وزارة التعليم العالي والبحث والعلمي
جامعـــة بـابــل
كليـــة العلــوم للبنـــات
قسم فيزيـــاء اللـــيزر

دراسة الخواص البصرية لأغشية $KMnO4$ المحضرة بطريقة الترسيب بالليزر النبضي

بحث مقدم الى

مجلس كلية العلوم للبنات جامعة بابل و هو جزء من متطلبات

نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء- الليزر

من قبل الطالبة

بنت الهدى ظاهر جبر

بأشراف

الدكتورة جنان علي عبد

1444 هـ 2023م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ أَلَمْ نَشْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ (1) وَوَضَعْنَا عَنكَ وِزْرَكَ (2) الَّذِي أَنقَضَ
ظَهْرَكَ (3) وَرَفَعْنَا لَكَ ذِكْرَكَ (4) فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (5) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا
(6) فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ (7) وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب (8)﴾

صدق الله العظيم

(سورة الشرح - الاية 1-8)

الإهداء

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار ....إلى من احمل اسمه بكل فخر ارجوا من الله ان يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان قطفها بعد طول انتظار--- " والدي العزيز"

إلى ملاكي في الحياة إلى معنى الحب والحنان والتفاني ....إلى بسمة الحياة وسر الوجود ...إلى من كان دعائها سر نجاحي ...الى "أمي الحبيبة "

الى من اشد بهم ازري وهم سندي في الحياة اخوتي واخواتي ...

الى من يسره نجاحي وتفوقي ...

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

الشكر والتقدير

في البدا ية ال شكر والحـ مد لله جل جلا له فال ية ين سب الف ضل ك له في إكمال والكمال ويبقى لله وحده ثم إلى والداي على ما بذلوه من جهد منذ ولاد تي إلى هذه اللحظات، ويسرني ان أو جه شكري لكل من ار شدني او وج هني او ساهم م عي في إ عداد هذا البـ حث بإي صالي للمرا جع والم صادر المطلوبة في كل مرحله من مراحله البحث، واشكر على و جه الخصوص مشرف البحث الدكتورة (جنان علي عبد)على مساندتي وإر شادي كما اتمنا لها المزيد من التقدم والتوفيق

واتقدم بالشكر والتقدير إلى الأستاذ رافع طعمه على ما اسداه لنا من توجيهات قيمة في الجا نب العملي من البحث كا نت لنا عو نا في إ تمام هذا الإنجاز اسال الله له التوفيق والازدهار

قائمة المحتويات

ت	الموضوع	الصفحة
.1	الاية القرانية	ب
.2	الاهداء	ج
.3	الشكر والتقدير	د
.4	قائمة المحتويات	هـ
.5	الخلاصة	ز
	الفصل الاول : الجزء النظري	
1-1	مقدمة عن الأغشية الرقيقة	2
2-1	الترسيب بالليزر النبضي	3
3-1	ميكانيكية الترسيب بالليزر	4
4-1	نمو الأغشية بطريقة (PLD)	5
5-1	خصائص برمنغنات البوتاسيوم	6
6-1	أشباه الموصلات Semiconductors	6
7-1	الخواص البصرية لأشباه الموصلات	8
8-1	الثوابت البصرية Optical Constants	14
9-1	الهدف من البحث	15
	الفصل الثاني : الجزء العملي	
1-2	المقدمة	17
2-2	تحضير أقراص المادة	17
3-2	تحضير القواعد الزجاجية	17

2-4	منظومة الترسيب بالليزر النبضي	18
2-5	منظومة الليزر	18
2- 6	عملية الترسيب	19
2-7	قياس السمك	19
2-8	القياسات البصرية	20
الفصل الثالث: النتائج والمناقشة		
1-3	الخواص البصرية	28-23
المصـــادر		32-30

الخلاصة :

تم ترسيب أغشية رقيقة من برمنغنات البوتاسيوم (KMnO4) بواسطة تقنية الليزر النبضي على ركائز زجاجية عند درجة حرارة 250درجة مئوية . وتم دراسة تأثير عدد النبضات على الخواص البصرية لأغشية .(KMnO4) حيث تحتوي الاغشية على معامل امتصاص اكبر من $10^4\ cm$ في المنطقة المرئية والفوق البنفسجية .وان قيمة فجوة الطاقة تقل بشكل طفيف بزيادة عدد النبضات إن طيف النفاذية لأغشية KmnO4 لعدد نبضات مختلفة يُشير إلى أن (40_80%) من الانتقالات تكون ضمن NIRوالمنطقة المرئية وهذا هو سبب استخدام اغشية برمنغنات البوتاسيوم في نوافد الخلية الشمسية .

الفصل الأول

الجزء النظري

الفصل الاول

الجزء النظري

1-1مقدمة عن الأغشية الرقيقة

تعد فيزياء الأغشية الرقيقة واحدة من الفروع المهمة في فيزياء الحالة الصلبة التي تتعامل مع أنظمة ذات سمك قليل جداً يتراوح بين عشرات النانومترات وبضع من مايكرومتر [1,2] وترسب على مواد صلبة تعرف بقواعد الاساس (Substrate) تعتمد على طبيعة الدراسة، ومن هذه المواد الزجاجية بأشكالها والسليكون وبعض الأملاح والمعادن والبوليمرات [3].

أسهمت تقنية الأغشية الرقيقة اسهاماً كبيراً في دراسة اشباه الموصلات والتي بدأ الاهتمام فيها منذ أوائل القرن التاسع عشر [4]، واعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكيميائية التي تختلف عن خواص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية(Bulk) [5] وللأغشية الرقيقة تطبيقات عملية كثيرة يمكن ان نذكر منها ما يأتي:

1-التطبيقات الالكترونية Electrical Applications

تم استخدام الأغشية الرقيقة للاستعاضة عن كثير من اجزاء الدوائر الالكترونية التي تُعطي صفات مماثلة بكفاءة اكبر كالمقومات (Rectifiers) والمتسعات (Capacitors) والترانزستورات (Transistors) والحاسبات الرقمية (Digital Computers).

2-التطبيقات البصرية Optical Applications

استعملت الأغشية الرقيقة في عملية التداخل المستخدمة في اجهزة الاستنساخ والتصوير الفوتوغرافي، كذلك استخدمت في طلاء العدسات والمرايا والمرشحات لبعض الاطوال الموجية ذات الموصفات الخاصة للاستفادة منها في الخلايا الضوئية (Photocells) والخلايا الشمسية (Solar cells) والكواشف (Detectors) بشكل عام. [6,7]

إن التطور الحاصل في مجال الاغشية الرقيقة ادى الى تنوع البحوث التي تعنى بدراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الاغشية، وقد أسهمت الطرائق الحديثة لتحضير اغشية رقيقة ذات مواصفات على درجة عالية من النقاوة والدقة والسيطرة على سمك الغشاء وتجانسه مما يتطلب منظومات واجهزة دقيقة ومعقدة

تحتاج الى تكاليف باهضة، كل ذلك ادى الى البحث عن طرائق تكون فيها كلفة التحضير منخفضة وبأجهزة اقل تعقيداً، علما بان الاغشية المحضرة بهذه الطرائق قد تكون اقل جودة وكفاءة مقارنة بالاغشية المحضرة باستخدام الطرائق المتطورة، ومع ذلك فبالإمكان تحضير أغشية ذات مواصفات جيدة يمكن الاستفادة منها في تطبيقات عملية مهمة في مجالات متعددة , ومن هذه التقنيات طريقة الترذيذ (Sputtering)، الرش الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)، التبخير الوميضي (Flash evaporation)، طريقة التبخير الحراري في الفراغ (Thermal Evaporation in Vacuum) [8], وطريقة الترسيب بالليزر النبضي([9] Pulsed Laser Deposition) والتي تعد من الطرق الحديثة وقد إتبعنا الطريقة الاخيرة في بحثنا لتحضير اغشية$Kmno4$ لعدة مزايا مثل: 1- لديه القدرة على الحفاظ على مكونات مادة الهدف أثناء عملية الترسيب. 2- إنتاج أغشية عالية الجودة في درجة حرارة منخفضة نظرا إلى الطاقة الحركية العالية للذرات المتأينة عند حدوث البلازما.3- نظيفة ومتوسطة التكلفة نوعا ما [10].

1-2 الترسيب بالليزر النبضي Pulsed Laser Deposition

تعد طريقة الترسيب بالليزر واسعة الاستعمال حيث يوضع مصدر الطاقة خارج حجرة الترسيب، كذلك تعتمد فراغاً عالياً ويمكن إدخال غاز داخل حجرة الترسيب. استخدمت تقنية الترسيب بالليزر النبضي لأول مرة من قبل [11] Smith and Turner سنة 1965 في تحضير أشباه الموصلات وأغشية رقيقة من العوازل، وأثبت هذا العمل من قبل الباحث Dijkkamp وجماعته [12] على أشباه الموصلات بدرجات الحرارة العالية في سنة 1987.

