

دراسة تأثير الإشابة بالنيكل في بعض الخصائص الضوئية لأغشية كبريتيد الفضة Ag_2S المحضرة بالحمام الكيميائي

محمد نور صالح طكو د. محمد علي الحجي، د. سليمان العصلي

كلية العلوم، قسم الفيزياء، جامعة إدلب

الملخص:

رسبت الأغشية الرقيقة لكبريتيد الفضة (Ag_2S) شبه الموصلة الشفافة بتقنية ترسيب الحمام الكيميائي على ركائز من الزجاج، كما رسبت أغشية (Ag_2S) المشوبة بالنيكل بالنسب الحجمية (2%-4%-8%)، وأظهر المسح الطيفي UV-VIS أن النفوذية في كل الأغشية لها نهاية صغرى في المجال فوق البنفسجي ضمن المجال $300-350nm$ وأصغر قيمة لها 5% في الغشاء النقي ثم تزداد بزيادة الطول الموجي زيادة سريعة لتصبح قيمتها 70%، تبدي الامتصاصية لكل الأغشية قمة في المجال فوق البنفسجي ضمن المدى $300-350nm$ وأكبر قيمة لها 1.3% في الغشاء النقي، ثم تتناقص بزيادة الطول الموجي تناقصاً سريعاً لتصبح قيمتها 0.2%، وتتناقص النفوذية وتزداد الامتصاصية بزيادة نسبة الإشابة، قيم الفجوة الطاقية تتغير ضمن المجال $2.12-2.23eV$ ، وتكون أكبر قيمة لها في الغشاء النقي.

الكلمات المفتاحية: غشاء رقيق، Ag_2S ، الحمام الكيميائي، الإشابة، الخصائص الضوئية لـ Ag_2S ، UV-VIS، النفوذية، فجوة الطاقة.

The Study of the Effect of Nickel Doping in some Optical Properties of Silver Sulfide (Ag_2S) Films Prepared by Chemical Bath Deposition.

Muhmamd Nor Tukko, Dr. Sulyma Alasly, Dr. Muhammad Alhajje

Faculty of Science, Department of Physics, Idlib University

Abstract:

Thin films of transparent semiconducting silver sulfide (Ag_2S) were deposited by chemical bath deposition technique on glass substrates. Additionally, ni-doped Ag_2S thin films were deposited in doping percentage of (**Ni2% - Ni4% - Ni8%**). UV-VIS spectroscopic analysis showed that the transmittance in all films had a minimum in the ultraviolet range within the range (**300-350 nm**), with the lowest value of **5%** in the pure film, which then increases rapidly with wavelength to reach **70%**. The absorbance of all film exhibited a peak in the ultraviolet field within the range (**300-350 nm**), with the highest value is **1.3%** in the pure film, and then decrease rapidly as the wavelength increased reaching **0.2%**, and the transmittance decreases and the absorbance increases with the increase in doping percentage. Energy gap values range within the (**2.12-2.23 eV**), with the highest value observed in the pure film.

Keywords: thin film, Ag_2S , chemical bath deposition, doping, optical properties of Ag_2S , UV-VIS, transmittance, energy gap.

1-1- المقدمة:

إن أحد مجالات الفيزياء تطوير الطرائق المعروفة التي توفر تكوين مركبات أشباه الموصلات الجديدة ذات الخصائص الحساسة في حالة الأغشية الرقيقة. ومن أشباه الموصلات المنتشرة على نطاق واسع Ag_2S ، يعد كبريتيد الفضة Ag_2S من المركبات المتميزة بسبب خصائصه الضوئية وتطبيقاته الكثيرة والمتنوعة. الأغشية الرقيقة لكبريتيد الفضة هي مادة لها تطبيقات في التقنيات الحديثة المتقدمة للخلايا الضوئية، والطلاءات الشمسية الانتقائية، والمكونات الإلكترونية المختلفة (Qin et al. 2022). حضرت الأغشية الرقيقة من (Ag_2S) بطرائق عدة، مثل الترسيبات الكيميائية (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020)، والتبخر الحراري (Calixto-Rodriguez et al. 2010)، والترسيب الكهربائي (O.K 2022)، والترسيب بالليزر النبضي (Dwech, Aadim, and Hamid 2020)، في هذه الدراسة سنحضر أغشية رقيقة Ag_2S باستخدام تقنية بسيطة وفعالة من حيث التكلفة وقابلة للتكرار تسمى طريقة الحمام الكيميائي، وعملنا على تصنيع أغشية كبريتيد الفضة النقية والمشوبة بالنيكل عند النسب الحجمية التالية ($Ni8\%-Ni4\%-Ni2\%$) وتتضح هذه النسب في الجدول (1)، ومن الطبيعي أن ترتبط نسبة الإشابة الوزنية بنسبة الإشابة الحجمية، وبما أننا لانستطيع تقنياً تحديد نسبة الإشابة الوزنية فقد اكتفينا بتحديد نسب الإشابة الحجمية، وهي حتماً (نسب الإشابة الحجمية) ستؤثر في الخصائص الضوئية للأغشية، مثل النفوذية والامتصاصية والفجوة الطاقية، مما يجعلها مفيدة في التطبيقات البصرية مثل الطلاءات العاكسة والمرشحات الضوئية، ودرسنا تأثير الإشابة في بعض الخصائص الضوئية للأغشية الناتجة.

