



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم - قسم الفيزياء



دراسة تأثير التشعيع على بعض الخصائص
الفيزيائية للمركب $(SnO_2:Mg,Fe)$ المحضر كيميائياً

رسالة تقدم بها

عبد السلام محمود حسن

بكالوريوس علوم فيزياء 2010

إلى

مجلس كلية العلوم - جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

بإشراف

أ.م.د. زياد طارق خضير المجمعى أ.م.د. مشتاق عبد داود الجبوري

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَوْ مَنْ كَانَ مَيِّتًا فَأَخْيَيْنَاهُ وَجَعَلْنَا
لَهُ نُورًا يَمْشِي بِهِ فِي النَّاسِ كَمَنْ مَثَلُهُ
فِي الظُّلُمَاتِ لَيْسَ بِخَارِجٍ مِّنْهَا كَذَلِكَ
زُيِّنَ لِلْكَافِرِينَ مَا كَانُوا يَعْمَلُونَ



صدق الله العظيم
سورة الأنعام

توصية الأستاذ المشرف

أشهد أن إعداد رسالة الطالب «عبدالسلام محمود حسن» قد جرى تحت إشرافي في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في (علوم الفيزياء).

التوقيع :

الاسم : د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / 2017

التوقيع :

الاسم : د. مشتاق عبد داود

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : / / 2017

توصية رئيس قسم الفيزياء

إشارة إلى التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف أرشح هذه الرسالة إلى لجنة المناقشة لدراساتها و بيان الرأي فيها.

التوقيع :

الاسم : د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

التاريخ : / / 2017

إقرار المقوم العلمي

أقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة «دراسة تأثير التشعيع على بعض الخصائص الفيزيائية للمركب (SnO₂:Mg,Fe) المحضر كيميائياً» للطالب «عبدالسلام محمود حسن» علمياً من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء.

التوقيع :

الاسم: د. رامز احمد محمد

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات / قسم الفيزياء

التاريخ: / / 2018

إقرار المقوم اللغوي

أقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة «دراسة تأثير التشعيع على بعض الخصائص الفيزيائية للمركب (SnO₂:Mg,Fe) المحضر كيميائياً» للطالب «عبد السلام محمود حسن» لغوياً من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء.

التوقيع :

الاسم: م. د. بشرى عبد المهدي ابراهيم

المرتبة العلمية: مدرس

العنوان: جامعة ديالى/ كلية التربية الأساسية/ قسم اللغة العربية

التاريخ: 2018 / /

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة أدناه نشهد أننا اطلعنا على رسالة الماجستير الموسومة «دراسة تأثير التشعيع على بعض الخصائص الفيزيائية للمركب (SnO₂:Mg,Fe) المحضر كيميائياً» المقدمة من قبل الطالب «عبدالسلام محمود حسن» وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وكل ما له علاقة بها فوجدناها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء ولأجله وقعنا.

رئيس اللجنة	عضو اللجنة	عضو اللجنة
التوقيع:	التوقيع:	التوقيع:
الاسم: د. صباح أنور سلمان	الاسم: د. وسام جعفر عزيز	الاسم: د. تغريد مسلم مريوش
المرتبة العلمية: أستاذ	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم / قسم الفيزياء	العنوان: الجامعة المستنصرية / كلية العلوم / قسم الفيزياء	العنوان: جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة- ابن الهيثم / قسم الفيزياء
التاريخ: / / 2018	التاريخ: / / 2018	التاريخ: / / 2018
عضو اللجنة (المشرف)	عضو اللجنة (المشرف)	عضو اللجنة (المشرف)
التوقيع:	التوقيع:	التوقيع:
الاسم: د. زياد طارق خضير	الاسم: د. مشتاق عبد داود	الاسم: د. مشتاق عبد داود
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم / قسم الفيزياء	العنوان: جامعة الموصل/ كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء	العنوان: جامعة الموصل/ كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء
التاريخ: / / 2018	التاريخ: / / 2018	التاريخ: / / 2018

مصادقة عمادة كلية العلوم – جامعة ديالى

التوقيع:

الاسم: د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2018

الإهداء

إلى من أَلَمْتُ به الجراح وتناوبت على عذابه قوى الغدر والظلام

.... **وطني العراق**

إلى الأحياء عند ربهم، إلى من طهرت الأرض بدمائهم

.... **شهداء العراق**

إلى السراج الذي أنار لي الدرب وملاً قلبي إيماناً وثقة، مثلي الأعلى

.... **والدي العزيز**

إلى من سهرت الليالي وتحملت الصعاب ولن أوفي حقها مدى الحياة

.... **والدتي الحنونة**

إلى من كانوا سندي و شراع قاربي بمسيرتي، وحلت بهم أيام عمري

.... **إخوتي وأخواتي**

إلى من صبرت معي وساندتني في السراء والضراء

.... **أولادي**

إلى هدية السماء ... إلى البراءة ... فرحة روحي

.... **إبني مراد**

إلى من أنهلوا عليّ العلم تنوعاً كألوان الطيف، لهم الوفاء والتبجيل

.... **أستاذتي**

إلى إخوتي الذين لم تلدهم أمي فقاسموني أفراحي وأحزاني

.... **أصدقائي**

عن يد
حنين

شكر وتقدير

في بادئ الامر أشكر الله عز وجل الذي أنار لي الدرب، وفتح لي أبواب العلم وأمدني بالصبر وأعانني على إتمام هذا البحث والى من بهديه عرفت العلم والاخلاق نبينا محمد (صلى الله عليه وسلم).

في نهاية بحثي هذا أود أن اتقدم بشكري وتقديري الى جامعة ديالى- عمادة كلية العلوم- قسم الفيزياء لإتاحتهم لي فرصة اكمال دراستي والى السيد العميد المحترم (أ.د. تحسين حسين مبارك) لمتابعته المستمرة والدؤوبة لنا طيلة فترة الدراسة والبحث.

شكري وتقديري وامتناني إلى من زرع في نفسي الطموح والاصرار والعزيمة أستاذي الفاضل ومشرفي (أ.م.د. زياد طارق خضير) والى من لم تثنه ظروف الحرب والنزوح عن مدينة الموصل من متابعتي أستاذي الفاضل ومشرفي (أ.م.د. مشتاق عبد داود) اللذين إقترحا موضوع البحث ولجهودهما الكبيرة وتوجيهاتهما القيمة التي قدماها لي طيلة فترة البحث اسأل الله لهما دوام الصحة والعافية وأن يحفظهما خدمة للعلم.

إحترامي وتقديري لأساتذتي الأفاضل (أ.د. صباح أنور سلمان، أ.د. نبيل علي بكر، أ.م.د. بشينة عبد المنعم، أ.د. كريم هنيكش، أ.د. عبد اللطيف مولان، أ. أسعد أحمد كامل، أ. فراس محمود الامين).

واتقدم بجزيل شكري إلى زملائي في الدراسات العليا في قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة ديالى واصدقائي (عدنان حمد وعمر حسين وايمن جمهور) داعيا الله سبحانه وتعالى لهم بالموفقية والنجاح الدائم.

شكر خاص الى الاستاذ الفاضل (عدنان علي محمد) على تعاونه معي طيلة فترة البحث اسأل الله له النجاح والتوفيق وشكري الى الدكتور (أ.م.د. حيدر سليم حسين) في كلية العلوم -جامعة بغداد على تعاونه معي في إنجاز عملية التشيع، والشكر موصول للأساتذة (احمد شنو، سحر جميل، نورة حبيب، مروة رشيد، أوس خوام، سجي باسم، سري جمال، ايمان صفاء) على تعاونهم معي في المختبر.

وفي الختام أشكر عائلتي الفاضلة ابي وامي وزوجتي واخوتي وابناء عمومتي من العائلة كريمة النسب (الملا حمد) وجدي الراحل (حميد الحسن) رحمه الله لما قدموه لي من تربية صالحة ورعاية طيبة وعون خالص منذ ان ابصرت عيناى النور في هذه الدنيا، جزاهم الله عني خير الجزاء وادامهم لي فخرا، وأشكر كل من ساعدني ونصحتني ولو بكلمة طيبة والله الموفق.

تمت دراسة الخصائص التركيبية والبصرية وتأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص البصرية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ وبنسب تطعيم حجمية ($x = 0, 2, 4, 6$ and 8%) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (500°C)، حيث تمت دراسة الخصائص التركيبية للأغشية كافة باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) لجميع الأغشية ومجهر القوة الذرية (AFM) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ ، وتم تشعيع الأغشية من مصدر (^{60}Co γ -ray) بقيمة جرعة بلغت حوالي (9000Gy)، ودرس تأثير التشعيع على الخصائص البصرية قبل وبعد التشعيع لهذه الأغشية باستخدام مطياف الأشعة فوق البنفسجية- المرئية (UV-Visible) ضمن المدى ($300-900$) nm.

وأظهرت نتائج فحوصات (XRD) أن الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع الرباعي (Tetragonal)، وإن الاتجاه السائد للنمو لجميع الأغشية هو (110)، وتبين إن زيادة نسبة التطعيم بأيونات المغنيسيوم وأيونات الحديد تؤدي إلى نقصان في شدة القمم وكذلك معدل الحجم الحبيبي ماعدا النسبة (8%) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ ونقصان في قيم ثوابت الشبكة لكافة الأغشية وحجم وحدة الخلية ماعدا النسبة (8%) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ أيضاً، بينما إزدادت كل من كثافة الإنخلاعات وعدد البلورات وعدد الطبقات والمساحة السطحية النوعية مع زيادة نسبة التطعيم.

وبينت فحوصات (AFM) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ أن التطعيم أثر في التركيب البلوري وأظهرت النتائج زيادة نعومة السطح واعطت مؤشراً واضحاً لتكون الحبيبات النانوية.