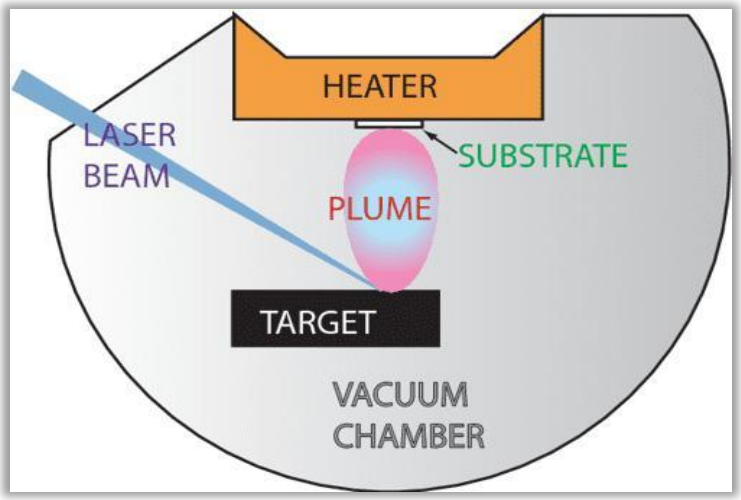
في طريقة الترسيب بالليزر يتكون الغشاء الرقيق المحضر بوساطة تذرية واحد أو أكثر من هدف مشعع عند سقوط نبضة الليزر على الهدف [13] . طبقت هذه التقنية في تصنيع الأغشية الرقيقة ، حيث إن شدة النبضة الليزرية أضافت مميزات جديدة لمراحل تكوين الغشاء في طريقة الترسيب بالليزر النبضي (PLD) ، وأتبعت هذه الطريقة لإنماء عدة طبقات [14] . وإن الميزة الأساسية التي تتمتع بها تقنية التبخير الحراري بالليزر هي أن مادة الهدف تتذرى بوساطة نبضات الليزر وتترسب على القاعدة ، وأن المواد المبخرة سوف تصل إلى القاعدة في فترة زمنية متزامنة.

وفي الوقت الحالي تستخدم تقنية التبخير بالليزر النبضي (PLD) بأمد نبضة قصير جدا (ns) للحصول على أغشية رقيقة لتصنيع الأجهزة الإلكترونية والبصرية. ولقد أخذت تقنية التبخير بالليزر اهتماما كبيراً ، وهناك عدة عوامل تؤثر في خصائص الغشاء المحضر بهذه الطريقة مثل كثافة طاقة الليزر ، درجة حرارة القاعدة ، ضغط الغاز وقيمة الفراغ . ومن تطبيقات إنماء الأغشية الرقيقة بهذه الطريقة هي صناعة الكواشف ، متسعات الأغشية الرقيقة ، الأجهزة السمعية والأجهزة الكهروبصرية [15].

في هذا البحث سوف يتم تحضير برمنغنات البوتاسيوم $(KMnO_4)$ والذي يكون على شكل بلورات بنفسجية محمرة ،لها بريق معدني ،وكثافته $2.70\ g/cm^3$ ونقطة انصهار $270\ C°$.

3-1 ميكانيكية الترسيب بالليزر

يوضح المخطط في الشكل (1-1) تقنية التبخير الحراري بالليزر، حيث توضع مادة الهدف في حجرة تفريغ عالية بزاوية 45° مع الليزر النبضي الساقط. الذرات والايونات المتذرية من الهدف سوف تترسب على القاعدة، حيث يكون سطح القاعدة دائماً بصورة موازية لسطح الهدف وبينهما مسافة معينة [16].



شكل (1-1) : ميكانيكية ترسيب الأغشية بالليزر

عند تصميم حجرة ترسيب الأغشية الرقيقة بطريقة PLD يؤخذ بنظر الاعتبار النقاط الآتية [16]:

1- شعاع الليزر يسقط بصورة مباشرة على سطح الهدف، وتستعمل عدسة ذات بعد بؤري مناسب لتبؤر شعاع الليزر ليمر من خلال نافذة بصرية تسمح بمرور شعاع الليزر إلى داخل حجرة الترسيب أو استخدام ناقوس زجاجي يسمح بمرور شعاع الليزر.

2- تدور مادة الهدف بمستويين y , x نسبة لشعاع الليزر، وذلك لضمان بقاء بؤرة شعاع الليزر منتظمة مع كل نبضة .

3- تسخن قواعد الترسيب تسخيناً أولياً قبل عملية الترسيب للحصول على التصاقية عالية للغشاء .

4- في بعض الأحيان قد تجهز حجرة الفراغ لمنظومة الترسيب بالليزر بغازات مختلفة مثل (N2 , O2 أو غيرهما) عندما يتطلب حدوث تفاعل ما بين الغاز ومادة الغشاء أثناء عملية نمو الغشاء .

1-4 نمو الأغشية بطريقة (PLD)

تتشابه آلية نمو الأغشية الرقيقة بطريقة PLD مع الطرائق الأخرى من تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة من حيث تكون الجزر وازدياد التحامها ونمو الغشاء، وتختلف عنها بكونها تقنية طبقات متعددة مترسبة طبقة بعد أخرى ، إذ إن كل طبقة تنتج عن نبضة واحدة ويزداد سمك الطبقة الواحدة كلما ازدادت كثافة القدرة لنبضة الليزر. وعليه يمكن أن نطلق على نمو الغشاء بطريقة الليزر نمواً ببعدين إذا اعتمدنا السمك الرقيق (الذي يقارب سمك ذرة واحدة أو عدد من الذرات)، في حالة كون شدة شعاع الليزر أو طاقته مقاربة إلى حد العتبة، ويسمى الترسيب ببعد واحد إذا اعتمد الوصف للسمك . إن هذا النمو يطلق عليه نمو بموازاة القاعدة ويكون في الغالب اكبر من النمو العمودي بسبب الانتشار السطحي للذرات وهي صفة مميزة لآلية نمو الأغشية الرقيقة بطريقة الترسيب بالليزر [17] . ويتحقق ذلك عملياً كلما اقتربنا من السيطرة على العوامل المؤثرة في نمو الغشاء بانتظامية توزيع عالية، وهي مقدار الفراغ والمسافة بين القاعدة والهدف المشعع ودرجة حرارة القاعدة وشدة أو طاقة شعاع الليزر .

1-5 خصائص برمنغنات البوتاسيوم

تعد برمنغنات البوتاسيوم عامل أكسده غير عضوي قوي تتكون$KMnO_4$ من ايونين ولها خصائص مهمه من هذه الخصائص تكون غير مكلفه وأمنه وغير سامه ومتوفرة بشكل شائع [18] وبصوره عامه تستخدم برمنغنات البوتاسيوم لأكسدة المواد السامه وتطهير المياه بالإضافة إلى انها تستخدم في تدمير الطحالب في مياه الصرف الصحي[19-20] لها العديد من التطبيقات في مختلف المجالات منها الطب ، الحفر ، المجالات الكهروكيميائية [21]

1-6 أشباه الموصلات Semiconductors

كانت لأشباه الموصلات الدور الأعظم في تطور التقنية المعاصرة . وذلك من خلال التحكم في خواصها بواسطة الطرق المختلفة لتحضيرها . فضلا عن سهولة الحصول عليها وقلة تكاليفها .

تمتاز هذه المواد بوجود فجوة طاقة صغيرة نسبياً بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل . إذ إن طاقة حرارية في درجات معتدلة تكون كافية لرفع بعض إلكترونات التكافؤ من حزمة التكافؤ(Valence Band) إلى حزمة التوصيل (Conduction Band) مخلفة عدداً متساوياً من الفجوات (Holes) في حزمة التكافؤ، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة التوصيلية الكهربائية بارتفاع درجة الحرارة بشكل ملحوظ. إن الفجوات في أشباه الموصلات تساهم في التوصيلية الكهربائية إلى جانب مساهمة الإلكترونات فكلما تكرر قفز الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ، تكررت عملية ظهور فجوة في حزمة التكافؤ أي تكررت عملية توليد أزواج إلكترون – فجوة (Electron – Hole) . وأشباه الموصلات مواد تمتلك قابلية على التوصيل الكهربائي في درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق(0^oK) و عازلة عند درجات الحرارة الواطئة (الصفر المطلق) [22], وتتأثر توصيلتها بعوامل كثيرة منها الحرارة و الضوء والمجال المغناطيسي, ويؤثر فيها وجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة, وان حساسية شبه الموصل تجاه هذه العوامل تجعله مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الإلكترونية [23] .

ويمكن توضيح مميزات أشباه الموصلات بالنقاط الآتية:

- تمتلك مقاومة ذات معامل حراري سالب (Negative Thermal Coefficient).
- تمتلك مقاومة نوعية تصل إلى (10^{-3} – 10^{6} ohm. cm).
- يكون اعتماد التوصيلية الكهربائية على درجة الحرارة معاكسا" للمعادن.