1-2- بعض خصائص أشباه الموصلات:

1- مقاومتها الكهربائية ذات معامل حراري سالب أي أن توصيليتها الكهربائية تزداد بزيادة درجة الحرارة وهذا بعكس المواد الموصلة.

طكو، د. العصلي، د. الحجى

2- يؤدي وجود الشوائب أو العيوب البنيوية إلى تغيير في الخصائص الضوئية والكهربائية، فقد تؤدي إلى زيادة (أو انخفاض) توصيليتها الكهربائية نتيجة لظهور نوع واحد من حاملات الشحنة الحرة، مما يؤدي إلى تناقص أو اختفاء النوع الآخر.

3- المقاومة الكهربائية لأشباه الموصلات حساسة للضوء وتتغير عند تعرضه لضوء ذي طول موجي معين.

4- حساسة للضوء من خلال الظاهرة الكهروضوئية.

1-3- طريقة الحمام الكيميائي في ترسيب الأغشية الرقيقة (CBV):

في هذا العمل استعملت طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي لتحضير أغشية رقيقة من الـ Ag_2S ويعود سبب اختيارها لأنها طريقة بسيطة غير معقدة واقتصادية لقلّة تكلفة الأجهزة والمواد المستعملة إذ لا تحتاج إلى أجهزة معقدة ولا إلى درجات حرارة مرتفعة أو ضغط مرتفع وتعد أكثر الطرق أماناً، إذ إنها تتم بأجهزة بسيطة وفي درجات حرارة عادية وبالتالي لا ينتج عنها مواد كيميائية في طورها البخاري وهذا يجعل خطر استنشاق المواد الكيميائية السامة أقل. كما يمكن استخدام هذه الطريقة لتحضير أغشية رقيقة بأشكال مختلفة ومساحات كبيرة نسبياً بالمقارنة مع الطرائق الأخرى.

2- أهداف البحث وأهميته:

2-1- أهداف البحث:

الهدف من هذا العمل هو تحضير أغشية Ag_2S المترسبة كيميائياً، ودراسة تأثير درجة حرارة التحضير على الخصائص الضوئية لهذه الأغشية.

2-2- أهمية البحث بالنسبة للمجتمع والعلم والباحث:

1- تستخدم الأغشية الرقيقة لتعديل خصائص المواد في حالتها الكتلية.

- 2- عند ترسيب الأغشية الرقيقة من كبريتيد الفضة يمكن تغيير خصائصها الضوئية والبنوية، وذلك عند تغيير شروط الترسيب مثل درجة حرارة الترسيب أو تراكيز المواد المستخدمة أو درجة حرارة التلدين وزمن التلدين أو غيرها من الشروط، وهذا ينعكس على الأداء والكفاءة في التطبيقات المختلفة.
- 3- إمكانية تطوير أغشية رقيقة لـ Ag_2S وتغيير خصائصها عن طريق تغيير بعض شروط التحضير.

3- المواد وطرائق البحث:

3-1- الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث:

- 1- جهاز الأمواج فوق الصوتية Ultrasonic.
- 2- جهاز الترسيب بالحمام الكيميائي.
- 3- ميزان حساس من نوع Precisa بدقة $0.0001g$.
- 4- منظومة الترسيب بالحمام الكيميائي.
- 5- خلاط مغناطيسي من نوع Thermomac.
- 6- شرائح زجاجية مخبرية $(7.62mm \times 2.54cm \times 1.2mm)$.
- 7- ميزان حرارة حساس.
- 8- مجفف بحدود $300^\circ C$.
- 9- أنابيب اختبار، كؤوس، أسطوانات مدرجة، وغيرها من الزجاجيات.
- 10- جهاز قياس الخصائص الضوئية (UV-VIS) Spectrometer من نوع N4S.
- 11- برنامج تحليل بيانات (Origin Lap 2018).

3-2- تحضير الأغشية الرقيقة من الـ (Ag_2S) :

تمر عملية تحضير الأغشية الرقيقة بمراحل الآتية:

1. توفير المواد المطلوبة.
2. تنظيف الركائز الزجاجية.
3. تحضير المحاليل الكيميائية.
4. ترسيب المواد المطلوبة على الركائز الزجاجية.