ولدراسة الخصائص البصرية للأغشية قبل وبعد التشعيع تم تسجيل طيفي النفاذية والإمتصاصية، وبعد تشعيع جميع الأغشية ظهرت تموجات في جميع المنحنيات وهذه التموجات تعود الى ان التشعيع احدث عيوباً في التركيب الداخلي للأغشية، وتبين أن نفاذية الأغشية تقل عند زيادة نسبة التطعيم قبل التشعيع وتقل كذلك بعد التشعيع عن قيمها قبل التشعيع ولكافة الأغشية، أما معامل الإمتصاص فإن قيمته تزداد عند زيادة نسبة التطعيم قبل التشعيع أما بعد التشعيع فلم يتأثر معامل الإمتصاص كثيراً لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ بينما ازداد معامل الإمتصاص لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ ، كذلك تم حساب فجوة الطاقة البصرية للإنتقال المباشر المسموح، وإتضح إنها تقل بزيادة نسبة التطعيم وتقل كذلك بعد التشعيع عن قيمها قبل التشعيع ولكافة الأغشية، فتراوحت قيمتها لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع بين $3.94-3.72$ eV وبعد التشعيع بين $3.92-3.59$ eV، أما بالنسبة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ فتراوحت قيمتها قبل التشعيع بين $3.94-3.72$ eV وبعد التشعيع تراوحت بين $3.92-3.71$ eV، وتم حساب الثوابت البصرية المتضمنة (معامل الإنكسار ومعامل الخمود وثابت العزل البصري) بجزأيه الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية) كدوال للطول الموجي وطاقة الفوتون، وإن جميع قيم الثوابت البصرية قد إزدادت بزيادة نسبة التطعيم قبل التشعيع وإزدادت كذلك بعد التشعيع.

المحتويات

الفقرة	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الأول	مقدمة عامة	1-18
(1-1)	المقدمة	1
(2-1)	آلية تكون الأغشية الرقيقة	1
(3-1)	طرائق تحضير الأغشية الرقيقة	3
(4-1)	تقنية التخلل الكيميائي الحراري	5
(5-1)	خصائص مادة الأغشية	6
(1-5-1)	ثنائي أوكسيد القصدير (SnO_2)	6
(2-5-1)	أوكسيد المغنيسيوم (MgO)	8
(3-5-1)	أوكسيد الحديدك (Fe_2O_3)	9
(6-1)	الدراسات السابقة	11
(7-1)	هدف البحث	18
الفصل الثاني	الجزء النظري	19-44
(1-2)	المقدمة	19
(2-2)	أشباه الموصلات	19
(3-2)	تصنيف أشباه الموصلات	20
(4-2)	تركيب حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية	21
(5-2)	الشوائب في أشباه الموصلات	22
(6-2)	طرائق تشويب أشباه الموصلات	22
(7-2)	الخصائص التركيبية	23
(1-7-2)	حيود الأشعة السينية	23

25	المعلومات التركيبية	(2-7-2)
25	ثوابت الشبكة وحجم خلية الوحدة	(1-2-7-2)
26	معدل الحجم الحبيبي	(2-2-7-2)
27	عامل التشكيل	(3-2-7-2)
27	كثافة الإنخلاع وعدد البلوريات وعدد الطبقات	(4-2-7-2)
28	المساحة السطحية النوعية	(5-2-7-2)
28	مجهر القوة الذرية	(3-7-2)
30	الخصائص البصرية	(8-2)
30	تفاعل الضوء مع شبه الموصل	(1-8-2)
30	النفذية	(2-8-2)
31	الإمتصاصية	(3-8-2)
31	حافة الإمتصاص الأساسية	(4-8-2)
31	منطقة الإمتصاص العالي	(1-4-8-2)
32	المنطقة الاسية	(2-4-8-2)
32	منطقة الإمتصاص الضعيف	(3-4-8-2)
33	معامل الإمتصاص	(5-8-2)
33	الانتقالات الإلكترونية	(6-8-2)
33	الانتقالات المباشرة	(1-6-8-2)
34	الانتقالات غير المباشرة	(2-6-8-2)
35	الثوابت البصرية	(7-8-2)
35	معامل الإنكسار	(1-7-8-2)
36	معامل الخمود	(2-7-8-2)

36	ثابت العزل البصري	(3-7-8-2)
37	التوصيلية البصرية	(4-7-8-2)
37	أشعة كاما	(9-2)
38	تفاعل أشعة كاما مع المادة	(10-2)
38	التأثير الكهروضوئي	(1-10-2)
40	تأثير كومبتن	(2-10-2)
44	إنتاج الزوج	(3-10-2)
45-59	الجزء العملي	الفصل الثالث
45	المقدمة	(1-3)
46	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	(2-3)
49	تحضير الأغشية الرقيقة	(3-3)
49	تهيئة القواعد الزجاجية	(1-3-3)
49	تحضير المحاليل	(2-3-3)
49	تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (SnO ₂)	(1-2-3-3)
51	تحضير محلول التطعيم (المغنيسيوم)	(2-2-3-3)
52	تحضير محلول التطعيم (الحديد)	(3-2-3-3)
53	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة	(3-3-3)
54	ترسيب الأغشية الرقيقة	(4-3-3)
55	قياس سمك الأغشية الرقيقة	(4-3)
56	القياسات التركيبية	(5-3)

56	تقنية حيود الأشعة السينية	(1-5-3)
57	قياسات مجهر القوة الذرية	(2-5-3)
58	القياسات البصرية	(6-3)
58	فحوصات طيف (UV-Visible)	(1-6-3)
59	تشعيع كاما	(7-3)
60-108	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
60	المقدمة	(1-4)
60	القياسات التركيبية	(2-4)
60	حيود الأشعة السينية	(1-2-4)
63	حساب المعلمات التركيبية	(1-1-2-4)
79	نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية	(2-2-4)
82	القياسات البصرية	(3-4)
82	النفاذية	(1-3-4)
85	معامل الإمتصاص	(2-3-4)
88	حساب فجوة الطاقة	(3-3-4)
94	معامل الإنكسار	(4-3-4)
95	معامل الخمود	(5-3-4)
99	ثابت العزل البصري	(6-3-4)
104	التوصيلية البصرية	(7-3-4)
107	الإستنتاجات	(4-4)
108	المشاريع المستقبلية	(5-4)
	المصادر	

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
	المقدمة	الفصل الاول
7	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة SnO_2	(1-1)
8	الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمادة (MgO)	(2-1)
9	الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمادة (Fe_2O_3)	(3-1)
	الجزء العملي	الفصل الثالث
51	النسب الحجمية المستخدمة في تحضير أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$	(1-3)
52	النسب الحجمية المستخدمة في تحضير أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$	(2-3)
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
64	جزء من بطاقة (ICDD) والنتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$	(1-4)
65	جزء من بطاقة (ICDD) والنتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$	(2-4)
76	قيم المساحة السطحية النوعية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$	(3-4)
76	قيم المساحة السطحية النوعية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$	(4-4)

77	قيم المعلمات التركيبية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(5-4)
78	قيم المعلمات التركيبية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(6-4)
79	قيم خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة (RMS) والحجم الحبيبي المحسوبة من نتائج (AFM) لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(7-4)
89	قيم فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع	(8-4)
89	قيم فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع	(9-4)

قائمة الاشكال

الرقم	عنوان الشكل	رقم الصفحة
الفصل الأول	المقدمة	
(1-1)	المراحل الأساسية لتكوين الأغشية الرقيقة	3
(2-1)	مخطط توضيحي لبعض التقنيات المستخدمة في تحضير الأغشية الرقيقة	4
(3-1)	الخطوات العملية لطريقة التحلل الكيميائي الحراري	6
(4-1)	التركيب البلوري لـ (SnO_2)	7
(5-1)	التركيب البلوري لـ (MgO)	8
(6-1)	التركيب البلوري السداسي لأوكسيد الحديد	10
الفصل الثاني	الجزء النظري	
(1-2)	مدى التوصيلية لبعض المواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة	19
(2-2)	تصنيف أشباه الموصلات تبعاً لترتيب ذراتها	20
(3-3)	مخطط حزم الطاقة في المواد	21
(4-2)	المستويات البلورية لقانون براك	24
(5-2)	حيود الأشعة السينية للمواد البلورية ومتعددة التبلور والعشوائية	25
(6-2)	القوة المتبادلة بين رأس مجس (AFM) وسطح العينة	29
(7-2)	حافة الإمتصاص الأساسية في أشباه الموصلات	32

35	أنواع الإنتقالات الإلكترونية	(8-2)
39	رسم تخطيطي لكيفية حدوث الظاهرة الكهروضوئية	(9-2)
43	إستطارة كومبتن	(10-2)
44	ظاهرة إنتاج الزوج	(11-2)
	الجزء العملي	الفصل الثالث
45	مخطط للخطوات المتبعة في الجزء العملي لتحضير أغشية (SnO ₂ :Mg,Fe)	(1-3)
46	منظومة التحلل الكيميائي الحراري (محلية الصنع)	(2-3)
47	مخطط توضيحي لجهاز التبريد	(3-3)
50	مادة كلوريدات القصدير المائية (SnCl ₄ .5H ₂ O)	(4-3)
56	جهاز حيود الأشعة السينية	(5-3)
57	مجهر القوة الذرية من النوع (AA 3000)	(6-3)
58	مطياف الأشعة فوق البنفسجية (UV-Visible)	(7-3)
59	جهاز التشعيع (Gamma Cell-900)	(8-3)
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
61	أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية (Sn _{1-x} Mg _x O ₂)	(1-4)
62	أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية (Sn _{1-x} Fe _x O ₂)	(2-4)
63	البطاقة القياسية (ICDD) المرقمة (41-1445)	(3-4)
67	حجم وحدة الخلية كدالة لنسب التطعيم لأغشية (Sn _{1-x} Mg _x O ₂)	(4-4)

67	حجم وحدة الخلية كدالة لنسب التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(5-4)
69	معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(6-4)
69	معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(7-4)
70	معدل الحجم الحبيبي حسب طريقة (Williamson-Hall) لأغشية (a: 0% , b: 2%, c: 4%, d: 6%, e: 8%) ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(8-4)
71	معدل الحجم الحبيبي حسب طريقة (Williamson-Hall) لأغشية (a: 0% , b: 2%, c: 4%, d: 6%, e: 8%) ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(9-4)
72	عامل التشكيل دالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(10-4)
72	عامل التشكيل دالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(11-4)
73	كثافة الإنخلاع كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(12-4)
73	عدد البلوريات (N_o) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(13-4)
74	عدد الطبقات (N_L) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(14-4)
74	كثافة الإنخلاع كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(15-4)
74	عدد البلوريات (N_o) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(16-4)
75	عدد الطبقات (N_L) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(17-4)

75	المساحة السطحية النوعية كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(18-4)
76	المساحة السطحية النوعية كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)	(19-4)
81	صور ونتائج (AFM) لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)	(20-4)
83	النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(21-4)
83	النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(22-4)
84	النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(23-4)
84	النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(24-4)
86	معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(25-4)
86	معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(26-4)
87	معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(27-4)
87	معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(28-4)
90	قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(29-4)
91	قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(30-4)
92	قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(31-4)