- تمتلك نوعين من حاملات الشحنات الكهربائية وهي الإلكترونات(Electrons) والفجوات (Holes) ولا تمتلك في مقاومتها سلوكاً "أوميا" (Non-Ohimic Behavior).
- لها حساسية للضوء من خلال الظاهرة الكهروضوئية أو التغير في مقاومتها.
- يظهر شبه الموصل ذو المقاومة العالية جدا" توصيلية ذاتية (Intrinsic Conductivit)
- ولا يظهر ذلك عند درجات الحرارة الواطئة .
- يمكن السيطرة على التيار الكهربائي بواسطة الشوائب التي تلعب دورا" كبيرا" في تقليل مقاومتها الكهربائية.
- تتأثر توصيلتها بالمجال المغناطيسي.

كما يمكن تقسيم أشباه الموصلات بحسب تركيبها البلوري إلى:

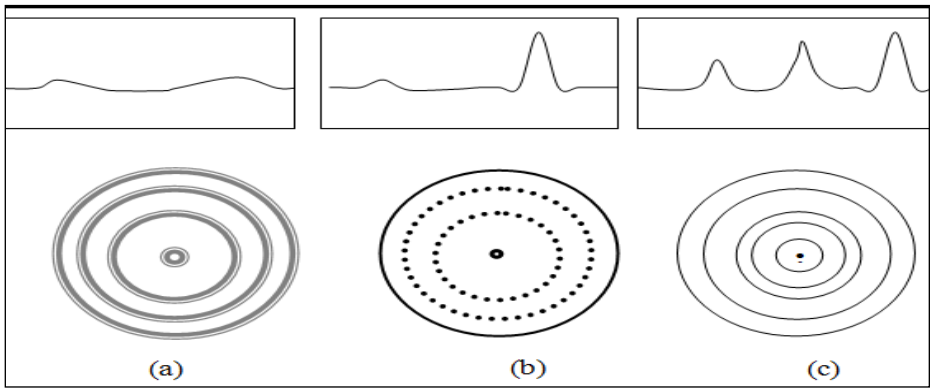
6-1-1 أشباه الموصلات البلورية Crystalline Semiconductors

a- أشباه الموصلات احادية التبلور Single Crystalline Semiconductors هي عبارة عن مجموعة من الذرات المتجمعة والمرتبة بشكل دوري مكونة تشكيلة بثلاثة ابعاد ولهذا فهي تمتلك نوعاً من التماثل (Symmetry) [18] ، ويمكن عَدُّ تركيبها ناتجاً عن تكرار نموذج هندسي يدعى بوحدة الخلية (Unit Cell)، إذ يمتاز تركيبها بالترتيب المنتظم الدوري ذي المدى الطويل (Long range order) [24].

b- أشباه الموصلات متعددة التبلور Polycrystalline Semiconductors هي عبارة عن مجموعة من البلورات التي تحتوى على عدد كبير نسبياً من الذرات وتدع هذه البلورات بالحبيبات (Grain) التي تمتلك كل منها على حدة ترتيب المدى الطويل ، لكن الحبيبات ككل تمتلك ترتيب المدى القصير (Short-range order) [25] لان الحبيبات تتجه بشكل شبه عشوائي نسبة بعضها إلى بعض مما يجعل خواص اشباه الموصلات متعددة التبلور متكافئة الاتجاهات (Isotropic) خلافاً لأحادية التبلور التي غالباً ما تكون خواصها غير متكافئة الاتجاهات (Anisotropic)، وتدعى سطوح التقاء الحبيبات البلورية بعضها مع بعض والتي عندها ينقطع الترتيب الدوري لكل حبيبة بحدود الحبيبات (Grain Boundaries) وتكون اشباه الموصلات المتعددة التبلور اقل استقرار ثرموداينميكماً من احادية التبلور، لان الطاقة الداخلية الحرة الدنيا تتحدد بطاقة حدود الحبيبات[26].

6-1-2 أشباه الموصلات العشوائية Amorphous Semiconductors

يمتاز تركيبها بالترتيب القصير المدى، إذ تترتب بشكل عشوائي لذلك لا تمتلك التماثل الموجود في المواد البلورية ولا يمكن عد تركيبها تكراراً لوحدة الخلية [27]. ومن دراسة انماط الحيود الناتجة عن تشتت الاشعة السينية من المواد، يمكن تمييز اشباه الموصلات البلورية من العشوائية، إذ ان نمط الحيود يكون على شكل نقاط مضيئة حادة في المواد احادية التبلور وعلى شكل حلقات رفيعة ذات اضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز في المواد متعددة التبلور وعلى شكل حلقات عريضة ضعيفة الاضاءة ومتحدة المركز. وان حدة اضاءتها تخفت تدريجياً وتختفي سريعاً مع زيادة زاوية الحيود للمواد العشوائية [28,29]. الشكل (1-3) يبين حيود الاشعة السينية لأغشية رقيقة عشوائية و متبلور و متعدد التبلور.



شكل (1-2) : حيود الأشعة السينية (XRD)

لأغشية رقيقة (a) عشوائية (b) متبلور (c) متعدد التبلور

1-7 الخواص البصرية لأشباه الموصلات

تعد دراسة الخواص البصرية لأشباه الموصلات وسيلة مهمة لمعرفة الكثير عن الانتقالات الالكترونية التي تحدث في المواد وتركيب حزم الطاقة وفجوة الطاقة البصرية والثوابت البصرية مثل معامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي، وكذلك تستخدم لدراسة اهتزازات الشبيكة [30].

1-7-1 الامتصاص البصري

عندما تمتص المادة فوتوناً ذا طاقة تساوي فجوة الطاقة الممنوعة للمادة أو اكبر منها، فيكون باستطاعة الإلكترون أن ينتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل .إن السمة المميزة والمشتركة في مخطط الامتصاص لجميع المواد شبه الموصلة هي الزيادة السريعة الحاصلة في الامتصاص عندما تصبح طاقة الإشعاع الممتص مساوية إلى فجوة الطاقة الفاصلة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل،

وتـدعى تلك بـحافة الامتصاص الأساسية. (Fundamental Absorption Edge) إن موضع هذه الحافة وتركيبها يعطي معلومات قيمة عن خواص حزم الطاقة وتركيبها في أعلاها وأسفلها .

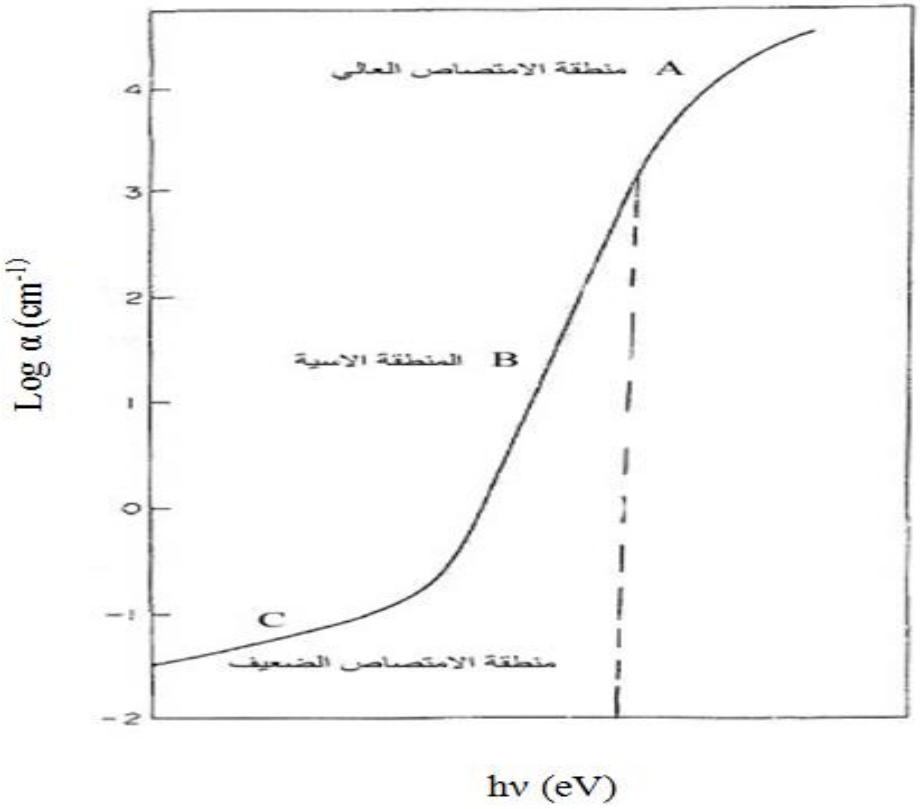
إن حـافة الامتصاص يمكن تقسيمها إلى ثلاث مناطق رئيسية، كما موضح في الشكل (1-3) وهي: [31]

1. **منطقة الامتصاص العالي** High Absorption Region: **(A)** وهي منطقة الانتقال بين المستويات الممتدة لحزمتي التكافؤ والتوصيل وتكون قيمة معامل الامتصاص فيها.

$$\alpha \geq 10^4 \text{ cm}-1$$

2. **المنطقة الأسية** : Exponential Region **(B)** وهي منطقة الانتقال بين المستويات الموضعية عند حافات الحزم وتتراوح قيمة معامل الامتصاص فيها . $(1 < \alpha < 10^4)$ cm−1

3. **منطقة الامتصاص الضعيف** Weak Absorption Region: (C) تعزى هذه المنطقة إلى الحالات العميقة في منتصف فجوة الطاقة الناتجة عن الشوائب والعيوب وتكون قيمة معامل الامتصاص فيها صغيرة جداً. $\alpha < 1\ cm^{-1}$



شكل : (1-3) المناطق الاساسية لحافة الامتصاص البصري.