3-2-1- المواد المستخدمة:

حضر 50ml من المحلول كما يأتي:

- 1- AgNO_3 نترات الفضة تركيزه 0.05M .
 - 2- $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ نترات النيكل تركيزه 0.05M .
 - 3- يخلط محلول نترات الفضة مع محلول نترات النيكل بالنسب الحجمية الموضحة بالجدول 1 بحيث يكون حجم المحلول الناتج 22.5ml.
 - 4- معقد ثلاثي إيثانول أمين 2.5 ml
 - 5- $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ ثوريا 0.4M حجمها 25ml
 - 6- الماء المقطر .
 - 7- أسيتون CH_3COCH_3 : هو مركب كيميائي عضوي ويكون على شكل سائل عديم اللون، يستخدم لتنظيف الشرائح الزجاجية.
- أخرجت الشرائح من الكأس بعد نصف ساعة ثم شطفت بالماء المقطر لإزالة العناصر غير الملتصقة جيداً، وجففت بمجفف هواء بارد للحصول على طبقة متجانسة وموحدة.

3-2-2- تهيئة الركائز الزجاجية:

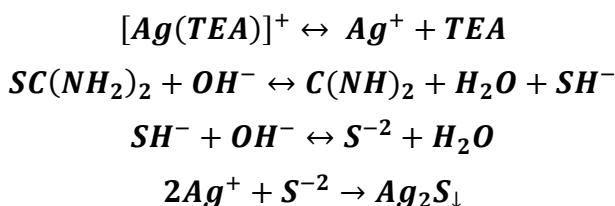
- A. اختيار الركيزة: استعملت ركائز زجاجية من الزجاج العادي (Glass Slide Microscopic 7101) أبعاده: العرض 26mm والطول 76mm والسماك 1.2mm.

B. تنظيف الركائز:

1. تنظيف الركيزة باستخدام سائل الغسيل وجهاز الأمواج فوق الصوتية من أجل إزالة آثار الدهون والشوائب العالقة على سطح الركيزة.
2. تنظيف الركيزة باستخدام مادة الأسيتون لمدة 20 دقيقة.
3. غسل الركيزة بالماء المقطر لمدة 20 دقيقة.
4. وأخيرا تجفيف الركيزة : بمجفف خاص مع تجنب للمس المباشر لاجتناب تلويثها.

3-2-3- ترسيب المواد المطلوبة على الركائز الزجاجية:

ترسب الأغشية بحسب المعادلات الآتية (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020):



وحصل على المحلول الكيميائي الكلي للترسيب، وغمرت الركائز المحضرة داخل المحلول بصورة عمودية للحصول على ترسيب متجانس لجميع أجزاء الغشاء.

3-2-4- الشروط التجريبية المتبعة في عملية الترسيب:

رسبت أربع أغشية، إذ ثبتت بعض العوامل المتمثلة في الكميات الوزنية ودرجة حرارة التحضير والتراكيز الأولية للمواد وزمن الترسيب والأس الهيدروجيني، أي أن التغيير يكون في نسبة الإشابة بالنيكل، إذ نضيف محلول نترات الفضة مع نترات النيكل بالنسب الموضحة في الجدول 1 ثم نضيف الثوريا والمعدن ثلاثي إيثانول أمين للحصول على الأغشية.

الجدول(1): يبين شروط تحضير أغشية Ag_2S بواسطة الحمام الكيميائي.

الرقم	رمز العينة	النسبة الحجمية لمحلول $AgNO_3$	النسبة الحجمية لمحلول $Ni(NO_3)_2$
1.	Ag_2S	100%	0%
2.	$Ag_2S:Ni2\%$	98%	2%
3.	$Ag_2S:Ni4\%$	96%	4%
4.	$Ag_2S:Ni8\%$	92%	8%

إذ صنع غشاء واحد من كل نوع.

3-3- طرائق دراسة الأغشية الرقيقة:

هناك عدد كبير من التقنيات لمعاينة الأغشية الرقيقة، وتسمح هذه الآليات بتحديد الخصائص البنيوية والكهربائية والضوئية للأغشية المحضرة، وكذا ملاحظة تأثير عوامل الترسيب على الخصائص الفيزيائية وتقديرها. تعتبر هذه التقانات من الأساليب الأنسب لمعرفة العديد من الثوابت المميزة لهذه الأغشية، ويقتصر هذا الجزء على تقديم المفاهيم النظرية حول طرائق المعاينة المستخدمة في هذا العمل وهي مطيافية UV.VIS لدراسة الخصائص الضوئية.

3-3-1- مطيافية UV.VIS لدراسة الخصائص الضوئية:

1- النفوذ والامتصاصية:

تعد دراسة الخصائص الضوئية لأنصاف النواقل ذات أهمية كبيرة في تحديد المعاملات الأساسية للانتقالات الإلكترونية إضافة إلى أنها تزودنا بمعلومات حول تركيب حزم الطاقة، وهي تعد إحدى الطرائق الرئيسة للحصول على معلومات عن الأغشية الرقيقة التي يستفاد منها في التطبيقات العملية.

