

Research Paper

The effect of manganese impurity on the interlayer Al/PVP: CdS/P-Si Schottky structure and its dielectric properties

Z. Hosseini¹, Y. Azizian-Kalandaragh^{2*}, S. Sobhanian³, M. Kouhi⁴, Gh. Pirgholi-Givi⁵

1. PhD Student of Physics

2. Associate Professor of Physics

3. Professor of Physics

4. Associate Professor of Physics

5. PhD of Physics

Received: 2020/12/23

Revised:

Accepted: 2021/05/10

Use your device to scan and read
the article online



DOI: [10.30495/JNM.2021.4676](https://doi.org/10.30495/JNM.2021.4676)

Keywords:

Dielectric parameters, C/G-f measurements, Dielectric constant, Loss tangent, Electrical conductivity.

Abstract

Introduction: In this research, cadmium sulfide (CdS) and cadmium sulfide doped with 3 cc manganese (3cc Mn-CdS) nanostructures have been prepared by ultrasound-assisted method and obtained products have been used for preparation of PVC: CdS and PVP: 3 cc Mn-CdS nanocomposites as an interfacial layer of the metal-polymer-semiconductor (MPS) Schottky structures. The structural, morphological, purity and optical properties of prepared nanostructures have been investigated by XRD, SEM, EDX and UV-Vis analyzes. The XRD of CdS sample confirmed the formation of the cadmium sulfide with cubic phase and its average nanocrystallite size obtained 6 nm. EDX analysis of both samples confirmed the pure phase of the prepared nanostructures. The energy gap of the CdS and 3 cc Mn-CdS nanostructures was calculated through the energy gap diagram 4.2 eV and 3.6 eV, respectively, that these values are bigger than from its bulk value (2.5 eV) due to the quantum confinement effect.

Methods: Dielectric parameters such as ϵ' , ϵ'' and $\tan \delta$, of Al /PVP: CdS/ p-Si (MPS₁) and Al /PVP: 3 cc Mn-CdS / p-Si (MPS₂) Schottky structures are calculated and compared using C/G-f measurements in the frequency range of 100 Hz –1 MHz.

Findings: The results showed that the dielectric parameters are strong function frequency. Also, doping of cadmium sulfide nanostructures with a very small amount of manganese source leads to a decrease in the dielectric constant, conductivity, and increase in the series resistance and loss tangent of the MPS₂ compared to MPS₁ Schottky structure.

Citation: Z. Hosseini, Y. Azizian-Kalandaragh*, S. Sobhanian, M. Kouhi, Gh. Pirgholi-Givi. The effect of manganese impurity on the interlayer Al/PVP: CdS/P-Si schottky structure and its dielectric properties. Quarterly Journal of New Materials. 2021;23-35

*Corresponding author: Y. Azizian-Kalandaragh

Address: Associate Professor of Physics, Faculty of Science, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

Tell: 09148805131

Email: Yashar.a.k@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

In most research works, the effect of interfacial layer on the efficiency of schottky structure MP is studied and compared with the normal MS structure. Little is done on the effect of the doped interfacial nanostructures on the electrical and dielectric parameters of schottky structure. Here Al/PVP: CdS/p-Si (MPS₁) and Al/PVP: 3cc Mn-CdS/p-Si (MPS₂) nanostructures are prepared by the rotational deposition method and the effect of CdS nanostructure doped by 3cc Mn on the dielectric parameters of MPS₁ is investigated.

Methods

To fabricate MPS₁ and MPS₂ schottky structure, first PVP: CdS and PVP: 3cc Mn-CdS thin films are prepared and deposited by the rotational deposition method on p-Si wafer.

XRD pattern showed the fabricated CdS nanostructure. The different peaks appearing at $2\theta = 27, 44, 52$ and 71 degrees correspond to (111), (220), (311) and (331) crystal planes of cubic cadmium sulfate structure respectively. The average sizes of Nano crystals are determined by $D = \frac{k\lambda}{\beta \cos(\theta)}$

where β is the full width of the peak at its half-maximum (FWHM) and λ is the X-rays wavelength (1.54Å). θ being the diffraction angle and k is a constant equal to ~ 0.94

SEM pictures showed that the Nano cluster of both samples have the average size of less than 200 nm formed by Nano spheres with diameter smaller than 20 nm and that by doping CdS with 3cc Mn the size of nanoparticles are slightly increased. Also EDX profile of CdS and Mn-CdS confirmed that the CdS sample contains only cadmium and sulfur atoms, while the doped samples showed the presence of manganese atoms in addition to Cd and S atoms and also showed that there was no impurity atoms. The optical properties of the prepared nanostructures are studied by Uv-Vis absorption spectroscopy. The energy gap

(E_g) of CdS and 3cc Mn-CdS nanostructures are determined by $\alpha hv = B(hv - E_g)^n$ formula; where α is the optical absorption coefficient, hv is the energy of photons used in Uv-Vis spectroscopy and c is some constant. The results obtained for E_g were found as 4.2 eV and 3.6 eV for CdS and Mn-CdS samples respectively.

Discussion

It is seen that the energy gap of the doped nanostructure is reduced compared to undoped ones. Electric and dielectric properties of the samples are studied using impedancemetry method in which the sample is biased with an alternative signal with frequency ω . The real part of the serie resistance R_s is found from the general

complex impedance $Z_{ma} = \frac{1}{G_{ma} + i\omega C_{ma}}$ as

$R_s = \frac{G_{ma}}{G_{ma}^2 + (\omega C_{ma})^2}$ where C and G are the

measured capacitance and conductivity. Also the electric and dielectric properties are investigated using the complex dielectric function

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'' = \frac{Y^*}{j\omega C_0} = \frac{C}{C_0} - j \frac{G}{\omega C_0}$$

with the real and imaginary components of $\varepsilon' = \frac{C}{C_0} = \frac{Cd}{\varepsilon_0 A}$ and $\varepsilon'' = \frac{G}{\omega C_0}$ where ε_0 is the

permittivity, A is the contact area ($= 11.3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$) and d is the thickness of the interfacial layer (100 nm). Also the loss tangent ($\tan \delta$) and the electric conductivity (σ_{ac}) are found from $\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$ and

$$\sigma_{ac} = G \frac{d}{A} = \varepsilon'' \omega \varepsilon_0.$$

The frequency dependences of all these parameters are presented graphically for both MPS₁ and MPS₂ schottky structures.