1-7-2 معامل الامتصاص Absorption Coefficient

يمكن تعريف معامل الامتصاص على انه نسبة التناقص في فيض طاقة الاشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط، ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون (hν) وعلى خواص شبه الموصل، من حيث نوع الانتقالات الالكترونية وفجوة الطاقة له [32].

تعطي النفاذية للغشاء بالعلاقة الآتية :

$$T = (1-R)^2 e^{-\alpha t} \qquad (1-1)$$

إذ ان:

T : النفاذية

R: الانعكاسية .

t: سمك الغشاء.ان علاقة النفاذية مع الامتصاصية (A)كالاتي:

$$A = \log_{10}\left(\frac{1}{T}\right) \qquad (2-1)$$

$$T = e^{-2.303A} \qquad (3-1)$$

وبالتعويض عن (T)من المعادلة (3−1)في المعادلة (1−1)نحصل على :

$$e^{2.303A} = (1-R)^2 e^{-\alpha t} \qquad (4-1)$$

ومنها نحصل على:

$$A = \frac{[\alpha t - 2In(1-R)]}{2.303} \qquad (5-1)$$

وللتخلص من الحد (1−R)والذي يمثل الانعكاسية للغشاء .عند تحضير غشائين من المادة نفسها فان الانعكاسية تكون متساوية في الظروف نفسها، فإذا كان سمك الغشاء الاول (t_1)وانعكاسيته (R_1)فان امتصاصيته:

$$A_1 = \frac{[\alpha t_1 - 2In(1-R_1)]}{2.303} \qquad (6-1)$$

ولسمك (t_2)وانعكاسية (R_2) فان الامتصاصية:

$$A_2 = \frac{[\alpha t_2 - 2In(1-R_2)]}{2.303} \qquad (7-1)$$

وبطرح المعادلة (1−6)من المعادلة (1−7)مع ملاحظة $(R_1 = R_2)$ نحصل على معامل الامتصاص بدلالة الامتصاصية:

$$\alpha(\Delta t) = 2.303\ \Delta A \qquad (1-8)$$

إما في حالة كون (R)صغيرة جدا (R<<1)فيمكن كتابة المعادلة (1−5)كالاتي:

$$\alpha = 2.303\frac{A}{t} \qquad (1-9)$$

1−7−3 الانتقالات الالكترونية المباشرة

تحدث هذه الانتقالات عندما تكون قمة حزمة التكافؤ أسفل قعر حزمة التوصيل ، فعندما تكون طاقة الفوتون الساقط مساوية لطاقة الفجوة أو أكبر منها فإن الإلكترون سوف ينتقل مباشرة من قمة حزمة التكافؤ المملوءة إلى حالة كمية شاغرة عند قعر حزمة التوصيل من خلال عملية انتقال عمودية في فضاء متجه الموجة [33] $(\Delta k = 0)$، كما في الشكل (1−4) في مثل هذا الانتقال البصري المباشر تمتص البلورة فوتوناً ويتكون في الوقت ذاته إلكترون وفجوة، ولكن من دون تغيير متجه الموجة للإلكترون المنتقل لأن متجه الموجة للفوتون الممتص يكون صغيراً جداً بحيث يمكن إهماله ، في هذه الحالة يطلق على شبه الموصل بأنه شبه موصل ذو انتقال مباشر أو ذو فجوة طاقة مباشرة .عندما تمتص المادة فوتونات ذات طاقة أكبر من فجوة الطاقة، فإن هذه الفوتونات تستطيع الإسهام في الانتقال المباشر (العمودي) للالكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ، حيث إن امتصاص المادة لفوتون طاقته أكبر من E_g يعني إن الإلكترون المتهيج يصبح جسيما حراً في حزمة التوصيل وكذلك الحال للفجوة التي تركها في نطاق حزمة التكافؤ ويستطيعان الحركة بصورة مستقلة .[31]

1−3−7−1 الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة

في هذا النوع من الانتقالات ينتقل الإلكترون من أعلى نقطة في قمة حزمة التكافؤ إلى أوطأ نقطة في قعر حزمة التوصيل، إذ تشترك الحالة الابتدائية (Ei)مع الحالة النهائية (Ef)وفقاً للمعادلة التالية [34]

$$E_f = hv - |E_i| \qquad (10-1)$$

1-7-3-2 الانتقالات الالكترونية المباشرة الممنوعة.

في بعض المواد، فان قواعد الانتقاء الكمية (Quantum Selection Rules)تمنع الانتقالات المباشرة عندما (k = 0)وتسمح لها عندما (k ≠ 0)، أي إن احتمالية الانتقالات تزداد مع K_2 ، هذا يعني إن احتمالية الانتقال تزداد طردياً مع ($hv - E_g$)حيث إن كثافة الحالات في الانتقالات المباشرة تتناسب مع (hv_E_g)لذلك فإن معامل الامتصاص يعطى بالعلاقة : [34]

$$\alpha hv = \acute{A}(hv - E_g)^r \qquad (11-1)$$

حيث إن

Á :ثابت يعتمد على الكتلة الفعالة للالكترونات والفجوات وكثافة الوسط.

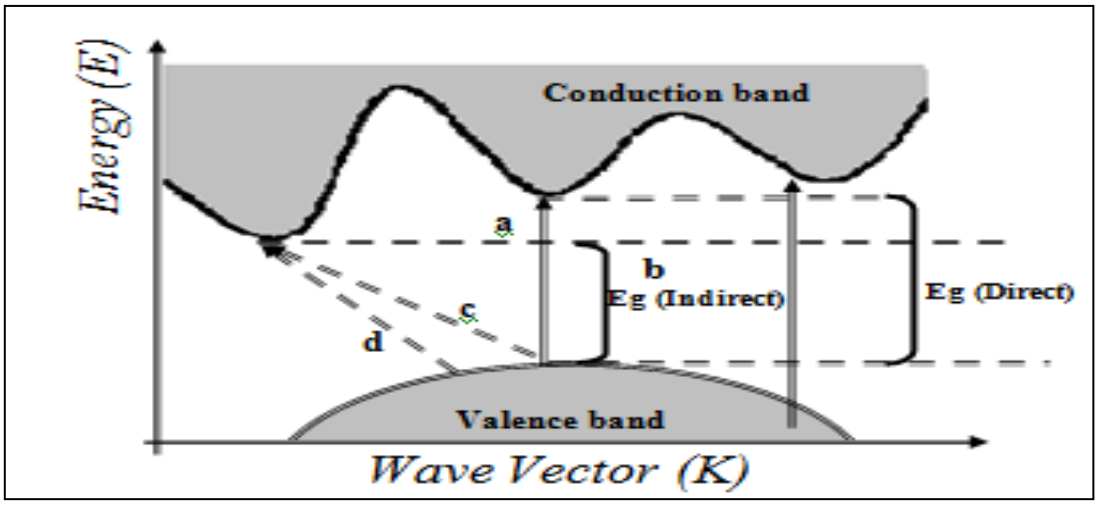
r :- هو ثابت يأخذ القيم (1/2 , 3/2 , 2 , 3)بالاعتماد على نوع الانتقالات الالكترونية المسؤولة عن الامتصاص البصري حيث ان :

r = 1/2 للانتقالات المباشرة المسموحة.

r = 2/3 للانتقالات المباشرة الممنوعة.

r = 2 للانتقالات غير المباشرة المسموحة.

r = 3 للانتقالات غير المباشرة الممنوعة.



شكل (1-4) أنواع الانتقالات الإلكترونية

(a) انتقال مباشر مسموح (b)انتقال مباشر ممنوع

(c)انتقال غير مباشر مسموح (d)انتقال غير مباشر ممنوع.

1-7-4 لانتقالات الالكترونية غير المباشرة

تحدث هذه الانتقالات عندما يكون موضع قعر حزمة التوصيل بعيداً عن موقع قمة حزمة التكافؤ , شكل (1-4)، أي عندما يكون هنالك تغيير في قيمة متجه الموجة ($\Delta k \neq 0$)ويصاحب هذه العملية امتصاص فوتون وخلق أو فناء فونون لاهتزاز شبيكي [31]، حيث إن الانتقال من الحالة الابتدائية (E_i)إلى الحالة النهائية (E_f)يكون بواسطة انبعاث أو امتصاص فونون وهاتين العمليتين تعطيان على التوالي بالمعادلتين : [34]

$$h\nu_e = E_f - E_i + E_p \qquad (12-1)$$

$$h\nu_n = E_f - E_i - E_p \qquad (13-1)$$

حيث إن E_p هي طاقة الفونون .

