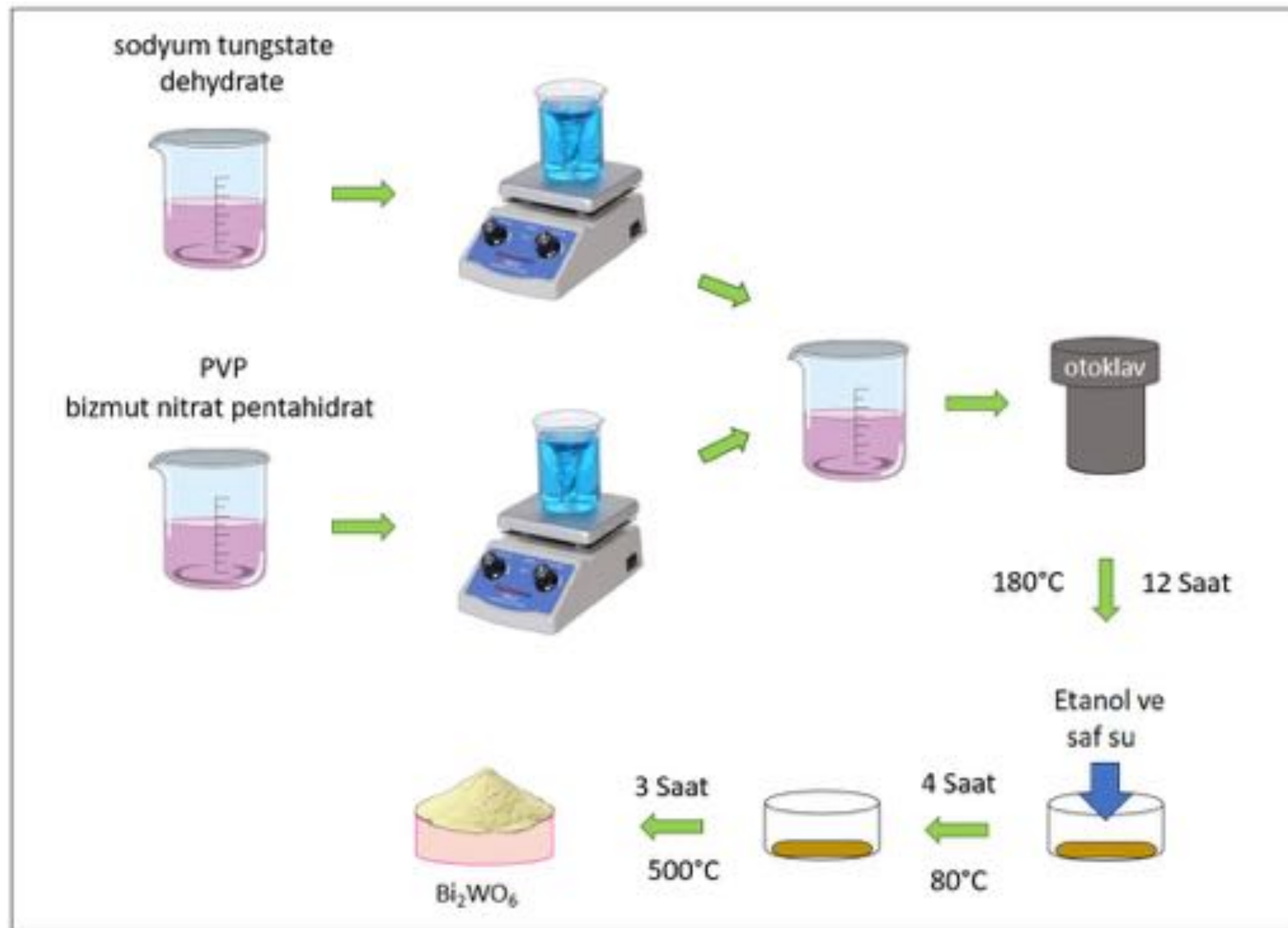
- 3 ml HCl ve 9 ml saf su ile birlikte karıştırılarak asit çözeltisi hazırlanmıştır.
- Solüsyon 1:** 8,2 gram amonyum meta tungstat hidrat (AMT) ve 25 ml su ile birlikte karıştırılmıştır. Solüsyon 1'e asit damlatılarak 1,9 pH'a gelmesi sağlanmıştır. Hazırlanan solüsyon 4 saat boyunca manyetik karıştırıcıda 500 rpm'de karıştırılmıştır.
- Solüsyon 2:** 0,3 ml HCl 25 ml saf suda 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu çözelti içerisine daha sonra 1,065 gram bismuth nitrate penta hydrate ve 0,25 gram polivinylpyrrolidone (PVP) eklenerek manyetik karıştırıcı yardımıyla 45 dk. süresince 500 rpm'de karıştırılmıştır.
- Solüsyon 1 ve solüsyon 2 birleştirilerek 10 dk. daha karıştırılmıştır. Ardından çözelti 50 ml hacimli paslanmaz çelik otoklavın içine aktarılmıştır. Otoklav 180°C 'deki etüv içerisine konularak 24 saat boyunca reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. 24 saat sonunda otoklav açılarak elde edilen sarı renkteki çökelti sırasıyla saf su ve etanolle yıkanmıştır.
- Son olarak Bi_2WO_6 parçacıkları 80°C 'de 4 saat kurutulmuş ve 500°C 'de 3 saat tavlantısıdır.



Şekil 1. Asitli Bi_2WO_6 'nin sentez süreci

Asitsiz Bi_2WO_6 'nin sentezi:

- Solüsyon 1:** 0,555 gram sodyum tungstate dehydrate ve 25 ml saf su 1 saat 500 rpm'de karıştırılmıştır.
- Solüsyon 2:** 1,065 gram bizmut nitrat pentahidrat, 0,25 gram PVP ve 25 ml saf su manyetik karıştırıcıda 30 dakika süresince 750 rpm'de karıştırılmıştır.
- Hazırlana solüsyon 1 ve 2 aynı beher içine aktararak 10 dk. boyunca tekrar karıştırılmıştır. Karışım 180°C 'deki etüv içerisine konularak 12 saat boyunca reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Otoklav içindeki koyu renkli çözelti önce saf su ardından etanol ile yıkanmıştır.
- Son olarak Bi_2WO_6 parçacıkları 80°C 'de 4 saat kurutulmuş ve 500°C 'de 3 saat tavlantısıdır.



Şekil 2. Asitsiz Bi_2WO_6 'nin sentez süreci

KAYNAKÇA

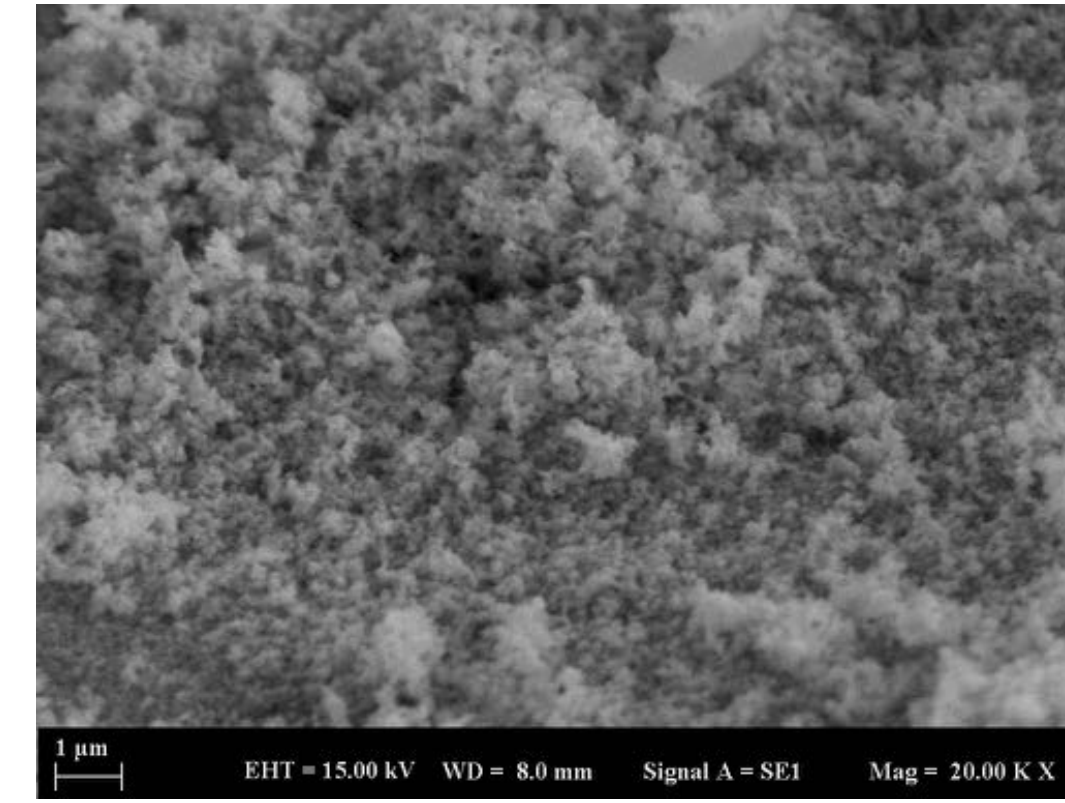
- [1] C. Yang, F. Li, T. Li, A one-step ionic liquid-assisted ultrasonic method for the preparation of $\text{BiOCl}/\text{m-BiVO}_4$ heterojunctions with enhanced visible light photocatalytic activity, *CrystEngComm*, 17 (2015) 7676-7683.
- [2] L. Derikvand, N. Tahmasebi, Synthesis and photocatalytic performance of $\text{Bi}_2\text{WO}_6/\text{BiOX}$ (X= Cl, Br, I) composites for RhB degradation under visible light, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 38 (2021) 163-169.
- [3] P. Yun, S. Ma, X. Xu, S. Wang, T. Han, H. Sheng, S. Pei, T. Yang, Excellent triethylamine sensor with ultra-fast response and recovery time based on bulk Bi_2WO_6 material, *Materials Letters*, 285 (2021) 129162.

