



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة تأثير السُمك على الخواص البصرية لغشاء (CdTe/Quartz)

بحث مقدم إلى
كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة بابل
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدبلوم العالي
في فيزياء المواد وتطبيقاتها

من قبل

محمد كاظم إبراهيم صكر

بكالوريوس فيزياء /جامعة بابل/كلية التربية/2005-2006

بإشراف

أ. د. شروق صباح عبد العباس

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فَاسْأَلُوا أَهْلَ الذِّكْرِ إِنْ كُنْتُمْ تُعْلَمُونَ

صدق الله العلي العظيم

سورة الانبياء (من الآية 7)

الإهداء

إلى

الذي غمرني بفضله ومضى

إلى

روح والدي رحمه الله عرفاناً بالجميل

إلى

والدتي الغالية أطل الله في عمرها

إلى

من أشد بهم أزي وسندي في الحياة أخوتي واخواتي

إلى

من كانت لي خير سند وعون زوجتي - حباً واحتراماً

إلى

فلذات القلب أولادي

أهديهم جهدي المتواضع

محمد 

شكر وتقدير

الحمد لله اعلم الاولين والآخرين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد وآله الطيبين الطاهرين أقدم الحمد والشكر لله رب العالمين على اتمام بحثي ومن ثم الشكر والتقدير والعرفان بالجميل الى الاستاذة المشرفة (الدكتورة شروق صباح عبد العباس) لما لها من الفضل الاكبر والاثر الطيب لرعايتها وتوجيهها المستمر داعيا لها بدوام العافية والزيادة بالعلم والموفقية.

واقدم شكري وتقديري الى الدكتور عدنان حمود الاعرجي لإهدائه برنامج الخواص البصرية الذي استخدم في نتائج البحث .

وأقدم وافر شكري وتقديري الى عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة – بابل وفي مقدمتها السيد العميد (الدكتور بهاء حسين صالح ربيع) والى رئاسة قسم الفيزياء وبمقدمتهم السيد (الدكتور خالد حنين عباس) والى اساتذة القسم والعاملين بالمختبرات والموظفين في كليتنا الذين أسهموا من قريب او بعيد في بحثي هذا، ولما لهم من الفضل في رفدي بالمساعدة بالجهد والخبرة القيمة متمنيا لهم دوام الصحة والسلامة والزيادة في كل خير.

واقدم شكري الموصول بالحب والامتنان الى جميع زملائي من طلبة الدراسات العليا (الدبلوم العالي) والى جميع افراد عائلتي واهلي واقربائي الذين تحملوا معي اعباء الدراسة وصعوبة المواصلة لإتمام المشوار بنجاح داعيا الله (سبحانه وتعالى) ان يديم عليهم الصحة والسعادة والعافية، انه نعم المولى ونعم المجيب.

محمد 

اقرار المشرف

أقر بان اعداد هذه الرسالة الموسومة بـ (دراسة تأثير السمك على الخواص البصرية لغشاء CdTe/Quartz) التي قدمها الطالب (محمد كاظم ابراهيم) كان بأشرافنا في جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدبلوم العالي في علوم الفيزياء

التوقيع

اسم المشرف: د. شروق صباح عبد العباس

اللقب العلمي : استاذ

العنوان : جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

التاريخ : / / 2022

توصية رئيس قسم الفيزياء

اشارة الى التوصية المقدمة من قبل المشرف أُحيلت هذه الرسالة على لجنة المناقشة لبيان الرأي فيها

التوقيع

الاسم : د. خالد حنين عباس

المرتبة العلمية: استاذ

التاريخ : / / 2022

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن اعضاء لجنة المناقشة اننا اطلعنا على الرسالة الموسومة
(دراسة تأثير السُمك على الخواص البصرية لغشاء CdTe/Quartz) المقدمة من قبل
(محمد كاظم ابراهيم) وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها وانها جديرة بالقبول لنيل
درجة الدبلوم العالي في اختصاص الفيزياء وبتقدير ()

التوقيع

الاسم: د. عدنان حمود محمد

المرتبة العلمية: استاذ (رئيسا)

العنوان: جامعة بابل / كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: 2022 / /

التوقيع

الاسم : د. مصعب خضر محمد

المرتبة العلمية: استاذ (عضوا)

العنوان: جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

التاريخ: 2022 / /

التوقيع:

الاسم : د. شروق صباح عبد العباس

المرتبة العلمية: استاذ (عضوا) ومشرفاً

العنوان: جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

التاريخ: 2022 / /

صدق من قبل مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة بابل

التوقيع

الاسم : د. بهاء حسين صالح ربيع

المرتبة العلمية: استاذ (عميد الكلية)

العنوان : جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

التاريخ : 2022 / /

تم اخذ نتائج الغشاء الرقيق لتيلورايد الكاديوم CdTe حيث تناول البحث تأثير السمك على الخواص البصرية للغشاء النانوي وذلك لمعرفة مدى تغير الخواص البصرية وفجوة الطاقة عند تغير سمك الغشاء. تم اخذ عينات الغشاء النانوي بسمك مختلفة (25 ، 50 ، 75 ، 100 ، 125) نانومتر وقد أظهرت النتائج أن الغشاء النانوي الرقيق (تيلورايد الكاديوم) يتمتع بامتصاص جيد في المنطقة فوق البنفسجية في نطاق الاطوال الموجية (280 – 287) نانومتر لجميع السماك، بينما النفاذية تقل مع زيادة السمك للغشاء النانوي الرقيق تيلورايد الكاديوم في نطاق الاطوال الموجية (390 – 1000) نانومتر وان اقل قيمة لنفاذية الطيف خلال الغشاء النانوي نحصل عليها عند الاطوال الموجية (200 – 300) نانومتر، اما الحد الاعلى للنفاذية فهو عند منطقة الاطوال الموجية التي تتراوح ما بين (390 – 990) نانومتر. تقل الانعكاسية مع زيادة الطول الموجي (390 – 990) نانومتر لسمك الغشاء النانوي الرقيق وان اقل قيمة للانعكاسية نحصل عليها عند طول موجي (1000) نانومتر لجميع العينات وان اعلى قيمة للانعكاسية هي (21%) عندما تتراوح الاطوال الموجية ما بين (190 – 390) نانومتر لجميع السماك ويزداد الانعكاس مع زيادة سمك الغشاء ضمن المدى (440 – 990) نانومتر على التوالي.

معامل الامتصاص له قيم شبه ثابتة لنطاق الاطوال الموجية (500 – 1000) نانومتر وان اكبر قيمة لحافة الامتصاص عند السمك (25) نانومتر وقيمتها ($35 \times 10^4 \text{cm}^{-1}$) وتتناقص الحافة مع زيادة السمك مما يشير إلى انتقال مباشر .

كانت القيمة القصوى لمعامل الخمود في الاطوال الموجية (190 – 1000) نانومتر بينما لها قيم متفاوتة لنطاق الاطوال الموجية (600 – 1000) نانومتر واعلى قيمة لمعامل الخمود كانت

عند السمك (25) نانومتر عند الطول الموجي (350) نانومتر اما عند الطول الموجي (990) نانومتر لاحظنا تناقص ملحوظ ولجميع القيم.

كان أعلى معامل انكسار عند السماك (25) نانومتر بينما العينات ذات السماك (50 -125) نانومتر أعطت قيم متقاربة وتبدأ في الانخفاض مع زيادة السمك الى ان نصل (990) نانومتر نلاحظ هبوط سريع في معامل الانكسار ولجميع العينات.

ثابت العزل الخيالي له ذروة واحدة في الجزء الخيالي والتي تعني ان هناك انتقالا واحدا بين النطاقين ، والذي يحدث بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل لاحظنا ثابت العزل الخيالي يتناقص بشكل حاد في نطاق الاطوال الموجية (300 - 390) نانومتر بينما يحدث السلوك المعاكس للعينات ضمن الاطوال الموجي (600 - 900) نانومتر فيزداد ثابت العزل مع زيادة السماك ، ولا حظنا ان التوصيلية البصرية انها تتخفف لجميع عينات الاغشية الرقيقة مع زيادة الطول الموجي ولاحظنا ايضاً ان اعلى توصيلية بصرية عند اقل سمك واقل توصيلية بصرية عند اعلى سمك ، وبذلك فقد أظهرت النتائج أن زيادة السمك كان له تأثير مباشر على جميع الخواص البصرية المدروسة. وتبين ان زيادة السمك يؤدي الى نقصان فجوة الطاقة ويعود هذا السبب الى التبلور العالي لهذه الاغشية.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	ت
I	الخلاصة	
III	قائمة المحتويات	
V	قائمة الأشكال	
VI	قائمة الجداول	
VII	قائمة الرموز	
الفصل الأول		
2	المقدمة	1-1
4	الدراسات السابقة	2-1
10	هدف البحث	3-1
الفصل الثاني		
12	طرائق تحضير الأغشية الرقيقة	1-2
12	الطرق الفيزيائية	1-1-2
14	الطريقة الكيميائية	2-1-2
15	الخواص البصرية	2-2
15	الامتصاص البصري	1-2-2
16	معامل الامتصاص البصري	2-2-2
17	حافة الامتصاص	3-2-2
18	قيم ثوابت الامتصاص	4-2-2
18	فجوة الطاقة	1-4-2-2
20	معامل الانكسار	2-4-2-2
20	النفاذية	3-4-2-2
20	الانعكاسية	4-4-2-2

رقم الصفحة	الموضوع	ت
21	معامل الخمود	5-4-2-2
21	ثابت العزل الكهربائي	6-4-2-2
22	التوصيلية البصرية	(7-4-2-2)
22	تيلورايد الكادميوم CdTe	3-2
24	خصائص مادة الغشاء تيلورايد الكادميوم CdTe	4-2
26	الكوارتز Quartziz	5-2
الفصل الثالث		
29	المقدمة	1-3
29	الخصائص البصرية	2-3
29	الامتصاصية	1-2-3
30	طيف النفاذية	2-2-3
31	الانعكاسية	3-2-3
32	معامل الامتصاص	4-2-3
33	معامل الخمود	5-2-3
34	معامل الانكسار	6-2-3
35	ثابت العزل الحقيقي والخيالي	7-2-3
37	التوصيلية البصرية	8-2-3
38	فجوة الطاقة المباشرة	9-2-3
الفصل الرابع		
41	الاستنتاجات	1-4
42	الدراسات المستقبلية	2-4
44	المصادر	

قائمة الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
16	الانتقالات المباشرة وغير المباشرة في المواد شبه الموصلة	(2-1)
18	مقدار معامل الامتصاص قبل حافة الامتصاص وبعدها وعندها	(2- 2)
19	الانتقالات الألكترونية: (a) الانتقال المباشر المسموح (b) الانتقال المباشر الممنوع (c) الانتقال غير المباشر المسموح (d) الانتقال غير المباشر الممنوع	(2- 3)
25	مركب تيلورايد الكاديوم CdTe	(2- 4)
30	يوضح تغير الامتصاصية مع الطول الموجي ولسمك مختلفة	(1-3)
31	يوضح تغير النفاذية مع الطول الموجي ولسمك مختلفة	(2-3)
32	أطياف الانعكاس للأغشية النانوية الرقيقة وبسماك مختلفة	(3- 3)
33	معامل الامتصاص للأغشية النانوية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة	(4 – 3)
34	يوضح معامل الخمود للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة	(5 – 3)
35	يوضح معامل الانكسار للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة	(6 – 3)
36	يوضح ثابت العزل الحقيقي وللأغشية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة	(7 – 3)
37	يوضح ثابت العزل الخيالي للأغشية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة	(8 – 3)
38	يوضح التوصيلية للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة	(9 – 3)
39	يوضح فجوة الطاقة المباشرة للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة	(10 – 3)
39	يوضح العلاقة بين فجوة الطاقة المباشرة والسمك للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe	(11 – 3)

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
25	بعض الخصائص الفيزيائية لمركب CdTe	(2 - 1)
39	فجوة الطاقة المباشرة المسموحة للأغشية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة	(3 - 1)

قائمة الرموز

الرمز	المصطلح
A	الامتصاصية
I_A	شدة الضوء الممتص
I_0	شدة الضوء الساقط
T	النفذية
I_T	شدة الضوء النافذ
R	الانعكاسية
ΔK	التغير في متجه الموجه
V.B	حزمة التكافؤ
C.B	حزمة التوصيل
α	معامل الامتصاص
ν	التردد
h	ثابت بلانك
$E_g^{opt.}$	فجوة الطاقة البصرية
E_{ph}	طاقة الفوتون المساعد
t	سمك المادة
n	معامل الانكسار
c	سرعة الضوء
k	معامل الخمود

الرمز	المصطلح
λ	الطول الموجي
ϵ_r	ثابت العزل الحقيقي
ϵ_i	ثابت العزل الخيالي
σ_{op}	التوصيلية البصرية
R.T	درجة حرارة الغرفة

الفصل الأول

مقدمة عامة

: Introduction المقدمة (1- 1)

ان تقنية الاغشية الرقيقة هي الأساس في مجال تطور الكترونيات الحالة الصلبة وإن الخواص الضوئية للأغشية الرقيقة والفضول العلمي حول سلوك المواد الصلبة ثنائية الأبعاد هي المسؤولة عن التقدم الهائل في دراسة علم تقنية الاغشية الرقيقة [1].

إن دراسة الاغشية الرقيقة ذات الفجوة المباشرة وغير المباشرة فتحت مجالات عديدة من البحث العلمي في فيزياء الحالة الصلبة والتي تقوم على ظواهر فريدة للأغشية كالمسك والشكل والتركييب لهذه الأغشية.

عندما نأخذ غشاء رقيق جدا من مادة معينة فإننا بصدد حالة السطحين للغشاء متداخلين الى درجة كبيرة جدا على غير العادة كما في المواد السميكة فإن هذا يعمل على وجود خصائص جديدة للمادة كغشاء رقيق وعندما تكون المادة كغشاء رقيق ويكون سمكها في حدود عدة ذرات يخلق مجالا وسطا بين نظامين الرقيق والجزئي وبالتالي يوفر لنا وسيلة لتحقيق الطبيعة الفيزيائية من العمليات المختلفة [2] .