1-8 الثوابت البصرية Optical Constants

1-معامل الانكسار ومعامل الخمود Refractive Index and Extinction Coefficient

توصف الخصائص البصرية للمواد المتجانسة (الامتصاصية، الانعكاسية، النفاذية) بدلالة عاملين هما معامل الانكسار (n_o) ومعامل الخمود (k_o). تدرس العلاقـــات بين مختلف الثوابت البصريـــــة ($n, k, \alpha, \ldots$) بالاعتماد على معادلات ماكسويل والموجة المستقطبة استوائياً والساقطة باتجاه المحور (z). اما معامل الخمود فيعرف على أنه مقدار الفقدان في الطاقة الذي تعانيه الموجة الكهرومغناطيسية عند مرورها خلال المادة ويمكن حساب معامل الخمود بدلالة الطول الموجي ومعامل الامتصاص على وفق العلاقة الآتية [35]:

$$k_\circ = \alpha\,\lambda/4\pi \qquad (14-1).$$

ويمكن حساب معامل الانكسار من خلال العلاقة التالية[36] :-

$$n_\circ = \left[\frac{(1-R)^2}{(1-R)^2} - \left(k_\circ^2 - 1\right)\right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1+R}{1-R} \qquad (15-1)$$

علماً ان :

$$(16-1)\; R = 1 - A - T$$

2- ثابت العزل الكهربائي

يحدث التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط بسبب عملية إمتصاص الطاقة في المادة، وينتج عن هذا التفاعل إستقطاب لشحنات ذلك الوسط . إن هذا الإستقطاب يوصف عادة بثابت العزل الكهربائي المعقد للوسط (ε) والذي يعرف بالعلاقة الآتية [37]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2 \qquad (17-1)$$

إذ أن :

ε : ثابت العزل الكهربائي المعقد .

ε_1 : الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي .

ε_2 : الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي .

حيث ان:

$$\varepsilon_1 = n_\circ^2 - k_\circ \qquad (18-1)$$

$$\varepsilon_\circ = 2n_\circ k_\circ \qquad (19-1)$$

1-9 الهدف من البحث:

يتركز هذا البحث حول تحضير أغشية رقيقة نقية من KMno4 التي تم ترسيبها على قواعد زجاجية عن طريق الترسيب بالليزر النبضي في وسط مفرغ من الهواء حيث يتم استخدام منظومة تفريغ للحصول على غشاء رقيق نقي تقريباً.

الفصل الثاني

الجزء العملي

الفصل الثاني

الجزء العملي

2-1 المقدمة

يتضمن هذا الفصل وصفاً تفصيلياً لمنظومة الترسيب المستخدمة ، والخطوات المعتمدة لتحضير أغشية $KMnO4$ بسمك مختلف وأهم العوامل المؤثرة في جودتها, وإجراء القياسات اللازمة لدراسة الخصائص البصرية للأغشية المحضرة.

2-2 تحضير أقراص المادة

جرى في هذا البحث ترسيب مادة برمنغنات البوتاسيوم ($KMnO4$) (ذي النقاوة العالية 99.99%) على شكل مسحوق بعد كبسه على شكل أقراص ذات سمك معين، حيث لا يمكن استعمالها على حالتها لأغراض الترسيب للأسباب الآتية :-

1- لا يمكن تثبيت المسحوق على حاله بزاوية مائلة وتشعيعه بالليزر .

2 - إن عملية الكبس توفر كمية من المادة أكبر لوحدة الحجم مما يفيد في عملية التبخير.

لذلك جرى الترسيب باستخدام أقراص (pellets) من مادة ($KMnO4$) , حيث إن استعمال المسحوق بعد كبسه يعد أفضل من الناحية العملية لإمكانية تقليص حجم الفجوات الهوائية التي تتواجد ضمن القرص الواحد. للقرص الواحد جرى وزن (5mg) وضعت داخل اسطوانة مصنعة من الفولاذ المقاوم للصدأ بقطر داخلي قدره (2.5cm) جرى الكبس بوساطة مكبس بقوة كبس قدرها (10M ap) بحيث كان سمك القرص (4mm) مما يتيح فرصة استعمال كلا السطحين في عمليات الترسيب.

2-3 تحضير القواعد الزجاجية

لدراسة الخصائص البصرية للأغشية المحضرة، استعملت شرائح زجاجية (Slides glass) بالأبعاد cm^3 (3.7×2×0.1) ثبتت على القاعدة العليا للمنظومة.

نظفت الشرائح الزجاجية على مرحلتين ،في المرحلة الأولى استعمل كحول الايثانول لغرض إذابة الدهون التي قد تكون متواجدة على سطح الزجاج، وفي المرحلة الثانية غمرت الشرائح الزجاجية في

ماء مقطر فترة عشر دقائق في الجهاز فوق السمعي (Ultrasonic)، بعد ذلك نشفت وجففت داخل فرن حراري. ومن ثم وضعت في حجرة الترسيب على بعد 3.5cm من الهدف أي المادة المراد ترسيبها على القواعد الزجاجية والمسخنة إلى درجة حرارة 250C°.

2-4 منظومة الترسيب بالليزر النبضي Pulsed Laser Deposition System :

تتكون منظومة الترسيب، التي اعتمدت في هذا البحث، من جزئين رئيسين هما:-

1 -حجرة الترسيب.

2- منظومة التفريغ.

كان الترسيب في كل مراحل البحث في أجواء مفرغة حصلنا عليها بوساطة منظومة تفريغ مكونة من مضخة ميكانيكية دوارة واخرى مضخة انتشارية ، أوطأ ضغط ممكن الحصول عليه من المضختين هو ($10^{-4}Torr$) و مقياسي الفراغ نوع (Pirani and Penning gauges) متصلان بالحجرة للتعرف على مقدار الفراغ داخل الحجرة الزجاجية .

2-5 منظومة الليزر

استخدم في عملية التبخير ليزر نبضي من نوع Nd:YAG بزمن نبضة اقل من (10ns) وبطول موجي (1064nm) وبطاقة قدرها (80mJ). ولقد استعملت عدسة ذات بعد بؤري (30cm) موضوعة خارج حجرة الترسيب وذلك لتبؤر (focusing) شعاع الليزر ضمن بقعة صغيرة جداً . والشكل (2-1) يمثل صورة فوتوغرافية لمكونات منظومة ترسيب الأغشية الرقيقة المستعملة في البحث .

شكل(2−1) منظومة الترسيب بالليزر النبضي

2− 6 عملية الترسيب

بعد تحضير العينات المكبوسة لمادة ($KMnO4$) وتثبيت الشرائح الزجاجية جرى تشعيع مادة برمنغنات البوتاسيوم بشعاع ليزر نوع Nd:YAG بعدد نبضات (75, 100,125) نبضة.

2−7 قياس السمك

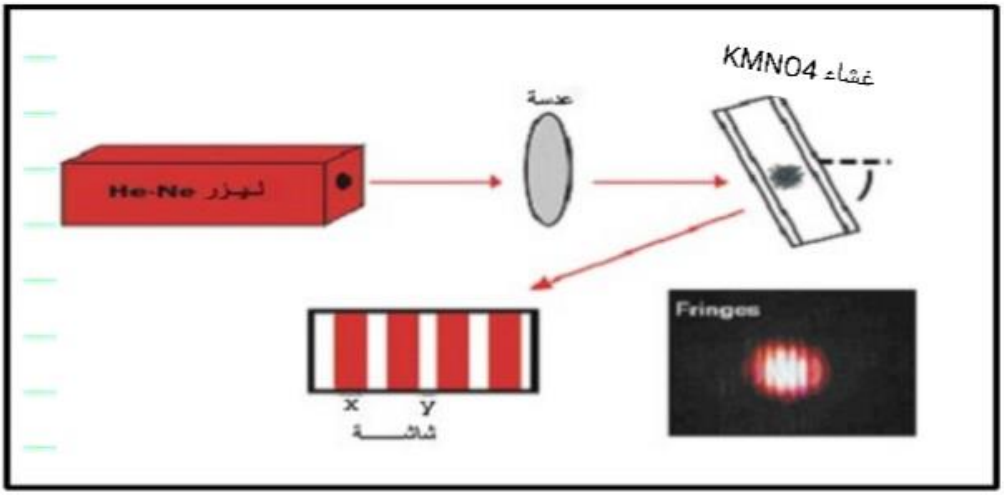
اعتمدت الطريقة البصرية لقياس سمك الاغشية المحضرة، لأنها أكثر دقة من الطرائق الأخرى ولأن الأغشية المحضرة ذات سمك قليل .