عند مرور حزمة ضوئية في وسط فإنها تعاني التغيرات الآتية:

. تبعثر جزء من الحزمة الضوئية نتيجة الانعكاس عن الجسيمات التي تختلف مادتها عن مادة الوسط.

. امتصاص جزئي للحزمة الضوئية من قبل الوسط وذلك بتحول الطاقة الضوئية إلى شكل آخر من أشكال الطاقة.

. نفوذ جزئي للحزمة الضوئية خلال الوسط.

. تغير في استقطاب الحزم المنعكسة والحزم النافذة.

. تغير التركيب الطيفي للحزمة الضوئية نتيجة الامتصاص الانتقائي من قبل الوسط.

. ظهور التآلق أي يمكن أن يظهر في الوسط الذي تمر به الطاقة الضوئية إشعاع من نوع آخر أطواله الموجية لم تكن موجودة في حزمة الإثارة.

ومن ثم ستكون الشدة الكلية للحزمة الواردة I_0 مساوية إلى:

$$I_0 = I_t + I_a + I_r + I_d \quad (1)$$

إذ أن:

الشدة الضوئية الممتصة I_a ، الشدة الضوئية المنعكسة I_r .

الشدة الضوئية النافذة I_t ، الشدة الضوئية المتشتتة I_d .

1- الشدة الضوئية النافذة I_t وتقابلها النفوذية $T = \frac{I_t}{I_0}$ وهي قدرة

مادة معينة على السماح بمرور الضوء عند طول موجة معين من خلالها وتشير إلى نسبة شدة الضوء الذي يمر عبر مادة معينة مقارنة بالضوء الساقط عليها.

2- الشدة الضوئية الممتصة I_a وتقابلها الامتصاصية $A = \frac{I_a}{I_0}$

وهي قدرة مادة معينة على امتصاص الضوء عند طول موجة معين وهي النسبة بين شدة الضوء الساقط على المادة وشدة الضوء النافذ من خلالها.

3- الشدة الضوئية المنعكسة I_r وتقابلها الانعكاسية $R = \frac{I_r}{I_0}$ وهي

هي نسبة الشدة الضوئية المنعكسة عن سطح ما مقارنة بالشدة الضوئية الساقطة عليه عند طول موجي معين.

4- القسم المتشتت I_d إذ يهمل لصغره أمام الحدود الأخرى.

$$R + A + T = 1 \quad (2) \quad \text{مع ملاحظة أن:}$$

2- حساب سماكة الغشاء:

يمكن حساب سماكة الغشاء بالطريقة الوزنية حسب العلاقة: (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020)

$$t = \frac{m}{\rho S} \quad (3)$$

إذ:

(t) : سماكة الغشاء.

m : كتلة الغشاء.

ρ : الكتلة الحجمية لكبريتيد الفضة.

S : مساحة الغشاء المرسب.

وكانت السماكة الوسطية للأغشية $100nm$ واعتمدت في حساب معامل

الامتصاص واعتمدت هذه السماكة لحساب معامل الامتصاص وحسبت فجوة

الطاقة الضوئية إذ استخدمت هذه الطريقة (اعتماد السماكة الوسطية للأغشية)

في المرجع (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020).

3- تحديد معامل الامتصاص α :

يمكن من خلال طيف النفوذية تحديد معامل الامتصاص، وذلك باستخدام علاقة

Lambert - Beer-Bouguer أو ما يسمى قانون Beer الذي يعطى بالمعادلة

التالية:

$$T = \exp(-\alpha \cdot t) \quad (4)$$

إذ:

T: النفوذية.

α : معامل الامتصاص

t: سمك الغشاء الرقيق.

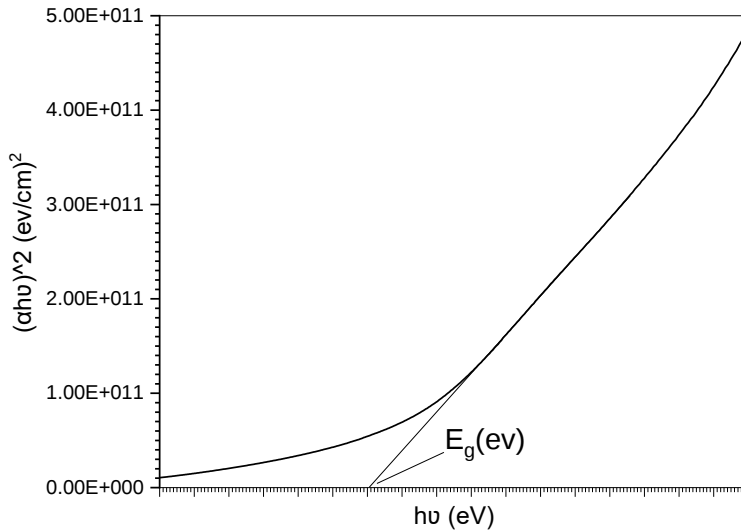
4- تحديد الفجوة الطاقية E_g (Mahanty et al. 1999):

$$(\alpha h\nu)^2 = B(h\nu - E_g) \quad (5)$$

إذ: (B) ثابت، $h\nu$ طاقة الفوتون eV .