93	قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(32-4)
94	معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(33-4)
95	معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(34-4)
95	معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(35-4)
96	معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(36-4)
97	معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(37-4)
97	معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(38-4)
98	معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(39-4)
98	معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(40-4)
99	الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(41-4)
100	الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع	(42-4)
100	الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع	(43-4)

101	الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(44-4)
102	الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(45-4)
102	الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(46-4)
103	الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(47-4)
103	الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(48-4)
105	التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(49-4)
105	التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(50-4)
106	التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع	(51-4)
106	التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع	(52-4)

قائمة الرموز

الرمز	الوحدة	المصطلح
E_g	eV	فجوة الطاقة
e	coulomb	شحنة الإلكترون
E_c	eV	طاقة مستوى التوصيل
E_v	eV	طاقة مستوى التكافؤ
E_F	eV	طاقة مستوى فيرمي
N	-	عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية
B	Radian	عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM)
$I(hkl)$	-	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl)
$I_o(hkl)$	-	الشدة القياسية للمستوي (hkl) في بطاقة (ICDD)
ρ	$g.cm^{-3}$	كثافة المادة
θ_B	Degree	زاوية الحيود
m	-	عدد صحيح يسمى مرتبة الحيود
d_{hkl}	$\text{\AA}$	المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين
hkl	-	معاملات ميلر
D_{av}	nm	معدل الحجم الحبيبي
a_o, b_o, c_o	$\text{\AA}$	ثوابت الشبكة
v	nm^3	حجم وحدة الخلية
T_C	-	عامل التشكيل
N_r	-	عدد الانعكاسات
δ	cm^{-2}	كثافة الإنخلاعات
N_o	cm^{-2}	عدد البلوريات لوحدة المساحة

N_L	-	عدد الطبقات
S_v	cm^{-1}	الكثافة السطحية (مساحة السطح خلال وحدة الحجم)
SSA	$\text{m}^2.\text{g}^{-1}$	المساحة السطحية النوعية
K_{sv}	-	كمية ثابتة تسمى عامل الشكل وتساوي (6) بالنسبة للشكل الكروي
B_s	Radian	العرض الناتج من المطاوعة
β_D	Radian	العرض الناتج من الحجم الحبيبي
t	nm	سمك الغشاء
$\dot{S}$	cm^2	مساحة سطح الغشاء
T	-	النفاذية
A	-	الإمتصاصية
α	cm^{-1}	معامل الإمتصاص
I_o	$\text{eV}/\text{m}^2 \cdot \text{S}$	شدة الشعاع الساقط
I_T	$\text{eV}/\text{m}^2 \cdot \text{S}$	شدة الشعاع النافذ
I_A	$\text{eV}/\text{m}^2 \cdot \text{S}$	شدة الشعاع الممتص
$h\nu$	eV	طاقة الفوتون
x	nm	سمك المادة
P	-	ثابت يعتمد على نوع المادة
E_g^{opt}	eV	فجوة الطاقة البصرية للإنتقال المباشر المسموح
r	-	معامل اسي يحدد نوع الإنتقال
E_u	m eV	طاقة ذبول اورباخ
K	cm^{-1}	متجه الموجة
$E_g^{\text{'opt}}$	eV	فجوة الطاقة البصرية للإنتقال غير المباشر المسموح
E_{ph}	eV	طاقة الفونون
B	-	ثابت يعتمد على طبيعة المادة
n	-	معامل الإنكسار

n_o	-	معامل الإنكسار السكوني
C	m/s	سرعة الضوء في الفراغ
v	m/s	سرعة الضوء في المادة
R	-	الانعكاسية
K_o	-	معامل الخمود
ε	-	ثابت العزل البصري
ε_1	-	ثابت العزل الحقيقي
ε_2	-	ثابت العزل الخيالي
σ	s^{-1}	التوصيلية البصرية
$f_{(E)}$	-	إحتمالية اشغال الإلكترون لمستوي معين
λ	nm	الطول الموجي
m_h^*	g	الكتلة الفعالة للفجوة
m_e^*	g	الكتلة الفعالة للإلكترون
ε_o	-	سماحية الفراغ
E_γ	eV	طاقة فوتون كاما
T_e	eV	طاقة الحركية للإلكترون المتحرر
b	eV	طاقة الربط للإلكترون بالذرة
T_a	-	إحتمالية التفاعل
Z	-	العدد الذري
$m_o c^2$	eV	الطاقة السكونية للإلكترون
E_{ph}	eV	طاقة الفونون
E_γ'	eV	طاقة الفوتون المستطار
λ_c	nm	طول موجة كومبتن
λ'	nm	طول موجة الفوتون قبل الإستطارة

λ	nm	طول موجة الفوتون بعد الإستطارة
$\Delta\lambda$	nm	تغير الطول الموجي نتيجة الإستطارة
$K_{p,p}$	-	إحتمالية إنتاج الزوج
θ	Degree	زاوية إستطارة الفوتون
ϕ	Degree	زاوية إرتداد الإلكترون
ν'	Hz	تردد الفوتون المستطار
M_{wt}	g/mol	الوزن الجزيئي
W_t	g	الوزن المطلوب اذابته
V	mL	حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة
M	mol/L	التركيز المولاري
ρ_{total}	g/cm ³	الكثافة الكلية

قائمة المختصرات

CSP	Chemical Spray Pyrolysis
UV	Ultra Violet
FWHM	Full Width at Half Maximum
FCC	Face Centered Cubic
TCO	Transparent Conducting Oxide
XRD	X-Ray Diffraction
AFM	Atomic Force Microscopy
SEM	Scanning Electron Microscopy
STM	Scanning Tunneling Microscopy
TEM	Transmission Electron Microscopy
ICDD	International Center for Diffraction Data
RMS	Root Mean Square
SR	Surface Roughness
SSA	Specific Surface Area

الفصل الأول

مقدمة عامة

(1-1) المقدمة

Introduction

عمل كثير من العلماء على تحضير الأغشية الرقيقة منذ النصف الثاني من القرن السابع عشر لأهميتها في البحوث النظرية والتطبيقية في فيزياء الحالة الصلبة [1]، وشهد هذا المجال تطوراً كبيراً منذ أكثر من قرن ونصف على يد عدد من العلماء مثل (Bunsen and Grove) اللذين حضرا أغشية معدنية رقيقة بطريقة بطريقة التفاعل الكيميائي (Chemical Reaction) عام (1852)، في حين تمكن العالم (Faraday) في عام (1857) من الحصول على غشاء رقيق باستخدام تقنية التبخير الحراري (Thermal Evaporation)، أما في عام (1876) قام العالم (Adams) بتحضير أغشية رقيقة من السيليكون الملاصقة للبلاتينيوم، وقد ساهمت قياسات كل من (Jamin) و (Fizean) و (Quink) والجانب النظري للعالم (Drude) في تطور دراسة الأغشية الرقيقة، وفي بداية القرن العشرين بدأت دراسة الصفات الفيزيائية وحقت البحوث في هذا المجال طفرةً سريعةً [2,3].

يوصف الغشاء الرقيق بأنه عبارة عن طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد، وتكون طبقة الغشاء رقيقة جداً مما يعني سهولة كسرها، لذلك فإنها تُرسَّب على مواد معينة تختلف باختلاف طبيعة الدراسة والإستعمال وهذه المواد تسمى بالقاعدة (Substrate)، مثل الزجاج والكوارتز والسليكون والألمنيوم وغيرها، وتستخدم الأغشية الرقيقة في كثير من المجالات فقد أسهمت في التطور الحالي في مجال الحاسبات الإلكترونية الرقمية (Digital Computer) لصغر حجمها وخفة وزنها [4]، كذلك فقد أسهمت تقنية الأغشية الرقيقة إسهاماً كبيراً في دراسة أشباه الموصلات التي بدأ الاهتمام فيها بداية القرن التاسع عشر [5]، واعطت فكرة واضحة عن خواصها الفيزيائية والكيميائية والتي تختلف عن خواص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) [6].

(2-1) آلية تكون الأغشية الرقيقة

Formation Mechanism of Thin Films

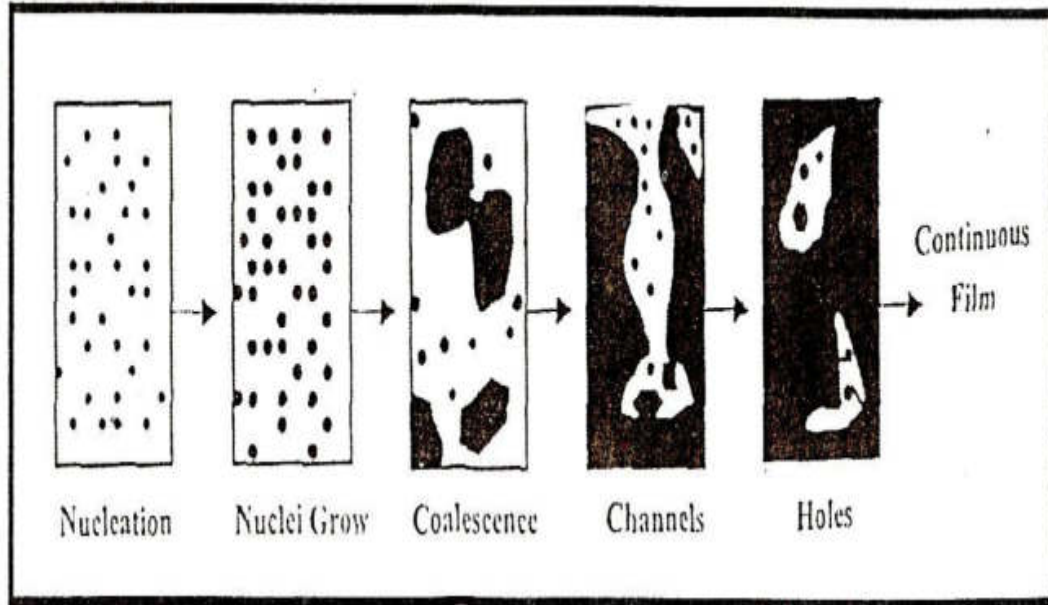
تتصف البنية التركيبية للأغشية الرقيقة بالتعقيد بالمقارنة مع المواد المصمتة سواء كانت متعددة التبلور (Polycrystalline) أو أحادية التبلور (Single crystalline) وتمتلك الأغشية غالباً تراكيب ذات حجوم حبيبية صغيرة جداً ولذلك فإن كثافة الحدود الحبيبية تكون كبيرة جداً، بمعنى أن كثافة العيوب ومناطق عدم الانتظام (Disorder) تكون اكبر بكثير مقارنة مع المواد الأخرى [7].