والاغشية الرقيقة للمواد تكون مناسبة للتطبيقات الالكترونية والضوئية إلا أن بعض الخصائص مثل المقاومة الكهربائية في بعض الأحيان لا تختلف جوهريا للأغشية الرقيقة عن كونها المادة السميكة [1] .

إن تقنية الأغشية الرقيقة للمواد هي مفتاح الاستمرار في التقدم التكنولوجي في العديد من المجالات مثل المجالات الكهروضوئية والضوئية والمغناطيسية. حيث ان تقنية الاغشية الرقيقة تمكننا من تصنيع الأجهزة الالكترونية المختلفة وحيث ان معظم المواد تختلف في خصائصها الفيزيائية

والكهربائية والضوئية والمغناطيسية عندما تكون غشاء رقيق مما يساعد على الاستفادة من هذه التغيرات في تصنيع أجهزة جديدة متعددة الاستخدامات والتطبيقات والتي تدخل في صناعة الأجهزة الالكترونية الدقيقة وأفلام التسجيل المغناطيسية والحساسات الضوئية والخلايا الشمسية والمرشحات وأجهزة الاستشعار عن بعد الخ [3] .

يصف مصطلح الغشاء الرقيق طبقة واحدة او عدة طبقات من ذرات المادة لا يتجاوز سمها (500)نانومتر . استعملت الاغشية الرقيقة منذ اكثر من نصف قرن في عمل النباط الالكترونية ومختلف التطبيقات البصرية وهي مازالت تُطوّر يوميا . حيث ان تقنية الاغشية الرقيقة تعتبر تقنية قديمة لكنها بنفس الوقت تعتبر المفتاح الحالي لتقنية الكثير من المواد وهناك مجلدات عديدة خاصة بالأغشية الرقيقة [4].

تُعد فيزياء الاغشية الرقيقة من الفروع المهمة لفيزياء الحالة الصلبة والتي تبلورت عنها وأصبحت فرعا قائماً بحد ذاته، حيث أسهمت تقنية الأغشية الرقيقة اسهاما كبيرا في دراسة اشباه الموصلات والتي بدأ الاهتمام فيها منذ أوائل القرن التاسع عشر، واعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكيميائية التي تختلف عن خواص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) [1].

فالأغشية تُعرّف على انها مواد تُحضر على شكل طبقة أو عدة طبقات رقيقة بالترسيب المُسيطر عليه للجزيئات أو الذرات أو الايونات على ركيزة صلبة (Substrate) ويشترط أن لا يتجاوز المايكرون الواحد [2] وعادة تُرسب الاغشية على ركيزة من الزجاج أو السليكون أو الالمنيوم أو الكوارتز وغيرها اعتمادا على طبيعة المادة أو الحاجة العلمية [3]، وقد استخدمت الأغشية الرقيقة في المجالات العلمية والتقنية وكانت للتطبيقات العملية المختلفة أثرا واضحا، ومن هذه التطبيقات [4].

1 – التطبيقات الالكترونية (Electronic Applications) :

تم استثمار الأغشية الرقيقة في صناعة المتسعات والثنائيات والدوائر المتكاملة والمقاومات وأقطاب التوصيل. كما استخدمت الأغشية في صناعة الثنائيات الباعثة للضوء ولوحات العرض البلازمية [4].

2- التطبيقات البصرية (Optical Applications) :

تم استعمال الأغشية الرقيقة في صناعة الخلايا الشمسية وصناعة الألياف البصرية المستخدمة في نقل المعلومات والاتصالات، وصناعة المرشحات البصرية والطلاءات المضادة للانعكاس لتقليل الخسائر المصاحبة لانعكاس الضوء من سطوح هذه الخلايا. كما تم استعمالها في صناعة الكواشف الضوئية، فضلا عن ذلك استعمالها في بصريات الليزر كطلاءات عاكسة لها القابلية على تحمل شدات عالية من الاشعاع [4].

3- التطبيقات المغناطيسية (Magnetic Applications) :

تم توظيف الأغشية الرقيقة في صناعة نبائط خزن البيانات في الحاسبات الالكترونية، من المعروف إن أوساط الخزن هذه قد بلغت ساعاتها الخزنية قيما كبيرة من المعلومات ضمن احجام صغيرة للنبائط المُصنعة. كما تم استعمال الأغشية في صناعة الأقراص الليزرية المدمجة [4].

(2-1) الدراسات السابقة Literature Survey :

تُعد مادة تيلورايد الكاديوم من المواد المعروفة جيدا لأكثر من قرن مضى ولفوائدها المتعددة وخواصها الفريدة وتطبيقاتها الصناعية الكثيرة فإنها كانت محط اهتمام الباحثين والدارسين والمهندسين

، لذلك فان هناك العديد من البحوث والدراسات تختص بأغشية تيلورايد الكاديوم (TeCd) وخواصها التركيبية والبصرية والكهربائية نذكر من هذه الدراسات والبحوث :

(Dwivedi et al . 2010) درس هو وجماعته تأثير تغيير درجة حرارة الأساس (T_s) في تركيب الاغشية (CdTe/ZnTe) المرسبة بسمك (250 نانومتر) على قواعد زجاجية بتقنية التبخير بالحزمة الالكترونية (Molecular Beam Evaporation) تحت ضغط ($5 \times 10^{-6} Torr$) وبينت نتائج (XRD) ان الاغشية ذات تركيب عشوائي (Amorphous) عند قيمتي درجة حرارة للأساس (T_s) بلغت (300 k , 350 k) فان التركيب صار متعدد التبلور ، بعد ذلك قام الباحثون بمعاملة النماذج حراريا لمدة ساعة واحدة بالفراغ ، فلاحظ من نماذج الحيود ان النمو في القمم هو دالة لدرجة حرارة التلدين [5] .

(Babkair 2010) حضر الباحث اغشية (CdTe) الرقيقة بتقنية طريقة الترسيب الفيزيائي للبخر (Physical Vapor Deposition (PVD)، لتصنيع خلية شمسية (CdTe/Cds) (المفرق الهجين) ودرس الخواص البصرية باستعمال مطياف (UV-VIS)، اذ رسم العلاقة بين معامل الامتصاص $(\propto hv)^{\frac{1}{r}}$ وطاقة الفوتون (hv) وحصل منها على فجوة الطاقة (1.45 eV)[6].

(S .A.Mahdy 2011) درس الباحث الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdTe) النقية والمشوبة بالخارصين (Zn) بالنسب % (1,2,3,4,5) والمحضرة بتقنية (PVD) بسمك (400 ± 25) نانومتر ومعدل ترسيب (2 ± 0.1) نانومتر/ثانية على ارضيات من الزجاج بدرجة (R.T) وقام بتلدين الأغشية بالدرجات (523 , 573, 623, 673)K وأظهرت نتائج الحيود للأشعة السينية ان الأغشية ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) عند الاتجاه [111] للأغشية النقية والمشوبة ، إذ وجد ان التشويب قد حسن التركيب البلوري ، وأدى الى زيادة في الحجم الحبيبي

بالمقارنة مع الاغشية غير المشوبة ودرس الخواص البصرية ، ووجد ان التشويب يقلل من قيم الثوابت البصرية عدا % (5) ، وكذلك الحال مع فجوة الطاقة البصرية ، إذ قلت من (1.62 eV) للأغشية النقية الى (1.58 eV) للمشوبة منها ، اما التلدين فقد أدى الى زيادة فجوة الطاقة [7].

(Nam- Hoon Kim 2012) درس الباحث وجماعته الخواص الكهربائية لأغشية

(CdTe) النقية والمشوبة بالالمنيوم المحضرة بطريقة التريز باستخدام ليزر الهليوم - نيون (He - Ne) ذي الطول الموجي (632.8 نانومتر ، اذ لدن الاغشية في ما بعد (673 K) لمدة ساعة واحدة ، ان الفحص (AES) (Auger electron spectroscopy) للأغشية اظهر ان ترسيب الاغشية قد تم بصورة منتظمة . ان عملية التشويب أدت الى تغير نوع الاغشية من النوع (p- type) الى نوع (n-type) ، كذلك أدت الى تناقص فجوة الطاقة البصرية (E_g^{opt}) من (1.451 eV) الى (1.418 eV) ، وكذلك فان معدل قيمة الامتصاصية قد زادت من (1.58) الى (1.72) وان المقاومة قد قلت بصورة ملحوظة من ($10^4 \Omega.cm^{-1}$) الى ($10^{-6} \Omega.cm^{-1}$) وان تركيز حاملات الشحنة ازداد الى اعظم قيمة له ($1.2 \times 10^{12} cm^{-3}$) ، إذ بين استعمال الليزر في عملية التشويب فعال جدا للوصول لعدة طبقات من الغشاء المستعمل في الخلايا الشمسية في وقت قصير نسبيا بعملية دقيقة يمكن التحكم فيها بنوع الغشاء وقيمة التوصيلية وفجوة الطاقة البصرية والامتصاصية وتوزيع حاملات الشحنة والمقاومية [8].

(A.B.Phillips 2013) درس هو وجماعته عملية ترسيب النحاس والفضة كطبقة

للتوصيل الخلفي لخلايا (CdTe) الشمسية ، فوجد ان النحاس والفضة المرسبة تحت الطبقة النانوية من الكربون المفردة تعمل على توصيل الإشارة الكهربائية بصورة جيدة من دون تعديلات على سطح غشاء (CdTe) المرسبة على طبقة التوصيل الخلفي ، إذ عمل ذلك على زيادة كفاءة الخلية الشمسية

بصورة كبيرة فضلا عن جعل طبقة الكربون اكثر استقرارية حراريا وعدم تحللها في اثناء زمن الاختبار التجريبي [9].

(حيدر عبد الزهرة 2014) قام هذا الباحث وجماعته بتحضير الغشاء المترابك $(\text{CdTe})_{1-x}$ بتراكيز مختلفة ($x = 0.1, 0.3, 0.5$) عند درجة حرارة لقاعدة الغشاء ($T = 80 \text{ C}^0$) باستخدام منظومة التبخير الحراري بالفراغ (Thermal Vacuum Evaporation System)، كما بينت فحوصات حيود الاشعة السينية (XRD) ان المركب $(\text{CdTe})_{1-x}$ و (ZnS) و $(\text{CdTe})_{1-x} \text{Se}_x$ polycrystalline (structure) ، كما بينت الفحوصات خصائص السعة - جهد تناقص السعة مع زيادة نسبة التركيز (x) عند ارتفاع الفولطية بالانحياز العكسي ، بينما بينت فحوصات التيار- جهد أن تيار الظلام يزداد بزيادة الفولطية في حالة الانحياز العكسي والامامي وبزيادة نسبة التركيز (x) ، بينما يزداد التيار الضوئي باتجاه الانحياز العكسي بزيادة نسبة التركيز (x) وان قيم التيار الضوئي أكبر من قيم تيار الظلام لجميع التراكيز [10].

(سلام حميد فياض 2015) درس هذا الباحث الخواص التركيبية والبصرية لأغشية تيلورايد الكاديوم (CdTe) الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري بسمك (450 ± 25) نانومتر المرسبة على قواعد من الزجاج بدرجة حرارة الغرفة (R.T) بمعدل ترسيب (2.5) نانومتر/ثا ، اذ تم دراسة تأثير تغير نسب التشويب بعنصر النحاس (Cu) بالقيم (1,2,3,4,5)% من الخواص التركيبية والبصرية للأغشية الشوبية . واطهرت نتائج الفحوصات التركيبية بحيود (X-ray) ان تركيب الاغشية المحضرة هو متعدد التبلور بالاتجاه [111] ، وتزايد ملحوظ في شدة القمة بهذا الاتجاه بعد التشويب وتزايد بمعدل الحجم الحبيبي بزيادة نسبة التشويب عدا النسبة (5%) وقد تبين ان لهذه الاغشية المحضرة

النقية والمشوبة فجوة طاقة مباشرة تبلغ للأغشية النقية (1.55 eV) ، وتقل قيمتها بزيادة نسب التشويب ماعدا (5%) إذ تبلغ (1.55 eV) وان الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة هي السائدة . وتم حساب الثوابت البصرية مثل معامل الامتصاص (α) ، ومعامل الانكسار (n) ، ومعامل الخمود (k) ، وثابت العزل (ϵ) بجزأيه الحقيقي والخيالي ضمن الطول الموجي (300-1100) نانومتر قبل عملية التشويب وبعدها ، وتبين ان جميع الاغشية المحضرة تمتلك معامل امتصاص قدره ($\alpha > 10^4 \text{cm}^{-1}$) [11] .

(باسم عبد اللطيف و لميس عبد الكريم 2016) قاما هذان الباحثان بدراسة تأثير الانعكاسية على كفاءة الكمية للخلايا الشمسية من نوع (CdS/CdTe) وتم تصميم طلاء مضاد لانعكاس الموجة الساقطة على الخلية الشمسية لغرض تقليل الطاقة المفقودة بسبب الانعكاس. اقترحت عدة تصاميم بإضافة طبقة (MgF_2) أسفل وأعلى الخلية الشمسية (CdS/CdTe) مرسبة على أساس من الزجاج حيث تم حساب الانعكاسية للتصاميم من خلال اعتماد نظرية المصفوفة المميزة ، ومن ثم مقارنة قيمة الكفاءة للتصاميم المقترحة مع النتائج السابقة عند عدم حساب الانعكاسية لإيجاد أفضل تصميم تكون للكفاءة الكمية أعلى قيمة حيث وُجد أن قيم أفضل تصميم هو عندما تكون طبقة (MgF_2) مرسبة فوق الخلية الشمسية (CdS/CdTe/ MgF_2) حيث تصل قيمتها (0.89) عندما يكون عرض منطقة النضوب مساويا الى ($W=2.69\mu\text{m}$) [12] .