برسم منحنى تغيرات $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة طاقة الفوتون $h\nu$ ويتمديد المستقيم أو المماس للمنحنى ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ ، نحصل على قيمة الفجوة الطاقية وفي هذه الحالة تتحقق المعادلة $h\nu = E_g$ كما هو موضح بالشكل الآتي:

4- النتائج والمناقشة: نتائج القياسات الضوئية:

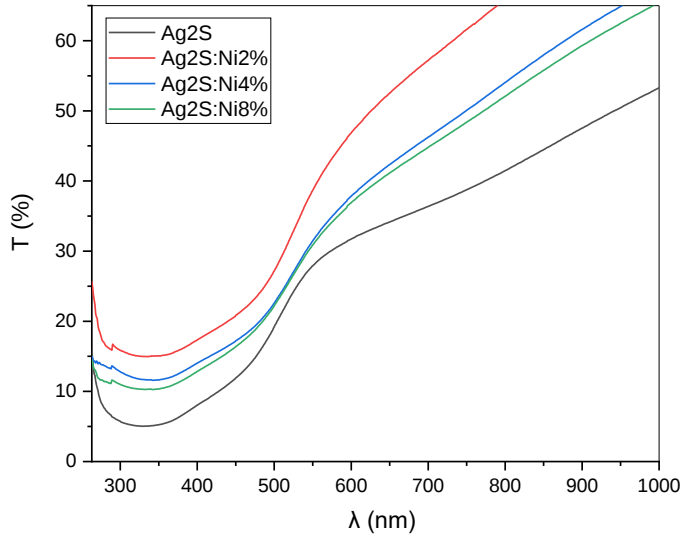


تضمنت القياسات الضوئية دراسة تأثير إشابة أغشية كبريتيد الفضة بالنيكل على الخصائص الضوئية، إذ سجل طيفاً النفوذية والامتصاصية، وصفر جهاز UV-VIS بوضع شريحة زجاجية نظيفة وذلك لحذف طيف الزجاج فيكون الطيف الناتج للأغشية المترسبة فقط، حسب سمك الفلم بالطريقة الوزنية باستخدام العلاقة (3): وكانت السماكة الوسطية للأغشية 100nm (تقريباً)، واعتمدت هذه السماكة لحساب معامل الامتصاص (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020)، وحسبت فجوة الطاقة الضوئية.

4-2-1 - النفوذية:

قيس طيف النفوذية لأغشية (Ag₂S) النقية والمشوبة بالنيكل ضمن مجال الأطوال الموجية من 263nm حتى 1000nm، ويوضح الشكل (1) النفوذية (كدالة للطول الموجي) لأغشية كبريتيد الفضة النقية والمشوبة بالنيكل إذ نلاحظ وجود نهاية صغرى للنفاذية في المجال فوق البنفسجي ضمن المدى (300-350nm) وأصغر قيمة لها 5% في الغشاء النقي ثم تزداد بزيادة الطول الموجي زيادة سريعة لتصبح قيمتها 70% بالاتفاق مع (Ezenwa, Na, and Egwunyenga 2012)، وتكون النفوذية في الأغشية المشوبة ذات قيمة أكبر منها في الأغشية النقية، لأن قيم الفجوة الطاقية في الأغشية المشوبة

أصغر منها في الأغشية النقية، ما يؤدي إلى نقصان عدد الانتقالات الإلكترونية بين حزمتي التكافؤ والناقلية في الأغشية المشوبة، فتتناقص الامتصاصية وتزداد النفاذية.



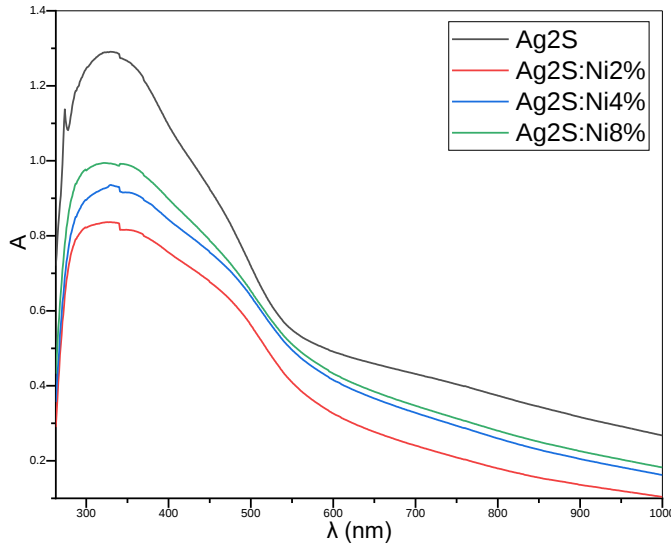
الشكل (1) منحنيات النفاذية للأغشية النقية والمشوبة بالنيكل بالنسب (2%-4%-8%).