Conclusion

Our results showed that both the capacitance C and the conductivity G of MPS₁ and MPS₂ schottky structures dependences with the frequency in the frequency range of

100 Hz – 1 MHz and reach a constant value for higher frequencies. Also, it is shown that the real and imaginary parts of the complex dielectric function are strongly dependent on the frequency and decreases with it. It is also found that the value of the dielectric constant for the interlayers of MPS₁ and MPS₂ are 15.4 and 8.00 respectively. It is found that a small doping of CdS

nanostructures resulted in a decrease in the dielectric constant and an increase in the loss tangent of MPS₁ compared with MPS₂. The value of the series resistance and alternative conductivity are also measured. R_s is found to be constant for all low frequencies but the decreases by further increasing the frequency.

مقاله پژوهشی

اثر ناخالصی منگنز بر لایه میانی ساختار شاتکی Al/PVP: CdS/p-Si و خواص دی الکتریکی آن

زکبه حسینی^۱، یاشار عزیزیان کلاندرق^{۲*}، صمد سبحانیان^۱، محمد کوهی^۱، غلامرضا پیرقلی گیوی^۳

۱. گروه فیزیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲. گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. گروه علوم مهندسی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه فناوری‌های نوین سبلان، نمین، ایران

چکیده

هدف: در این تحقیق نانوساختارهای کادمیوم سولفید (CdS) و کادمیوم سولفید آلیپیده شده با ۳ cc منگنز به روش فراصوت تهیه شده و از آن جهت تهیه نانوکامپوزیت PVP: CdS -3cc Mn و PVP: CdS -3cc Mn به عنوان لایه میانی در ساخت ساختار شاتکی فلز-پلیمر-نیمرسانا (MPS) استفاده شده است. خواص ساختاری، ریخت شناسی، میزان خلوص و خواص اپتیکی نانوساختارهای تهیه شده توسط آنالیزهای EDX, SEM, XRD و UV-Vis مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج الگوی پراش پرتو ایکس نمونه CdS تشکیل فاز مکعبی کادمیوم سولفید را تایید کرده و اندازه میانگین نانوبلورک‌های آن برابر ۶ nm به دست آمد. آنالیز EDX هر دو نمونه، فاز خالص نانوساختارهای تهیه شده را تایید کرد. گاف انرژی نانوساختارها از طریق نمودار گاف انرژی محاسبه شد که مقدار آن برای نانوساختارهای CdS و CdS -3cc Mn به ترتیب برابر ۴/۲ eV و ۳/۶ eV به دست آمد که به دلیل اصل محدود شدگی کوانتومی از مقدار بالکی آن (۲/۵ eV) بزرگتر می‌باشد. پارامترهای دی‌الکتریکی از قبیل ϵ' ، ϵ'' و $\tan\delta$ ساختارهای شاتکی Al/PVP: CdS/p-Si (MPS₁) و Al/PVP: CdS -3cc Mn /p-Si (MPS₂) از طریق اندازه‌گیری C/G-f در محدوده بسامدی ۱۰۰ Hz - ۱ MHz محاسبه و باهم مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند پارامترهای دی‌الکتریکی به شدت تابع بسامد هستند. همچنین آرایش نانوساختارهای کادمیوم سولفید با مقدار بسیار کم منبع منگنز موجب کاهش ثابت دی‌الکتریک، ضریب رسانش، و افزایش تانژانت اتلافی ساختار شاتکی MPS₂ در مقایسه با MPS₁ می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

تاریخ داوری:

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI: 10.30495/JNM.2021.4676

واژه‌های کلیدی:

پارامترهای دی‌الکتریکی، اندازه‌گیری C/G-f، ثابت دی‌الکتریک، تانژانت

* نویسنده مسئول: یاشار عزیزیان کلاندرق

نشانی: دانشیار گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تلفن: ۰۹۱۴۸۸-۵۱۳۱

پست الکترونیکی: Yashar.a.k@gmail.com

اتم‌های فلزی و اکسید فلزی انجام شود. CdS یک نیمرسانای گاف مستقیم گروه II-VI با گاف انرژی 2.5 eV است که به واسطه داشتن ویژگی‌های الکتریکی و اپتوالکترونیکی مهم در دیودهای نشر نوری، ترانزیستورها، نمایشگرهای صفحه مسطح، قطعات اپتیک غیر خطی و لیزرها مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴، ۱۵).
گروه باراز^۴ و همکارانش ساختار شاتکی Au/ZnS-PVA/n-Si (MIS) با لایه میانی ZnS-PVA را تهیه کرده و وابستگی بسامدی و ولتاژ پارامترهای الکتریکی و دی الکتریکی آن را با استفاده از اندازه‌گیری C-V-f و G-V-f را در محدوده بسامدی $400 - 1 \text{ KHz}$ و محدوده ولتاژ $3 \pm \text{V}$ بررسی کردند. آنها پارامترهای مهم الکتریکی از قبیل E_F ، N_D ، V_D و $\Phi_B(V)$ را با استفاده از نمودار $C^{-2}-V$ در هر بسامد محاسبه کرده و مشاهده کردند که مقدار N_D با افزایش بسامد کاهش می‌یابد در حالی که مقدار $\Phi_B(V)$ بدلیل اثر قطبش و N_{SS} با افزایش بسامد افزایش می‌یابد. همچنین نتایج آنها نشان داد که پارامترهای دی الکتریکی به شدت وابسته به بسامد بوده و مقادیر ϵ' ، ϵ'' و G/ω و C به دلیل لایه میانی و R_s با افزایش بسامد به شدت کاهش می‌یابند. مقدار ثابت دی الکتریک لایه میانی ZnS-PVA در بسامد 10 KHz در حدود 1.1 بود (۱۶).

گروه تچدمیر^۵ و همکارانش ساختار شاتکی Al/(0.07Zn-doped PVA)/p-Si (MPS) با لایه میانی ZnO:PVA را تهیه کرده و چگالی حالات سطحی (N_{SS}) و زمان واهلش^۶ مربوط به آن را با استفاده از امیدانس متری از طریق اندازه‌گیری محاسبه و بررسی کردند. آنها همچنین وابستگی بسامدی ظرفیت و رسانندگی را در محدوده بسامدی $400 - 1 \text{ KHz}$ بررسی کردند (۱۷).
گروه اوزکارتال^۷ و همکارانش با استفاده از تکنیک لایه نشانی چرخشی ساختار شاتکی Sn/Methyl Violet/p-Si را تهیه کرده و تاثیر لایه میانی آلی متیل بنفش^۸ را بر روی پارامترهای اصلی دیود از قبیل R_s ، Φ_{B0} و I_0 را از طریق اندازه‌گیری I-V و C-V-f بررسی کردند. آنها مشاهده کردند که لایه آلی میانی به شدت پارامترهای الکتریکی به دست آمده را تحت تاثیر قرار داده است (۱۸).