SONUÇLAR

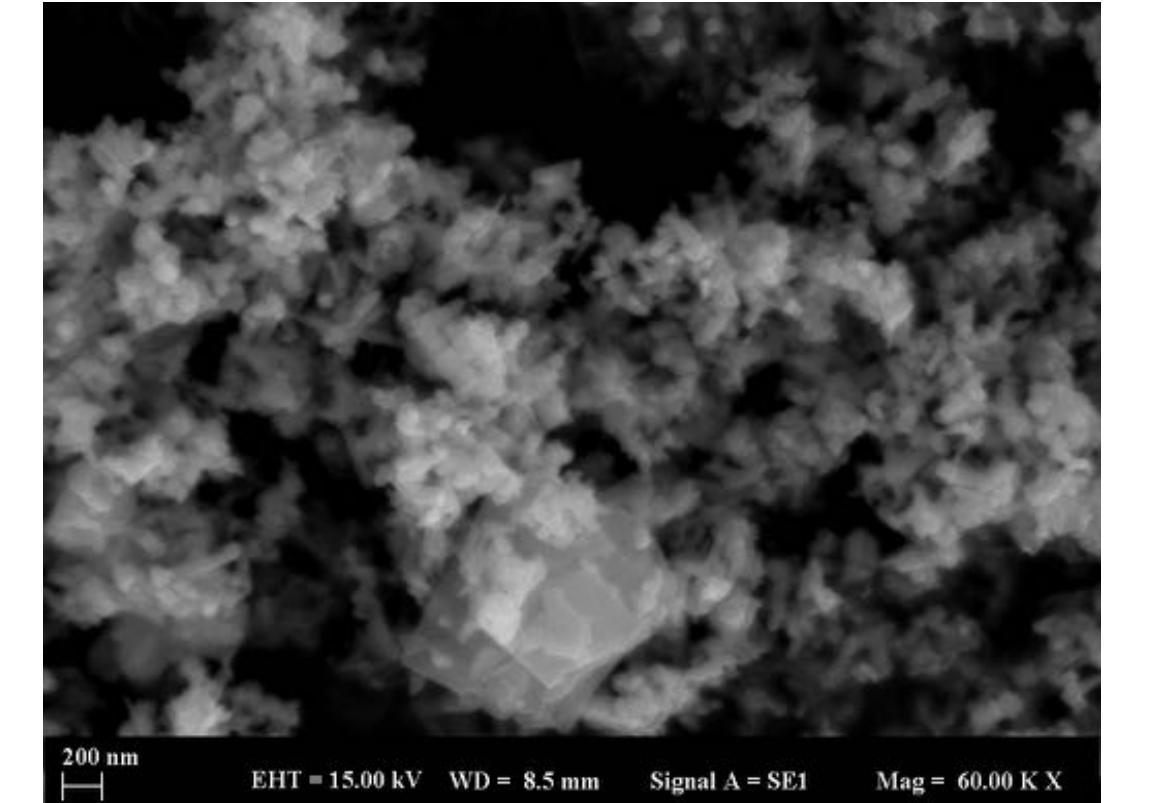
SEM Görüntüleri

Sentezlenen Bi_2WO_6 parçacıklarının yüzey morfolojileri Zeiss Supra 40VP model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiştir. İlgili mikrograflar sırasıyla Şekil 3 (a) ve (b)'de gösterilmiştir. (Asitli sentez için) Bi_2WO_6 parçacıkları Şekil 2'de görüldüğü gibi kalınlıkları 50 nm ile 150 nm arasında değişen kare ve dikdörtgen benzeri çubuksu şekillere sahiptir.

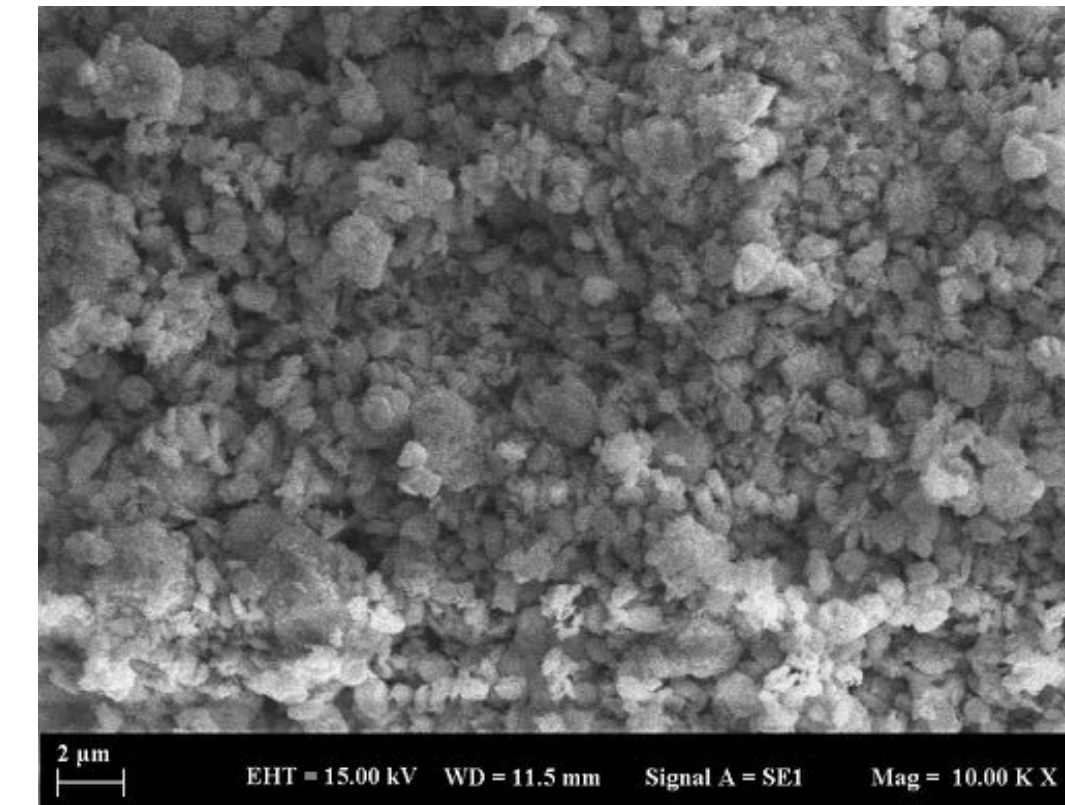
(Asitsiz sentez için) Yaklaşık 2 μm çapındaki 3B çiçek benzeri yuvarlak şekillere (mikroküre) sahiptir. Bi_2WO_6 mikroküreler, aslında Şekil 4 (a) ve (b)'de görüldüğü gibi kendiliğinden birleşen çok sayıda pürüzsüz yaklaşık 100 nm uzunluğuna sahip kare nano-tabakalardan oluşmaktadır.