ويبين الجدول التالي قيم النهايات الصغرى للنفاذية والأطوال الموجية الموافقة لها للعينات:

الجدول (2): النهايات الصغرى والاطوال الموجية الموافقة لها للنفاذية للعينات:

العينه	$T_{min} (\%)$	$\lambda (nm)$
Ag ₂ S	5.03	328
Ag ₂ S:Ni2%	14.96	336
Ag ₂ S:Ni4%	11.58	343
Ag ₂ S:Ni8%	10.27	342

4-2-2- الامتصاصية:



حصل على طيف الامتصاصية دالة للطول الموجي ضمن المجال $nm (1000-263)$ لجميع أغشية Ag_2S النقية والمشوبة ، إذ تبين لنا أن طيف الامتصاصية لجميع الأغشية يحوي قمة امتصاص في المجال فوق البنفسجي في المدى $nm (300-350)$ ثم هناك هبوط سريع للامتصاصية عند $nm (420 \pm 20)$ لتصبح قيمتها أقل من $A=0.1$ وتوافقت النتائج مع (Yadu, Pateria, and Deshmukh 2020)، ويمثل الشكل (2) مخطط الامتصاصية لأغشية Ag_2S النقية أما الأغشية المشوبة بالنيكل، فنلاحظ أن قيمة الامتصاصية في الأغشية المشوبة أصغر منها في الأغشية النقية لأن قيم الفجوة الطاقية في الأغشية المشوبة أصغر منها في الأغشية النقية، الذي يؤدي إلى نقصان عدد الانتقالات الإلكترونية بين حزمتي التكافؤ والناقلية في الأغشية المشوبة، وتزداد الامتصاصية عند زيادة نسبة الإشابة وذلك بسبب زيادة العيوب البلورية بزيادة نسبة الشوائب. الشكل (2) مخطط الامتصاصية لأغشية (Ag_2S) النقية والمشوبة بالنيكل بالنسب $(2\%-4\%-8\%)$. ونلاحظ

في الجدول الآتي قمم مخطط الامتصاصية في جميع الأغشية والأطوال الموجية المرافقة له. الجدول (3): يوضح قمم مخطط الامتصاصية للأغشية:

العينة	$A_{\max}$	$\lambda(\text{nm})$
Ag_2S	1.291	329
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}2\%$	0.8364	330
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}4\%$	0.9357	330
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}8\%$	0.9942	321

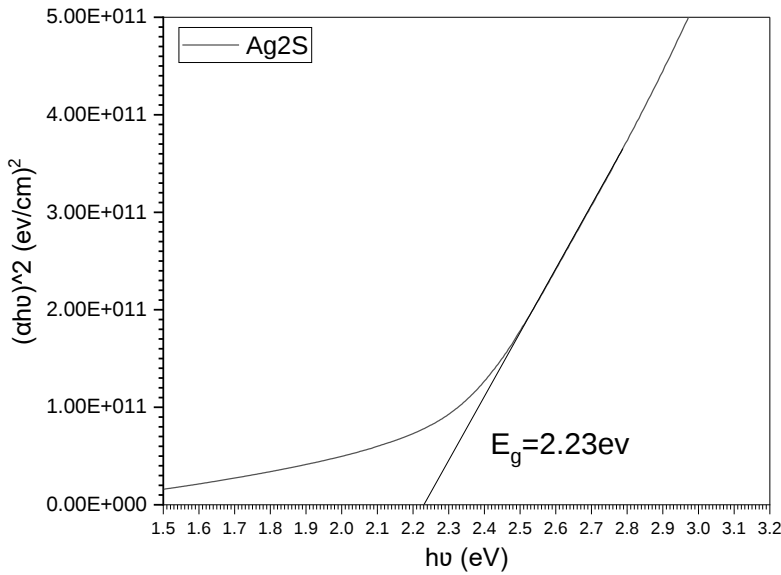
4-2-3- تحديد الفجوة الطاقية E_g :

حسبت قيمة فجوة الطاقة الضوئية للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة من خلال طريقة (tauc) وذلك باستخدام المعادلة (5) وذلك من خلال رسم العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وبين $(\alpha h\nu)^2$ وبرسم المماس الخارجي لمنطقة الامتصاص العالي للمنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عندما ($y=0$) إذ تمثل نقطة التقاطع عند المحور x هي قيمة الفجوة الطاقية، ويوضح الشكل (3) قيمة الفجوة الطاقية لجميع الأغشية المحضرة، وتم إيجاد قيم الفجوة الطاقية لجميع الأغشية وترد في الجدول الآتي:

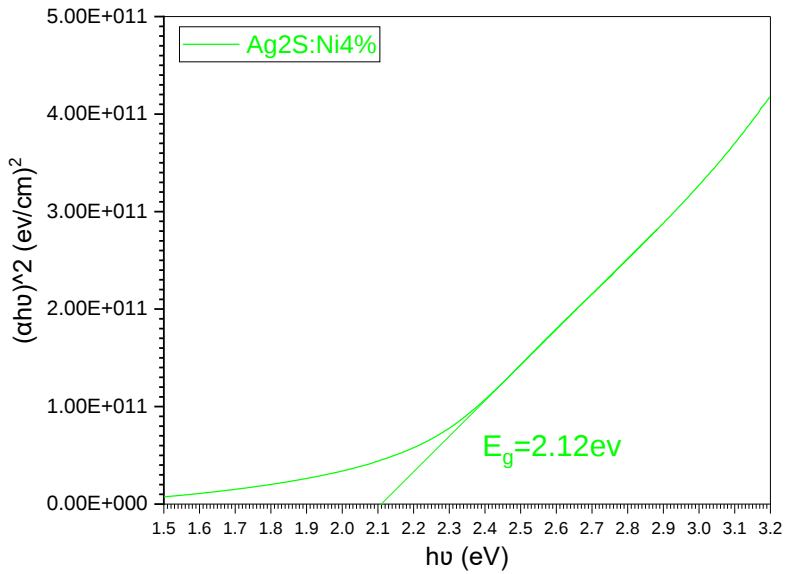
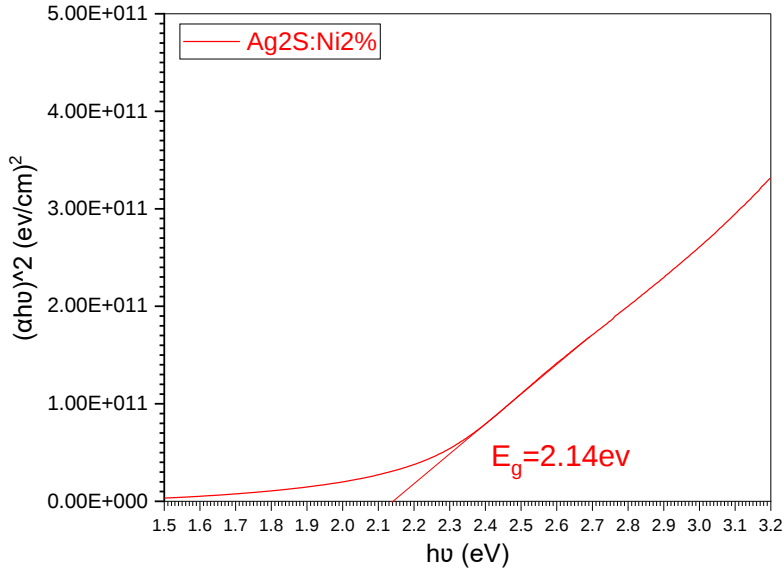
الجدول (4): قيم الفواصل الطاقية لجميع الأغشية

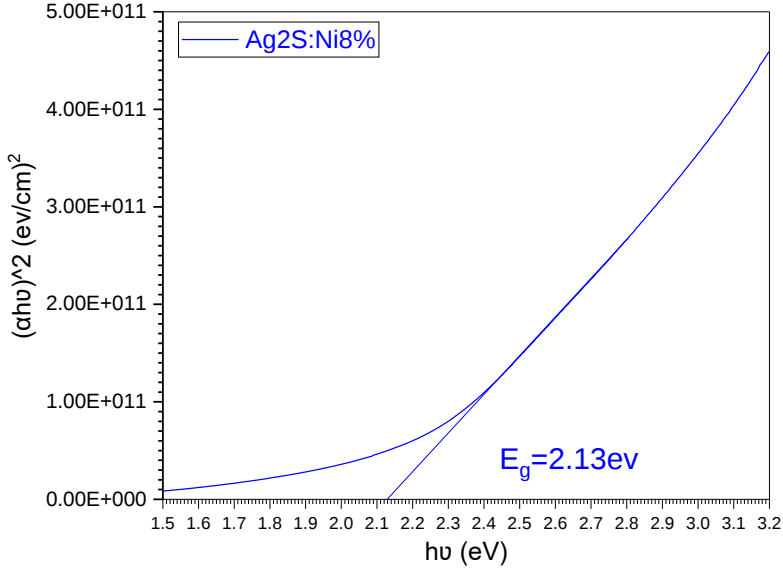
الفلم	$E_g (\text{ev})$
Ag_2S	2.23
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}2\%$	2.14
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}4\%$	2.12
$\text{Ag}_2\text{S}:\text{Ni}8\%$	2.13

نلاحظ أن قيم الفجوة الطاقية للأغشية المشوبة أكبر منها عند الإشابة، بسبب نقصان عدد الانتقالات الإلكترونية بين حزمتي التكافؤ والناقلية بسبب تشكل سويات طاقية قريبة من حدود حزمة الناقلية ناتجة عن الشوائب، إن أصغر قيمة للفجوة الطاقية في الأغشية المشوبة بالنيكل عند الغشاء $\text{Ag}_2\text{S:Ni4\%}$ ، بينما أكبر قيمة للفجوة الطاقية



في الأغشية المشوبة تكون عند الغشاء $\text{Ag}_2\text{S:Ni2\%}$.