حيث استعمل ليزر الهليوم – نيون (He –Ne) بطول موجي 632nm، أذ يسقط شعاع لليزر بزاوية (45°) على الغشاء والشعاع المنعكس يمرر من خلال عدسة لامة ليسقط على شاشة لرؤية الأهداب، كما في الشكل (2−2)ومن قياس عرض الهدب المضيء (X) وعرض الهدب المظلم (Y) يحسب سمك الغشاء بتطبيق العلاقة الآتية:

$$t = \frac{Y}{X} \times \frac{\lambda}{2} \qquad (1-2)$$

حيث إن : λالطول الموجي لليزر المستخدم .

وبعد حساب قيمة سمك الغشاء وجد أنها تساوي 250nm



شكل(2-2): طريقة قياس سمك الأغشية الرقيقة المحضرة.

2-8 القياسات البصرية

تعد دراسة الخواص البصرية ، بدءاً من الثوابت البصرية وحساب فجوة الطاقة، من الدراسات المهمة لعلاقتها بسلوكية المواد شبه الموصلة ولتحديد مدى ملاءمتها للتطبيقات المختلفة. تضمنت القياسات البصرية إجراء قياس الامتصاصية و النفاذية الطيفية والتي تستعمل لاحقاً في حساب معامل الامتصاص والذي بدوره يمكننا من حساب قيمة فجوة الطاقة. أستعمل مطياف من نوع UV/VIS, Metertec , 7000Series ,Cez200, Cecil ذو حزمتين للضوء يوضع في طريق أحداهما اللوح الزجاجي المرسب عليه الغشاء والمراد إجراء القياسات له ، بينما يوضع في طريق الحزمة الثانية المرجع وهو لوح زجاجي غير مرسب عليه. وقد أجريت القياسات لأغشية $KMno_4$ ضمن مدى من الأطوال الموجيةnm (300 – 900) .

2-8-1حساب معامل الامتصاص

يعد معامل الامتصاص واحد من المعلمات الفيزيائية المهمة التي يمكن من خلالها التعرف على حافة الامتصاص الأساسية وفجوة الطاقة .

2-8-2 حساب فجوة الطاقة

لقد جرى حساب قيمة فجوة الطاقة المباشرة لأغشية (KmnO4) من خلال رسم منحنى بياني بين $(\alpha hv)^2$وطاقة الفوتون hv ومد الجزء المستقيم من منحنى العلاقة ليقطع المحور السيني عند قيم طاقة الفوتون ، إذ تمثل نقطة التقاطع قيمة فجوة الطاقة.

2-8-3 حساب الثوابت البصرية

توصف الخواص البصرية للمواد عادة بالثوابت البصرية التي تضم معامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل بجزئيه الحقيقي والخيالي.

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

الفصل الثالث

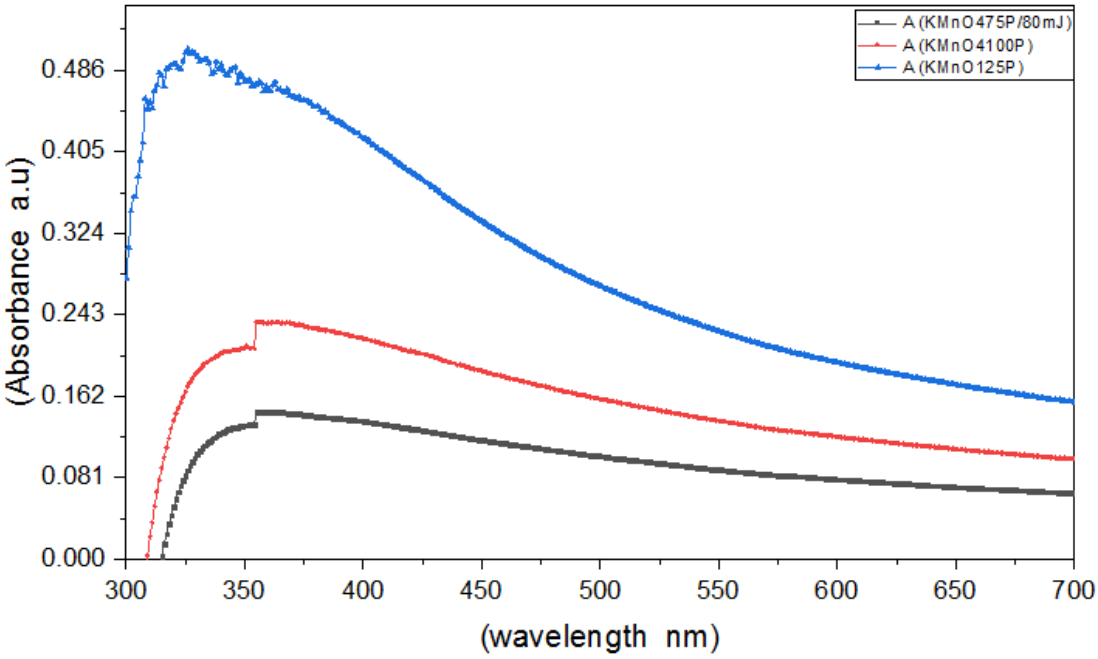
النتائج والمناقشة

3-1 الخواص البصرية

تعد الخواص البصرية من الخواص المهمة والتي يُعتمد عليها كثيراً في تحديد الاستخدامات المستقبلية للأغشية الرقيقة والتي يمكن اعتمادها أيضا لحساب العديد من الثوابت البصرية مثل معامل الامتصاص ومعامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي ، وفي قياساتنا درست الخواص البصرية لأغشية برمنغنات البوتاسيوم(KMnO4) ذات السمك المختلف , وذلك بالاعتماد على طيفي النفاذية والامتصاصية.

1- طيف الامتصاص

الشكل (3-1) يبين العلاقة بين الامتصاصية والطول الموجي لأغشية برمنغنات البوتاسيوم المرسبة على أرضيات زجاجية بعدد نبضات الليزرية مختلفة خلال ثلاث مراحل ، وعند الطول الموجي ما بين (700-300)nm المحضرة بطاقة ليزر ثابته مقدارها (80mJ) وبعدد نبضات مختلفة ومن خلال الشكل نلاحظ ان الامتصاصية تزداد مع عدد نبضات الليزر وبزيادة عدد النبضات يزداد سمك الاغشية المحضرة ومن ثم يزداد عدد الالكترونات الحرة الموجودة والايونات الحرة داخل المادة شبه الموصلة (KMno4)وهذا يعني انه كلما زاد عدد الالكترونات الحرة لأغشية (KMno4)يؤدي الي زيادة عدد الفوتونات الممتصة وتكون أعلى قيمه للامتصاصية للأغشية المحضرة عند نبضة الليزر 125P في منطقة الاطوال الموجية القصيرة .

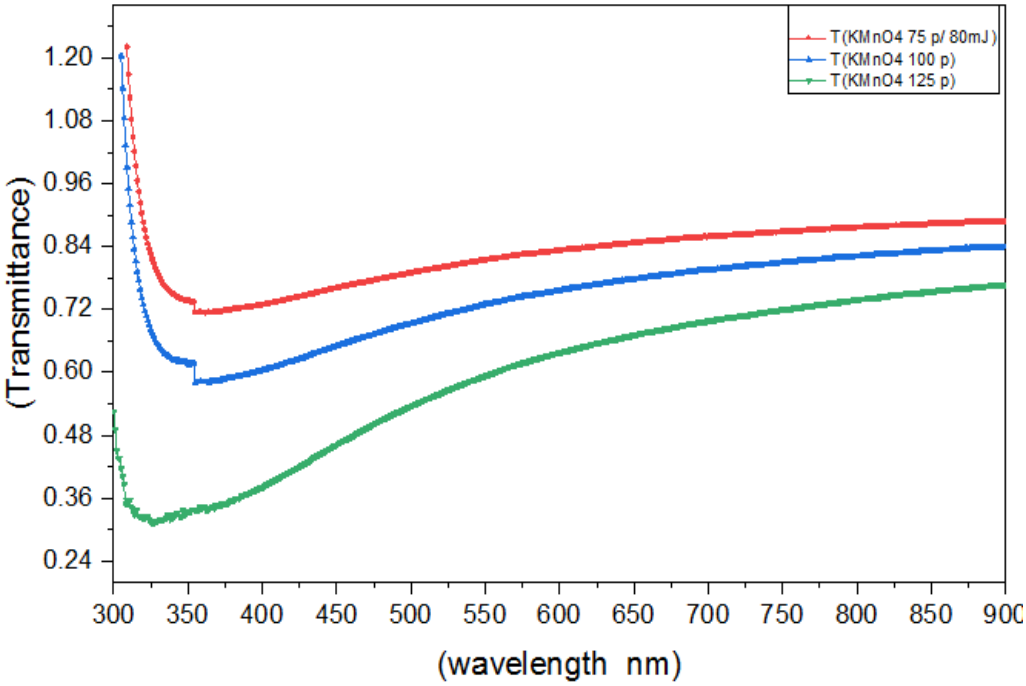


شكل (3-1) : تغير الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية (KMNO4) المحضرة نبضات ليزرية مختلفة P(125, 100, 75)وطوال موجية ضمن مدى ما بين nm(300-700).