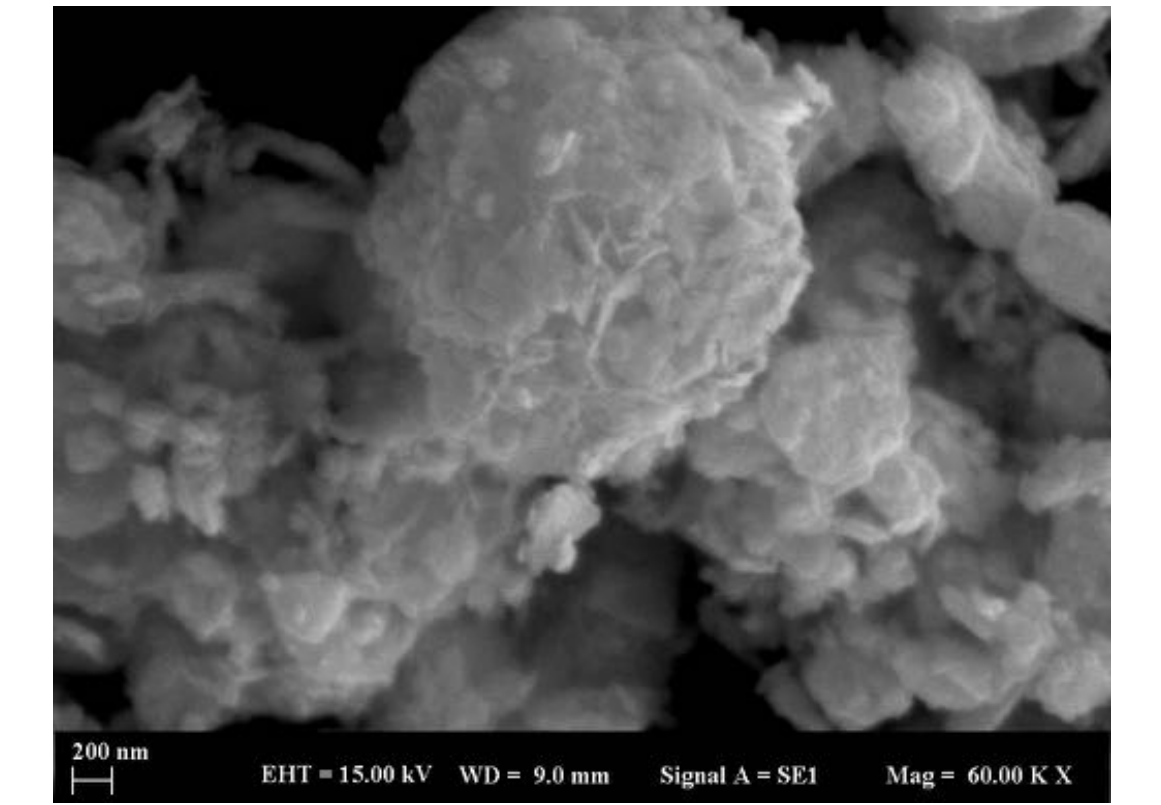
Şekil 3(a)



Şekil 3(b)



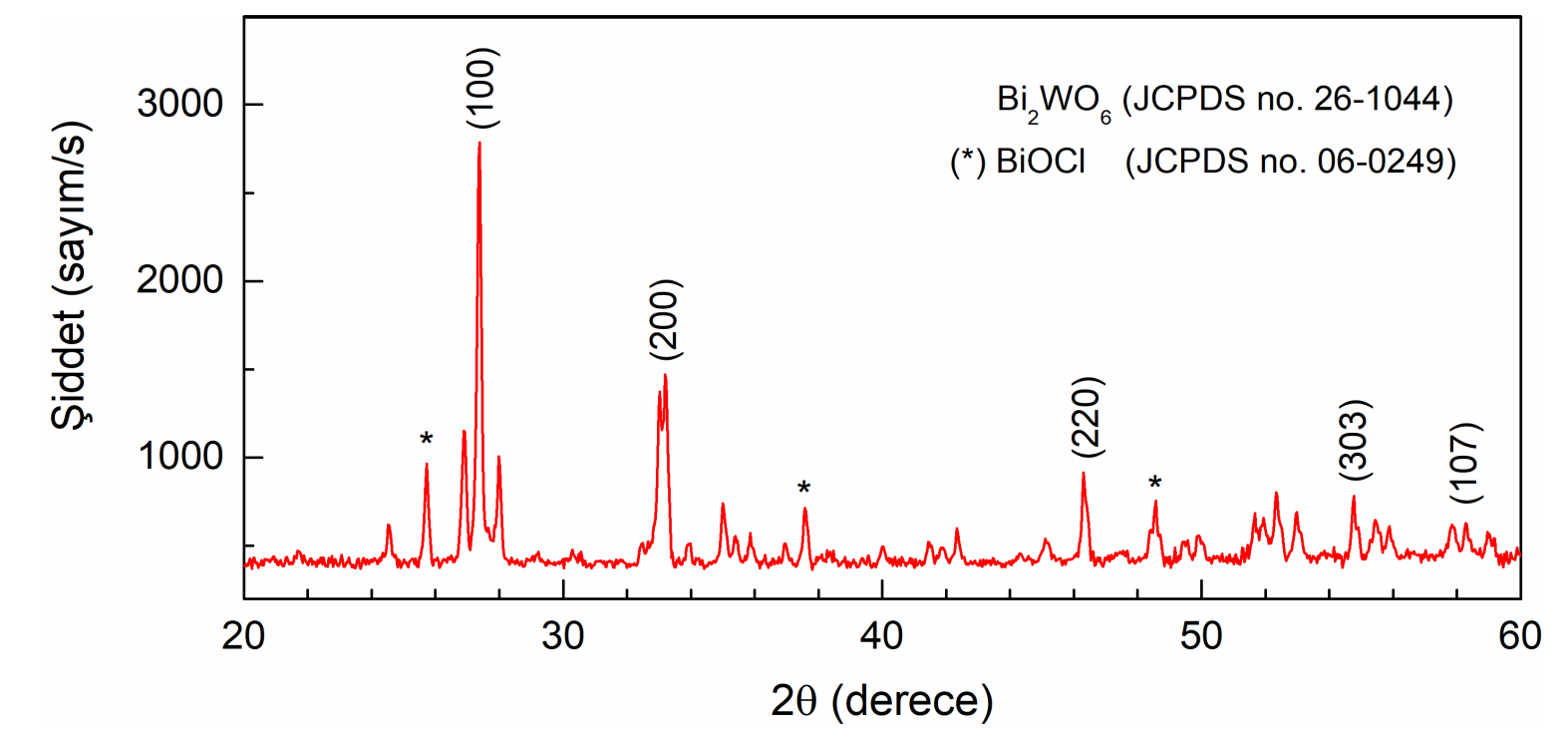
Şekil 4(a)



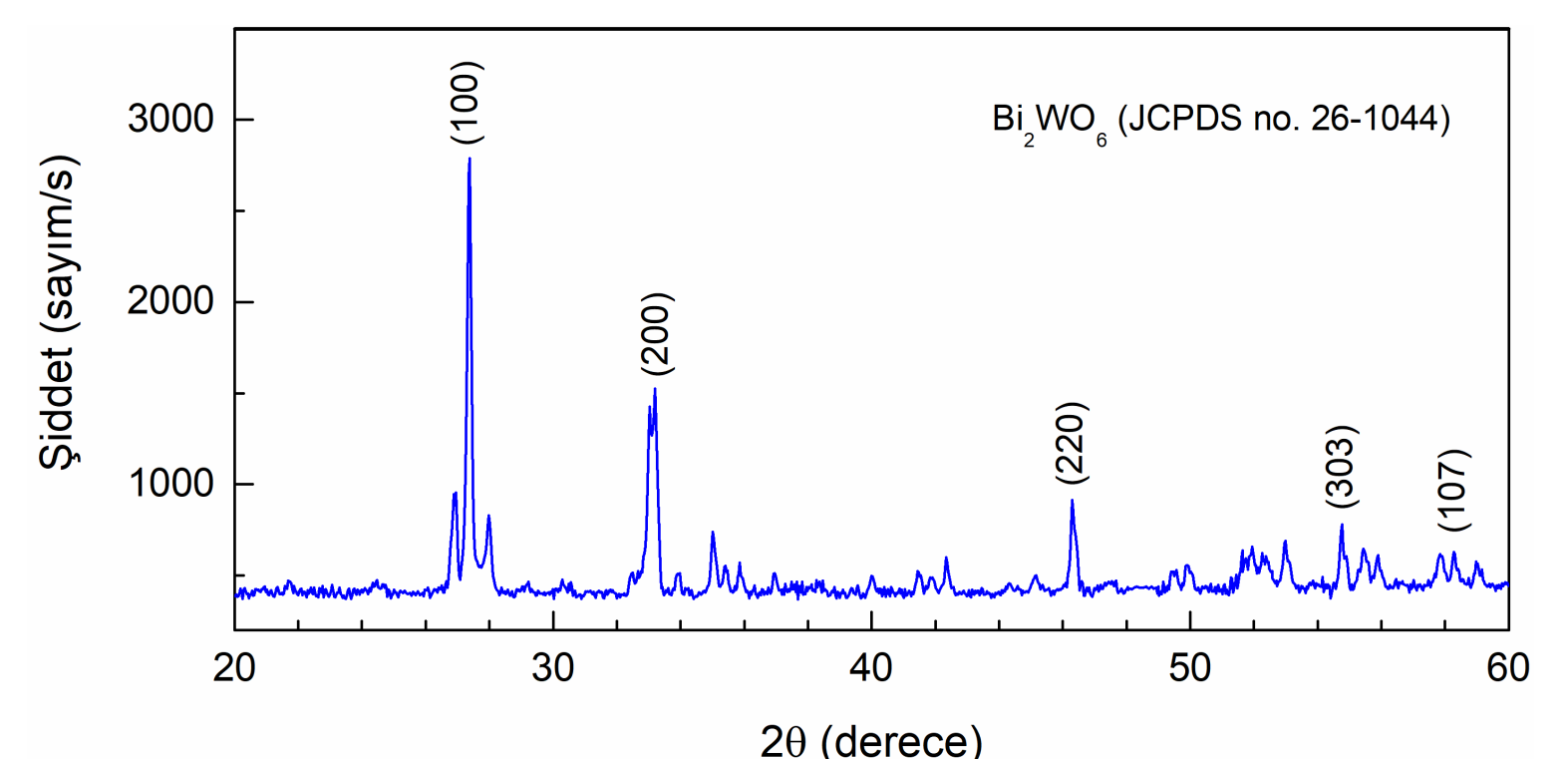
Şekil 4(b)