وتعتمد درجة الانتظام وشكل البنية البلورية للأغشية أحادية البلورة أو متعددة البلورات أو عشوائية على عدة عوامل ترتبط بعضها بخصائص وظروف عملية التحضير المعتمدة وبعضها الآخر بخصائص المواد الأولية، ويمكن تلخيص آلية ترسيب الأغشية الرقيقة بثلاث خطوات رئيسية هي :

1. توفر الجزيئات أو الذرات أو الايونات لمحلول ترسيب مادة الغشاء والمسؤولة عن تشكيل الطبقة منها.
2. إنتقالها إلى القاعدة أو الجزء المراد طلاؤه من خلال وسط ناقل.
3. تكثيفها على القاعدة بطريقة مباشرة أو بطريقة التفاعل الكيميائي أو الكهروكيميائي أو الفيزيائي أو غيرها من طرائق الترسيب لتكوين الراسب الصلب.

إن عملية ترسيب الأغشية الرقيقة تتم أولاً من خلال عملية التنبوية (Nucleation) أي تكوين النويات وتعد الأساس الذي يبنى عليه الغشاء الرقيق، وتتكون النويات عند إنتقال الذرات أو الجزيئات أو الايونات من المصدر إلى القاعدة بوساطة المركبة العامودية للسرعة، حيث تبدأ بالتكاثف على سطح القاعدة وهذه المواد المكثفة تتفاعل فيما بينها مكونة عنقود أو تجمعات اكبر (Clusters) وتدعى هذه التجمعات بالنويات وتتميز النويات الملتصقة بالقاعدة بحجمها الصغير، وبعد عملية التنبوية تبدأ مرحلة نمو النويات، إذ تنمو النويات بالأبعاد الثلاثة ويكون هذا النمو بمحاذاة القاعدة حيث يكون النمو أفقياً أكثر مما هو عمودي بسبب الإنتشار السطحي للذرات، وتعد هذه صفة مميزة لنمو الأغشية الرقيقة [7,8]، أما عملية نمو النويات خلال مرحلة ترسيب الغشاء أو التجمعات النامية فتدعى بالجزر (Island)، وهناك عدة عوامل تؤثر في تكوين الجزر وهي درجة حرارة القاعدة المراد ترسيب الغشاء عليها ومعدل الترسيب وتوافر مواقع التنبوية (Nucleation Sites) على سطح القاعدة، وبعد عملية تكون الجزر تبدأ الجزر الصغيرة بالالتحام لتتكون الحدود الحبيبية في المواد المتعددة البلورات أو قد تلتحم لتتكون بلورة أحادية إذا كانت الإتجاهات البلورية للجزر الملتحمة بإتجاه واحد [8,9]، وتستمر الجزر بالالتحام مع بعضها بعضاً ويتغير شكلها فتتمدد وتستطيل مرتبطة مع بعضها فتكون مناطق ضيقة قريباً من منطقة الالتصاق، وتتميز هذه المناطق بأنها غير منتظمة وطويلة تسمى القنوات (Channels)، وعند الإستمرار بالترسيب ينتج نوى وجزر وقنوات داخل هذه القنوات حيث تندمج بسرعة عند ملامسة جدران القنوات مكونة ما يشبه الجسور ومخلقة تجاويف داخل الغشاء كما موضح في الشكل (1-1)، وهذه القنوات تتلاشى تدريجياً وتضمحل مكونة الغشاء المستمر (continuous film) بإستمرار تكوين الجزر الثانوية التي تلامس حافات الفجوات وتندمج مع الغشاء الرئيس [10].

ويزداد سمك الغشاء باستمرار بإستمرار عمليات الترسيب حتى نصل إلى المرحلة النهائية لتكوين الغشاء، وقد يبقى أثناء تكون الغشاء المستمر عدد من الفراغات الصغيرة المنتشرة في الغشاء وهي تعمل كمصب (Sink) لبعض من أنواع العيوب البلورية كالإنخلاعات (Dislocation) والتي تحدث بسبب عدم التوافق الشبكي بين الغشاء والقاعدة [7]، والشكل (1-1) يبين المراحل الأساسية لتكوين الأغشية الرقيقة.

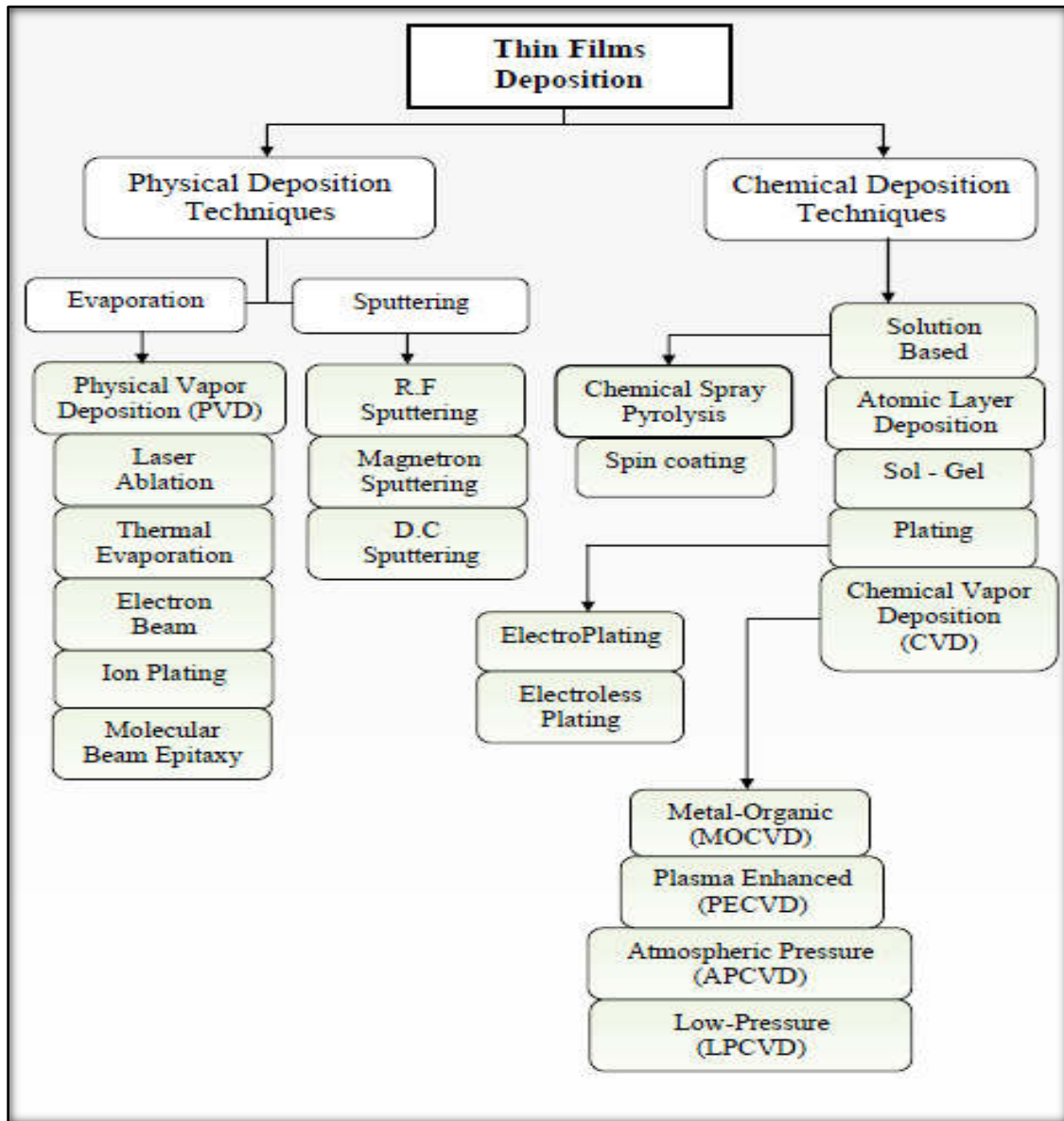


الشكل (1-1) المراحل الأساسية لتكوين الأغشية الرقيقة [11].

(3-1) طرائق تحضير الأغشية الرقيقة

Preparation Methods of Thin Films

تعددت وتنوعت طرائق تحضير الأغشية الرقيقة على مر السنوات، ولكل طريقة مميزاتا وخواصها والتي تميزها عن غيرها للحصول على أغشية ذات مواصفات جيدة تتلائم مع التطبيقات المختلفة، وأن الأغشية الرقيقة لأشباه الموصلات تحظى بالأهمية الكبرى وذلك لإستعمالها في مجالات متعددة، إذ استعيز عن كثير من اجزاء الدوائر الإلكترونية مثل المقاومات والمتسعات والمرشحات والكواشف والترانزستورات وغيرها بالأغشية الرقيقة، وبالنسبة للتطبيقات البصرية فتستخدم الأغشية الرقيقة في التصوير الفوتوغرافي واجهزة الاستنساخ وكذلك في تصنيع المرشحات البصرية والطلاءات العاكسة وغير العاكسة، وتبرز أهمية الأغشية الرقيقة في صناعة الخلايا الشمسية والكواشف الضوئية [12]، والمخطط (2-1) يوضح بعض تقنيات الأغشية الرقيقة [13]:



الشكل (2-1) مخطط توضيحي لبعض التقنيات المستخدمة في تحضير الأغشية الرقيقة [13].

وتم استخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري في بحثنا لتحضير أغشية رقيقة من مادة ثنائي أوكسيد القصدير غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم وأيونات الحديد وذلك لسهولة تحضير هذه المادة وقلة تكلفتها وتتطلب هذه الطريقة توفير المواد اللازمة لتحضير الأغشية الرقيقة منها بشكل محلول بحيث يمكن ترديدها على قواعد من الزجاج.