2- طيف النفاذية

الشكل(3-2) يبين العلاقة بين الطول الموجي والنفاذية لأغشية برمنغنات البوتاسيوم (KMno4) المحضرة بعدد نبضات مختلفة P(75, 100 , 125) ولمدى من الأطوال الموجية ما بين-300) 900)nm وفي درجة حرارة الغرفة حيث إن طيف النفاذية لأغشية KmnO4 لعدد نبضات مختلفة يُشير إلى أن (40-80%) من الانتقالات تكون ضمن NIRوالمنطقة المرئية وهذا هو سبب استخدام اغشية برمنغنات البوتاسيوم في نوافد الخلية الشمسية .

وان قيمة النفاذية تنخفض بزيادة سمك الغشاء بسبب زيادة قيمة الامتصاصية .



شكل (3-2) تغير النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (KMnO4) بعدد نبضات مختلفة (75 , 100 ,125) وطول موجي في مدى ما بينnm(300-900) .

3- حساب معامل الامتصاص

الشكل (3-3)يبين الشكل ان معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي . وكما هو موضح في الشكل فان قيمة معامل الامتصاص أكبر من $10^4 cm^{-2}$ وان حافة الامتصاص تكون عند الطول الموجي 350nm

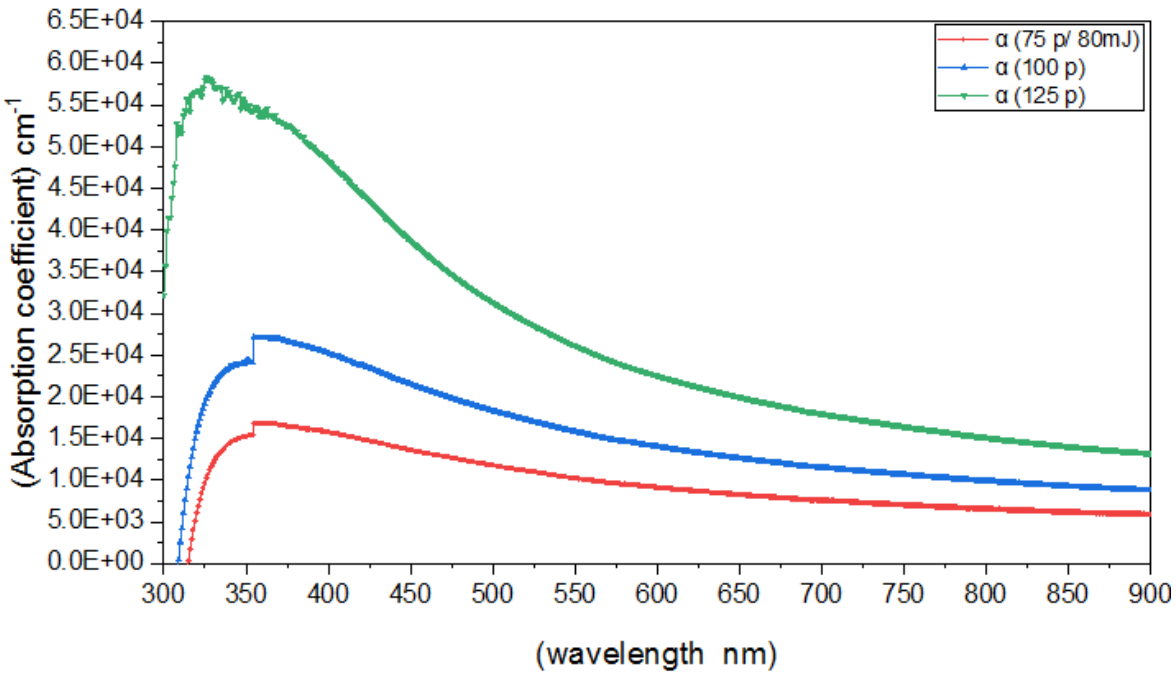
وكما يشير إلى توقع حدوث الانتقالات الالكترونية مباشرة في المنطقة المرئية والفوق البنفسجية.

كما نلاحظ ان قيمة معامل الامتصاص تزداد مع زيادة عدد النبضات

$$\alpha = 2.303A/t \qquad (1-3)$$

حيث إن: Aالامتصاصية ، tسمك الغشاء

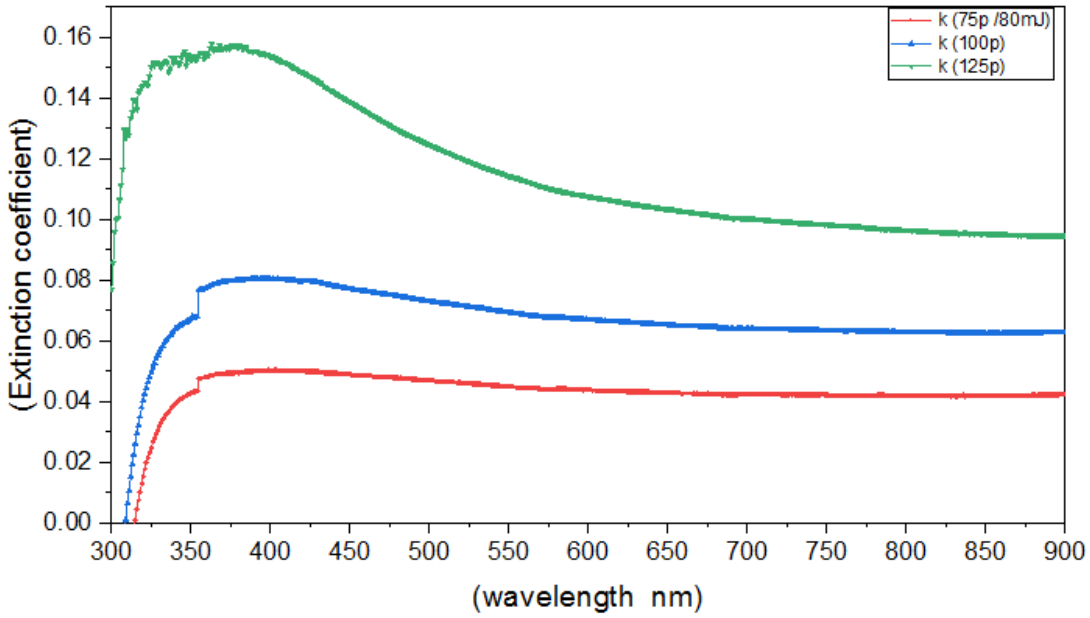
ان قيمة الامتصاصية تزداد مع زيادة سمك الغشاء وهذا مع يوافق مع Beer-Lambert حيث إن سمك الغشاء يزداد بزيادة عدد النبضات



الشكل (3-3)تغير معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية (KMnO4)المحضرة بعدد نبضات مختلفة P(125, 100, 75)وطوال موجية ضمن المدىnm(300-900)

4 - حساب معامل الخمود

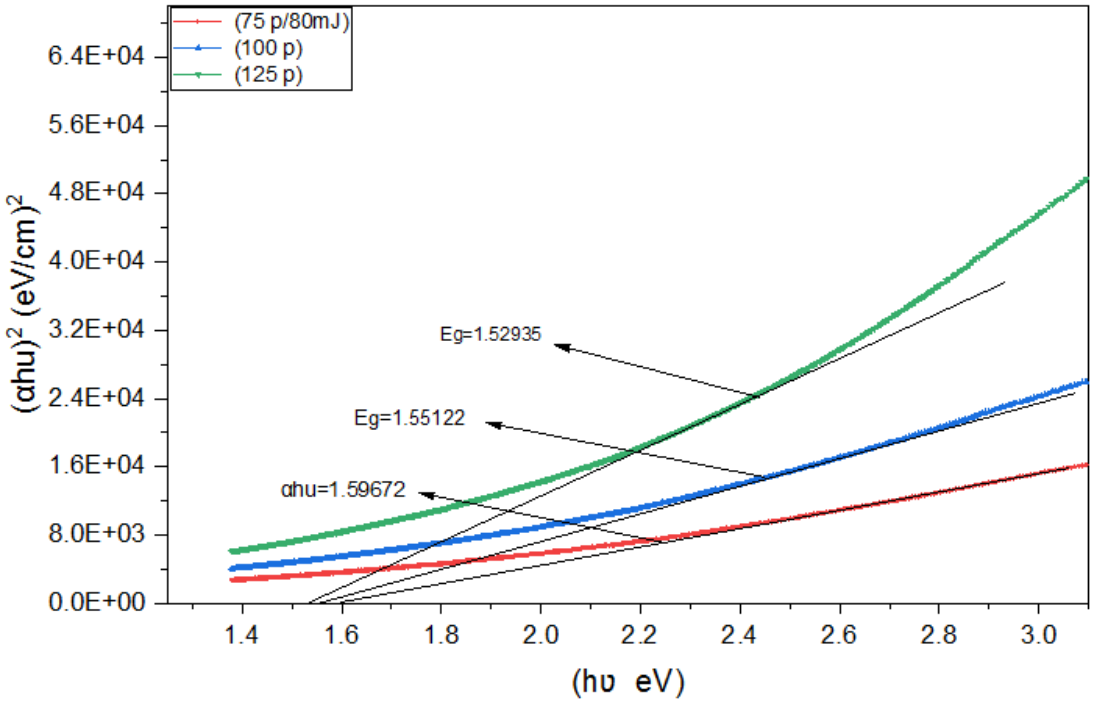
الشكل (3-4) يبين العلاقة بين معامل الخمود والطول الموجي لأغشية برمنغنات البوتاسيوم (KMno4)المحضرة بعدد نبضات مختلفة P(125, 100, 75)عند الاطوال الموجية للمدى ما بين nm(300-900)كما يبين ان معامل الخمود يكون ذا قيم واطئة في منطقة الاطوال الموجية الطويلة ولكن يلاحظ ان معامل الخمود يزداد بزيادة عدد نبضات الليزر المسلطة حيث يبين الشكل ان أعلى قيمة لمعامل الخمود سجلت عند أعلى مقدار لعدد النبضات المسلطة اي عند (125P) وأقل قيمة لمعامل الخمود كانت عند اقل عدد لنبضات الليزر اي عند (70P)