XRD Görüntüleri

Sentezlenen Bi_2WO_6 tozunun kristal yapısı, 20° ile 60° aralığında Cu-Ka radyasyonu (X-ışınının dalga boyu 1.5406 Å olarak) ile sağlanan XPERT-PRO model X-ışını kırınım cihazı kullanılarak karakterize edilmiştir.



Şekil 5(a)



Şekil 5(b)

Bi_2WO_6 tozunun Şekil 5(a) ve Şekil 5(b)'de 27.37° , 33.22° , 46.30° , 55.46° ve 57.86° 'de gösterilen başlıca pikleri sırasıyla, (103), (200), (220), (303), (107) olan çeşitli düzlemlere karşılık gelir (JCPDS No. 26-1044). Ayrıca XRD spektrumunda görülen zayıf pikler (*) HCl asit kullanımına bağlı BiOCl (JCPDS No 06-0249) varlığı ile açıklanmaktadır (Şekil 5(a) asitli sentez) [1, 2, 3].



PHYSICS DEPARTMENT

A DFT Study on ZnS Semiconductor

BÜŞRA ATA 18002079

DOÇ.DR.MURAT ÇALIŞKAN

ABSTRACT : In this study, ZnS hexagonal structure was created by using a program namely VESTA(VESTA is a 3D visualization program for structural models). The ground state energy of the structure were calculated using the structure model which was created. The lattice vectors of the structure were decreased and increased by a certain amount. The dependence of ground state energy on the surface area of the structure has been investigated. The ground state energy calculations were made with a computer program called VASP, which calculates with density functional theory (DFT) .

ZINC SULFIDE (ZnS) STRUCTURE



Zinc sulfide (ZnS), a naturally occurring salt, is the main source of zinc. It has two common crystalline forms (polymorphs): Sphalerite ("zinc blende"), with a cubic crystal structure, is the form that predominates in nature. Wurtzite, with hexagonal crystals, is scarcer, but it can be made by heating sphalerite to ≈ 1020 °C.

In nature, both ZnS polymorphs usually contain significant amounts of iron that makes them appear black. The purified salts are white-to-pale yellow or gray. The most common use of ZnS is as a pigment for paints, plastics, and rubber. Lithopone, a mixture of ZnS and barium sulfate ($BaSO_4$), is a widely used pigment for low-gloss paints.

The interest on ZnS and its modification as ZnS based composite for solar cell based material has been exponentially increasing. During the past three decades, ZnS has been successfully prepared from conventional synthetic routes such as one pot synthesis, sol gel formation, hydrothermal preparation as well as solid state reaction. Up to the present time, ZnS has been further developed as ZnS based composite materials in order to extend the quality of utilization.

MONOLAYER ZnS HEXAGONAL STRUCTURE

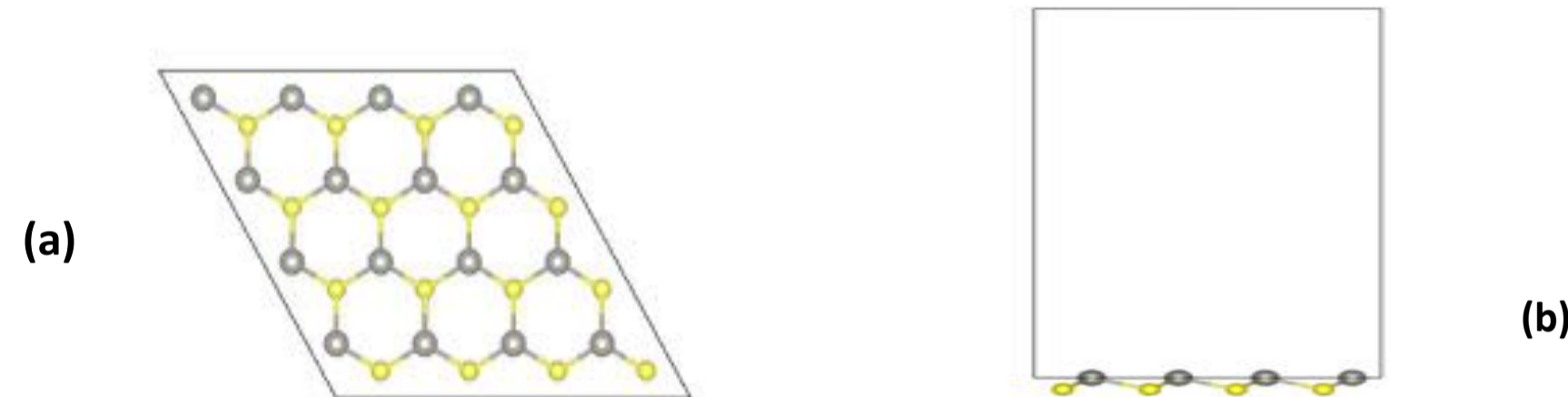


Figure 1. (a) and (b) Hexagonal monolayer ZnS structure

CALCULATING WITH VASP

VASP needs four files which is including information about the structure:

- 1.POSCAR :** The POSCAR contains at least the lattice geometry and the ionic positions.
- 2.INCAR :** The INCAR file is the central input file of VASP, which determines *what to do and how to do it*.
- 3.POTCAR :** The POTCAR file essentially contains the pseudopotential for each atomic species used in the calculation.
- 4.KPOINTS :** The KPOINTS file specifies the Bloch vectors (k points) used to sample the Brillouin zone.

THE SCHRODINGER EQUATION

Most of the electronic structure properties of atoms, molecules and solids can be obtained by solving the nonrelativistic time-independent many-electron Schrödinger equation. The basic form of the time independent Schrödinger Equation is

$$\mathcal{H}\Psi(\mathbf{R}, \mathbf{r}) = E\Psi(\mathbf{R}, \mathbf{r})$$

H is the Hamiltonian operator consisting of the kinetic energy, mutual Coulomb interaction and external confinement operators.

$$\mathcal{H} = -\sum_{i=1}^{N_e} \frac{\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 - \sum_{i=1}^{N_e} \frac{\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 - \sum_{I=1}^{N_n} \sum_{i=1}^{N_e} \frac{Z_I e^2}{|\mathbf{R}_I - \mathbf{r}_i|} + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{N_e} \frac{e^2}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} + \frac{1}{2} \sum_{I,J=1}^{N_n} \frac{Z_I Z_J e^2}{|\mathbf{R}_I - \mathbf{R}_J|}$$

The Schrödinger equation can be solved easily for one electron system. For multiple electronic system it is hard to solve the Schrödinger equation. Due to the fact that some approximations have been found to find an approximate solution for Schrödinger equation. One of them is density functional theory (DFT).

HOHENBERG-KOHN THEOREMS

The first HK theorem states that the ground state electron density ($\rho_0(r)$) for any system of interacting particles determines the external potential ($V_{ext}(r)$) uniquely. In other words, the external potential is a unique and well-defined functional of the electron density. The electron density alone is enough to determine all observable quantities of the system.