در اکثر تحقیقات انجام شده تاثیر لایه میانی شامل پلیمر-نانوساختارها بر کارایی ساختارهای شاتکی MPS در مقایسه با ساختار معمول MS مورد بررسی قرار گرفته و به ندرت تاثیر آرایش نانوساختارهای داخل این لایه میانی بر پارامترهای الکتریکی و دی الکتریکی ساختارهای شاتکی مطالعه شده است.

در این پژوهش ساختارهای شاتکی Al/PVP: CdS/p-Si (MPS_1) و (MPS_2) و Al/PVP: CdS-3^{cc} Mn/p-Si (MPS_3) با استفاده

اتصالات فلز-نیمرسانا (MS) از جایگاه ویژه‌ای در تکنولوژی قطعات نیمرسانای مدرن داشته و در قطعات الکترونیکی و اپتوالکترونیکی از قبیل فوتودیودها، سلول‌های خورشیدی، ترانزیستورهای اثر میدانی، آشکارسازهای میکروموج و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال، دستیابی به نرخ یکسوسازی بالا و فاکتور ایده‌آلی کم اتصالات MS با استفاده از یک لایه میانی در محل اتصال فلز-نیمرسانا از اهمیت بالایی برخوردار است (۴-۱). به کارگیری یک لایه عایق/پلیمر در فصل مشترک فلز-نیمرسانا منجر به تشکیل ساختارهای MPS/MIS می‌شود که در الکترونیک و اپتوالکترونیک حائز اهمیت هستند. این لایه میانی با جلوگیری از پخش حامل‌های آزاد بین فلز و نیمرسانا، ایجاد ترازها/حالات سطحی در فصل مشترک عایق-نیمرسانا، به دام انداختن و آزاد کردن حاملین بارهای آزاد و افت میدان الکتریکی موجب تغییر ساز و کار رسانش قطعه الکترونیکی شده و پارامترهای الکتریکی و دی الکتریکی آن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱-۳، ۵-۷). چنین لایه میانی با تاثیر بر عواملی از قبیل مقاومت سری (R_s)، جریان اشباع معکوس (I_0) و چگالی حالات سطحی (N_{SS}) موجب تغییر در ساز و کار رسانش شده و در نتیجه کارایی و یکسوسازی این قطعات را تحت تاثیر می‌گذارند. بنابراین مطالعه تاثیر حضور این لایه میانی بر پارامترهای الکتریکی و ساز و کار رسانش از اهمیت بالایی برخوردار است (۸، ۹).

به تجربه مشاهده شده است که استفاده از مواد آلی به عنوان لایه میانی در قطعات MIS/MPS موجب بهبود کارایی و کیفیت این ساختارها در مقایسه با اتصال MS بوده است. در سال‌های اخیر استفاده از مواد آلی بعنوان لایه میانی ساختارهای MPS/MIS مورد توجه محققین قرار گرفته است که دلیل آن داشتن مزایایی از قبیل انعطاف‌پذیری، هزینه پایین، سهولت ساخت، افت ولتاژ^۸ پایین، ثابت دی الکتریک بالا و پایداری بالا در مقایسه با مواد معدنی می‌باشد (۵، ۱۰). همچنین در میان مواد آلی، استفاده از پلیمرهایی مانند پلی وینیل الکل^۱ (PVA)، پلی وینیل پیرولیدین^۲ (PVP) و پلی آنیلین^۳ (PANI) به جای لایه‌های مرسوم در دیودها و خازن‌ها، به دلیل مزایایی از قبیل قابلیت تنظیم رسانایی، ویژگی‌های غیرسمی، تهیه آسان فیلم نازک، و هزینه تهیه پایین بیشتر از بقیه پلیمرها مورد توجه قرار گرفته‌اند (۹، ۱۱-۱۳). با این حال، محدودیت رسانندگی این پلیمرها موجب شده است در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای برای افزایش رسانندگی آنها از طریق آرایش

⁵ H. Tecimer

⁶ relaxation time

⁷ A. Ozkartal

⁸ Methyl Violet

¹ Polyvinyl-alcohol

² Polyvinylpyrrolidone

³ Polyaniline

⁴ N. Baraz

استفاده در ساختارهای شاتکی، ویفر سیلیکونی تک کریستال p-type با ضخامت $300 \mu\text{m}$ با راستای (۱۰۰) و مقاومت $1-10 \Omega \cdot \text{cm}$ می باشد که قبل از لایه نشانی لایه میانی، سطح آن توسط محلولهای HF، NH_4OH ، H_2O_2 ، methanol ، acetone و HF شستشو داده شده است. توضیحات مراحل فرآیند شستشوی ویفر سیلیکونی در کار قبلی آمده است (۹).

برای مطالعه خواص ساختاری، مورفولوژی سطح، خواص اپتیکی و الکتریکی از دستگاه Philips Xpert شرکت فیلیپس هلند با تابش $\text{CuK}\alpha$ (طول موج 1.54 \AA ، آنگستروم)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل LEO 1430 VP محصول مشترک کشور آلمان و انگلیس، دستگاه طیفسنجی فرابنفش - مرئی Shimadzu مدل (E4980Al 20) KEYSIGHT و دستگاه UV-1800 استفاده شده است.

نتایج و بحث

خواص ساختاری و اپتیکی

شکل (۲) الگوی پراش پرتو ایکس نانوساختارهای CdS تهیه شده را نشان می‌دهد. قله‌های پراش ظاهر شده در موقعیت 2θ برابر با 27° ، 44° ، 52° و 71° درجه، به ترتیب مربوط به صفحات بلوری (۱۱۱)، (۲۲۰)، (۳۱۱) و (۳۳۱) ساختار مکعبی کادمیوم سولفید متعلق به گروه فضایی F-43m است که در توافق کامل با داده‌های نظری کارت استاندارد (ICSD ۰۵۸۱-۷۵) می باشد (۷).

همان‌طور که از شکل (۲) مشاهده می‌شود قله‌های ظاهر شده دارای پهن‌شدگی یکی از دلایل اصلی پهن شدن قله‌های الگوی پراش پرتو ایکس، کوچک شدن اندازه نانوبلورک‌ها است که با استفاده از رابطه دبای شرر توصیف می‌شود (۱۹).