(Rupali Kulkarni et al. 2017) قام هذا الباحث بدراسة تأثير التردد على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (CdTe) المترسبة بواسطة رشاش الموجات الراديوية Radio Frequency (RF) المصمم محليا . تم تحليل الأفلام باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات مثل حيود الأشعة السينية بزوايا منخفضة ، والتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية - المرئية والتحليل

الطيفي لرامان الخ . تبين ان اغشية (CdTe) متعددة البلورات ولها بنية مكعبة مع اتجاه مفضل في اتجاه (111) . أظهرت دراسات تشتت رامان وجود طور (CdTe) على كامل نطاق التردد الراديوي المدروسة . اظهر التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية - المرئية ان فجوة النطاق تتناقص مع زيادة قدرة التردد الراديوي ، فان اغشية (CdTe) المودعة عند طاقة (RF) لها اعلى قيم فجوة طاقة مثلى (1.60ev – 1.44ev) ويمكن استخدام فجوة الطاقة المثلى (CdTe) كمادة ماصة في الخلايا الشمسية (ZnO / CdTe) و (CdS / CdTe) [13] .

(Suha .A. Fadaam et.al 2019) درس هذا الباحث وجماعته تأثير حرارة التلدين على (400، 200) درجة مئوية للخلايا الشمسية غير المتجانسة (CdTe) بتقنية التبخير الحراري في الفراغ . مع معدل الترسيب (4.32 نانومتر / ثانية) وسمك (400 ± 10) نانومتر ، حسب فجوة الطاقة في درجة حرارة الغرفة لـ (CdTe) فكانت من 1.5 الى 2 الكترون فولت للخلايا الشمسية ذات الكفاءة . [14]

(Tursun Ablkim et al 2020) قام هذا الباحث وجماعته بإنتاج خلايا شمسية القائمة على (CdTe) والتي تظهر كفاءة تحويل الطاقة بنسبة (19%) باستخدام طريقة التبخير الحراري والمتاح على نطاق واسع لطبقات الامتصاص على الزجاج المطلبي بـ (SnO₂) مع او بدون طبقة عازلة (MgZnO) شفافة حيث يؤدي تبخير (CdSe) مع (CdTe) بالتتابع عن طريق التبخر الحراري والتلدين (CdCl₂) اللاحق الى انشاء تصنيف نطاق (CdSeTe) فعال بالإضافة الى اغشية كثيفة ذات حبيبات كبيرة . تُظهر هذه النتائج أن الخلايا الكهروضوئية عالية الأداء من مجاميع المواد الثنائية (II) الى السادسة (VI) يمكن تصنيعها من خلال أنظمة تبخير غير مكلفة ومتاحة تجارياً دون الحاجة الى بناء معدات مخصصة [15] .

(Elisa Artegiani et al . 2021) قام هذا الباحث وجماعته بزيادة كفاءة لأغشية (CdTe) من (17%) الى (22%) على وجه الخصوص ، تم تقديم ابتكارين رئيسيين : طبقة (CdSe_xTe_{1-x})، التي تضيق فجوة الطاقة للمُمتص بالقرب من التقاطع ، وطبقة عازلة كبيرة لفجوة النطاق (MgxZn1-xO) . بشكل عام يتم تشكيل (CdSe_xTe_{1-x}) اما عن طريق ترسيب طبقة (CdSe) عند التقاطع المزدوج لاحقا مع (CdTe) أو عن طريق ترسيب مركب (CdSe_xTe_{1-x})، هنا قام الباحث بإدخال طريقة مختلفة حيث تم تشكيل (CdSe_xTe_{1-x}) عن طريق معالجة (CdTe) رقيق عند درجة حرارة عالية في جو السيلينيوم وتم تصنيع الجهاز النهائي عن طريق استبدال (CdS) ب (SnO₂) وكفاءة تتجاوز (14%) [16] .

(3- 1) هدف البحث Search objective :

دراسة تأثير السُمك على الخصائص البصرية لغشاء CdTe/Quartz ومعرفة التطبيقات المهمة لهذا الغشاء والوصول الى قيم مثالية لتطبيقات الخلايا الشمسية .

الفصل الثاني

الجانب النظري

(1-2) طرائق تحضير الأغشية الرقيقة : Thin Film Deposition Methods

نتيجة للتطبيقات الواسعة للأغشية الرقيقة وعلى اختلاف أنواع المواد ومواصفاتها، وُجدت الحاجة الماسة إلى ظهور تقنيات تحضير جديدة تُلائم الأغشية ومجالات تطبيقها، لذا تطورت تقنيات الاغشية الرقيقة تعددت مع زيادة التقدم العلمي والتقني والتكنولوجي المعاصر، فاستُخدمت العديد من الطرائق للتحضير، إذ أصبحت لكل طريقة خصوصياتها لتتجز العمل الذي أنشأت من أجله.

ان أي عملية ترسيب تتضمن ثلاث خطوات أساسية هي [17] :

1 - توليد النوع المناسب من الذرات او الجزيئات او الايونات .

2 - نقل هذه الأنواع الى الركيزة خلال الوسط .

3 - تكثيفها على ركيزة اما مباشرة واما كيميائيا واما بعملية كهروكيميائية لتشكيل المادة الصلبة.

وقد تم التأكد بالتجارب أن اختلاف الطرائق المُستخدمة في التحضير تُسبب اختلافا في بعض خواص الاغشية. ومن الطرائق المستخدمة في تحضير الأغشية الرقيقة هي طرائق فيزيائية وكيميائية نذكر منها بشيء من الايجاز [11] :

(1-1-2) الطرق الفيزيائية Physical methods :

يمكن تقسيم هذه الطرائق تبعا للآلية المُعتمدة للحصول على ذرات او الجزيئات المتحررة من

المادة وهي بعد أنواع، منها [18 , 19] :

أولا : التبخير بالفراغ Vacuum Evaporation : وتُقسم تبعا للكيفية التي يتم فيها الحصول على

بخار المادة الى :

(a) طريقة الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD) Physical Vapor Deposition

وتُسمى أيضا بالتبخير الحراري في الفراغ (Thermal Evaporation Vacuum)، يتم تبخير المادة المراد تحضير الغشاء منها بواسطة التسخين الكهربائي للمقاومة (Resistive Heating)، إذ نضع المادة في حوض من المولبدينيوم أو التتستن وذلك لعدم تفاعل هاتين المادتين أو انصهارهما ضمن مدى الدرجات المعمول به في العملية. تتم عملية التبخير للمادة المراد تحضير الغشاء منها تحت ضغط واطئ يصل أحيانا الى (10^{-6} Torr) ، يختلف هذا الضغط باختلاف المضخات المستعملة للتفريغ وكذلك نوع المادة المراد تبخيرها، وتُعد هذه الطريقة من أكثر الطرائق شيوعا في تحضير الأغشية [18,19] .

(b) التبخير بالقوس . Arc Evaporation

(c) - التبخير بالليزر . Laser Evaporation

(d) التبخير بالحزمة الالكترونية . Electron Beam Evaporation

(e) التبخير بالوميض . Flash Evaporation

ثانيا: طريقة التريذ . Sputtering Method

وهذه الطريقة بعدة أنواع نذكر منها [20] :

1 - تقنية التريذ بالتيار المستمر Dielectric current Sputtering Technique .

2 - تقنية التريذ بالترددات الراديوية Radio Frequency Technique Sputtering .

3 - تقنية التريذ المغناطيسي Magnetron Sputtering Technique

Ion Beam Sputtering Technique 4 – تقنية التريذ بالحرمة الايونية

Biasing Sputtering Technique 5 – تقنية التريذ بالانحياز

:Chemical Method (2-1-2) الطريقة الكيميائية

سنكتفي بذكر تقسيماتها وانواعها [19] :

Electrical Deposition أولاً: الترسيب الكهربائي

وأنواعه:

Electrolytic Deposition (a) الترسيب الالكتروليتي

Anodic Oxidation (b) اكسدة الانود

Electro Lees Deposition ثانيا: الترسيب اللاكهربائي

(CVD) Chemical Vapor Deposition ثالثا: الترسيب الكيميائي للبخار

ويتضمن عدة طرق منها:

Chemical Spray pyrolysis (a) الترسيب الحراري

Transfer Reaction (b) الترسيب بالتفاعلات المتحولة

Polymerization (c) الترسيب بالبلمرة

(2- 2) الخواص البصرية :Optical Properties

ان لدراسة الخواص البصرية للأغشية أهمية بالغة في إيجاد الثوابت البصرية والتي يمكن عن طريقها التعرف على مقدار قيمة فجوة الطاقة البصرية على وفق ظروف التحضير المحدد (الضغط و درجة الحرارة وسمك الغشاء و الخ) وكذلك يمكننا معرفة الثوابت الأخرى من امتصاصية ونفاذية ومعاملات الخمود ومعاملات العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي . [21]

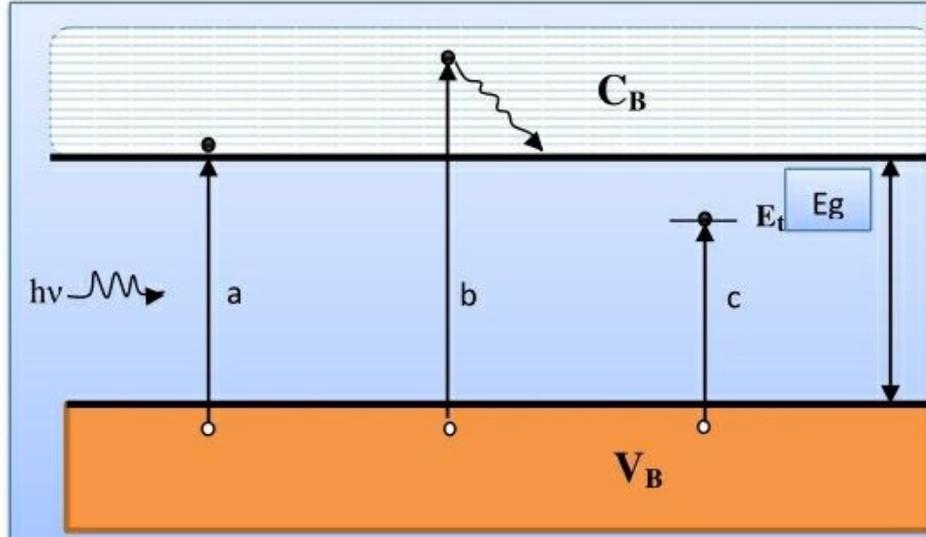
(1-2-2) الامتصاص البصري Optical Absorption

يُعد من الدراسات المهمة وذات الفعالية الكبيرة في مجال فيزياء اشباه الموصلات والاعشبية. ان سقوط الاشعة الكهرومغناطيسية بطاقة ($h\nu$) اكبر من قيمة فجوة الطاقة وبشدة مقدارها (I_0) على المادة التي سمكها (t) التي ستمتص جزءا منها لينفذ منها شدة مقدارها (I_T) ، وهذا يمكننا من ان نجد العلاقة التي نحسب بها معامل الامتصاص (α) وذلك وفق المعادلة [22, 23] :

$$I_T = I_0 e^{(-\alpha t)} \dots \dots \dots (2 - 1)$$

إذ ان (α) معامل الامتصاص (Absorption Coefficient) ويقاس بوحدة (cm^{-1}) . الذي هو نسبة النقص في الطاقة الاشعاعية الساقطة ويتغير تبعا لتغير الطول الموجي للأشعة الساقطة وطبيعة المادة التي تسقط عليها ، هذه العملية تعمل على تهيج الالكترن في حزمة التكافؤ منتقلا الى حزمة التوصيل ممتصاً طاقة مقدارها ($h\nu - E_g$) كما مبين في الشكل (2- 1a) . اما اذا كانت طاقة الاشعة مساوية لقيمة فجوة الطاقة (E_g) فان هذه الطاقة ستمتصها المادة التي ستسقط عليها مولدة زوج الكترن - فجوة كما مبين بالشكل (2- 1b) ويمثلان هذان الانتقالان صنف الانتقال الذاتي (Intrinsic) من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل (Band to Band) .

اما في حالة أن طاقة هذه الأشعة اقل من قيمة فجوة الطاقة فان المستويات الموضوعه الموجودة ضمن الفجوة المحظورة التي يمكن ان توجد في العيوب البلورية الفيزيائية سوف تكون المستويات الموضوعه التي يمكن ان ينتقل إليها الإلكترون في هذه الحالة ، وهذا ما يمثله الانتقال اللاذاتي (Extrinsic) الذي يمثله (2-1c) [24].