(4-1) تقنية التحلل الكيميائي الحراري

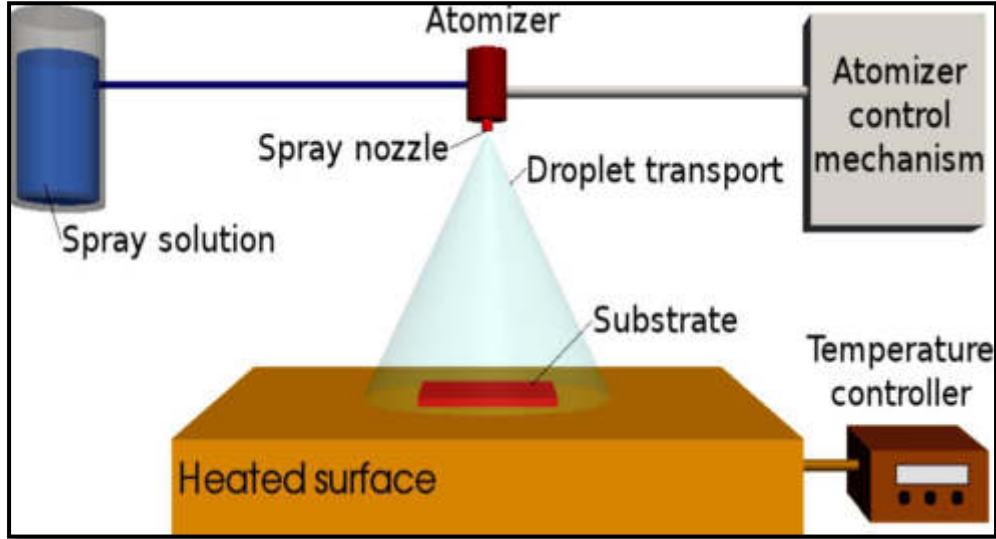
Chemical Spray Pyrolysis Technique (CSP)

تعد عملية التحلل الكيميائي الحراري من العمليات المهمة و الفعالة في تحضير الأغشية الرقيقة التي تستخدم في كثير من التطبيقات الصناعية كصناعة الكواشف والخلايا الشمسية [14]، وكانت تقنية (CSP) واحدة من التقنيات الرئيسية لترسيب أنواع كثيرة من المواد على شكل أغشية رقيقة، حيث تستند هذه التقنية في تحضير الأغشية الرقيقة إلى عمليات التحلل الحراري (Thermal Decomposition).

ويعرف التحلل الكيميائي الحراري بأنه عملية تحلل المركب حرارياً لإنتاج راسب من مواد مختلفة مستقرة [6] على سطح القاعدة الساخنة برش محلول أملاح المواد المراد تحضيرها بهيئة أغشية رقيقة، وللحصول على أغشية جيدة يجب الوصول إلى الظروف المثالية كدرجة حرارة القاعدة (Substrate temperature) ومعدل وزمن التحلل (Spray rate and time) وتركيز المحلول (Concentration of solution) وضغط الغاز الحامل (Pressure of carrier gas) [7،15]، وبالرغم من بساطة هذه التقنية، إلا أنها تمتلك عدداً من المزايا ومنها [16]:

1. تعد تقنية اقتصادية نظراً لقلّة كلفة أجهزة التحضير مقارنةً مع التقنيات الأخرى.
2. يمكن تحضير أغشية لمدى واسع من المواد ذوات درجة الإنصهار العالية.
3. إمكانية الحصول على أغشية لمساحات كبيرة نسبياً.
4. تمتاز أغشيتها بتجانس عالٍ والتصاقية جيدة.
5. تكون الأغشية المحضرة مستقرة كيميائياً.
6. تستخدم للحصول على طلاء مضاد للانعكاس (Anti reflected coating) في الخلايا الشمسية.

ويمكن تحضير أغشية ذات خصائص معينة وذلك عن طريق التحكم بعوامل وظروف الترسيب مثل درجة حرارة القاعدة ومعدل الترسيب وحجم الإنبوبة الشعرية ومركب المحلول المستخدم، والشكل (3-1) يبين الخطوات العملية لطريقة التحلل الكيميائي الحراري [17].



الشكل (3-1) الخطوات العملية لطريقة التحلل الكيميائي الحراري [17].

(5-1) خصائص مادة الأغشية Properties of the Films Material

(1-5-1) ثنائي أكسيد القصدير Tin Oxide (SnO₂)

تعد مادة ثنائي أكسيد القصدير (SnO₂) من المواد شبه الموصلة التي تنتمي إلى مجموعة الأكاسيد الموصلة الشفافة (Transparent Conducting Oxides (TCO)) التي تمتاز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية وإمتصاصية في المنطقة فوق البنفسجية وتوصيلية جيدة من النوع السالب (n- type) [18]، وتعد مادة ثنائي أكسيد القصدير من أشباه الموصلات ذات فجوة الطاقة العريضة (Wide Band Energy Gap) بحدود (3.7 eV) [19]، وهي مادة ذات لون أبيض، ولها تركيب بلوري رباعي [20]، هذا وأن تركيز الإلكترونات الحرة فيها (10¹⁶ cm⁻³) تقريباً [21]، ويُعد (SnO₂) من المركبات غير المتكافئة وذلك بسبب وجود فراغات الاوكسجين بحيث أن صيغة الغشاء الرقيق لهذه المادة يكون (SnO_{2-x})، إذ إن (x) هو الانحراف في المركب المتكافئ (stoichiometric) [22]، يؤكسد حامض النتريك المركز القصدير ليعطي أكسيد القصدير المائي، إذ يمثل جزء منه راسبا والجزء الآخر يكون بشكل غروي مع كمية صغيرة من نترات القصدير Sn(NO₃)₂:



وكذلك يتفاعل القصدير الأبيض عند تسخينه في الهواء، حيث يتكون ثنائي أكسيد القصدير (SnO₂) من:

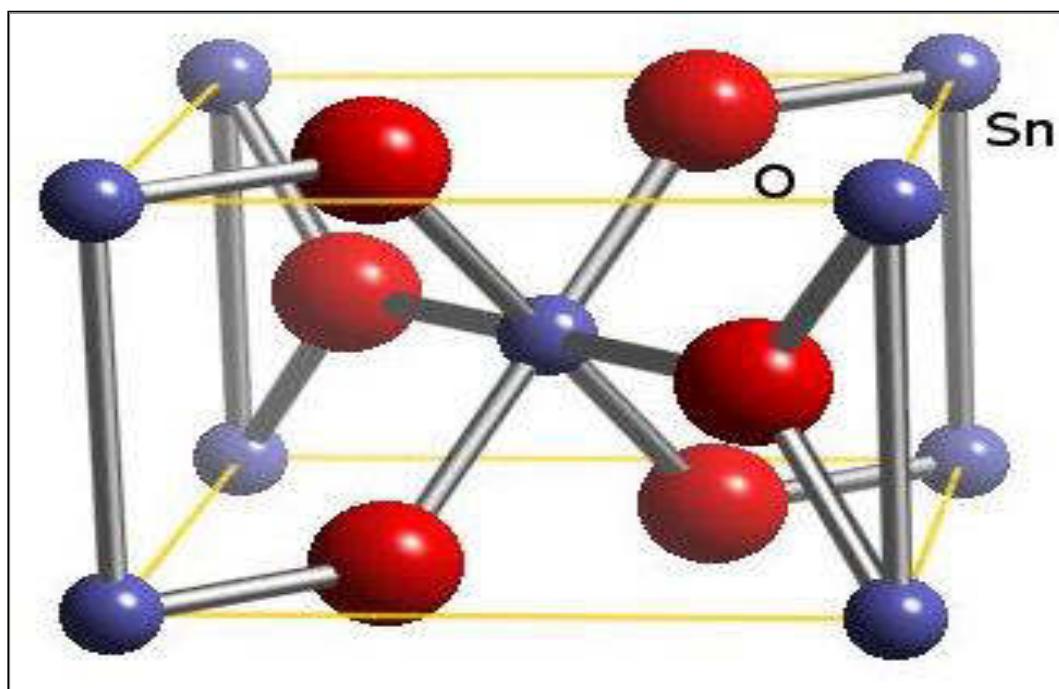


وتعد أكاسيد القصدير أكاسيد أمفوتيرية أي أنها تتفاعل مع الحامض وتكون ملحاً وتتفاعل مع القاعدة وتكون ملحاً أيضاً [23]، كذلك يستخلص ثنائي أكسيد القصدير بوصفه عنصراً من خلال المركبات $(\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ أو $(\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ [24]. والجدول (1-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة ثنائي أكسيد القصدير (SnO_2) [18].

الجدول (1-1) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمادة SnO_2 [18].

Sym.	Colour	Crystal structure	M.Wight g/mol	Density g/cm ³	Melting Point K	Boiling Point K
SnO_2	White	Tetragonal	150.69	6.95	1903	2073-2173

يمتلك التركيب البلوري لثنائي أكسيد القصدير وحدة خلية ذات ثوابت $(a_0=b_0 \neq c_0)$ ، حيث إن $(a_0=b_0=4.737 \text{ \AA})$ و $(c_0=3.188 \text{ \AA})$ ، والشكل (4-1) يبين التركيب البلوري لثنائي أكسيد القصدير [25].



الشكل (4-1) التركيب البلوري لـ (SnO_2) [25].

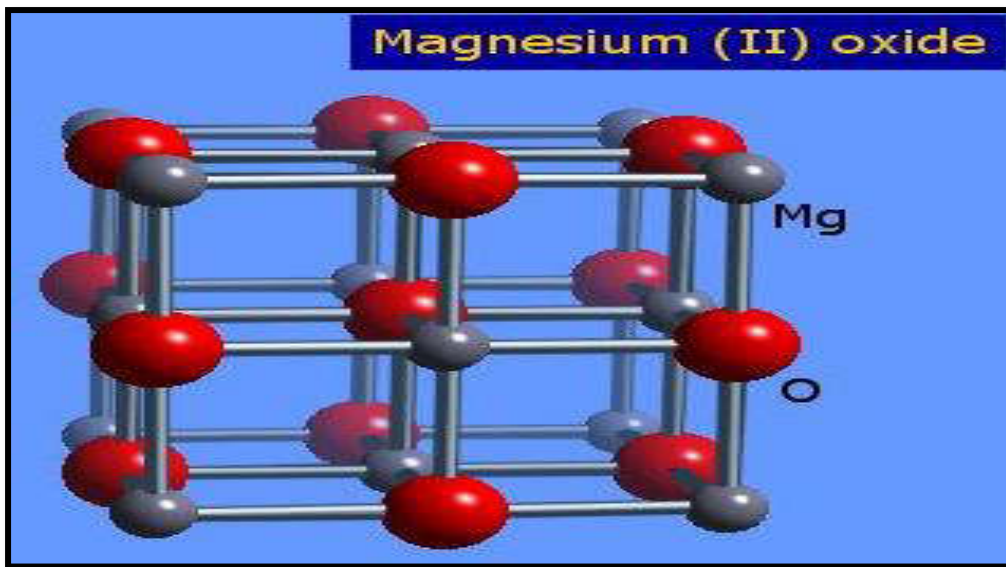
Magnesium Oxide (MgO)

(2-5-1) أوكسيد المغنيسيوم

أوكسيد المغنيسيوم مادة مؤكسدة متعددة الاستعمالات بسبب خواصه الكيميائية والفيزيائية الفريدة [26]، ويؤدي أوكسيد المغنيسيوم خصائص جيدة، حيث إنه من المواد البلورية الصلبة عالية التآين وله تركيب مكعبي متمركز الوجه (FCC) كما هو واضح في الشكل (5-1)، إذ إن ثابت الشبكة له يساوي ($4.212\text{\AA}$) وقيمة معامل إنكساره (1.7) وله ثابت عزل مقداره (9.83)، كما ويعد أوكسيد المغنيسيوم من المواد ذات فجوة الطاقة الكبيرة، إذ تقدر فجوة طاقته بحوالي (7.8 eV) مع توصيلية حرارية عالية [27]، ومساحة سطحية نوعية صغيرة [28]، ويستخدم بشكل واسع كطبقة تحفيز كيميائي في ترسيب الأغشية ذات التوصيل الفائق عند درجات الحرارة العالية [29]، كذلك يستعمل كمحفز في العديد من التفاعلات الكيميائية وفي عملية طلاء المعادن لمنع الصدأ وفي مجال الطب وتصنيع الدوائر الإلكترونية واجهزة الاستشعار والهندسة الإلكترونية والكيميائية والميكانيكية [30]، والجدول (2-1) يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لـ (MgO) [31].