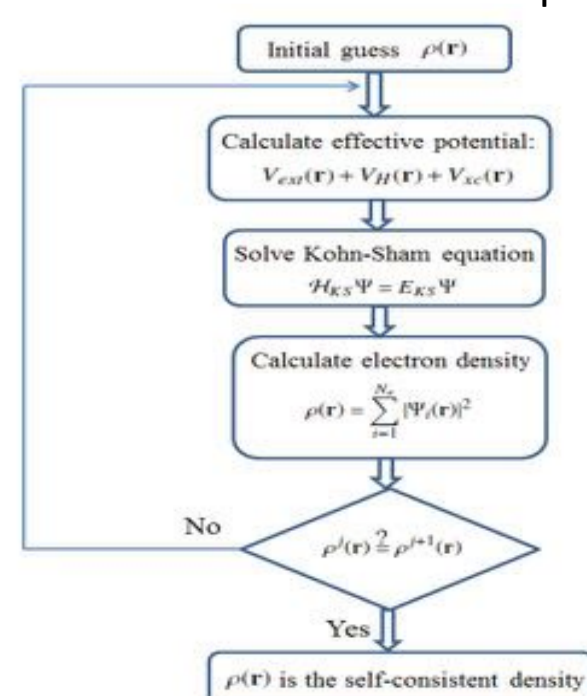
The second HK theorem, which provides the energy Variational Principle, indicating that the energy of an electron distribution can be described as a functional(F[\rho]) of the electron density. This functional is a minimum for the ground state density.

For systems without degenerate ground states, there is only unique electron density which corresponds to external potential and the minimum energy is obtained with this ground state density.

KHON SHAM EQUATIONS

The current DFT is based on previous Works of Khon-Sham. The Khon – Sham theory is based on : the ground state electron density of an interacting system will also be the ground state electron density of a non-interacting system with an effective potential V_{eff} . They used a modified form of the Schrödinger wave equation for a non-interacting system that produced the same value of grand state electron density as that produced by the Schrödinger equation of an interacting system.

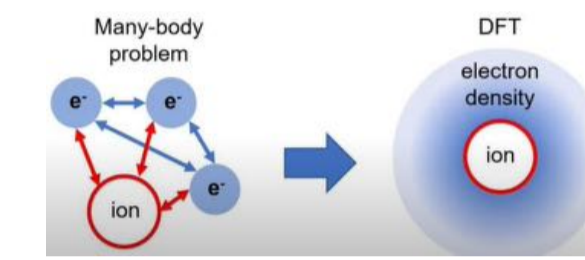
Solution of the Kohn-Sham equation is summarized in the following figure.



$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V_{ext}(r) + \int dr' \frac{\rho(r')}{|r-r'|} + V_{xc}^{LDA}(r) \right] \psi_i = \epsilon_i \psi_i$$

Khon – Sham Equation

DENSITY FUNCTIONAL THEORY(DFT)



In DFT, the electron density is used instead of the many-body wave function to describe the ground state properties of interacting system. DFT starts with Thomas-Fermi (TF) model (Thomas, 1927, Fermi, 1928) which defines the total energy of electrons as a functional of the electron density instead of wave function.

The electron density ($\rho(r)$), which determines the probability of finding any of the N electrons within volume element dr.

$$\int \rho(\mathbf{r}) d\mathbf{r} = N$$

There is neglected all exchange energy and correlation effects and thereby, the total energy functional involves only the direct Coulomb repulsion (Hartree energy) and the coupling to the external potential terms.

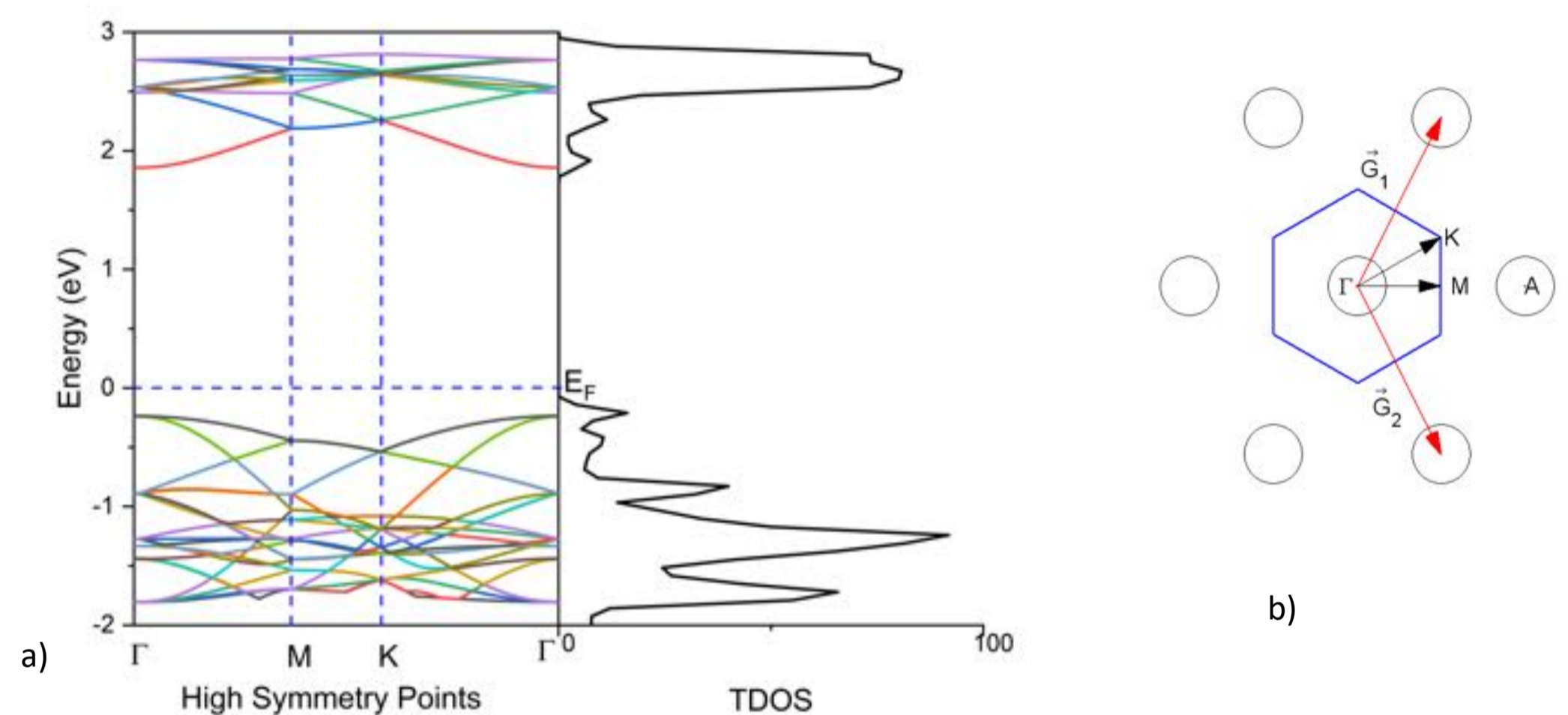


Figure 4. a) Calculated band structure of pure ZnS monolayers and their corresponding total Density of States (TDOS). b) Reciprocal space of hexagonal structure.