الشكل (1-2) الانتقالات المباشرة وغير المباشرة في المواد شبه الموصلة [24]

(2 - 2 - 2) معامل الامتصاص البصري (α) Optical absorption coefficient :

ويعرف بأنه النسبة التي تنقص من الطاقة الإشعاعية الساقطة على المادة نسبة الى المسافة التي قطعها باتجاه انتشار هذه الموجة داخل شبه الموصل ، ويعتمد حساب هذه النسبة على طاقة الأشعة الساقطة بها ($h\nu$) وعلى الخواص البصرية للمادة شبه الموصلة كمقدار عرض فجوة الطاقة للمادة شبه الموصلة ونوع الانتقال الإلكتروني الذي يحدث بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل [24]. ولحساب معامل الامتصاص نبدأ بحساب طاقة الفوتون للأشعة الساقطة من المعادلة [25].

$$E = h\nu \dots \dots \dots (2 - 2)$$

اما مقدار ما ينفذ من هذه الطاقة (T) خلال المادة شبه الموصلة التي سوف تعكس قدرا منه (R) فيكون الجزء النافذ معطى على وفق العلاقة [25] :

$$T = (1 - R)^2 e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (2 - 3)$$

ولحساب مقدار ما تمتصه المادة (A) من هذه الأشعة تعتمد المعادلة [25] :

$$T = 10^{-A} \dots\dots\dots (2 - 4)$$

نعوض قيمة (T) من المعادلة (2-4) في المعادلة (2-3) نحصل على المعادلة :

$$e^{-2.303A} = (1 - R)^2 e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (2 - 5)$$

في حالة كون مقدار ما تمتصه المادة ومقدار ما ينفذ منها يصل تقريبا الى الواحد ، أي ان مقدار ما تعكسه المادة تقريبا من الصفر عند ذلك ستؤول المعادلة (2-5) الى المعادلة :

$$e^{-2.303A} = e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (2 - 6)$$

وبأخذ الـ (Ln) لطرفي المعادلة (2-6) ينتج :

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \dots\dots\dots (2 - 7)$$

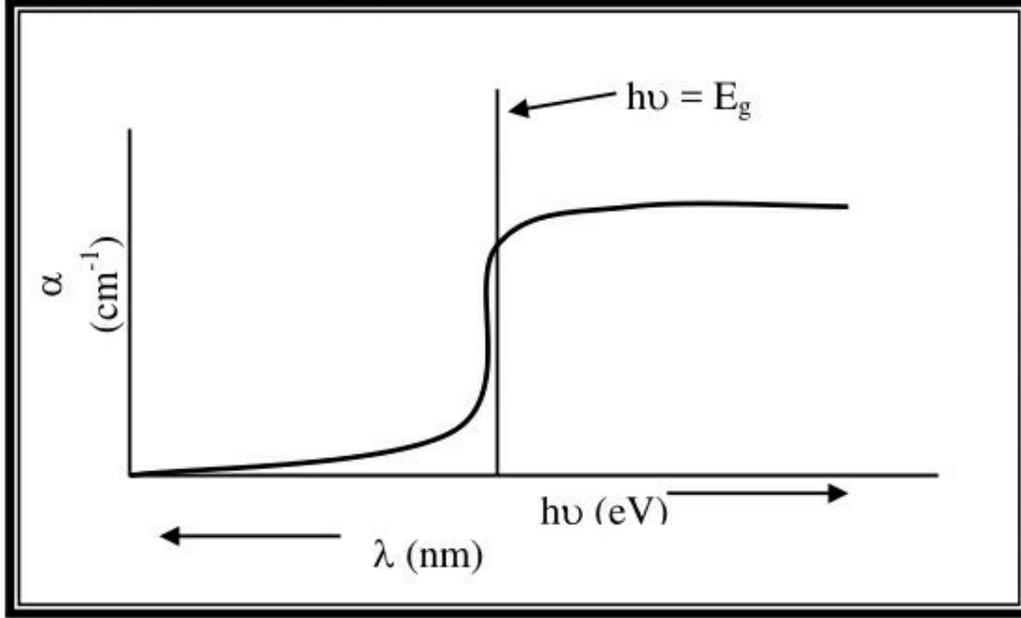
(3-2-2) حافة الامتصاص Absorption edge :

يختلف مقدار الطاقة الاشعاعية التي تسقط بها الفوتونات على المادة ، ففي الحالة التي يصل فيها هذا المقدار بقيمة مساوية لمقدار عرض فجوة الطاقة المحظورة للمادة شبه الموصلة فان مقدار ما ستمتصه المادة سيزداد بصورة كبيرة ، وهذه الصفة تشترك بها تقريبا جميع المواد شبه الموصلة [26].

هذا المقدار الذي تبدأ عنده الزيادة السريعة للامتصاص يُسمى بحافة الامتصاص البصري (Absorption edge) . اما الطول الموجي الذي تكون عنده حافة الامتصاص فهو يُسمى الطول

الموجي للقطع (Cut off wavelength) .

ويبين الشكل (2-2) ان مقدار الامتصاص عند الطول الموجي الأقل والأكثر من الطول الموجي القاطع يكون قليلا، إذ تميز حافة الامتصاص عند رسم طيف معامل الامتصاص كدالة لطاقة الأشعة الساقطة او الطول الموجي لهذه الأشعة بصورة حافة قطع خطي مميز تبدو عريضة نسبيا في حالة اشباه الموصلات متعددة التبلور وحادة في اشباه الموصلات الأحادية التبلور. [26].



الشكل (2-2) مقدار معامل الامتصاص قبل حافة الامتصاص وبعدها وعندها [27]

(4-2-2) قيم الثوابت البصرية :Optical Constants values

الثوابت البصرية من الدوال المهمة هي التي عن طريقها معرفة قيمها يمكن ان تحدد تطبيقات المواد شبه الموصلة او الاستعمال للغشاء الرقيق ، وهذه الثوابت هي :

(1-4-2-2) فجوة الطاقة البصرية :Optical Energy Gap

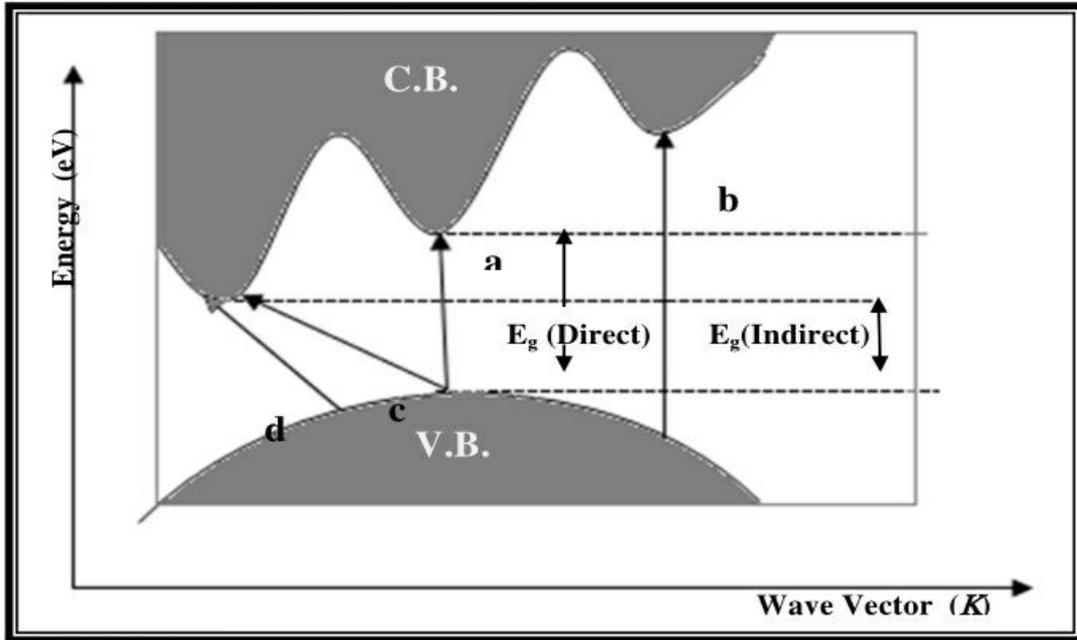
فجوة الطاقة للمواد شبه الموصلة هي مقدار الطاقة التي يحتاج إليها انتقال الإلكترون من قمة حزمة التكافؤ الى قعر حزمة التوصيل او المستوى الموضعي الأقرب للانتقال، ويتأثر عرض هذه الفجوة

بنسب الشوائب المضافة للمادة شبه الموصلة (مادة الغشاء) ، وبدرجة الحرارة ، وهذا التأثير يظهر زيادة او نقصانا تبعا لنوع المادة شبه الموصلة ، فتزداد في بعضها وتقل في بعضها الاخر [28] .

وتحسب قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح والممنوع والانتقال غير المباشر المسموح والممنوع من معادلة تاوس التجريبية كالآتي [28] :

$$(\alpha hv) = \beta(hv - E_g^{opt})^r \dots \dots \dots (2 - 8)$$

إذ يمثل (β) ثابت الانتقال ، فاذا كان الانتقال من النوع المباشر او غير المباشر فتكون قيمته واحدا، اما قيمة الثابت (r) فانها تأخذ القيم ($1/2$) في حالة الانتقال المباشر المسموح ، وتأخذ القيمة ($3/2$) في حالة الانتقال المباشر الممنوع ، وتأخذ القيم (2) و(3) في الانتقال غير المباشر المسموح والممنوع على التوالي، الشكل (2-3) يبين أنواع الانتقالات أنفة الذكر .



الشكل (3-2) الانتقالات الالكترونية [29]

a : مباشر مسموح b : مباشر ممنوع c : غير مباشر مسموح d : غير مباشر ممنوع

فيتم رسم علاقة بيانية بين مقدار طاقة الفوتونات الساقطة ($h\nu$) للمحور السيني ومقدار $\frac{1}{r}(\alpha h\nu)$ للمحور الصادي ، فيحدد مقدار الطاقة بإسقاط خط تماس للمنحني الناتج باتجاه المحور السيني فيقطعه عند النقطة $\frac{1}{r}(\alpha h\nu) = 0$ وهذه النقطة تمثل قيمة فجوة الطاقة [29].

(2-4-2-2) معامل الانكسار (n) Refractive Index :

يستخدم على تسمية النسبة بين سرعة الضوء بالفراغ الى سرعته في أي وسط مادي اخر بمعامل الانكسار الذي يمكن ايجاده اعتمادا على معرفة قيمة ثابت الخمود (K) ومقدار قيمة الانعكاسية للغشاء (R) فتكون قيمته على وفق المعادلة [30] :

$$n = [\{ (1 + R) / (1 - R) \}^2 - (K^2 + 1)]^{\frac{1}{2}} + \{ (1 + R) / (1 - R) \} \dots (2 - 9)$$

(3-4-2-2) النفاذية (T) Transition :

تمثل النفاذية مقدار ما ينفذ من الطاقة الاشعاعية الساقطة على الغشاء بعد سقوط الاشعة عليه ويمكن ايجادها من المعادلة [30] :

$$T = 10^{-A} \dots \dots \dots (2 - 10)$$

(4-4-2-2) الانعكاسية (R) Reflectance :

تمثل الانعكاسية مقدار ما يرتد من الطاقة الاشعاعية الساقطة على الغشاء الى الوسط الذي قدم منه ، ويمكن ايجاد مقدارها على وفق المعادلة [30]:

$$R = 1 - T - A \dots \dots \dots (2 - 11)$$

(5-4-2-2) معامل الخمود (K) Extinction coefficient :

ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها الكترونات حزمة التكافؤ عند سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية على المادة ، أي مقدار الطاقة التي أخدمتها هذه الالكترونات من الأشعة الساقطة او مقدار التوهين في طاقة الأشعة الساقطة، ويعتمد على مقدار الطول الموجي للأشعة الساقطة وعلى قيمة معامل الامتصاص (α) لكل مادة، ويُحسب من العلاقة [30] :

$$K = \alpha \lambda / 4\pi \dots \dots \dots (2 - 12)$$

(6-4-2-2) ثابت العزل الكهربائي (ϵ) Dielectric Constant :

يؤدي سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية على المادة الى تفاعل هذه الأشعة مع الشحنات المادة الساقطة عليها التي تستقطب ممتصة قدرا من الطاقة الساقطة الذي عادة ما يُسمى بثابت العزل الكهربائي (ϵ) الذي يعطى بالعلاقة [30] :

$$\epsilon = \epsilon_r - i\epsilon_i \dots \dots \dots (2 - 13)$$

إذا (ϵ_r) الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي ، و (ϵ_i) الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي ويرتبط الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي (ϵ_r) الذي يعبر عن استقطاب الوسط بغض النظر عن قيمة الطاقة المفقودة نتيجة سقوط الضوء عليه بقيمة معامل الانكسار (n_o) ومعامل الخمود (K) على وفق العلاقة الاتية [30] :

$$\epsilon_r = n^2 - K^2 \dots \dots \dots (2 - 14)$$

يمثل الجزء التخيلي لثابت العزل الكهربائي مقياسا لامتصاص طاقة الاشعاع الساقط من ذرات المادة، ويرتبط أيضا بقيمة معامل الانكسار، وقيمة معامل الخمود على وفق المعادلة [30] :

$$\epsilon_i = 2nK \dots \dots \dots (2 - 15)$$

(7-4-2-2) التوصيلية البصرية (σ_{op}) Optical Conductivity :

الموصلية البصرية تحدث عندما يسقط ضوء على مادة ذات توصيلية ضعيفة (مثل عازل أو شبه موصل)، وتكون طاقة الفوتون عالية بما يكفي لإثارة إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل. في مثل هذه الحالات، يساهم كل من الإلكترون والفجوة في التوصيل الكهربائي إذا تم تطبيق الجهد عبر العينة، وبما أن الحد الأدنى للموصلية الضوئية يحدث عندما $h\omega = E_g$ ، فيمكن استخدام قياس الموصلية الضوئية لتحديد فجوة الطاقة بالنسبة للمواد غير الموصلة. غالبًا ما تكون الموصلية الضوئية هي المفهوم المستخدم لتصميم أجهزة الكشف البصرية العملي [30].

ان التوصيلية البصرية يتم ايجادها من خلال العلاقة الاتية :

$$\sigma_{op} = \frac{\alpha n c}{4\pi} \dots \dots \dots (2 - 16)$$

وتقاس التوصيلية البصرية بوحدة (1/s)

حيث ان S: وحدة السيمنز والتي هي مقلوب الاوم (نسبة للعالم الالمانى ايرنست فيرنر فون سيمنز)

(3-2) تيلورايد الكاديوم (CdTe) :

تُعتبر مادة تيلورايد الكاديوم (CdTe) من المواد التي تستقطب اهتمام الكثير من الباحثين والفيزيائيين في مجالات المتخصصة بمحولات الطاقة البصرية (Photovoltaic) لما لها من تطبيقات واسعة في بحوث وتطبيقات تصنيع الأغشية الرقيقة من مادة تيلورايد الكاديوم سواء كانت هذه البحوث والدراسات ترتبط بالمعاملة الحرارية او بالطرق والتقنيات الخاصة بطرائق الترسيب او التبخير لهذه الأغشية التي يمكن وببساطة استعمال حيود الاشعة السينية (X- ray) لمعرفة تركيبها البلوري [31].

ان هذه المواد اصبحت من المصادر الرئيسية والمعتمدة للطاقة المستحصلة من الخلايا الشمسية لما لها من خصائص بصرية وكهربائية وكيميائية وتركيبية لتقفز لتصبح المادة المرشحة الأولى لإنتاجها بكفاءة عالية وكلفة واطئة لإنتاج أكبر قدر ممكن من الطاقة باستعمال الخلايا الشمسية [32].

مادة تيلورايد الكاديوم المشوبة ذات النوع القابل والتي تمتلك فجوة مقدارها (1.56 eV) [36] ومعامل امتصاص ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) في المدى البصري تكون فعالة جدا في تحويل الطاقة الضوئية الى كهربائية لما تملكه من معامل تحويل بصري يصل الى (16.5%) الامر الذي رفع انتاج هذه المادة في الأسواق العالمية لتحل المرتبة الأولى بكلفة واطئة [33].