الجدول (2-1) يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لـ (MgO) [31].

Sym.	Colour	Crystal structure	M.Wight g/mol	Density g/cm ³	Melting Point K	Boiling Point K
MgO	white	cubic	40.304	3.58	3098 □	3870



الشكل (5-1) يبين التركيب البلوري لـ (MgO) [31].

Iron Oxide (Fe_2O_3)

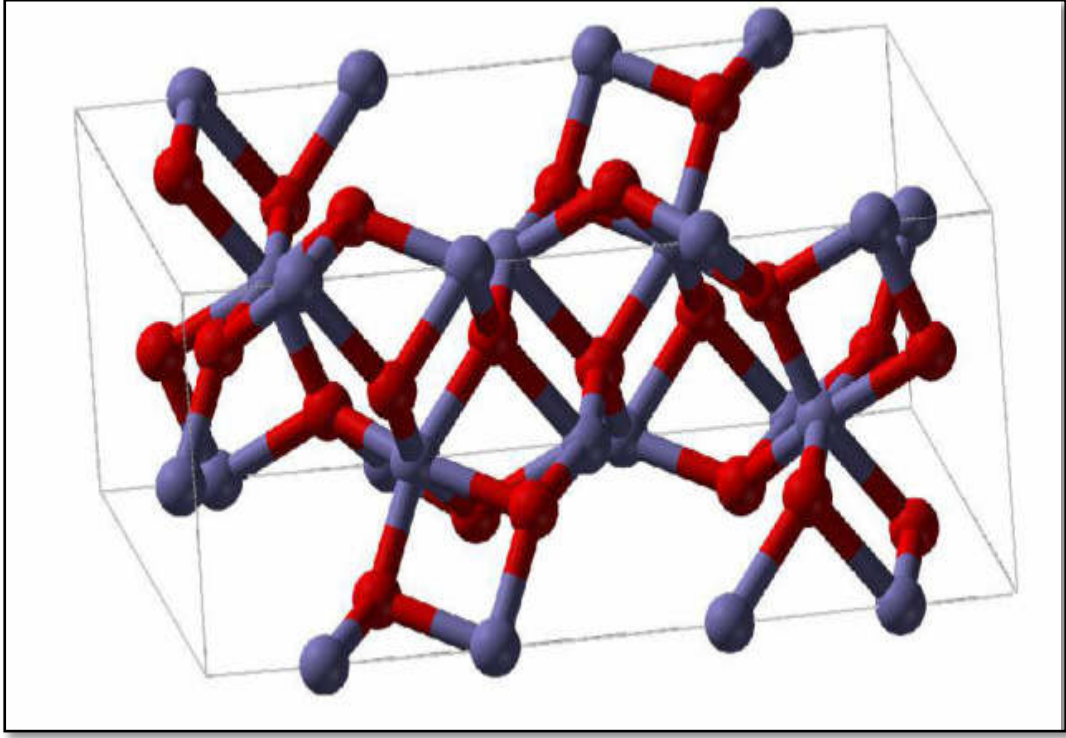
(3-5-1) أكسيد الحديد

يعد أكسيد الحديد (الهيماتيت) أحد أهم أكاسيد العناصر الانتقالية وأكثر أكاسيد الحديد إستقراراً [32]، ويمكن أن يكون أكسيد الحديد (Fe_2O_3) على شكل ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) أو ما يسمى (Hematite) الهيماتيت، أو ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) أو ما يسمى (magnetite)، والهيماتيت ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) هو طور ثرموديناميكي مستقر من أطوار الحديد، وهذه المادة شبه موصلة تتميز بإستقرارية حرارية جيدة عند درجات الحرارة العالية وغير سمية وقليلة التكلفة ومتوفرة وتمتلك فجوة طاقة بحدود (2.5eV) والتي تقع ضمن المدى المرئي ولديها معامل إنكسار عالي نسبياً [33,34] ومقاومة عالية ضد التآكل وإنخفاض كلفتها وخواصها ملائمة للبيئة [35]، ولها توصيلية جيدة فضلاً عن الإمتصاص العالي في منطقة الطول الموجي القصير والاستقرار الكيميائي العالي [36]، وتظهر مركبات الحديد صفات باراً مغناطيسية عالية، أي أن الإلكترونات تبقى غير مزدوجة [37]، ويعد أكسيد الحديد (Fe_2O_3) مهماً بسبب خواصه المغناطيسية والكهربائية والبصرية والكهروكيميائية، وهو أحد المواد المهمة التي تستعمل في تشكيلة واسعة من التطبيقات التقنية مثل الاتصال ونظام الحاسوب والخلايا الشمسية والبطاريات القلوية [38]، ويتم إنتاج أكسيد الحديد (Fe_2O_3) من التسخين الشديد لكبريتات الحديدوز أو من تأكسد الحديدوز عند إضافة القلويات إلى محلول الحديدوز أو من المركبات ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) أو ($\text{FeCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) [39]، ويبين الجدول (3-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة (Fe_2O_3) [40].

الجدول (3-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة (Fe_2O_3) [40].

Sym.	Colour	Crystal structure	M.Wight g/mol	Density g/cm ³	Melting Point K
Fe_2O_3	Red-Brown	Hexagonal	159.69	5.24	1838 □

ومادة أكسيد الحديد (Fe_2O_3) ذات تركيب بلوري سداسي (Hexagonal)، وأنه يعد شبه موصل من النوع (n-type) [41]، والشكل (6-1) يبين تركيبه البلوري السداسي [42].



الشكل (6-1) يوضح التركيب البلوري السداسي لأوكسيد الحديد [42].

Literature Survey

(6-1) الدراسات السابقة

❖ درس الباحث (Habubi) سنة (2003) تأثير أشعة كاما في أغشية (SnO_2) غير المشوبة والمشوبة بالأنديوم بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، وأظهرت الدراسة أن التشعيع أدى إلى تحسين الخصائص التركيبية المتمثلة في زيادة التبلور، وأن قيمة حافة الإمتصاص كانت (2.1eV) للغشاء غير المشوب وتزداد إلى (2.42eV) للغشاء المشوب بنسبة (1%) ثم يبدأ بالنقصان كلما زادت نسبة التشويب، أما بعد التشعيع فقد سلكت السلوك نفسه ما عدا أن قيم حافة الإمتصاص بعد التشعيع كانت أقل من قيمتها قبل التشعيع، بينما ازدادت التوصيلية بعد التشعيع [43].

❖ درس الباحث (Bagheri et al.) سنة (2004) الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية ($\text{SnO}_2:\text{Li}$) كأغشية توصيل شفافة مرسبة على قواعد زجاجية بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، بدرجة حرارة القاعدة (480°C) بإستخدام محلول الايثانول الذي يحتوي على كلوريد القصدير وكلوريد الليثيوم وبإستخدام نسب تطعيم مختلفة، وقد دلت نتائج حيود الاشعة السينية أن الأغشية المحضرة كانت ذات طبيعة متعددة التبلور وبالاتجاهات السائدة (110) و (211)، وبمعدل حجم حبيبي (28.7 nm) [44].

❖ درس الباحث (سامي سلمان) سنة (2005) الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (SnO_2) المشوبة بالفلور والمشعة بأشعة كاما، بإستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري، وقد تم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة كافة بنسب التشويب المنتخبة قبل وبعد تعريضها لجرعة من أشعة كاما، وتم حساب قيم فجوة الطاقة قبل وبعد التشعيع للإنتقالين المباشر المسموح وغير المباشر المسموح، إذ كانت قيمتها للإنتقال المباشر المسموح تساوي (3.65eV) للغشاء غير المشوب وتزداد إلى (3.8eV) للغشاء المشوب بنسبة (1%) ثم تبدأ بالنقصان إلى (3.4eV)، وسلكت قيم الإنتقال غير المباشر المسموح نفس سلوك الإنتقال المباشر المسموح من حيث التغير في فجوة الطاقة إلا أن قيمها تكون أقل من قيم مثيلاتها قبل التشعيع [45].

❖ درس الباحث (T. Serin et al.) سنة (2006) الخصائص الكهربائية والتركيبية والبصرية لأغشية (SnO_2) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، فقد رسبت الأغشية على قواعد زجاجية عند درجات حرارة مختلفة في المدى من (300°C) إلى (500°C)، وظهرت دراسات حيود الأشعة السينية (XRD) إن الحجم البلوري وإتجاهات النمو السائد يعتمد على درجة حرارة القاعدة، هذه الدراسة أوضحت أيضاً بأن الأغشية تكون عازلة عند (300°C) ومتعددة التبلور عند درجات الحرارة الأخرى، وأن النفاذية البصرية في المنطقة المرئية تتوزع على المدى (75%-95%) مع درجة حرارة القاعدة على التوالي [46].

❖ حضر الباحث (محمد عوده داوود) سنة (2006) أغشية (SnO_2) و (Fe_2O_3) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وباسماك مقاربة وعلى نوعين من القواعد، حيث تم دراسة الخصائص البصرية والكهربائية والتركيبية للأغشية المحضرة على القواعد الزجاجية، وشملت الخصائص البصرية حسابات فجوة الطاقة لكلا الغشائين المحضرين، حيث ظهرت فجوة الطاقة لأوكسيد القصدير تتراوح بين (3.5eV - 3.62eV) ولأوكسيد الحديد بين (2.45eV - 2.71eV)، وتم إجراء بعض حسابات الثوابت البصرية التي شملت معامل الإمتصاص ومعامل الإنكسار [47].