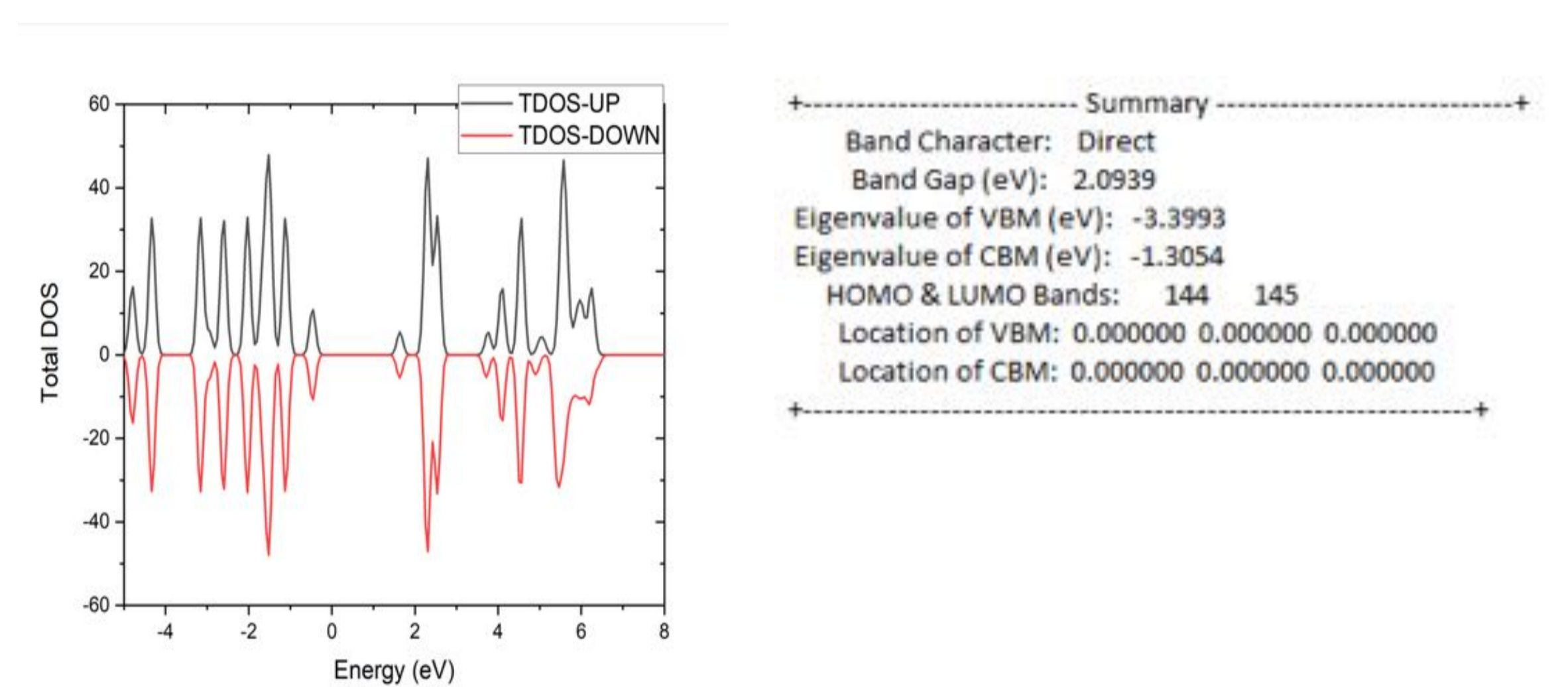


Figure . Density of States of Hexagonal ZnS structure with Spin-Up and Spin-Down calculation with magnetic moment $1\mu_B$.

All calculations in this paper were carried out by the first-principle method based on density functional theory (DFT), as performed in the ab initio VASP code [4,5]. The generalized gradient approximation (GGA) and Perdew-Burke-Ernzerhofer (PBE) functional were used to deal with the electron exchange-correlation functional [46]. The projected augmented wave (PAW) method was adopted to interpret the electron-ion interactions. The weak interactions in the layered materials were described using the DFT-D3 method. A plane wave cutoff energy was set to be 400 eV, with a convergence of energy and force of 10^{-5} eV/Å and 0.01 eV/Å. The first Brillouin zone was sampled with a Monkhorst-Pack grid of 6x6x1.

Calculations resulted in that, 2D Hexagonal Monolayer ZnS has direct band gap of $E_g = 2.094eV$ consistent with the value in the literature. Structure has symmetric spin-up spin-down total DOS with non-magnetic property [1,2,3].

KAYNAKÇA

[1] «Theoretical Study of ZnS Monolayer Adsorption Behavior for CO and HF Gas Molecules», Lalmuan Chhana, Bernard Lalroliana, Ramesh Chandra Tiwari, Bhanu Chettri, Lalrinthara Pachuau, Shivraj Gurung, Lalmuanpuia Vanchhawng, ACS Omega, 2022, 7, 40176-40183

[2] «Electronic and optical properties of 2D graphene-like ZnS:DFT calculation», Hamed Lashgaria, Arash Boochanib,*, Ashkan Shekaaria, Shahram Solaymanic, Elmira Sartipib, Rohollah Taghavi Mendi, Applied Surface Science 369 (2016) 76–81.

[3] «Transition Metal Doped ZnS Monolayer: The First Principles Insights», Rajneesh Chaurasiya and Ambesh Dixit, The Physics of Semiconductor Devices, Springer Proceedings in Physics 215, Springer Nature Switzerland AG (2019).

[4] Kohn, W.; Sham, L.J. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. Phys. Rev. **1965**, *140*, A1133.

[5] Kresse, G.; Furthmüller, J. Efficient iterative schemes for ab initio total-energy calculations using a plane-wave basis set. Phys. Rev. B **1996**, *54*, 11169.

[6] Perdew, J.P.; Burke, K.; Ernzerhof, M. Generalized gradient approximation made simple. Phys. Rev. Lett. **1996**, *77*, 3865–3868.

Deep Sky Imaging: Stacking more than 6000 images of Orion Nebula

Cem Deren Bilgili

Advisor: Asst. Prof. Murat HÜDAVERDİ



Scan for more details about the image. Alternatively, you can use the link below or search for "Orion Nebula: Stacking more than 6000 images" on YouTube to access my video.

<https://youtu.be/vm7j81Bwuy0>

The invention of photography has pushed the frontier of our exploration of the universe one step further. We can now detect objects invisible to the human eye with optical instruments. But what would you expect to get if you decided to stack 6304 short exposures taken with your unmodified DSLR without an equatorial mount in an area with extreme light pollution? Would stacking this large number of images be enough to compensate for your technical limitations and unfavorable observing conditions? In this paper, I seek to answer these questions through my own experimental data.

Taking a picture with your smartphone involves a specific amount of time for the camera sensor to gather the incoming light. In low-light conditions, such as at night, the exposure time must be extended to collect enough signal. This is the reason why your night photos are often not clear even if you get the right focus. Since the exposure time is longer, a slight shake during shooting will result in blurred images. The same applies to capturing faint deep sky objects; we need to gather as many signals as possible. To achieve this, one of the key requirements is to capture longer exposures. Additionally, using a larger lens diameter is also an important factor to consider. However, the Earth's rotation causes all the objects we see in the sky, including the moon and the sun, to appear in constant motion. So, there is a limit to the maximum exposure time we can use before everything gets blurred. For longer focal lengths, the exposure time needs to be shorter. The solution is to use an equatorial mount that aligns with the Earth's rotation, keeping the stars stationary for longer exposures. An alternative, though less effective, method is to take a large number of short exposures and stack them, as I have done in this study.

Challenges: Shooting session, stacking subframes and forming the final image

When taking pictures of the sky, whether for hobby or scientific purposes, it is important to consider the quality of the seeing conditions. Observations made from low altitudes lack the atmospheric stability found at mountain peaks or in Earth's orbit. Similarly, observations and shots taken in urban areas are significantly affected by heavy light pollution. However, narrow-band filters are often used in astrophotography to target specific emission lines from celestial objects. These filters allow only a narrow range of wavelengths to pass through while blocking out other unwanted light. By using such filters, astrophotographers can isolate specific wavelengths associated with the emission lines of interest, effectively reducing the impact of light pollution and enhancing the visibility of astronomical objects. Common narrow-band filters used in astrophotography include Hydrogen-alpha (H α), Oxygen III (OIII), and Sulphur II (SII), among others. If, as in my case, you don't have one of these filters or you are unable to access a darker observing site, the only option is to take a basic step similar to what observatories do. This step involves blocking off all areas of the sky except for the specific region to be photographed, preventing any unwanted light from entering the camera sensor and minimizing vibrations caused by air currents.

Regardless of whether short or long exposures are captured, the next step is to stack them. Image stacking is a technique used in deep sky imaging to improve the signal-to-noise ratio (SNR). It involves combining multiple images of the same subject, aligning them, and averaging their pixel values. By stacking images, the signal from the desired object, such as a galaxy, nebula, or star cluster, accumulates while random noise tends to average out. The result is a final image with a higher SNR, enhanced details, and reduced noise. However, there is a practical limit to the number of images that can be stacked. As more images are stacked, the SNR generally improves, but there comes a point of diminishing returns. Eventually, the improvement in SNR becomes minimal, and stacking an excessive number of images may introduce other artifacts or amplify systematic errors in the data.

The optimal number of images to stack depends on various factors, including the quality of individual exposures, the level of noise, the characteristics of the subject being photographed, and the specific equipment and techniques used.

In the scenario where we do not have an equatorial mount and therefore stack a lot of short exposures, we also have to consider read noise. "Read noise" refers to the inherent noise introduced during the process of reading the signal from the camera sensor. It is a characteristic of the camera's electronics and can vary between different camera models. In astrophotography, read noise is one of the sources of noise that contributes to the overall noise in the image. When stacking multiple images, the read noise in each frame also gets stacked. As a result, the impact of read noise on the SNR becomes more significant as the number of stacked images increases. When it comes to image stacking, the goal is to improve the SNR by accumulating the signal while reducing random noise. However, read noise adds a constant noise component that cannot be reduced through stacking. As long as the signal from a faint detail of the target remains lower than the read noise, no matter how many short exposures you stack, that detail will become indistinguishable from the background and cannot be detected by the sensor. The shorter the exposure, the lower the signal level captured, making it more challenging to capture faint or dim astronomical objects.