ان مادة بحثنا هذا من بين المواد المنتمية الى الزمرة الثانية والسادسة المسماة بالجالكوجينات وهي من المواد شبه الموصلة التي تبقى المادة الأكثر عملية في كونها المادة المستعملة في انشاء طبقات الخلية الشمسية الممتصة لأغلب الطاقة الضوئية الساقطة عليها حيث ان النوع غير المشوب للغشاء المصنوع من مادة تيلورايد الكاديوم يظهر مقاومة عالية لمرور الاشعة الضوئية من خلاله اذا ما تم استحداث بعض العيوب البلورية داخل التركيب البلوري له وبالتالي تغيير الحدود البلورية ومراكز اصطياد حاملات الشحنات التي تحدد مقدار الممتص من الشعاع الساقط وبالتالي تحديد التوصيلية الكهربائية لمادة الغشاء .

ان المعاملة الحرارية لأغشية تيلورايد الكاديوم تغير بشكل أساسي العيوب البلورية داخل التركيب البلوري لهذه المادة لتجعل انتشار المواد الشائبة تتغلغل الى مستويات اعماق داخل التركيب البلوري وصولا الى اكفا نسب تشويب لنحصل على التطبيق الأمثل لمادة الغشاء [34, 35].

لذلك فقد اخترت مادة تيلورايد الكاديوم لبحثنا هذا لما سبق ذكره وأُخترت مادة الكوارتز التي سوف تترسب عليها مادة تيلورايد الكاديوم ودراسة تأثير السمك على الخواص البصرية لغشاء (CdTe/ Quartz) من خلال ما سيرد مناقشته.

(4-2) خصائص مادة الغشاء تيلورايد الكاديوم (CdTe)

The properties of thin film material cadmium telluride(CdTe)

مركب تيلورايد الكاديوم (CdTe) أحد المركبات شبه الموصل للمجموعة (الثانية - السادسة) الذي ينتمي الى مجموعة مركبات العمود السادس المسماة الجالكوجينيدات (Chalcogenides) [36] .

يقع كل من (Cd) و (Te) في الصف الرابع من الجدول الدوري. ويمتلك أكبر عدد ذري (48 , 52) على التوالي من بين مجموعته [36, 37] .

ويتميز مركب (CdTe) أيضا بامتلاكه أعلى ثابت شبكية (Lattice Constant) من بين مركبات المجموعة ذاتها حيث يبلغ (6.48 nm) ، كما يمتلك هذا المركب فجوة طاقة مباشرة (Direct Band Gap) ومعامل امتصاص (Absorption Coefficient) عاليا في مدى الطيف المرئي حيث يبلغ ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) [38 , 39] .

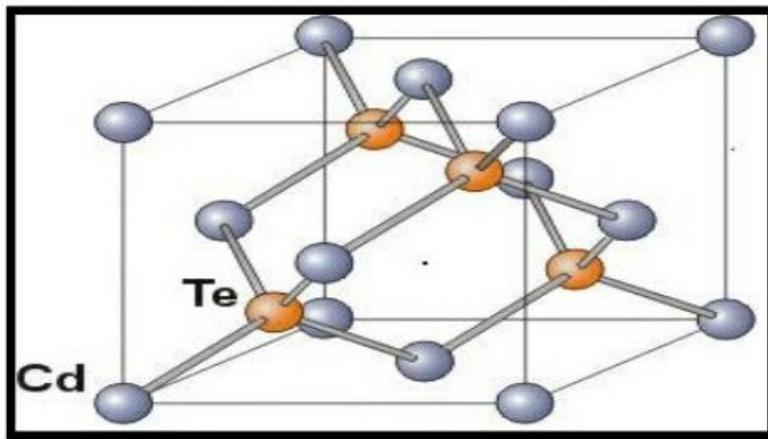
يعد مركب (CdTe) المركب الوحيد من بين مركبات المجموعة (الثانية - السادسة) الذي يمتلك نوعي التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity) القابلة والمانحة إذ يمكن الحصول على أغشية رقيقة من كلا النوعين بحسب نوع الشائبة المضافة وتركيزها [40] .

ذلك تدخل أغشية (CdTe) الرقيقة في صناعة المفارق المتجانسة (Homojunction)
وغير المتجانسة [41] .

ان الصفات الفريدة لتيلورايد الكاديوم جعلت منه المادة المناسبة لصناعة الخلايا الشمسية إذ
ان (2μm) منه كافية لامتصاص (99%) من اشعة الشمس الساقطة عليه ، في حين نحتاج الى
طبقة سمكها (20μm) من السليكون لكي تمتص القدر نفسه من الاشعاع ، وهذا ما جعله المادة
المرشحة لإنتاج محولات الطاقة البصرية (Photovoltaic conversion) بكفاءة تحويل نظرية
تصل الى نحو (31%) [42] .

كما تستعمل أغشية (CdTe) الرقيقة في صناعة كواشف الأشعة تحت الحمراء
(IR Detectors) المستعملة في مجالات التصوير والاستدلال وكذلك يُستعمل كنواتج بصرية في
المنطقة ذاتها (IR Optical Windows) .

قد تم تصنيع كواشف متطورة من اغشية تيلورايد الكاديوم مثل كواشف الاشعة السينية
وأشعة كاما (X-Ray and γ-Ray Detectors) (الجدول (2-1)). ويمثل الصفات الفيزيائية
لمركب تيلورايد الكاديوم (CdTe) [42,43] .



الشكل (4-2) مركب تيلورايد الكاديوم (CdTe) [36]

الجدول (1-2) بعض الخصائص الفيزيائية لمركب CdTe [36]

Property	Description
Molecular Weight	240.02
Density	5.58(g/cm ³)
Lattice Constant at (300K)	6.48A ^o
Direct Band Gap at (300K)	1.56 eV
Electron Effective Mass	0.11m _o
Hole Effective Mass	0.4m _o
Melting Point	1314K
Thermal Conductivity at (293K)	6.2W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Refractive Index at (580nm)	2.84
Solubility	Very Low in Water

(5-2) الكوارتز Quartz

هو سلكا عالي النقاوة ويوجد بكميات كبيرة في الطبيعة ، وقد يوجد على هيئة معدن واحد، كما في رمل الزجاج الذي يَكُون (98%) من وزن الرمل، او يوجد مع مواد أخرى مثل الفلدسبار وهي مجموعة من الاملاح لها تركيب مشابه وهي من العناصر المشكلة للصخور واكاسيد الحديد ومعادن ثانوية.

ويُعد الكوارتز من المواد غير اللدنة تُضاف الى الاطيان وذلك لأهميتها في تقليل الانكماش الجاف للجسم وتقلل اللدونة مما يؤدي الى تقليل كمية الماء المضاف في اثناء عملية التشكيل وبالتالي تمنع حدوث التشققات . كما ان وجود حبيبات الكوارتز بشكلها الكروي أو شبه الكروي يساعد على خروج الغازات المتحررة داخل المادة السيراميكية في اثناء عملية الحرق بالإضافة الى قابليتها على

الاتحاد مع الاكاسيد القاعدية المساعدة في الصهر وبذلك يتكون الجزء الزجاجي الذي يكسب المادة السيراميكية الصلابة والخواص الميكانيكية الجيدة . اما تأثيره في المواد السيراميكية المتجة في اثناء عملية الحرق فانه يؤدي الى تغير عكسي في الطول عند درجة حرارة (573 C^0) لذلك ينتج تمدد وتقلص في الجسم وهذا يؤدي الى حدوث تهشم داخلي وكلما كانت حبيبات الرمل أكثر نعومة ، كان خطر حدوث التهشم أقل ، لذلك يجب ان يكون معدل سرعة الحرق في هذه المرحلة بطيئا [44].

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results and discussion

(1-3) المقدمة Introduction:

يتناول هذا الفصل اهم النتائج التي تم الحصول عليها من برنامج Filmetric وهو برنامج Online يتم من خلاله اختيار المادة النانوية وترسيبها على غشاء رقيق وتغيير السمك ، بعدها يتم حساب الخصائص البصرية وفجوة الطاقة للغشاء النانوي من خلال استخدام برمجيات حساب الثوابت البصرية هي مقياس الطيف الضوئي.

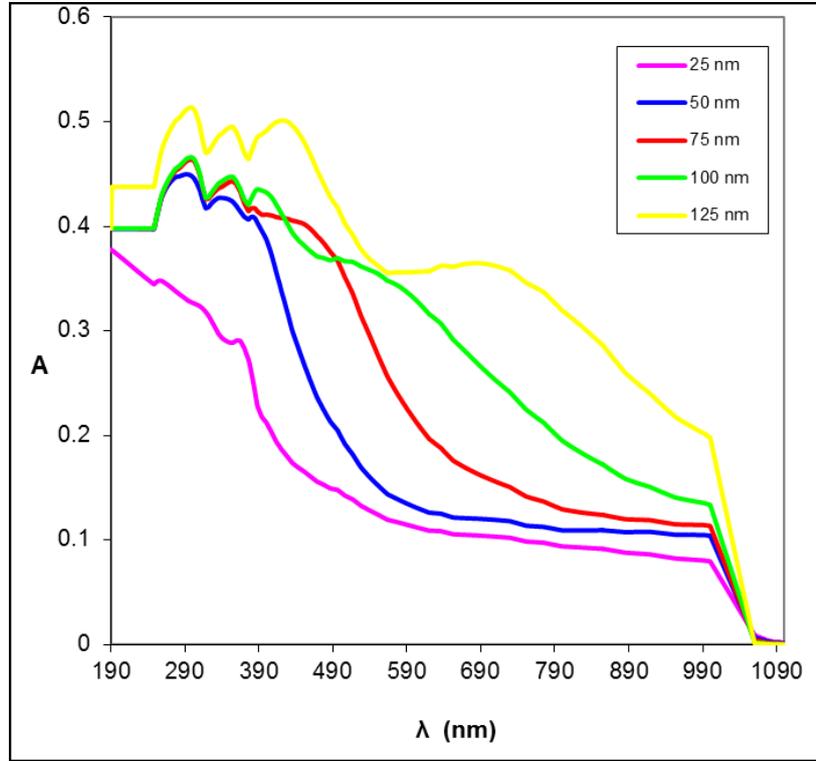
في بحثنا هذا تم اختيار الغشاء النانوي CdTe المرسب على مادة الكوارتز وبدرجة حرارة ثابتة (100 C^0) وتحت ضغط واحد ضغط جوي (1 atm) . وبسماك مختلفة (25,50,75,100,125) نانومتر وتم بعد ذلك دراسة الخواص البصرية للعينات وبأطوال موجية (190 – 1100)nm.

(2-3) الخصائص البصرية Optical properties:

(1-2-3) الامتصاصية Absorption :

يوضح الشكل (1-3) تباين الامتصاص البصري مع الطول الموجي للأغشية الرقيقة النانوية المركبة CdTe بسماك مختلفة حوالي (25-125) نانومتر ضمن مدى الطيف 190-1000 نانومتر . تظهر الأطياف نطاق امتصاص عالي في نطاق الأطوال الموجية (280-287) نانومتر وهناك عدة قيم لجميع اطياف الامتصاص، يختلف موضع الذروة حسب السمك ، حيث تزداد قيمة الامتصاص مع زيادة السمك وفق المعادلة (7-2) وكانت اعلى قمة الامتصاص للسمك 125 نانومتر وهذه القمم لها ازاحة حمراء نحو الطول الموجي الأطول يمكن تفسير هذا السلوك من خلال التفاعل مع الذرات حيث يتفاعل الفوتون الساقط مع المادة الذي يسبب انبعاث الفوتون نتيجة

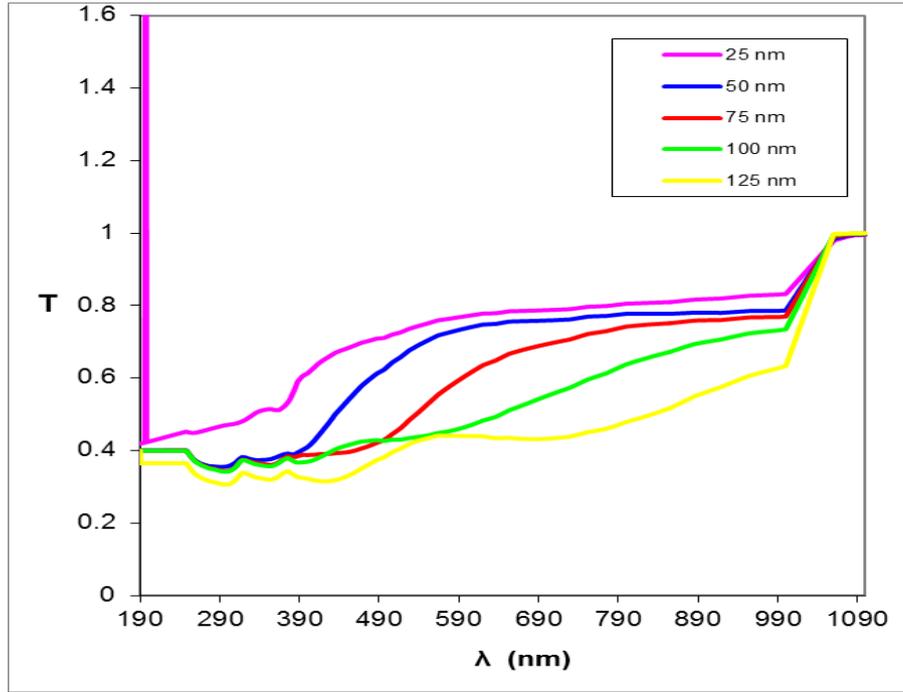
امتصاصه من قبل المادة .يزداد الامتصاص مع زيادة سمك المواد النانوية . ويرجع ذلك إلى أن الإلكترونات الحرة تمتص الضوء الساقط.