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos(\theta)} \quad (1)$$

در این روابط β ، k ، λ و D به ترتیب عرض در نصف بیشینه، عدد ثابت (~ 0.94)، طول موج اشعه ایکس (1.54 \AA)، اندازه نانوبلورک و زاویه مربوط به قله پراش می‌باشند. اندازه میانگین نانوبلورک‌ها از طریق پهنای FWHM این قله‌ها قابل تعیین می‌باشند. اندازه میانگین نانوبلورک‌های کادمیوم سولفید با استفاده از رابطه (۱) تعیین شده است که مقدار آن 6 nm محاسبه شده است.

شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب مربوط به تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی، و شکل‌های (۵) و (۶) به ترتیب مربوط به پروفایل EDX نانوساختارهای CdS و CdS شامل 3 cc ناخالصی Mn (CdS-Mn)

از تکنیک لایه نشانی چرخشی ساخته شده و تاثیر آرایش نانوساختارهای CdS با 3 cc منبع منگنز بر پارامترهای دی‌الکتریکی ساختار MPS₁ مورد بررسی قرار گرفته است. نانوساختارهای CdS و CdS آلائیده شده با 3 cc منگنز با استفاده از روش فراصوت تهیه شده و ویژگی‌های ساختاری و اپتیکی آنها از طریق آنالیزهای SEM، XRD، EDX و UV-Vis بررسی شده است. پارامترهای دی‌الکتریکی ساختارهای شاتکی MPS₁ و MPS₂ از طریق اندازه‌گیری C/G-f در محدوده بسامدی $1 \text{ MHz} - 100 \text{ Hz}$ محاسبه و باهم مقایسه شده‌اند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پیش ماده‌های سولفید سدیم ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ، محصول شرکت رانکم)، استات کادمیوم ($(\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ، شرکت رانکم)، هیدروکسید سدیم (NaOH ، شرکت مرک آلمان)، سولفات منگنز (MnSO_4)، شرکت لبوکم) و آب دو بار یونیزه برای تهیه نانوساختارهای کادمیوم سولفید و کادمیوم سولفید آلائیده شده با منگنز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین برای ساخت دیوده‌های CdS/p-Si و AL/PVP: CdS/AL و PVP: CdS-3cc Mn/p-Si از ویفر سیلیکونی (p-type) و پلی وینیل پیرولیدن (PVP، شرکت لبوکم) به عنوان لایه میانی در فصل مشترک فلز-نیمه‌رسانا استفاده شده است.

برای تهیه نانوساختار CdS، ابتدا 10 cc سی سی از محلولهای 0.2 Molar کادمیوم سولفید و کادمیوم استات تهیه شده و باهم ترکیب شدند. از محلول 0.2 Molar سدیم هیدروکسید جهت تنظیم مقدار pH در 12 استفاده شد. در مرحله بعد، محلول نهایی به مدت 15 دقیقه تحت تابش امواج فراصوت قرار گرفت و در پایان ترکیب به دست آمده بعد از 5 با شستشو با آب مقطر و فیلتراسیون در دمای اتاق خشک شد. مراحل تهیه نانوساختارهای کادمیوم سولفید آلائیده شده با 3 cc منگنز مشابه مراحل تهیه نانوساختارهای کادمیوم سولفید است با این تفاوت که بعد از ترکیب محلول‌های استات کادمیوم و سولفید سدیم، مقدار 3 cc میلی لیتر از محلول 0.2 Molar سولفات منگنز به این ترکیب اضافه شده و سپس محلول تحت تابش امواج فراصوت قرار گرفته و بعد از شستشو در دمای اتاق خشک شد.

برای تهیه ساختارهای شاتکی MPS₁ و MPS₂ ابتدا لایه نازک PVP: CdS و PVP: CdS-3cc Mn تهیه شده و سپس از طریق تکنیک لایه نشانی چرخشی بر روی ویفر p-Si لایه نشانی شده است. تصویر شماتیک دیود ساخته شده (MPS₁) Al/PVP: CdS/p-Si در شکل (۱) نشان داده شده است. به منظور تهیه لایه نازک PVP: CdS، محلول 5% پلیمر PVP تهیه شده و سپس مقدار 10 cc میلی گرم از نانوپودر CdS در 5 cc سی سی از محلول PVP در داخل حمام فراصوت پخش شده است. در پایان محلول حاصل توسط تکنیک لایه نشانی چرخشی بر روی ویفر p-Si لایه نشانی شده است. نیم‌رسانای مورد

خواص دی الکتریکی

روش‌های مختلفی برای بررسی ویژگی‌های دی الکتریکی مواد وجود دارد. یکی از این روش‌ها، استفاده از امپدانس متری می‌باشد. وقتی یک ساختار MIS(MPS) تحت یک سیگنال متناوب بایاس می‌شود، وابستگی بسامدی پارامترهای دی الکتریکی آن از طریق امپدانس مختلط قابل ارزیابی خواهد بود که طبق تعریف برابر است با:

$$Z_{ma} = \frac{1}{G_{ma} + i\omega C_{ma}} \quad (3)$$

قسمت حقیقی امپدانس مختلط، مقاومت سری می‌باشد که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$R_s = \frac{G_{ma}}{G_{ma}^2 + (\omega C_{ma})^2} \quad (4)$$

در این رابطه C و G به ترتیب ظرفیت و رسانندگی اندازه‌گیری شده هستند (۷).

همچنین برای بررسی ویژگی‌های الکتریکی و دی الکتریکی می‌توان از تابع دی الکتریکی مختلط (ϵ^*) استفاده کرد که قسمت‌های حقیقی (ϵ') و موهومی (ϵ'') آن از طریق مقادیر C و G مطابق روابط زیر به دست می‌آیند (۱۶، ۲۰):

$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon'' = \frac{Y^*}{j\omega C_0} = \frac{C}{C_0} - j \frac{G}{\omega C_0} \quad (الف)$$

$$\epsilon' = \frac{C}{C_0} = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad (ب)$$

$$\epsilon'' = \frac{G}{\omega C_0} \quad (ج)$$

در این روابط ϵ_0 ، A و d به ترتیب ثابت گذردهی، مساحت سطح تماس ($11.3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$) و ضخامت لایه میانی (۱۰۰ nm) می‌باشد. همچنین تانژانت اتلافی توسط رابطه زیر بیان می‌شود (۲۱):