After stacking our images with any image stacking software, which combines and aligns multiple exposures of the same subject, we obtain a single linear image. These linear images represent the raw or minimally processed data captured by the camera, often exhibiting low contrast and appearing dark or lacking in details. To reveal the hidden details and enhance the visual appearance, a process called stretching is applied. Stretching is the manipulation of the image histogram to expand the range of pixel values, effectively enhancing the overall contrast and revealing finer details. The primary goal of stretching is to make the image visually appealing while preserving the integrity of the data. The stretching process involves adjusting the brightness and contrast of the image. Typically, it is done by mapping the original pixel values to a new range of values using various methods like histogram equalization, curves adjustments, or non-linear transformations. This mapping allows for a more balanced representation of the image, bringing out both the faint and bright features. Overall, stretching plays a crucial role in astrophotography to reveal the hidden details and enhance the visual impact of the images, allowing for a more immersive and captivating representation of the celestial objects captured.

6°43,47'



Stacked and processed image
 4 hours 22 minutes 40 seconds of data (2,5 seconds x 6304 frames)
 image scale: 4,4"/pixel

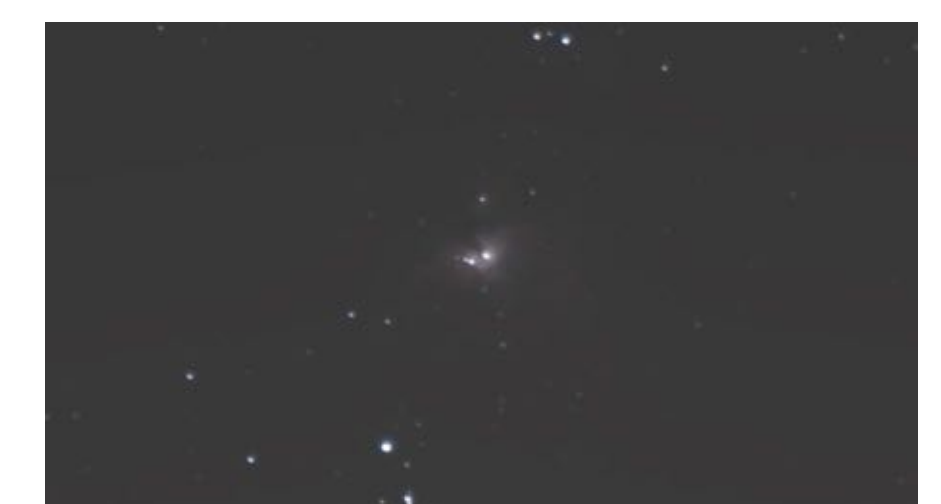
Results and final thoughts

In conclusion, based on my personal observations, after stacking around 4000-5000 short exposures, there may not be significant improvement, indicating that the produced image is close to the best achievable result under the current limitations. However, as pointed out in the study, there are some crucial conditions to consider for improving deep sky imaging, such as:

- Capturing images in darker areas and using narrow-band filters to enhance specific wavelengths of light while suppressing unwanted parts.
- Increasing the exposure time and utilizing a larger lens diameter to capture signals emitted by even the faintest details.
- Utilizing a lens with a longer focal length and a higher resolution camera to acquire sharper and more detailed images, especially for objects with small angular sizes.



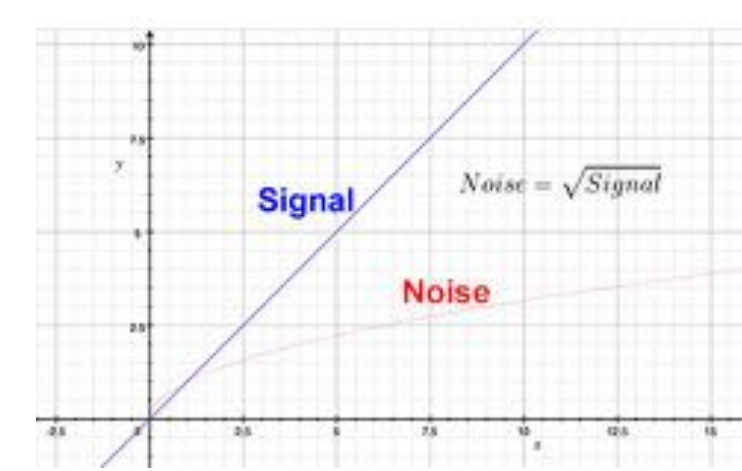
Starless version of the processed image



6304 frames, linear image



A single exposure of 2,5 seconds



Signal & noise with increasing exposure time

References / Credits

- [1] <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/astrophotography-tips/astrophotography-stacking-signal/>
- [2] <https://skyandtelescope.org/astronomy-blogs/imaging-foundations-richard-wright/astrophotography-gentle-introduction-noise/>
- [3] <http://www.astrometrica.at/Papers/PointSources.pdf>



DEPARTMENT IN PHYSICS

PRINCIPLE OF BETAVOLTAIC BATTERY AND APPLICATION

DİLARA TEMİZ 17022033

SUPERVISOR: Prof. Dr. Kutsal BOZKURT

ABSTRACT

In this study, information about betavoltaic batteries is given. The historical development and application areas of betavoltaic batteries, which can meet the increasing energy needs with great efficiency, are mentioned. It has been seen that there are advantages as well as disadvantages of using betavoltaic batteries.

INTRODUCTION

Today, energy demands are continuously increasing, and the demand for environmentally friendly, sustainable energy sources is growing rapidly. In pursuit of meeting this demand, the search for innovative energy generation technologies has gained momentum. In this context, betavoltaic batteries have emerged as an environmentally friendly power source worth considering.

Betavoltaic batteries are a type of battery system that operates based on radioactive decay. They capture the high-energy beta particles emitted and convert them into electrical energy. Betavoltaic batteries require the use of nuclear radioisotopes, with commonly used beta emitters being tritium or radium-226.

Tritium: A radioactive isotope of hydrogen, symbol T, atomic weight 3.

Radium is an element that decomposes water in the cold and has a very strong radiation activity.

Betavoltaic nuclear batteries, which operate based on the principle of generating electricity by irradiating semiconductor junctions with beta particles, particularly through p-n or p-i-n junctions with different conductivity types, hold great promise for current technological applications.



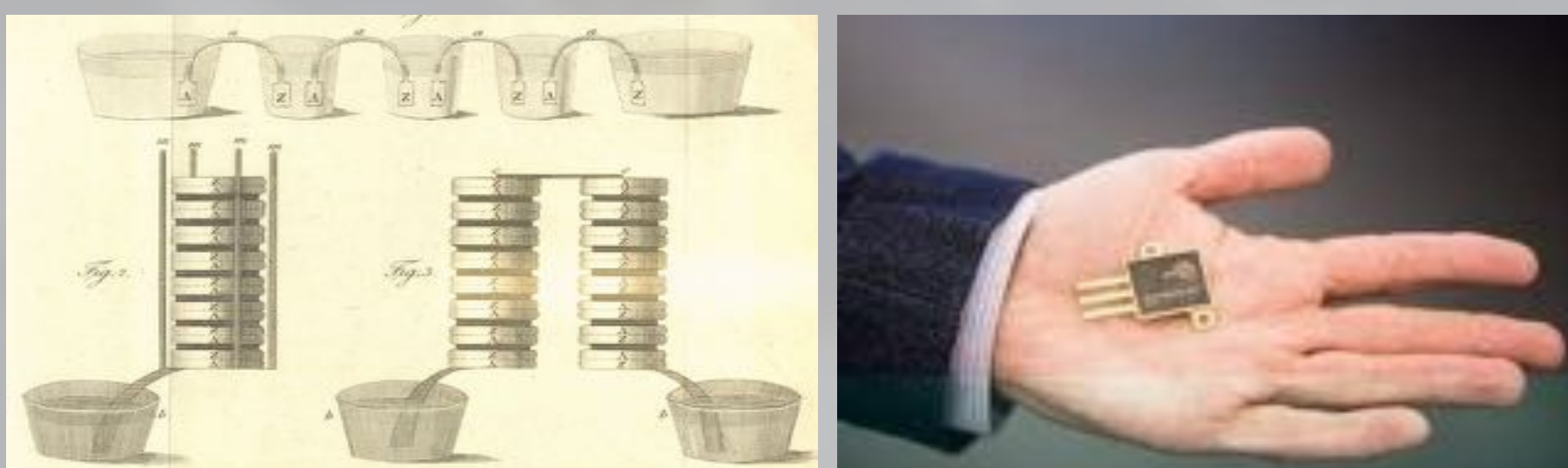
HISTORICAL DEVELOPMENT

The study of the betavoltaic effect dates back to 1953. Paul Rappaport developed a betavoltaic device using a ^{90}Sr - ^{90}Y radioactive source and achieved an efficiency of 0.2%. Rappaport and his colleagues at RCA studied radiation damage and electron voltaic effect in semiconductors with the isotopes ^{90}Sr , ^{90}Y and ^{147}Pm . Between 1968 and 1974, researchers led by Larry Olsen did extensive work at the Donald W. Douglas Laboratories for betavoltaic energy conversion. The betavoltaic batteries they developed were licensed to Betacel pacemakers and implanted as pacemakers in more than 100 patients. While the efficiency of the Betacel battery reached 4%, its life span exceeded 10 years. However, due to its high cost and radiation concerns, the pacemaker market was subsequently flooded with lithium batteries. Despite the stigma surrounding earlier work, numerous research groups continued their attempts to commercialize a safe and reliable betavoltaic battery. After that, Dr. Olsen published a betavoltaic review that suggested Tritium is a safe, reliable and abundant alternative to other radioisotopes. Independently, City Labs also concluded that Tritium would serve as an excellent candidate for use in a betavoltaic battery design. This result was caused by Tritium's use in the public domain in Exit signs for school buildings and theaters, wrist watches, and light gun/rifle sights.