الشكل (3-4)تغير معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية ($KMnO_4$) المحضرة بعدد نبضات مختلفة P(125, 100, 75)وطوال موجية ضمن المدىnm(300-900)

5- حساب فجوة الطاقة

الشكل (3-5) يبين ان أعلى قيمة لفجوة الطاقة تكون حوالي(1.59) عند نبضات الليزر المنخفضة(75P) وعند زيادة مقدار عدد نبضات إلى(100P) يحدث انخفاض طفيف بقيمة فجوة الطاقة ليكون مقدارها (1.55) ثم تنخفض مره اخرى عند زيادة عدد نبضات الليزر الى(125mJ) حيث تكون قيمة فجوة الطاقة حوالي (1.52). وبذلك يتبين ان مقدار فجوة الطاقة يقل بزيادة عدد نبضات الليزر



الشكل (3-5) العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ كدالة لطاقة الفوتو $h\nu$ المحضرة بطاقات ليزرية مختلفة mj (75, 100,125)

المصادر

[1] O. S. Heavens, "*Thin Film physics*", John Wiley and Sons Inc., New York, (1973).

[2] R. Ueda and J. B. Millin, "*Crystal Growth and Characterization* ", Mc Graw-Hill (1975).

[3] S. A. Salaman, "*Preparation and study of some semiconducting properties of CuI(SexT1-x) Thin Films*", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustaniriya University, (1998).

[4] Sh. M .Ali, "*Theoretical study for the Heterojunction (n-amorphous/p crystalline Silicon)*", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustansiriya University, (1996).

[5] K. L. Chopra, "*Thin film phenomena*", McGraw-Hill, Inc. Company, New York, (1968).

[6] L. Eckortova, "*Physics of Thin Films* ", (plenum press), (1977).

[7] H. G. Rashid, "*Design and optimization of Thin Films optical filters with applications in the visible and infrared regions*", Ph.D. Thesis, Education College Al-Mustansiriya University, (1996).

[8] A.K. Abss, A.K. Husen, R.H.Misho, J. Appl. Phys., vol. 58, No.4, (1984).

[9] Shagnov, I.I., Kryzhanovskii,B.P. and Dubkov, V.M. , Sov. J. Opt. Technol., 48, 280, (1981).

[10] Chrisey BD and Hubler GK, *"Pulsed laser deposition of thin films"*, New York:Wiley, (1994).

[11] H.M. Smith and A.F.Turner ,*"Pulse Laser Deposition -Versatile Thin Film Technique"* , Appl.Optic. ,Vol. 4 , p. 147, (1965).

[12] D.Dijkkamp, T.Venkatson, X.D.Wa, S.A.Shareen, N.Jiswari, Y.H. Minlee *"Current Transport in High-TcPolycrystalline Films of Y-Ba-Cu-"*, Appl.Phys.Lett. ,Vol. 51, 619, (1987).

[13] K.L.Chopra , *"Thin Film Phenomena "*, McGraw-Hill New York (1990).

[14] T.J.Coutts , J.G.Simmone , *"Hand Book of Thin Film Device"* , Academic Press , New York , (1971) .

[15] K.D.Lever ,*"Thin Films "* , Digital Library , London , (1978) .

[16] هبة سلام طارق ، " تحضير أغشية اكاسيد النحاس *CuO* و *Cu2O* بوساطة الليزر ودراسة خصائصها التركيبية والبصرية" ، قسم العلوم التطبيقية في الجامعة التكنلوجية ، أطروحة ماجستير ، (2009) .

[17] K.Akimoto, *"Thin Film Deposited of Cu2O and Application for Solar Cells"*, Solar Energy, Vol. 80, pp. 715-722, (2006).

[18] *Ma, Lijuan, et al. "Optimization and evaluation of alkaline potassium permanganate pretreatment of corncob." Bioresource Technology, vol. 180, 2015, pp. 1-6.*

[19] *Wu, Chen, et al. "Disintegration of excess activated sludge with potassium permanganate: Feasibility, mechanisms and parameter optimization." Chemical Engineering Journal, vol. 240, 2014, pp. 420-425.*

[20] *Niemistö, Juha, et al. "Interactions between sediment resuspension and sedimentquality decrease the TN:TP ratio in a shallow lake." Limnology and Oceanography, vol. 53, no. 6, 2008, pp. 2407-2415.*

[21] *M.E. Weeks, H.M. Leicester, Discovery of the Elements, 7th ed.,Journal of Chemical Education, Easton, PA, 1968, pp. 351–382*

[22] T.kanata, H.Takakura, J.Appl. Phys., Vol.7, p: 64, (1988).

[23] B.G.Bagley,, Amorphous and semicondudors, ed.by J. Tauc., p:1-45, (1974).

[24] R.Nakano, N.Miura, Jpn , J.Appl. phys., Vol.l31, P:295-300, (1992).

[25] Y.U.L. Ravich B.A. Efimova, Semi-Conducting Lead Chalcognides Plenum Press, New York, London, (1970).

[26] Chrisey BD and Hubler GK, "Pulsed laser deposition of thin films", New York : Wiley , (1994).

[27] S.S. AL-Rawi,S.J. Shaker, Y.M. Hassan ,, Solid State Phyuics , AL-Mousul University, (1990).

[28] J.E.Jaffe and Alex Zunger ,Phys. Rev. B., Vol.27, No.8, (1983).

[29] Jacques I. Ponkove ,, Optical Processes in Semiconductors Dove Publications lnc ., NewYork , (1975).

[30] S.M.Sze, *" Physics of Semiconductor Devices "* , John Wiley and Sons, Inc. , (1969) .

[31] R.Grigorvici , *" Amorphous and Liquid Semiconductor "* ,Ed. By. Tauc , Plenum Press , London , (1974) .

[32] A. N. Donald, *"Semiconductors physics and devices"*, Mexico University, (1992).

[33] F.Abeles , *" Optical Properties of Solids "* , North-Holland publishing Co. , (1972) .

[34] J.I.Pankove , *" Optical Processes in Semiconductors "* , Prentice- Hall , Inc. , Englewoodcliffs, New Jersy , (1971) .

[35] M.M.Hasan , A.S.M.A.Haseeb , R.Saidur and H.H.Masjuki ,*" Effects of Annealing Treatment on Optical Properties of Anatase TiO2 Thin Films "* , Engineering and Technolgy,Vol.30 , pp.1307-6884 , (2008).

[36] A.Ashour , M.A.Kaid , N.Z.El-sayed, A.A.Ibrahim , " physical properties of ZnO thin films deposited by spray pyrolysis technique " Applied Surface Science Vol. 252 , P.7844-7848, (2006).

Abstract

Potassium permanganate (KMnO4) thin films have been deposited by pulse laser technique on glass substrates at 250°C. The influence of lasing pulses number has been studied on the optical properties of KMnO4The films have absorption coefficients greater than10^4cm ' in the UV-visible region. The transmittance spectrum of Kmn04 films for a number of different pulses indicates that(% 80_40) of the transitions are within the NIR and visible region, and this is the reason for the use of potassium permanganate films in the windows of the solar cell

Ministry of Higher Education,
Research and Scientific
University of Babylon
College of Science for Girls
Department of Laser Physics

Study of the optical properties of (KMno4) films prepared by pulsed laser deposition method

Research submitted to

The Council of the Faculty of Science for Girls, University of Babylon, which is part of the requirements of

Bachelor's degree in Physics - Laser

By the student

Bnt al_huda Dhahir Jebur

Under supervision

Dr. Jinan Ali Abd

1444 AH 2023 AD