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (۶)$$

وابستگی بسامدی ϵ' ، ϵ'' ، $\tan \delta$ ، M' و M'' از طریق اندازه‌گیری وابستگی بسامدی ظرفیت C و رسانندگی G ساختارهای شاتکی MPS₁ و MPS₂ در محدوده بسامدی ۱ MHz - ۱۰۰ Hz محاسبه و بررسی شده‌اند. شکل‌های (۹) و (۱۰) نمودارهای C-f و G-f ساختارهای شاتکی تهیه شده را نشان می‌دهد. مطابق شکل مقادیر C و G/ω با افزایش بسامد به سرعت کاهش یافته و در بسامدهای بالاتر به مقدار ثابتی نزدیک می‌شوند. هنگامی که دوره تناوب سیگنال اعمالی بزرگتر از زمان عمر^۹ حالات سطحی باشد ($f > 1/\tau$) بارهای داخل تله‌ها و حالات سطحی به راحتی میدان را دنبال می‌کنند و در مقدار C

می‌باشد. همان‌طور که از شکل‌های (۳) و (۴) می‌توان مشاهده نمود، ناخوشه‌های مربوط به هر دو نمونه دارای اندازه میانگین کوچکتر از ۲۰۰ nm می‌باشند که از نانوذرات کروی شکل با ابعاد کوچکتر از ۲۰ nm تشکیل شده‌اند. البته به نظر می‌رسد که آرایش CdS با Mn cc ۳ موجب شده که اندازه نانوذرات کمی افزایش یابد. همچنین شکل‌های (۵) و (۶) نشان می‌دهد که در نانوساختار CdS فقط شامل اتم‌های کادمیم و سولفور (گوگرد) حضور دارد در حالی که در نانوساختار آرایش یافته با منگنز، اتم‌های کادمیم، و سولفور اتم منگنز حضور داشته و هیچ ناخالصی دیگری در نانوساختارهای مذکور وجود ندارد که نشان دهنده خلوص بالای نانوساختارهای تهیه شده است. درصد اتم‌های کادمیم و سولفور در نانوساختار CdS به ترتیب برابر ۸۰٫۶٪ و ۱۹٫۴٪، و درصد اتم‌های کادمیم، سولفور و منگنز در نمونه CdS-Mn برابر ۷۸٫۸٪، ۲۱٫۱٪ و ۰٫۲٪ می‌باشد.

خواص اپتیکی نانوساختارهای تهیه شده توسط طیف جذب UV-Vis بررسی شده است. قسمت‌های الف و ب شکل (۷) به ترتیب مربوط به طیف جذبی و گاف انرژی نانوساختار CdS و قسمت‌های الف و ب شکل (۸) به ترتیب مربوط به طیف جذبی و گاف انرژی نانوساختار CdS-Mn می‌باشد. گاف انرژی مربوط به نانوساختارهای تهیه شده از طریق طول از مبدا نمودار گاف انرژی مطابق رابطه (۳) به دست آمده است (۷):

$$\alpha hv = B (hv - E_g)^n \quad (۲)$$

در این رابطه α ضریب جذب اپتیکی، hv انرژی فوتون، B ثابت تناسب و $n = 0.5$ برای گذار مستقیم می‌باشد. همان‌طور که از شکل (۲) مشاهده می‌شود گاف انرژی نانوساختارهای CdS و CdS-Mn به ترتیب برابر ۲٫۴ eV و ۳٫۶ eV محاسبه شده است که به دلیل اثر محدودشدگی کوانتومی از مقدار بالکی آن (۲٫۵ eV) بزرگتر می‌باشد. طبق اثر محدودشدگی کوانتومی و همچنین تقریب جرم موثر که یکی از نتایج محدودشدگی کوانتومی است، با کاهش اندازه نانوذره، محدودشدگی حامل‌های بار افزایش می‌یابد و این محدودشدگی به نوبه خود موجب می‌شود که فاصله بین نوار رسانش و نوار ظرفیت بیشتر شده و در نتیجه گاف انرژی افزایش یابد.

همچنین مشاهده می‌شود که گاف انرژی نانوساختارهای کادمیم سولفید آرایش یافته با منگنز در مقایسه با نانوساختارهای کادمیم سولفید خالص به دلیل حضور ناخالصی‌ها کاهش یافته است.

⁹ life time

بسامدهاى پايين شدت تابع بسامد بوده و در بسامدهاى بالا مستقل از بسامد است.

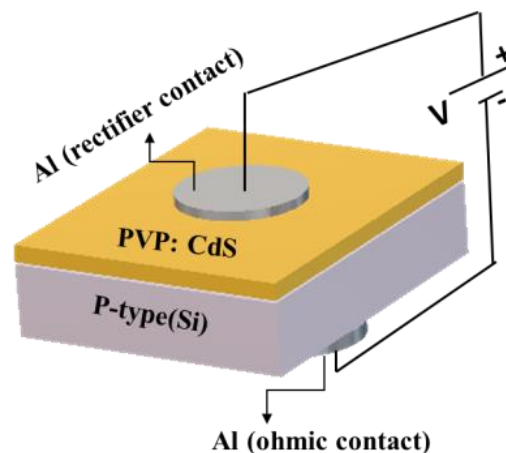
از شكل (۱۱) مشاهده مى‌شود كه مقدار ثابت دى‌الكتريك در بسامد ۱۰۰ Hz براى لايه‌هاى مياني MPS₁ و MPS₂ به ترتيب برابر ۱۵/۴ و ۸/۰۰ مى‌باشد. آلايش جزئى نانو ساختارهاى CdS با منگنز، باعث کاهش ثابت دى‌الكتريك و افزايش تانژانت اتلافي ساختار شاتكى MPS₁ در مقايسه با MPS₂ شده است. به طوري كه در بسامدهاى پايين، ثابت دى‌الكتريك و تانژانت اتلافي حساس تر به آلايش بوده و در بسامدهاى بالاتر از ميزان اين حساسيت كاسته شده است.