❖ درس الباحث (S. Karadeniz et al.) سنة (2007) تأثير التشعيع بأشعة كاما على خصائص العزل لأغشية (SnO_2) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد من السيليكون بأزمان ترسيب مختلفة، حيث بينت الدراسة بأن قيم ثابت العزل الحقيقي والخيالي تقل عند زيادة جرعة التشعيع بأشعة كاما [48].

❖ درس الباحث (M. Bagheri-Mohagheghi et al.) سنة (2008) نفاذية شبه الموصل لعشاء ثنائي أوكسيد القصدير المطعم بالحديد بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، وتم تحليل العينات المرسبة بسمك ($\sim 350 \text{ nm}$) بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، وبينت القياسات تركيب متعدد التبلور مع قمم واضحة في الطور الصلب لثنائي أوكسيد القصدير (SnO_2) ولكافة الأغشية، وإن النفاذية البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:\text{Fe}$) في الطيف المرئي تتناقص من (90%) إلى (75%) [49].

❖ حضر الباحث (Bahidh) سنة (2009) أغشية (SnO_2) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، بدرجة حرارة ترسيب (773 K) ودرس الخواص التركيبية لتلك الأغشية، وقد أظهرت النتائج أن أغشية ثنائي أكسيد القصدير ذات تركيب متعدد التبلور وذات تركيب رباعي مع اتجاه سائد (110) وإن قيمة فجوة الطاقة البصرية كانت تساوي (3.2eV) [50].

❖ درس الباحث (Raad S. Sabry) سنة (2010) تأثير التشعيع بالحزمة الإلكترونية على الخصائص البصرية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير، حيث تم تحضير أغشية (SnO_2) على قواعد زجاجية باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري، وتم تشعيع أغشية (SnO_2) بحزمة الإلكترونات مستقرة ($2500 \mu\text{A}$) وبعرض (1-1.5) mm وبأزمان تشعيع (3,6,9) min، درست الخصائص البصرية قبل وبعد التشعيع من خلال نتائج القياسات البصرية وتبين أن فجوة الطاقة البصرية (E_g) تقل من (3.46eV) إلى (3.05eV) مع زيادة زمن التشعيع [51].

❖ قامت الباحثة (Chanchana Thanachayanont et al.) سنة (2011) بتحضير أغشية (SnO_2) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية بدرجة (500°C)، وتم فحص الأغشية بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM) وجهاز (CBED)، حيث قاموا بإجراء الفحوصات الدقيقة لـ (SnO_2) والعيوب النانوية للأغشية، وتبين أن حبيبات (SnO_2) تتشكل بعد طبقات قليلة من حبيبات صغيرة الحجم ذات اتجاهات عشوائية بالنسبة لاتجاه حبيبات (SnO_2) [52].

❖ درس الباحث (طارق هاشم عبود) سنة (2012) تأثير أشعة كاما على الثوابت البصرية لأغشية (SnO_2) المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري، حيث حضرت الأغشية من محلول مادة الايثانول، ودرس تأثير أشعة كاما على الثوابت البصرية ووجد أن الأغشية التي تعرضت لأشعة كاما تؤدي إلى انخفاض في قيم جميع الثوابت البصرية [53].

❖ درس الباحث (عصام محمد ابراهيم) وآخرون سنة (2012) تأثير درجة حرارة الأرضية على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (SnO_2) الرقيقة، حيث تم ترسيب أغشية (SnO_2) بطريقة التحلل الكيميائي عند درجات حرارة أرضية مختلفة، وقد تمت دراسة تأثير تغيير تلك الدرجات الحرارية على تركيب الأغشية وخصائصها البصرية والكهربائية، وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية أن الأغشية المحضرة عند درجة حرارة أرضية (673K) كانت ذات تركيب متعدد التبلور وكان سمك الأغشية المحضرة بحدود (200nm)، وازدادت فجوة الطاقة البصرية من (2.5eV) إلى (3.59eV) [54].

❖ درس الباحث (Basim E. Gasgous et al.) سنة (2013) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (SnO_2) المطعمة بالحديد، حيث حضرت أغشية ثنائي أكسيد القصدير غير المشوبة والمشوبة بالحديد باستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، وبينت دراسات حيود الأشعة السينية بأن كافة الأغشية ذات طبيعة متعددة التبلور ورباعية التركيب، وقد وجد أن معدل الحجم الحبيبي قد إنخفض من (51Å) إلى (40Å) نتيجة التطعيم بالحديد، وسجل طيفي النفاذية والإمتصاصية لمعرفة نوع الانتقال وحساب الثوابت البصرية، إذ وجد أن فجوة الطاقة تقل بعد التطعيم بالحديد وإن الثوابت البصرية قد تأثرت نتيجة التطعيم [55].

❖ درس الباحث (عادل حبيب عمران) سنة (2013) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (SnO_2) الرقيقة ذات التركيب النانوي البلوري بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، وحضرت الأغشية على قواعد زجاجية بدرجة (450°C) من محاليل مائية: محلول (A) ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ومحلول (B) ($\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)، وقد بينت فحوصات الأشعة السينية (XRD) أن كافة الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور وذات تركيب رباعي باتجاه سائد (110, 200, 211)، وإن الحجم الحبيبي للأغشية يتراوح بين (32.6 - 56.98) nm ومن خلال دراسات جهاز (UV-VIS) حسب الامتصاصية البصرية في المنطقة الطيفية (190 - 1100) nm وكذلك كل من النفاذية والانعكاسية في المنطقة المرئية وفوق البنفسجية وتم حساب الثوابت البصرية كفجوة الطاقة ومعامل الخمود ومعامل الامتصاص، وظهرت جميع الأغشية نفاذية عالية أكثر من (85%) وإمتصاصية عالية في المنطقة فوق البنفسجية وتقل بالتدرج في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة وإن قيمة فجوة الطاقة البصرية تساوي (3.98eV) للنموذج A و (3.97eV) للنموذج B [56].

❖ درست الباحثة (Alaa A. Abdul-Hamead) سنة (2013) بعض خواص غشاء (SnO_2)، حيث تم تحضير أغشية (SnO_2) على قواعد من الزجاج والسليكون النقي بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، وبدرجات حرارة ترسيب $^{\circ}\text{C}$ (300, 400, 500) لمادة كلوريد القصدير وبتركيز (0.1M)، وكان سمك الأغشية بحدود $(0.1 \pm 0.02 \mu\text{m})$ ومعدل الترذيد (1nm/s)، تم اجراء فحوصات للأغشية المحضرة مثل (XRD)، وبينت النتائج أن التبلور يزداد مع زيادة درجة حرارة الترسيب [57].

❖ قام الباحث (Boben Thomas et al.) سنة (2014) بتحضير أغشية (SnO_2) متعددة التبلور المطعمة بالمغنيسيوم بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، بإضافة نسب من المغنيسيوم تتراوح بين (0.3- 1.2 wt%)، الخصائص التركيبية للسطح وكذلك الخصائص البصرية والكهربائية درست إستناداً إلى قيمة حساسية الغاز، ووضحت الدراسة أن لثنائي أوكسيد القصدير تركيب رباعي ولكافة تراكيز المغنيسيوم، وأن الحجم الحبيبي يتأثر بكل من تغير التركيز ودرجة الحرارة [58].

❖ درس الباحث (Xia Li et al.) سنة (2015) تأثير التطعيم بالمغنيسيوم (Mg) على الخصائص البصرية والكهربائية لأغشية (SnO_2) الرقيقة، ورسبت أغشية (SnO_2) الرقيقة على قواعد من السليكون بطريقة المحلول الغروي، ودرس تأثير تطعيم (Mg) على الخصائص البصرية والمورفولوجية والتركيبية لأغشية (SnO_2) الرقيقة، وقد لوحظ أن لها تركيب رباعي ذو طور واحد للأغشية المطعمة بالمغنيسيوم، وتبين أن فجوة الطاقة البصرية لأغشية (SnO_2) المطعمة بالمغنيسيوم مساوية تقريباً لأغشية (SnO_2) غير المطعمة [59].

❖ درست الباحثة (Waffa .k khalaf et al.) سنة (2015) الخصائص المورفولوجية والبصرية والكهربائية لأغشية ثنائي أوكسيد القصدير بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، بتركيزات مختلفة (0.1, 0.2, 0.3, 0.4) M، ومن خلال نتائج (UV-VIS) لوحظ أن النفاذية تزداد مع نقصان التركيز لأغشية (SnO_2)، حيث وصلت لنسبة (87 %) للأغشية المحضرة باقل تركيز (0.1M)، ومن خلال الصور الطوبوغرافية للأغشية المحضرة بتركيزات مختلفة والتي تم قياسها بمجهر القوى الذرية (AFM) لوحظ أن نعومة وانتظامية السطح تقل مع زيادة المولارية للمحلول المائي [60].

❖ درس الباحث (Mohamed Sajeer et al.) سنة (2015) النمو والتركيب والخصائص البصرية والمورفولوجية لأغشية (SnO_2) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، حيث رسبت الأغشية على قواعد زجاجية عند درجة (400°C) مع تراكيز مختلفة من (0.2M) إلى (0.5M)، ودرست الخصائص التركيبية والبصرية ومورفولوجية السطح بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وجهاز قياس حيود الأشعة السينية (XRD) وجهاز (UV-VIS)، وظهرت نتائج (SEM) حبيبات غير منتظمة فوق السطح وكمية الحبيبات تزداد مع زيادة تركيز المحلول، كما وبينت دراسات (XRD) بأن الأغشية ذات تركيب رباعي، ومن خلال القياسات البصرية وجد أن فجوة الطاقة تقع بين (2.72eV) و (2.95eV) وإن معامل الانكسار للغشاء يتناقص مع تناقص تركيز المحلول [61].