شكل (1-3) يوضح تغير الامتصاصية مع الطول الموجي ولسمك مختلفة

(2-2-3) طيف النفاذية Transition spectrum:

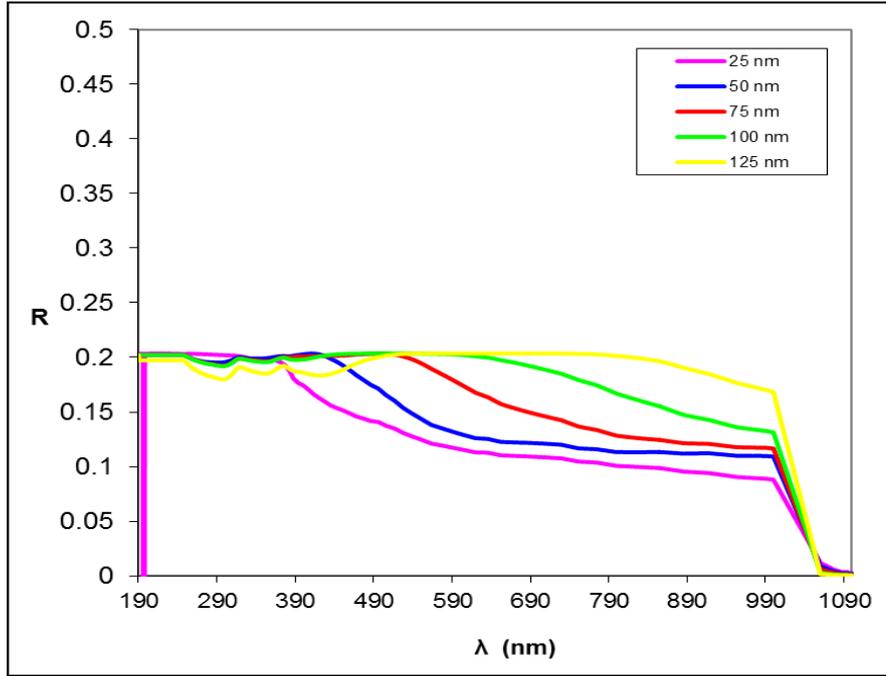
تغير نفاذية الأغشية الرقيقة النانوية CdTe مع الطول الموجي للفوتون حسب المعادلة (2-10). تختلف نفاذية العينات حسب سمك الأغشية الرقيقة كما في الشكل (2-3) حيث تتناقص النفاذية مع زيادة سمك الغشاء ، ويظهر أن النفاذية زادت تدريجياً في نطاق الأطوال الموجية (390-1000) نانومتر لجميع العينات بينما الحد الأدنى للنفاذية في النطاق (300-200) نانومتر والسبب في ذلك السلوك قد يعزى الى زيادة الامتصاصية وزيادة سماكة الغشاء مما يقلل من قيمة النفاذية.



شكل (2-3) يوضح تغير النفاذية مع الطول الموجي ولسماك مختلفة

3-2-3 الانعكاسية Reflectance :

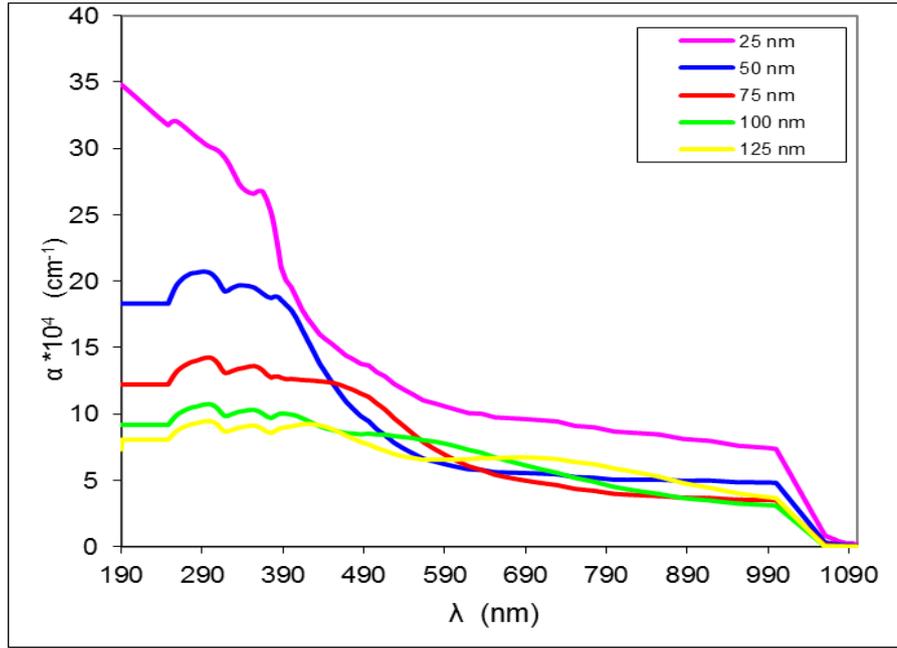
يظهر الشكل (3-3) تغير الانعكاسية كدالة للطول الموجة ولسماك مختلفة حسب المعادلة (2-11) ، يتناقص منحنى الانعكاسية مع زيادة الطول الموجي (390-990) نانومتر إلى ان يصل الى أدنى قيمة انعكاسية تحدث عند طول موجة (1000) نانومتر لجميع العينات. الحد الأقصى للقيم الانعكاسية هي 21 % في الطول الموجي (390-190) نانومتر لجميع السماك. تتناقص الانعكاسية مع زيادة سمك ضمن المدى (990-440). والسبب في ذلك ان الانعكاس يحدث في الأشعة فوق البنفسجية.



شكل (3 - 3) أطياف الانعكاس للأغشية النانوية الرقيق ولمسك مختلفة

(4-2-3) معامل الامتصاص Absorption coefficient:

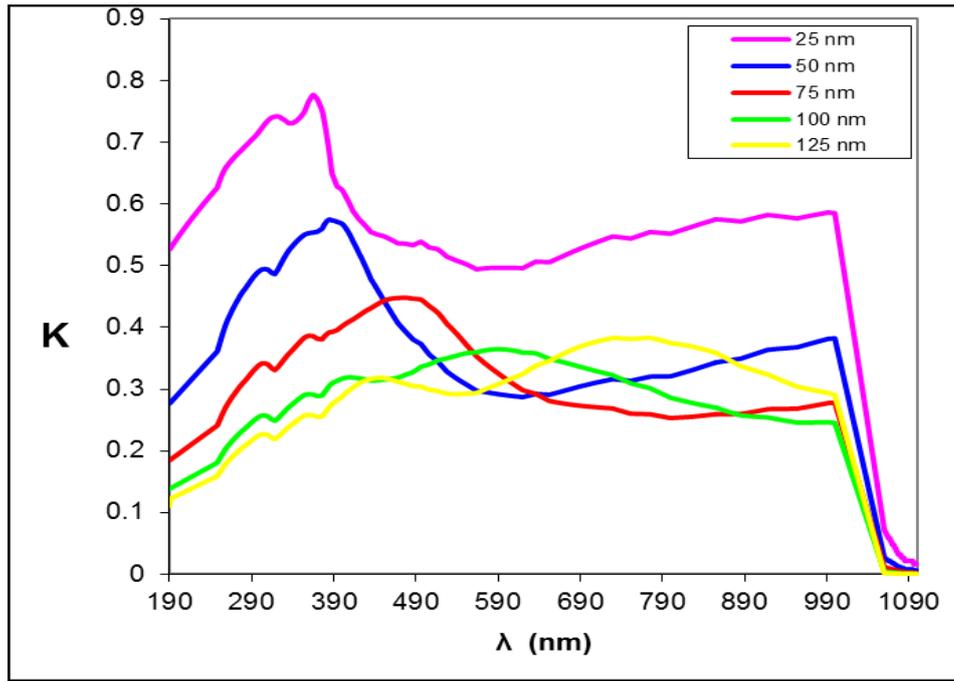
تم حساب معامل الامتصاص وفق المعادلة (2-7) للأغشية النانوية الرقيقة CdTe مع سماك مختلفة (25 ، 50 ، 75 ، 100 ، 125) نانومتر للمنطقة 190-1000 نانومتر كما يوضح الشكل (3-4) ، أن حافة الامتصاص تبدأ بطول موجي 190 نانومتر حيث ان الحد الأقصى لقيمة معامل الامتصاص عند الطول الموجي (200 نانومتر) لجميع السماك ، ثم ينخفض تدريجياً ، فإن معامل الامتصاص له قيم شبه ثابتة لنطاق الموجة الموجية (500-1000) نانومتر. كانت اكبر قيمة لحافة امتصاص عند السمك 25 نانومتر وقيمتها 35×10^4 سم⁻¹ وتتناقص الحافة مع زيادة السمك ، لذلك من هذه القيمة يمكن تحديد فجوة نطاق الطاقة هي انتقال مباشر .



الشكل (3-4) معامل الامتصاص للأغشية النانوية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة.

(3-2-5) معامل الخمود Extinction coefficient:

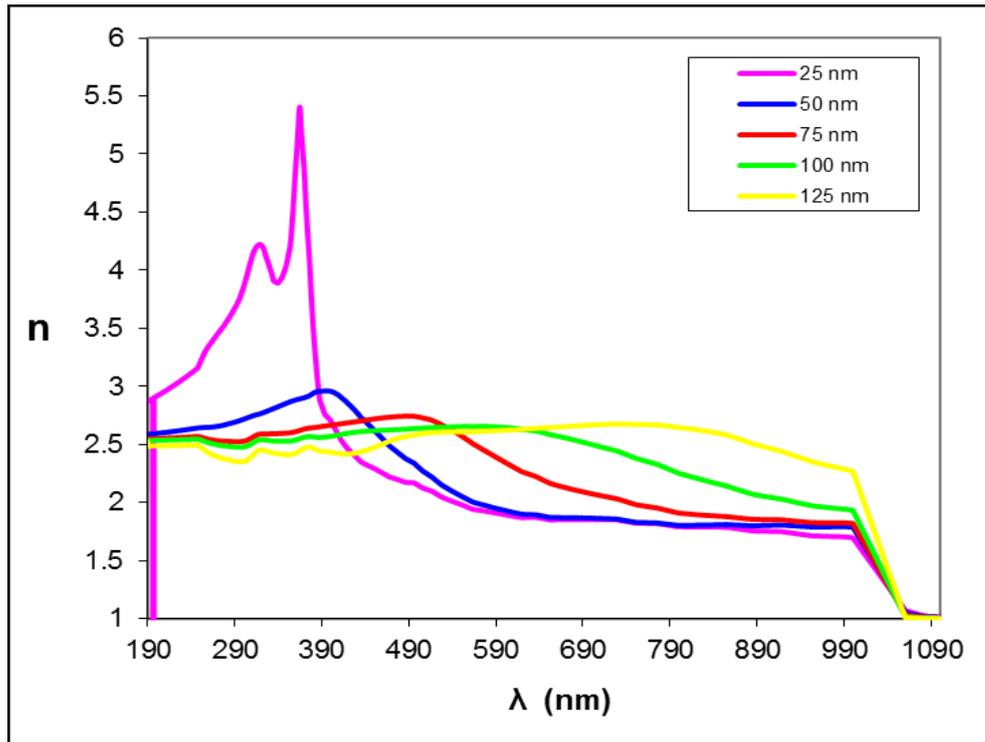
تم حساب معامل الخمود للأغشية النانوية الرقيقة لـ CdTe من خلال المعادلة (2-12) مع سماك مختلفة (25 ، 50 ، 75 ، 100 ، 125) نانومتر للمنطقة (190-1000) نانومتر كما يوضح الشكل (3-5) الحد الأقصى للتوهين في الموجات الكهرومغناطيسية في الأطوال الموجية (190-1000) نانومتر بينما يكون لها قيمة متفاوتة لنطاق الأطوال الموجية (600-1000) نانومتر ونلاحظ أعلى قيمة لمعامل الخمود كانت للسماك 25 نانومتر عند طول موجي 350 نانومتر كما نلاحظ تناقص معامل الخمود مع زيادة السماك اما عند الطول الموجي 990 نانومتر فيحصل تناقص ملحوظ ولجميع العينات .



الشكل (3-5) يوضح معامل الخمود للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe بسماك مختلفة.

(3-2-6) معامل الانكسار Refractive Index :

تم حساب معامل الانكسار للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe من خلال المعادلة (9-2) كدالة للطول الموجي مع سماك مختلفة (25، 50، 75، 100، 125) نانومتر للمنطقة (190-1000) نانومتر كما يوضح الشكل (3-6) أن هناك تبايناً في قيم معامل الانكسار عند الطول الموجي 190 نانومتر للعينات المدروسة ، حيث أعطت العينات ذات السماكة 25 نانومتر قيمة عالية لمعامل الانكسار ، في حين أن العينات ذات السماكة (50، 100، 75، 125) نانومتر اعطت قيم معامل الانكسار متقاربة وتبدأ في الانخفاض مع زيادة السمك الا ان نصل الى الطول الموجي 990 نانومتر نلاحظ هبوط سريع لمعامل الانكسار ولجميع العينات بعد ان كان معامل الانكسار مستقر مع الطول الموجي ولجميع السماك .



الشكل (3-6) :يوضح معامل الانكسار للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة.