نتيجه گيرى

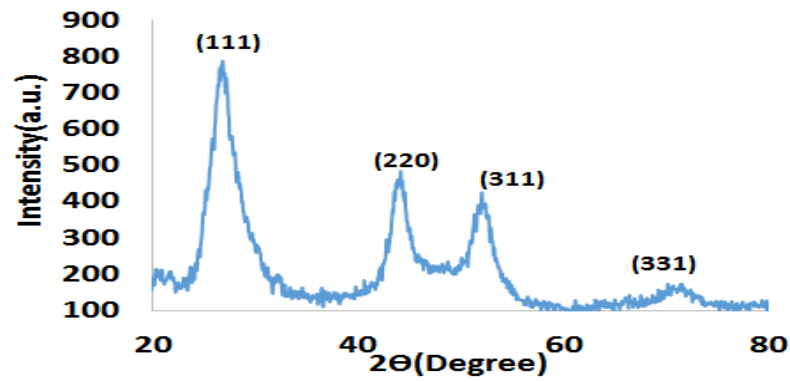
در اين پژوهش، نانو ساختارهاى CdS و Mn-CdS به منظور ساخت ساختارهاى شاتكى (MPS₁) Al/PVP: CdS/p-Si و (MPS₂) Al/PVP: CdS -3cc Mn /p-Si تهيه شده و تاثير آلايش منگنز بر پارامترهاى دى‌الكتريكي و وابستگى بسامدى آنها از طريق اندازه‌گيرى C/G-f در محدوده بسامدى ۱ MHz - ۱۰۰ Hz مورد مطالعه قرار گرفته است. نتايج به دست آمده نشان داد پارامترهاى دى‌الكتريكي به شدت وابسته به بسامد هستند. همچنين آلايش جزئى نانو ساختارهاى لايه مياني با منگنز موجب تاثير قابل توجه بر پارامترهاى دى‌الكتريكي شده است. نمونه آلاييده داراى مقاومت بيشتر و در نتيجه تانژانت اتلافي بيشتر و رسانندگى كمترى در مقايسه با نمونه بدون آلايش بوده است. همچنين با آلايش جزئى نمونه، ثابت دى‌الكتريك به صورت معنادارى کاهش يافته است. بنا بر اين با تنظيم ميزان آلايش نانو ساختارهاى لايه مياني در ساختارهاى شاتكى، مى‌توان مقدار پارامترهاى الكتريكي و دى‌الكتريكي آنها را مهندسى نمود.

و G سهميم مى‌شوند. در حالى كه اين سهم در بسامدهاى بالاتر تقريباً از بين مى‌رود (۲۱).

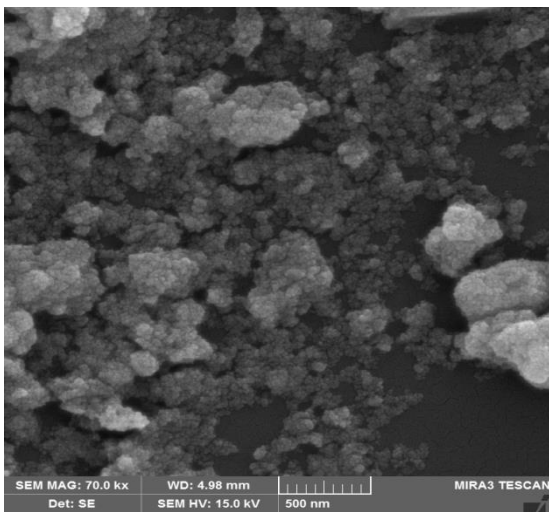
در شكل‌هاى (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) وابستگى بسامدى ϵ'' ، ϵ'' و $\tan \delta$ نشان داده شده است. شكل‌هاى (۱۱) و (۱۲) نشان مى‌دهد كه قسمت‌هاى حقيقي و موهومى تابع دى‌الكتريك مختلط به شدت تابع بسامد هستند و به سرعت با افزايش بسامد، کاهش مى‌يابد كه دليل آن حذف قطبش سطحى در بسامدهاى بالاتر است. فرآيند قطبش، شامل قطبش بين سطحى، قطبش الكترونى، قطبش يونى و قطبش دو قطبى مى‌باشد. قطبش بين سطحى كه به قطبش Maxwell-Wagner معروف است در بسامدهاى بالاتر نقش خود را از دست مى‌دهد، چرا كه در فرکانس‌هاى بالا دوقطبى‌ها امكان چرخش و هم جهت شدن با ميدان اعمالى را از دست مى‌دهند، در حالى كه بقيه ساز و كارهاى قطبشى در كل ناحيه بسامدى فعال هستند (۲۲). همچنين ϵ'' نيز با افزايش بسامد به سرعت کاهش و بدون هيچ واهلشى کاهش مى‌يابد. علت اين امر آن است كه در بسامدهاى بالاتر، چگالى حالات سطحى (N_{ss}) نيمى‌تواند از ميدان متناوب پيروي كند و در نتيجه مقدار آن تقريباً ثابت مى‌ماند. چگالى حالات سطحى (N_{ss}) كه منشأ آنها ناخالصى‌ها، نقايص شبكه‌اى و جابه‌جا شدگى‌ها مى‌باشد، از جمله عوامل مهمى است كه پارامترهاى دى‌الكتريكي را تحت تاثير قرار مى‌دهد. حالات/تله‌هاى سطحى، حالتهاى الكترونيكى هستند كه داراى انرژى‌هاى در داخل گاف ممنوعه نيمرسانا هستند كه به هنگام فرآيند آماده‌سازى و ساخت قطعه در فصل مشترك فلز-نيمرسانا ايجاد مى‌شوند. اين حالات سطحى يا تله‌ها مى‌توانند با ذخير يا آزاد كردن بارهاى الكتريكي در هنگام بياس، موجب تغيير پارامترهاى الكتريكي و دى‌الكتريكي ساختارهاى شاتكى شوند. تانژانت اتلافي نيز در



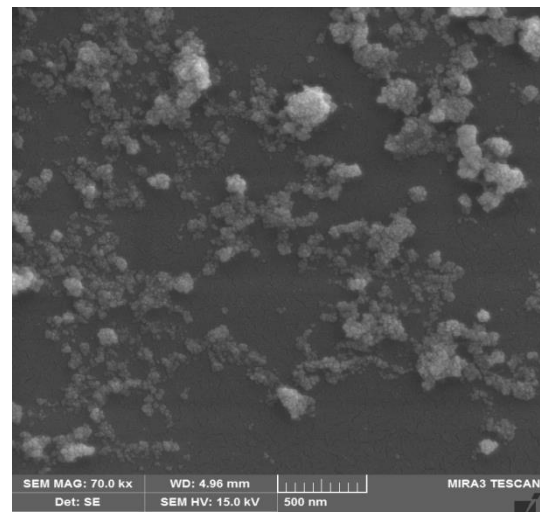
شكل (۱): تصوير شماتيك ساختار شاتكى Al/PVP: CdS /p-Si ساخته شده.