Research on betavoltaic batteries progressed slowly until 2006, but the following years saw the development of many new betavoltaic batteries from several manufacturers such as Qynergy, City Labs and Widetronix. City Labs' Nano-TritiumTM battery received the betavoltaic industry's first and only Public License to meet nuclear regulations in 2010, meaning it can be purchased by any user.

BEFORE

AFTER



APPLICATIONS

The application areas of betavoltaic batteries include medical devices, space applications, remote power applications, micro-electromagnetic systems, military applications, unmanned aerial vehicles, as well as the following application areas:

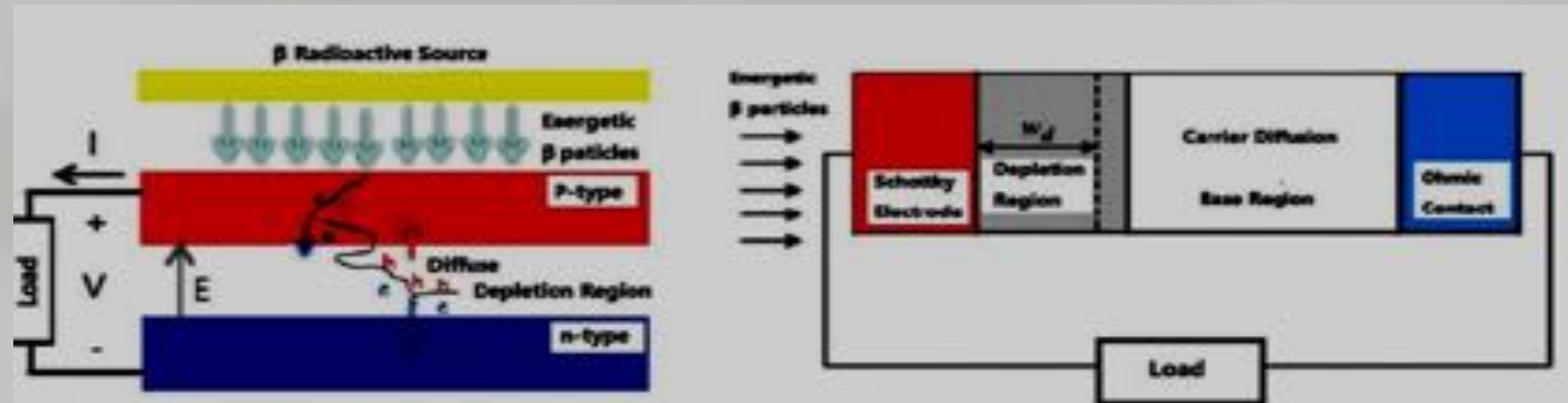
- In hard-to-reach regions like polar and high mountainous areas on a periodic basis.
- In sensor networks used for environmental monitoring.
- In embedded sensors found in bridges and concrete wall structures.
- In hybrid battery systems for trickle charging chemical batteries and supercapacitors.
- In the active monitoring of ultra-low power sensors for extended periods of time.
- In continuous monitoring of temperature, pressure, and vibration movements.
- As a triggering mechanism for waking up and providing the initial power burst for high-power systems using wireless signal transmission.
- In oil and mining exploration activities.

Betavoltaic batteries have a wide range of application potential, and new areas of use continue to develop in this field.

PRINCIPLE OF BETAVOLTAIC BATTERY

The working mechanism of betavoltaics is very similar to the working mechanism of photovoltaics. Solar cells absorb photons from the sun to generate current, but betavoltaic cells generate current by using the energy of beta electrons from radionuclides to generate current. Also, each photon from the sun creates an electron-hole pair in a semiconductor, while in betavoltaics, each beta particle emitted by a radioactive source can produce hundreds or even thousands of electron-hole pairs. In a betavoltaic battery, electric current is produced by the kinetic energies of beta particles interacting with the semiconductor. Some of the kinetic energy is used to generate current, while some is lost in the lattice of the semiconductor. Therefore, it is an important detail in which part of the material these electron-hole pairs are formed. The electron-hole pairs formed in the electric field in the junction region of the p and n-type semiconductor, called the depletion region, are the most contributing factors to the current in the betavoltaic converter. Betavoltaic batteries are based on the principle of generating current by driving the electron-hole pairs (EHP) formed between the layers of the semiconductor p-n or p-i-n junctions exposed to radioactive irradiation in the direction of the electric field between the layers. As a result of irradiation, the n region is negatively charged and the p region is positively charged. Due to the potential difference on the p-n junction, the electrons leave their place and form on the charge resistance. The semiconductor p-n junction converts a small number of high-energy beta particles entering it into a large number of low-energy electron current.

As a result, the energy of beta particles emitted from the radionuclide and the properties of the semiconductor material used should be compatible with each other. Holes and electrons formed in the semiconductor are accelerated towards the collectors by the electric field in the depletion region, and these separated electron-hole pairs contribute to the current produced. On the other hand, in the selection of the radionuclide used in betavoltaic batteries, a safe and pure beta-emitting radioactive source that will not harm human health should be used. Although H-3 and Ni-63 are the most widely used radioisotopes for betavoltaic battery studies due to their energies and compatibility, S-35, Kr-85, Y-90 and Pm-147 are other alternative radioisotopes of interest. When choosing a suitable radioactive source, a source should be chosen that has an energy that will not only harm human health, but also the internal structure of the semiconductor material. Wide-bandgap semiconductors such as SiC, GaN, GaP, GaAs and AlGaAs are resistant to radiation damage and contribute to advances in this field.



ADVANTAGES

1. **Continuous Power Generation:** Betavoltaic batteries can continuously generate electricity using the energy derived from radioactive decay. This makes them a long-lasting power source.
2. **Low Maintenance Requirement:** Betavoltaic batteries do not contain moving parts, which means they require minimal maintenance. This makes them a cost-effective option.
3. **High Energy Density:** Betavoltaic batteries have a high energy density in small sizes. This allows for their use in compact and portable devices.
4. **Environmentally Friendly:** Betavoltaic batteries are an environmentally friendly energy source.

DISADVANTAGES

1. **Use of Radioactive Materials:** Betavoltaic batteries contain radioactive materials, which necessitates special safety precautions. This can limit their use and require additional regulations for industrial applications.
2. **Limited Power Output:** Betavoltaic batteries typically have low power output. This can restrict their use in high-power-demand applications.
3. **Limited Lifespan:** The lifespan of betavoltaic batteries is dependent on the half-life of the radioactive isotope. Once the isotope reaches its half-life, the efficiency of the battery decreases, and replacement is required.
4. **Cost:** The production and operation of betavoltaic batteries can be more expensive compared to other energy sources. This can limit their commercial viability.

CONCLUSION

Studies on betavoltaic batteries have received special attention from the academic community. The future development trend of radioisotope batteries will primarily focus on four aspects: improved safety and stability, higher conversion efficiency and power matching, micro-nano integration and module assembly of the battery structure, and production and preparation of radioisotope battery fuel. Studies on betavoltaic batteries have received special attention from the academic community. The future development trend of radioisotope batteries will primarily focus on four aspects: improved safety and stability, higher conversion efficiency and power matching, micro-nano integration and module assembly of the battery structure, and production and preparation of radioisotope battery fuel..

SOURCES

[1] Chunlin Zhou et al 2021 ECS J. Solid State Sci. Technol. 10 027005
 [2] <https://citylabs.net/betavoltaic-batteries-a-historical-review/> , 11 Haziran 2023
 [3] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804316306686?via%3Dihub> , 11 Haziran 2023
 [4] Institute of Microelectronics Technology RAS, Acad. Osipian Str. 6, 142432 Chernogolovka, Russia;
 [5] S. Aydın, E. Kam, (2019). "Investigation of Nickel-63 Radioisotope-Powered GaN Betavoltaic Nuclear Battery", International Journal of Energy Research.