(3-2-7) ثابت العزل الحقيقي والخيالي

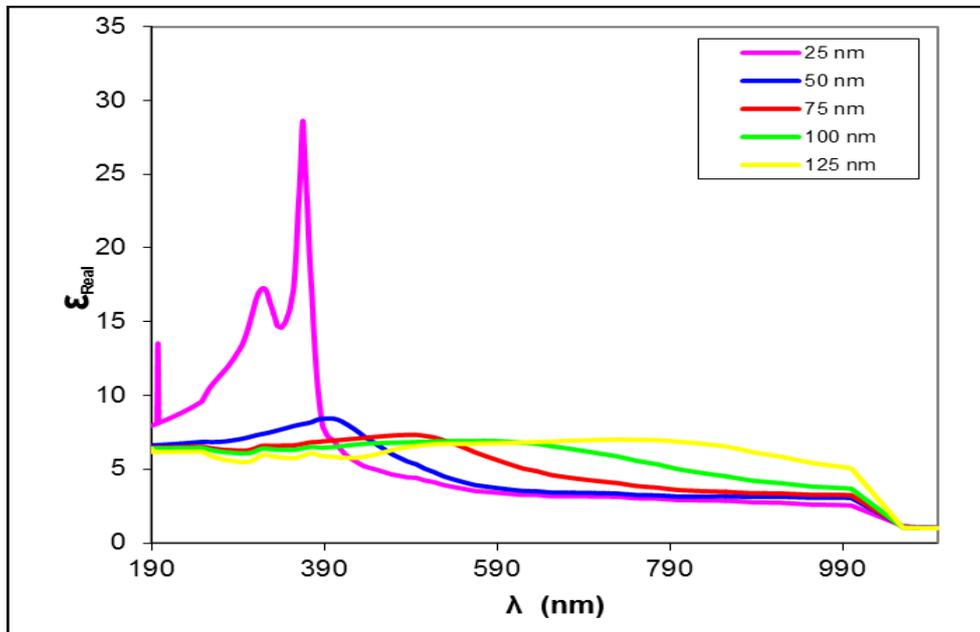
Constant real dielectric and constant dielectric imaginary

يؤثر المجال الكهرومغناطيسي للاشعاع على اتجاه الشحنات الموجبة والسالبة في الغشاء الرقيق . يتشكل التيار الكهربائي الناتج عن هذا المجال تيار توصيل وإزاحة ثنائي القطب .

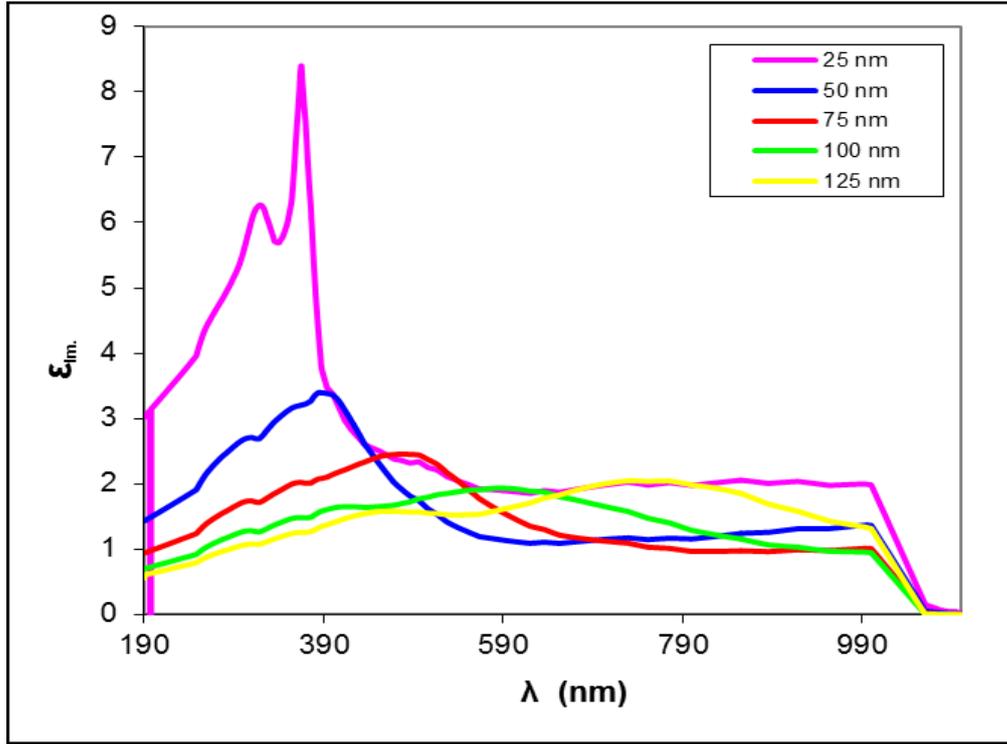
يُسمى ثابت العزل الحقيقي أيضا بالسماحية الحقيقية . تشير السماحية الحقيقية الى الطاقة الاشعاعية المنقولة عبر وسط مادي . ترتبط الخصائص البصرية الرئيسية للمواد بجزءها الخيالي في وظيفة العزل الكهربائي في الشكلين (3-7) و (3-8) يوجد قمة رئيسية واحدة فقط للغشاء النانوي CdTe .

تم حساب الأغشية الرقيقة كدالة لطول موجي بسماك (25 ، 50 ، 75 ، 100 ، 125) نانومتر للمنطقة (190-1000) نانومتر ، كلا الجزأين الحقيقي من خلال المعادلة (14-2) والخيالي

من خلال المعادلة (15-2) لثابت العزل يحدثان بطول موجة 300 نانومتر. ترجع القمم الأولى في الغالب إلى انتقالات الإلكترون المباشر من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل. يعزى وجود القمم الرئيسية في الأجزاء الحقيقية والخيالية لثابت العزل الكهربائي إلى منطقة الطاقات العالية ، مما يشير إلى أن الفوتونات الساقطة تنعكس تماماً في هذه المنطقة. وهذا ما يسمى الانزياح الأحمر. المعروف أنه في وظيفة العزل الكهربائي ، يكون للجزء الخيالي تأثير كبير على امتصاص الوسط . يشير وجود عدد من القمم في الجزء الخيالي إلى الانتقال من نطاق إلى نطاق . وبالتالي ، فإن ذروة واحدة في الجزء الخيالي تعني أن هناك انتقالاً واحداً بين النطاقين ، والذي يحدث بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ثابت العزل الحقيقي الذي يعني طاقة التخزين بينما الثابت العازل الخيالي الذي يعني فقدان طاقة الموجات الكهرومغناطيسية في مادة الأغشية الرقيقة يتناقص بشكل حاد في نطاق الأطوال الموجية (300-390) نانومتر بينما يحدث سلوك معاكس للعينات ضمن الأطوال الموجية (600-900) نانومتر يزداد ثابت العزل مع زيادة السماك .



شكل (3-7) :يوضح ثابت العزل الحقيقي للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة.



الشكل (8-3): يوضح ثابت العزل الخيالي للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe بسماك مختلفة.

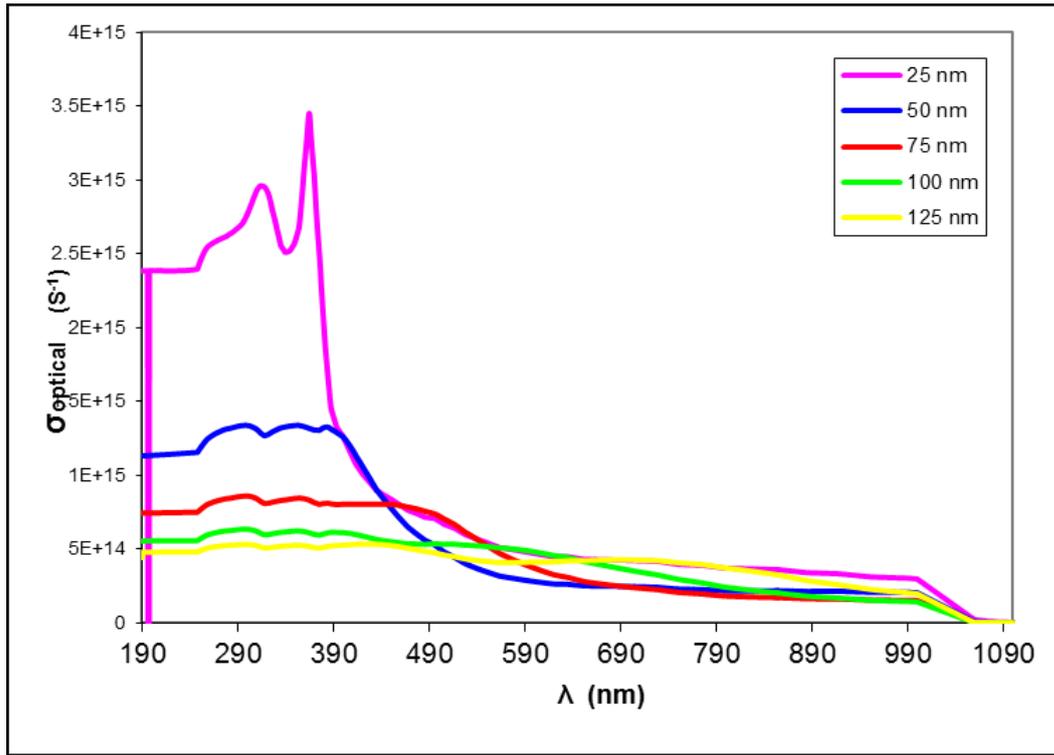
(8-2-3) التوصيلية البصرية :Optical conductivity

يوضح الشكل (3-9) التوصيلية البصرية للأغشية النانوية الرقيقة لـ CdTe مع الطول

الموجي. تتخفض التوصيلية لجميع عينات الأغشية الرقيقة مع زيادة الطول الموجي من خلال

المعادلة (2-16) ؛ هذا السلوك ، يعزى إلى ان التوصيل البصري يعتمد على الطول الموجي

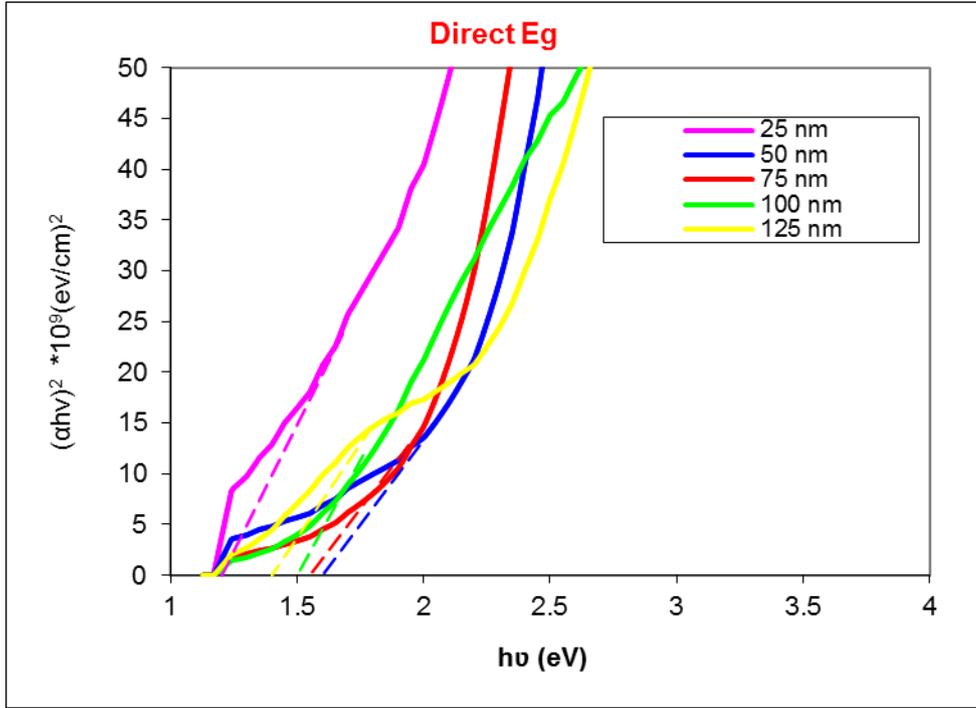
للإشعاع الساقط على العينات ؛ ترجع إلى الامتصاص العالي لجميع عينات الأغشية الرقيقة النانوية .



الشكل (3-9) يوضح التوصيلية البصرية للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe بسماك مختلفة

(9-2-3) فجوة الطاقة المباشرة The direct energy gap

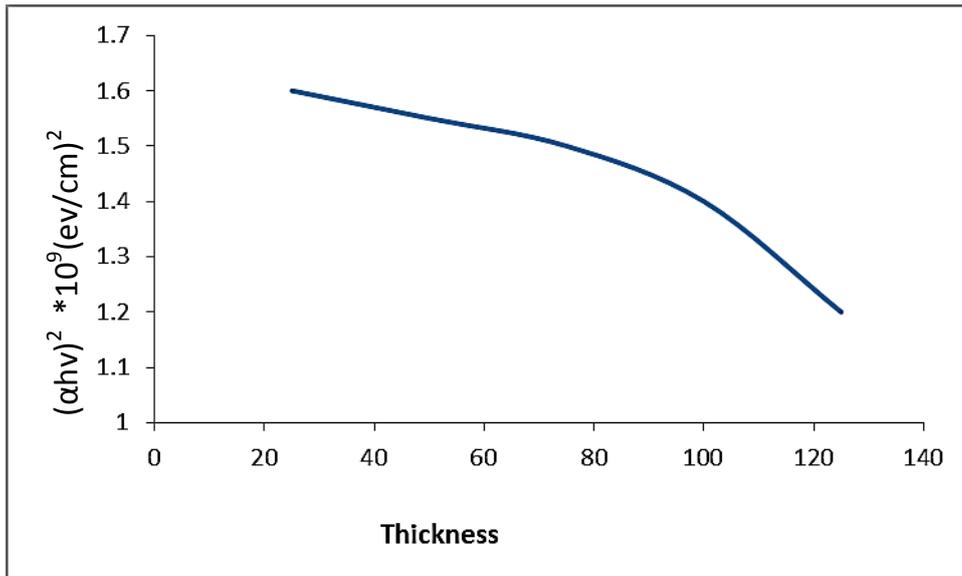
تم حساب فجوة الطاقة المباشرة من خلال المعادلة (8-2). الشكل (3-10) يوضح العلاقة بين فجوة الطاقة المباشرة المسموحة للأغشية الرقيقة لـ CdTe بسماك مختلفة وبين طاقة الفوتون. من خلال الشكل نلاحظ بأن فجوة الطاقة تقل مع زيادة السمك، إذ تقل فجوة الطاقة من 1.6 eV عند السمك 25 nm إلى 1.2 eV عند السمك 125 nm. ويعود هذا السبب إلى التبلور العالي لهذه الأغشية. هذه النتائج تكون مطابقة مع باحثون آخرون [45]. جدول (3-1) يوضح قيم فجوة الطاقة المباشرة المسموحة وبسماك مختلفة .