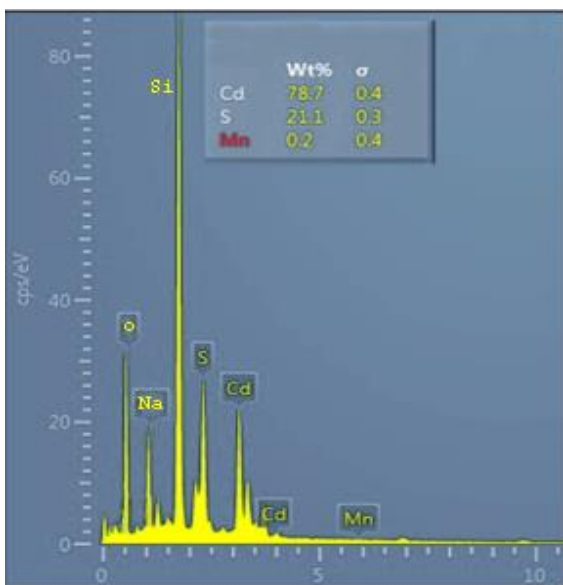
شکل (۲): الگوی پراش پرتو ایکس نانوساختارهای کادمیوم سولفید



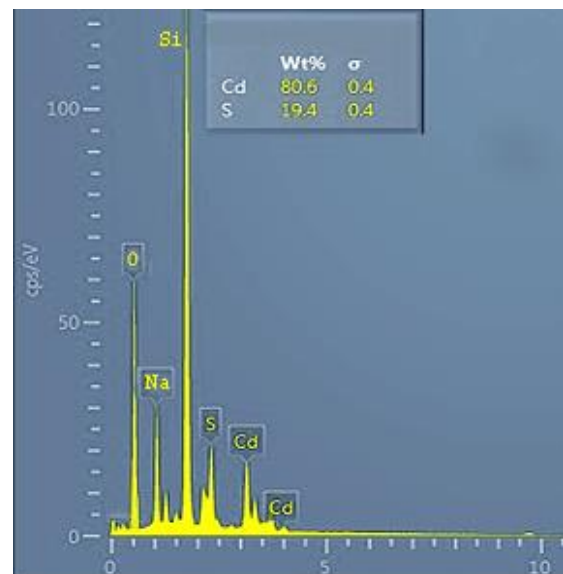
شکل (۴): تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی CdS شامل cc Mn.



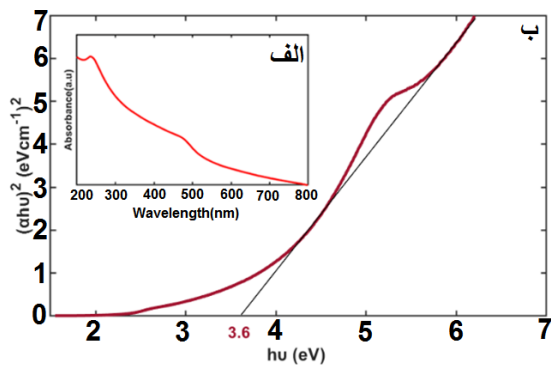
شکل (۳): تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی CdS.



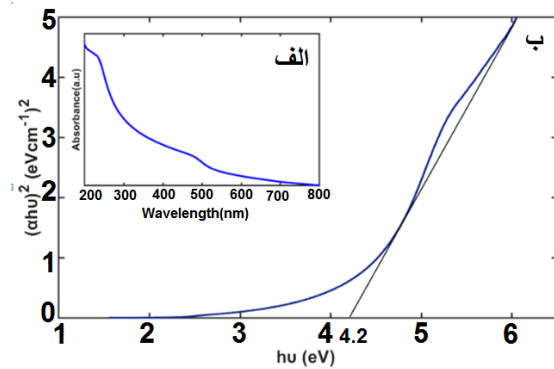
شکل (۶): پروفایل EDX مربوط به Mn-CdS cc.



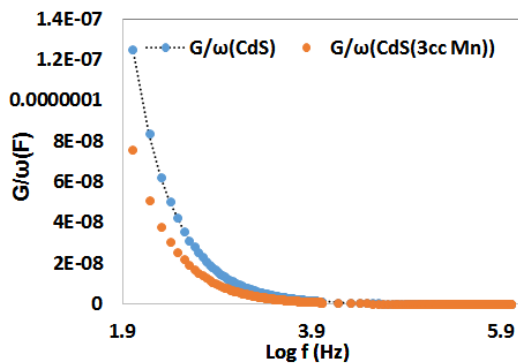
شکل (۵): پروفایل EDX مربوط به CdS.



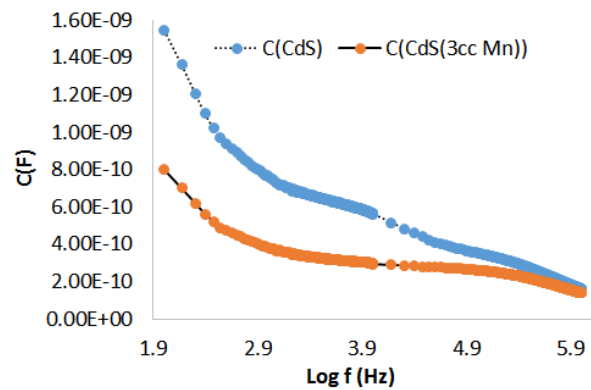
شکل (۸) الف - طيف جذبی و ب - گاف انرژی نانو ساختار CdS شامل ۳cc Mn.



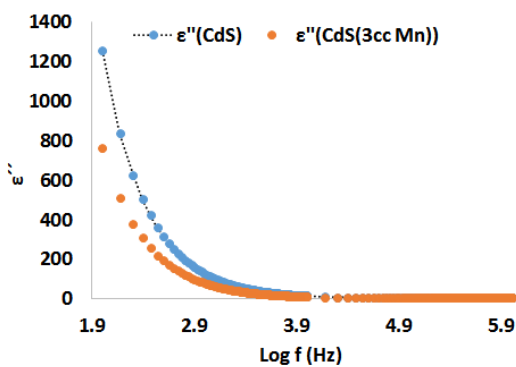
شکل (۹) الف - طيف جذبی و ب - گاف انرژی نانو ساختار CdS.



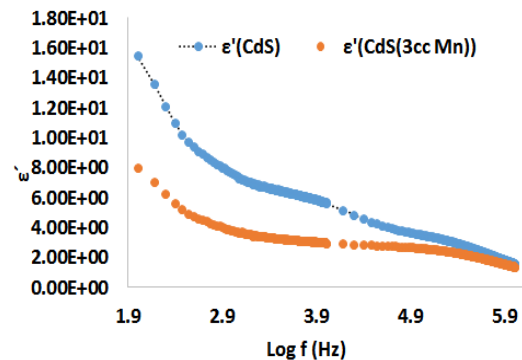
شکل (۱۰): نمودار G/ω -f مربوط به ساختار شاتکی MPS_1 و MPS_2 .