الشكل (3) الفجوة الطاقية لجميع الأغشية

5- الاستنتاجات:

- 1- رسبت جميع أغشية (Ag₂S) الرقيقة على ركائز من الزجاج باستخدام تقنية الحمام الكيميائي وتمت إشتابها بالنيكل بالنسب الحجمية (2%-4%-8%).
- 2- تبدي النفوذية لكل الأغشية نهاية صغرى في المجال فوق البنفسجي ضمن المدى (300-350) nm وأصغر قيمة لها 5% في الغشاء النقي ثم تزداد بزيادة الطول الموجي زيادة سريعة لتصبح قيمتها 70% ما يتيح استخدام هذه الأغشية في التطبيقات الإلكترونية.
- 3- تبدي الامتصاصية لكل الأغشية قمة في المجال فوق البنفسجي ضمن المدى (300-350) nm وأكبر قيمة لها 1.291% في الأغشية النقية ثم

تتناقص بزيادة الطول الموجي تناقصاً سريعاً لتصبح قيمتها 0.1% ما يتيح استخدام هذه الأغشية في التطبيقات الإلكترونية.

4- في الأغشية المشوبة تنخفض قيمة النفوذية وتزداد قيمة الامتصاصية عند زيادة نسبة الإشابة بسبب زيادة العيوب البلورية في الأغشية بزيادة نسبة الشوائب.

5- عند اشابة أغشية كبريتيد الفضة بالنيكل، تتشكل سويا ت طاقة قريبة من حدود حزمة الناقلية ناتجة عن الشوائب تسبب نقصان عدد الانتقالات الإلكترونية بين حزمي التكافؤ والناقلية، ما يسبب نقصاناً في قيمة الفجوة الطاقية.

6- إن نقصان قيمة الفجوة الطاقية في الأغشية المشوبة يسبب نقصان الامتصاصية وزيادة النفوذية.

7- قيم الفجوة الطاقية تتغير ضمن المجال $eV (2.12-2.23)$ وأعلى قيمة لها في الأغشية النقية وأقلها في الغشاء المشوب بالنيكل بنسبة 4% .

6- المقترحات والتوصيات:

1. إشابة أغشية كبريتيد الفضة بالرصاص ودراسة تأثير الإشابة على خصائص الأغشية الفيزيائية.
2. ترسيب أغشية كبريتيد الفضة بطريقة التغطية بالدوران.
3. تحضير أغشية كبريتيد الفضة بطرق فيزيائية وكيميائية مختلفة، ومقارنة التصاقية الأغشية بالمساند في كل طريقة.
4. تصنيع خلية شمسية بحيث يكون كبريتيد الفضة طبقة منها وحساب المردود.

7- Foreign References:

1. Calixto-Rodriguez, M. et al. 2010. "Optical and Electrical Characterization of AgInS₂ Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis." In Materials Science and Engineering: B.,
2. Dwech, Majed H., Kadhim A. Aadim, and Luay A. Hamid. 2020. "Influence of Laser Energy on the Characteristics of Ag₂S/ITO Thin Films Solar Cell Prepared by PLD Technique." AIP Conference Proceedings 2213(March).
3. Ezenwa, I A, Okereke Na, and N J Egwunyenga. 2012a. "Optical Properties of Chemical Bath Deposited Ag₂S Thin Films." 7(1): 59–63.
4. Mahanty, S., D. Basak, F. Rueda, and M. Leon. 1999. "Optical Properties of Chemical Bath Deposited CdS Thin Films." Journal of Electronic Materials 28(5): 559–62.
5. O.K, Shuaibov. 2022. "Electrophysical Characteristics of Gas-Discharge Synthesis of Thin Films On The Basis Of a Superion Conductor (Ag₂s) In Air." Pharmaceutics and Pharmacology Research 5(7): 01–06.
6. Qin, Liyun et al. 2022. "Enhancement of Infrared Response Speed via Modulating Crystallinity of Highly-Oriented PbS Polycrystalline Thin Films." Infrared Physics and Technology 121.
7. Yadu, Goverdhan, M. Akash Pateria, and K. Deshmukh. 2020. "Study of Ho Doped Ag₂S Thin Films Prepared by CBD Method." Materials Science- Poland 38(1): 206–13.