الشكل (3 - 10) يوضح فجوة الطاقة المباشرة للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe وبسماك مختلفة

جدول (3-1) فجوة الطاقة المباشرة المسموحة للأغشية الرقيقة لـ CdTe وبسماك مختلفة

قيم فجوة الطاقة	سمك الغشاء (نانومتر)
1.6	25
1.55	50
1.5	75
1.4	100
1.2	125



الشكل (3 - 11) يوضح العلاقة بين فجوة الطاقة المباشرة والسمك للأغشية الرقيقة النانوية لـ CdTe

الفصل الرابع

الاستنتاجات والدراسات المستقبلية

Conclusions and future studies

(4-1) الاستنتاجات :Conclusions

1. اغشية CdTe النانوية الرقيقة هي امتصاص جيد للمنطقة فوق البنفسجية والتي يمكن استخدامها كمرشح للضوء المرئي للحصول على شعاع أحمر نقي ، وتزداد الامتصاصية مع سمك الاغشية الرقيقة.

2. تناقص الانعكاس مع زيادة السمك وكذلك النفاذية ، ويحدث هذا في الوسط والأشعة فوق البنفسجية.

3. استقرار جيد من الثوابت البصرية في نطاق الأطوال الموجية (600-1000) نانومتر عندما تساهم في سمك مختلف ، ويكون سلوكها يختلف عن بعضها البعض في نطاق الاطوال الموجية (190-600)نانومتر ، اما الموصلية البصرية لـ CdTe تتخفض مع زيادة الطول الموجي.

5. تزداد فجوة الطاقة البصرية مع زيادة سمك الغشاء حيث ان اقل قيمة لفجوة الطاقة هي (1.5) عند السمك (25) نانومتر واعلى قيمة لها (2.2) عند السمك (125) نانومتر.

(2- 4) الدراسة المستقبلية :Future studies

1. دراسة الخواص التركيبية للأغشية النانوية الرقيقة CdTe بسماك مختلفة ، ودراسة الخواص الكهربائية للأغشية النانوية الرقيقة CdTe بسماك مختلفة.
2. تأثير درجة الحرارة على الخواص البصرية للغشاء النانوي CdTe
3. دراسة تأثير الاساس (Substrate) على الخواص البصرية للأغشية النانوية الرقيقة CdTe بسماك مختلفة.
4. دراسة اغشية نانوية رقيقة CdTe مع مواد أخرى.

المصادر

References

المصادر:

- [1] G.Hass and R .E.Thun, “Physics of thin Films “,Academic Press ,New York (1966) .
- [2] K.L.Chopra and I. Kaur, “Thin Film Devices Applications” Plenum Press New York , (1983).
- [3] J.R.Son, “Thin Film Technology” ,2nd Ed.,(1986).
- [4] A.S. Jabbar , “A study of some Physical Properties of (Cd)Film deposited By locally fabricated D.C. Sputtering” University of Technology ,thesis, (2006).
- [5] D.K. Dwivedi , Dayashankar , Maheshwar Dubey “Effect of Annealing on the structural and electrical properties of CdTe/Znte Heterojunction Thin Films” Rom . Journal . Phys. Vol . 55,No. 34,pp352 – 359,(2010).
- [6] S.S.Babkair “Charge Transport Mechanisms and Device Parameters of CdS/CdTe Solar cells fabricated by thermal evaporation” Sci . ,Vol.22, No . 1,pp21-33,(2010).
- [7] S.M.Ali “ studies structure and optical properties of CdTe thin films dopant of Zn” Baghdad University , (2011).
- [8] Nam-Hoon K., Kuk Do M., Geum –B. Cho, Woo- S. Lee “Laser-induced doping of aluminum in to a cadmium telluide thin film : Electrical and optical properties” Journal of the Korean Physical Society, Vol .60 , Issue3, pp 425-429 February(2012).
- [9] A.B. Phillips , R.R. Khanal, Z. Song , R.M. Zartman ,J.L.Dewitt,J. M.Stone, paul J . Roland , V.V. Plotnikov ,C.W.Carter, J.M.Stayancho, R. J Ellingson, A.D.Compaan, and M.J.Heben “Wiring-

- up Carbon Single Wall Nanotubes to Polycrystalline Inorganic Semiconductor Thin Film : Low – Barrier, Copper – Free Back Contact to CdTe Solar Cells” American Chemical Society , Vol. 13, No 11, pp 5224-5232,(2013)
- [10] حيدر عبد الزهرة كاظم " تحضير غشاء المترابك $(\text{CdTe})_{1-x}\text{Se}_x/\text{ZnS}$ ودراسة تأثير التركيز على بعض خواصه الكهربائية " مجلة بغداد للعلوم قبول النشر 11 اذار (2014)
- [11] سلام حميد فياض "تحضير ودراسة الخواص التركيبية لأغشية (CdTe/Cu) رسالة ماجستير كلية التربية للعلوم الصرفة : ابن الهيثم – جامعة بغداد (2015).
- [12] باسم عبد اللطيف ولميس عبد الكريم "دراسة تأثير الانعكاسية على كفاءة الكمية للخلايا الشمسية من نوع CdS/CdTe كلية العلوم البنات – جامعة بابل (2016)
- [13] Rupali K. , Sachin R. , Amit P. , Ravindra W. , Ashok J. , Vijaya J., Ajinkya B., Abhijit Date, Habib Pathan ,Sandesh Jadkar “Strutural and optical properties of CdTe thin films deposited using RF” , VIC 3083 , Australia Department of Physics , Savitribai Phule Pune University , Pune 411007 , India (2017).
- [14] Suha.A.Fadaam , M.Hamid, M.,Ali. Hussein. Abd. ALrazak, Aliyah .A. Shihab Enhanced and Materials for Renewable Energy , Environment and Sustainability by thermal evaporation vacuum. University of Bagdad , College of Educationfor pure science –Ibn AL-Haitham – Bagdad –Iraq . (2019).
- [15] Tursun A. , Joel N. Duenow, Xin Zheng, Helio M., John M., Craig L Perkins, Steven W Johnston, Patrick O’Keefe, Eric Colegrove, David S Albin, Matthew O Reese, Wyatt K Metzger “ Thin-film solar cells with 19% efficiency by thermal evaporation of CdSe and CdTe” (2020).

- [16] Elisa A. , Andrea G., Prabeesh P. , Vikash K. , Marco Barbato , Matteo Meneghini , Gaudenzio Meneghesso , Fabio Piccinelli , Alessandro Romeo “Effects of CdTe selenization on the electrical properties of the absorber for the fabrication of CdSexTe1-x/CdTe based solar cells” (2021)
- [17] K. Wasa, M. Kitabatake and H. Adachi , “Thin Film Materials Technology”, Springer, William Andrew, Inc.(2004) .
- [18] J.L. Vossen “ Materials Science of Thin Films” 2nd ed., (1991).
- [19] K .Wetzig , C.M.Schneider “Metal Based Thin Films For Electronics” WILEY-VCH 1st ed., (2003).
- [20] L.B. Freund , S. Surech “ Thin Film Materials” Brown University (2003).
- [21] J.Pattar , S.N.Sawant , M. Nagaraja , N .Shashank , K.M. Balakrishna G.Sanjeev & H.M.Mahesh “Structural Optical and Electrical Properties of Vacuum Evaporated Indium Deposed Zin Telluride Thin Films” In .j. Electrochem . Sci ., Vo1.4,PP 369-376,(2009).
- [22] M. Dhanam , R.R.prabhu & P.K. manoj “ Investigations on chemical bath deposited Cadmium Selenide thin films” Materials Ch &Phy , Vo 1.107,pp289-296,(2008).
- [23] F. Scholz “Compound Semiconductors” book,(2009).
- [24] أس. أم . زي " نباتات أشباه الموصلات فيزياء وتقنية" دار الحكمة للطباعة والنشر (الموصل)، ترجمة د .فهد غالب حيالي و د. حسين علي أحمد (1990).
- [25] K.L.Chopra “Thin Film Phenomen” Mc Graw – Hill, New, York(1969).
- [26] J.I.Pankove “Optical Processes in Semiconductors” Prentice-Hall, New Jersey .

- [27] A.H. Clark “Optical properties of polycrystalline and amorphous thin films and devices “edited by Laurence.L. Kazemerki, Academic press, (1960).
- [28] S. Ben “Solid State Electronic Devices” Hall International , Inc,U.S.A., (1990).
- [29] Y .Sirotin ,Y.M.Shaskolskaya “Fundamentals of crystal physics” , Mir Publishers ,Moscow , (1982) .
- [30] S. A. Tawfiq “ A study of optical and electrical properties of the cadmium stannate material using the Co – Evaporation method” H.D.Thesis, Al – Mustansiriya University ,(1996).
- [31] M.Okudo,T.Matsushito and A.Suzuki “Physics of Selenium and Tellurium Springer”, Berlin (1979).
- [32] D.Bonnet, P. Mevers “ Cadmium Telluride-material for thin film solar cell” J.Mater .Res Vol.13,no.2740,(1998).
- [33] G.H Tariq and M.Anis-ur-Rehman “Effects on structural Electronic Transport &Optical properties of doped & undoped ZnTe thin films for CdTe/CdS Solar cells” Key Engineering Material Vol.510,pp89,(2012).
- [34] Juan Hou ,Hai Bin Cao ,Xu chu Huang , Chun Yan Song “EDS, XRD and Raman Scattering study of Dy ion implanted CdTe polycrystalline thin films” Advanced Material Reseach Vol 213 pp157-160,(2011).
- [35] L.R.Cruz , V.D.Falcao,C.L Ferrreira , W.A.Pinheiro , I,G Matlo ,R.M,P.Alves “Manufacturing procedures of CdS/CdTe thin film Solar cell” Revista Brasileira de Aplicacoes de Vacuo Vol .25, No 1,pp15-19, (2006).
- [36] B.Ray “ II-VI Compounds” 1st ed. Printed in GB, (1969).

- [37] C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics", John Wiley and Sons, Inc., 7th edition, (1997).
- [38] J. Heo, H. Thn, R. lee, Y. Han and D. Kim, "Solar Energy Materials and Solar Cells", Vol 75, pp193-203, (2003).
- [39] S. Franssila, "Introduction To Micro fabrication", John Wiley and Sons, England, (2004).
- [40] M. Bayhan, "Structural and Optical Characterization of Vacuum Deposited CdTe Thin Films" Tr.J. of Physics No 22, Vol.929, (1998).
- [41] Nam-hoon Kim, Chan II park "A pilot investigation on laser Annealing for thin film solar cell crystallinity and optical properties of laser-annealed CdTe thin films by using an 808 nm diode laser" Journal of Korean Physical Society Volume 62, No 3, pp502-507, February (2013).
- [42] Ye.O.Bilevych, A.I. Boka, L. O. Darchuk, J. V.G. Sichevska, F. F. Sizov, O. Boelling and B.S. Cleff "Properties of CdTe Thin Films Prepared by Hot Wall Epitaxy" Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. Vol. 7, No. 2, pp 129-132, (2004).
- [43] K. D. Lever "Thin Films" London (1971).
- [44] شروق صباح عبد العباس، "دراسة الخواص الفيزيائية للعازل الكهربائي ذي الجهد العالي"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، (1999).
- [45] Shaaban, E. R., Afify, N., & El-Taher, A. (2009). Effect of film thickness on microstructure parameters and optical constants of CdTe thin films. Journal of Alloys and Compounds, 482(1-2), 400-404.

Abstract :

The results of the thin film of cadmium telluride CdTe were taken, where the research dealt with the effect of thickness on the optical properties of the nano-membrane in order to know the extent to which the optical properties change and the energy gap when the thickness of the film changes. The nanofilm was prepared with different thicknesses . (25, 50, 75, 100, 125) nanometers, and the results showed that the thin nano-membrane (Cadmium telluride) has good absorption in the infrared region in the wavelength range (280 - 287) nm for all thicknesses, while the transmittance decreases with increasing thickness of the cadmium telluride thin nanofilm in the range of wavelengths (390 - 1000) nm and the lowest value of the transmittance spectrum through the nanofilm we get at wavelengths (200-300) nm As for the upper limit of transmittance, it is in the region of wavelengths ranging from (390-990) nanometers.

The reflectivity decreases with the increase of the wavelength (390-990) nm for the thickness of the thin nanofilm and the lowest value of the reflectivity we get at a wavelength of (1000) nm for all samples and the highest value of the reflectivity is (21%) when the wavelengths range between (190-390)) nm for all thicknesses and the reflectance increases with increasing thickness of the film within the range (440-990) nm, respectively.

The absorption coefficient has semi-constant values for the wavelength range (500-1000) nm and the largest value for the absorption edge at thickness is (25) nm and its value is $(35 \times 10^4 \text{cm}^{-1})$ and the edge decreases with increasing thickness, which indicates a direct transmission.

The maximum value of the damping coefficient was at the wavelength (190 - 1000) nm, while it had varying values for the range of wavelengths (600 - 1000) nm, and the highest value of the damping coefficient was at the thickness (25) nm at the wavelength (350 nm) and at the wavelength (990) nm We observed a marked decrease for all values.

The highest refractive index was at the thickness of (25) nm, while the samples with thicknesses (50 -125) nm gave close values and starts decreasing with increasing thickness until we reach (990) nm. We notice a rapid drop in refractive index for all samples.

The imaginary dielectric constant has one peak in the imaginary part, which means that there is one transition between the two bands, which occurs between the valence band and the conduction band. (600 - 900) nm, so the dielectric constant increases with increasing thickness, and we noticed that the optical conductivity decreases for all thin films samples with increasing wavelength. We also noticed that the highest optical conductivity at the lowest thickness and the lowest optical conductivity at the highest thickness. Fish had a direct effect on all the studied optical properties. It was found that increasing the thickness leads to decrease in the energy gap, and this reason is due to the high crystallinity of these films.

The Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon
College of Education for Pure Sciences



***Study the effect of thickness on the
optical properties of
(CdTe/Quartz) film***

***Research submitted to
College of Education for Pure Sciences - University of
Babylon It is part of the requirements for obtaining a
higher diploma Education in Physics of material and it's
applications***

By

Mohamed Kadhim Ibrahim Sagir

Supervised by

Prof. Dr.. Shorouk Sabah Abdel Abbas

2022A.D

1444A.H