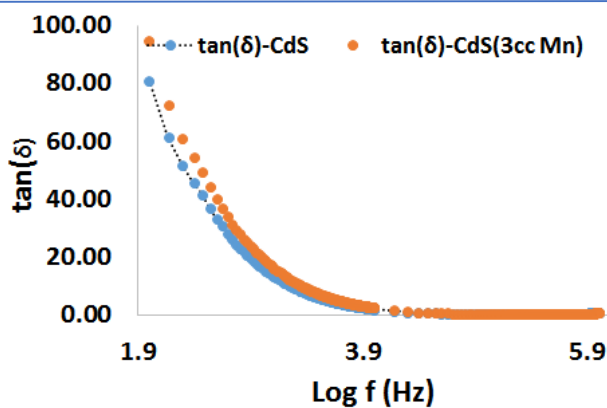
شکل (۱۱): نمودار c-f مربوط به ساختار شاتکی MPS_1 و MPS_2 .



شکل (۱۲): وابستگی بسامدی ϵ'' برای هر دو ساختار شاتکی MPS_1 و MPS_2 .



شکل (۱۳): وابستگی بسامدی ϵ' مربوط به ساختارهای شاتکی MPS_1 و MPS_2 .



شکل (۱۳): وابستگی بسامدی $\tan\delta$ ساختارهای شاتکی MPS_1 و MPS_2 .

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در این تحقیق، کلیه اطلاعات استفاده شده از مراجع دیگر، با اعلام رفرنس انجام شده است.

References

1. A. Buyukbas-Ulusan, et al. (2019). A comparative study on the electrical and dielectric properties of Al/Cd-doped ZnO/p-Si structures. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Volume 30, Number 13, pp. 12122-12129.
2. C. Sharma, et al., (2020). Effect of γ -ray irradiation on Schottky and ohmic contacts on AlGaIn/GaN heterostructures. *Microelectronics Reliability*, Volume 105, pp. 113565.
3. Y. Azizian-Kalandaragh, (2010) Dielectric properties of CdS-PVA nanocomposites prepared by ultrasound-assisted method. *Optoelectron Adv Mater Rapid Commun*, Volume 4, pp. 1655-1658.
4. A. Vearey-Roberts and D. Evans, (2005). Modification of GaAs Schottky diodes by thin organic interlayers. *Applied Physics Letters*, Volume 86, Number 7, pp. 072105.
5. M. Yıldırım, (2016). Current conduction and steady-state photoconductivity in photodiodes with bismuth titanate interlayer. *Thin Solid Films*, Volume 615, pp. 300-304.
6. A. Turut, et al. (2019). The current-voltage characteristics of the ferroelectric p-YMnO₃ thin film/bulk p-Si heterojunction over a broad measurement temperature range. *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 782, pp. 566-575.
7. Ç.G. TÜRK, et al. (2020). Frequency and voltage dependence of barrier height, surface states, and series resistance in Al/Al₂O₃/p-Si structures in wide range frequency and voltage. *Physica B: Condensed Matter*, pp. 411979.
8. S. Alptekin, and Ş. Altındal, (2019). A comparative study on current/capacitance: voltage characteristics of Au/n-Si (MS) structures with and without PVP interlayer. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Volume 30, Number 7, pp. 6491-6499.
9. S. Altındal, et al. (2020). The effects of (Bi₂Te₃-Bi₂O₃-TeO₂-PVP) interfacial film on the dielectric and electrical features of Al/p-Si (MS) Schottky barrier diodes (SBDs). *Physica B: Condensed Matter*, Volume 582, pp. 411958.
10. M. Lawrence, and Y. Jiang, (2017). Porosity, pore size distribution, microstructure, in *Bio-aggregates Based Building Materials*. Springer, pp. 39-71.
11. V. Bühler, (2005). Polyvinylpyrrolidone excipients for pharmaceuticals: povidone, crospovidone and copovidone. Springer Science & Business Media.
12. Ç. Bilkan, et al. (2019). Investigation of the efficiencies of the (SnO₂-PVA) interlayer in Au/n-Si (MS) SDs on electrical characteristics at room temperature by comparison. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Volume 30, Number 23, pp. 20479-20488.
13. K.G. Gareev, et al. (2020). Synthesis and Characterization of Polyaniline-Based Composites for Electromagnetic Compatibility of Electronic Devices. *Electronics*, Volume 9, Number 5, pp. 734.
14. T. Zhai, et al. (2010). One-dimensional CdS nanostructures: synthesis, properties, and applications. *Nanoscale*, Volume 2, Number 2, pp. 168-187.
15. H.B. Zeng, et al. (2010). Heteroepitaxial growth of ZnO nanorod arrays on GaAs (111) substrates by electrochemical deposition. *European Journal of Inorganic Chemistry*, Volume 27, pp. 4339-4343.
16. N. Baraz, et al. (2017). Electric and dielectric properties of Au/ZnS-PVA/n-Si (MPS) structures in the frequency range of 10–200 kHz. *Journal of Electronic Materials*, Volume 46, Number 7, pp. 4276-4286.
17. H. Tecimer, S.O. Tan and Ş. Altındal, (2017). Frequency-dependent admittance analysis of the metal-semiconductor structure with an interlayer of Zn-doped organic polymer

- nanocomposites. IEEE Transactions on Electron Devices, Volume 65, Number 1, pp. 231-236.
18. A. Ozkartal, et al. (2019). Electrical properties of Sn/Methyl Violet/p-Si/Al Schottky diodes. Materials Today: Proceedings, Volume 18, pp. 1811-1818.
19. S.A. Speakman, (2014). Estimating crystallite size using XRD. MIT Center for Materials Science and Engineering, pp. 03-08.
20. N. Kumar and S. Chand, (2020). Effects of temperature, bias and frequency on the dielectric properties and electrical conductivity of Ni/SiO₂/p-Si/Al MIS Schottky diodes. Journal of Alloys and Compounds, Volume 817, pp. 153294.
21. A. Tataroğlu, Ş. Altındal and Y. Azizian-Kalendaragh, (2020). CVf and G/ω-Vf characteristics of Au/(In₂O₃-PVP)/n-Si (MPS) structure. Physica B: Condensed Matter, pp. 411996.
22. Masoomeh Emadi, bizhan honarvar, Reza Zareinezhad. (2019). synthesis and Identification of superparamagnetic graphene oxide- Iron oxide nanoparticles coated by chitosan and modified by Amino acid. Journal of New Materials, Volume 9, Number 34, pp. 61-76.