❖ حضرت الباحثة (Selma M. H. Al-Jawad et al.) سنة (2015) أغشية ثنائي أوكسيد القصدير بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، ودرست الخصائص التركيبية والبصرية تحت ظروف مختلفة لدرجة حرارة القاعدة ($300, 350, 400^\circ\text{C}$)، ولدنت عند درجة حرارة (300°C) ولمدة ساعة، شخّصت خصائص الأغشية بجهاز حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) ومجهر القوة الذرية (AFM) وقياسات (UV-VIS) ضمن المدى من (300 nm) إلى (900 nm)، وبينت دراسة حيود الأشعة السينية أن الأغشية لها تركيب رباعي عند درجات الحرارة العالية للقاعدة، وقيمة الحجم الحبيبي تتغير من (9.77 nm) إلى (25.2 nm) عندما تتغير درجة حرارة القاعدة بين (300°C) إلى (400°C) بعد التلدين، وظهرت نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) أن قيمة (RMS) تساوي (10.4 nm) ومعدل الخشونة يساوي (8.86 nm) عندما تكون درجة حرارة القاعدة (350°C)، فضلاً عن ذلك وجد أن أعلى قيمة للنفاذية تساوي (78 %) عند الطول الموجي (900 nm) عند درجة حرارة القاعدة (350°C)، وتمتلك فجوة طاقة بصرية تتراوح بين (2.9 eV) إلى (3.4 eV) لأغشية (SnO_2) عندما تتغير درجة الحرارة بين ($300 - 400^\circ\text{C}$) بعد التلدين لمدة ساعة [62].

❖ درس الباحث (S. Palanichamy et al.) سنة (2016) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (SnO_2) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، حيث حضرت الأغشية عند درجة حرارة (300°C) وتركيز (0.05M)، ودرست خواصها التركيبية بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والنفاذية البصرية بجهاز (UV-VIS)، وظهرت نتائج حيود الأشعة السينية أن غشاء (SnO_2) ذو تركيب رباعي مع اتجاه سائد (110)، وإن معدل الحجم الحبيبي كان بحدود (53.17 nm)، ووضحت صور المجهر الإلكتروني الماسح بأن هناك فراغات وتصدعات في الغشاء، وأعلى نفاذية كانت (91%) وأن فجوة الطاقة للغشاء تساوي (3.78 eV) [63].

❖ درس الباحث (Haiying Hea et al.) سنة (2017) تأثير تركيز المغنيسيوم على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية على أغشية ثنائي أوكسيد القصدير (SnO_2) الرقيقة المطعمة بالمغنيسيوم والمرسبة على قواعد زجاجية بطريقة التحلل بالحزمة الإلكترونية (Electron Beam Evaporation)، ومن خلال دراسة (XRD) تبين أن زيادة تركيز المغنيسيوم تؤدي إلى زيادة العيوب البلورية لغشاء (SnO_2)، وأن قيمة النفاذية البصرية كانت بحدود (83%) في المنطقة المرئية، وتناقصت قيمة فجوة الطاقة، حيث كانت قد تراوحت بين ($3.49 - 3.78\text{ eV}$) [64].

(7-1) الهدف من البحث

The Aim of The Work

يهدف البحث إلى تحضير أغشية رقيقة من ثنائي أكسيد القصدير (SnO_2) غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) وأيونات الحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) باستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، ودراسة الخصائص التركيبية والبصرية وتأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص البصرية للأغشية المحضرة والمتضمنة حساب كل من النفاذية ومعامل الإمتصاص وفجوة الطاقة البصرية وحساب الثوابت البصرية المتمثلة بمعامل الإنكسار ومعامل الخمود وثابت العزل البصري بجزأيه الحقيقي والخيالي فضلاً عن التوصيلية البصرية قبل وبعد التشعيع للحصول على أغشية ذات مواصفات جيدة وتحسين صفاتها في منطقة الطيف المرئي نظراً لأهمية هذه المنطقة في تطبيقات الخلايا الشمسية.

الفصل الثاني

الجزء النظري

Introduction

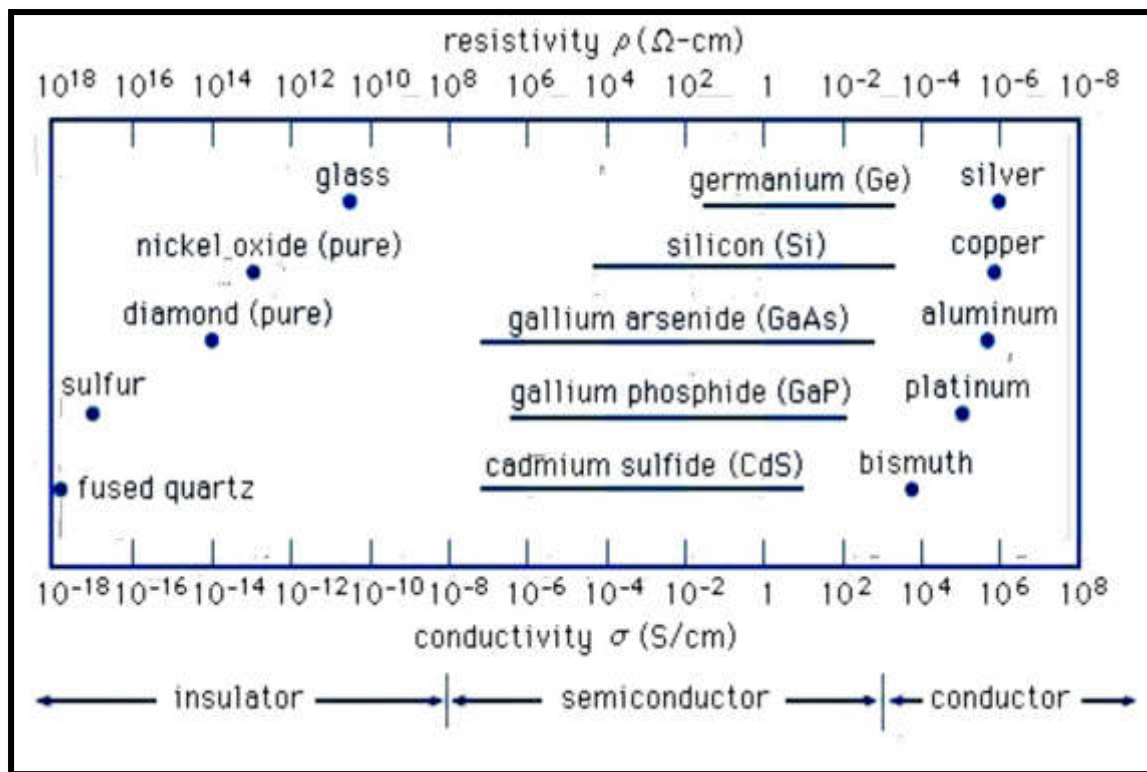
(1-2) المقدمة

يناقش هذا الفصل الجانب النظري لموضوع دراستنا الحالية، حيث يتضمن القوانين والمعادلات التي استخدمت في هذه الدراسة، ومقدمة عن أشباه الموصلات وما يتعلق بالتركيب البلوري الذي يرتبط بترتيب الذرات في المادة مع إستعراض للخواص والمعلومات التركيبية والخواص والثوابت البصرية وأشعة كاما وتفاعلاتها.

Semiconductors

(2-2) أشباه الموصلات

تصنف المواد الصلبة بشكل عام من حيث توصيليتها الكهربائية إلى مواد موصلة (Conducting Materials) ومواد شبه موصلة (Semiconductors) ومواد عازلة (Insulating Materials) وإن شبه الموصل النقي يصبح موصلاً عند رفع درجة الحرارة، إذ تحفز إلكتروناته حرارياً لعبور فجوة الطاقة الممنوعة، بينما يصبح شبه الموصل عازلاً عند اقتراب درجة حرارته من الصفر المطلق إذ يتعذر تحفيز إلكتروناته حرارياً [65]. والشكل (1-2) يوضح مدى التوصيلية لبعض المواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة [66].



الشكل (1-2) مدى التوصيلية لبعض المواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة [66].

تتكون اشباه الموصلات من حزمتين مثل باقي المواد هما حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ وتوجد بين هاتين الحزمتين فجوة تدعى بفجوة الطاقة الممنوعة، إن إتساع هذه الفجوة يختلف في هذا النوع من المواد اي يختلف عن الإتساع لها في المواد العازلة والمواد الموصلة ويكون إتساع فجوة المواد شبه الموصلة أصغر من إتساع فجوة المواد العازلة وأكبر من إتساع فجوة المواد الموصلة [67].

(2-3) تصنيف أشباه الموصلات

يمكن تصنيف أشباه الموصلات كما في المواد الصلبة تبعاً لتركيبها إلى [68]:

1. أشباه الموصلات أحادية التبلور Single Crystal Semiconductors

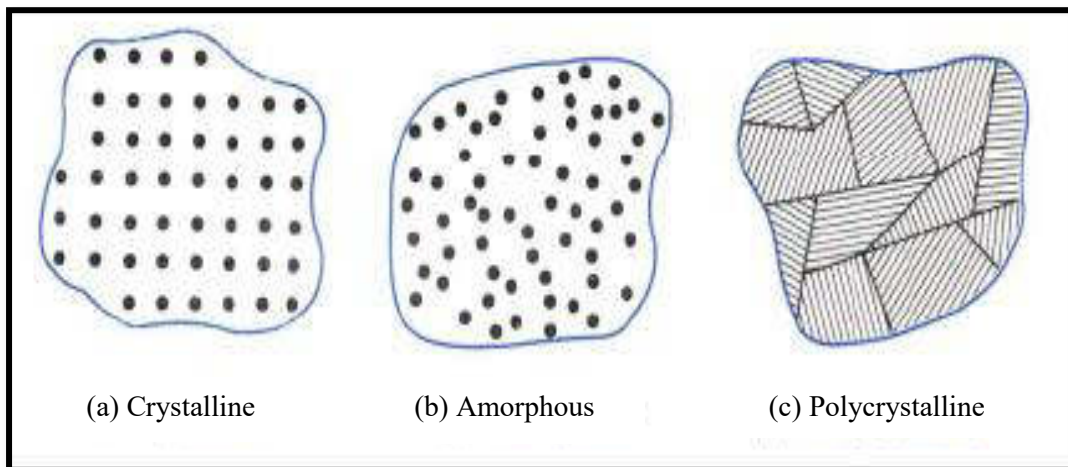
هي المواد التي لها درجة عالية من الترتيب، أو دورية هندسية منتظمة في كل مكان من الحجم الكلي لشبه الموصل وإن أفضلية شبه الموصل أحادي التبلور بشكل عام تأتي من خصائصه الكهربائية العالية مقارنةً بشبه موصل متعدد التبلور، والشكل (a-2-2) يوضح أشباه الموصلات أحادية التبلور [69].

2. أشباه الموصلات العشوائية Amorphous Semiconductors

هي تلك المواد التي تمتلك ترتيباً ضمن أبعاد بضعة ذرات أو جزيئات فقط مع إنعدام صفة الدورية بالأبعاد الثلاثة ويكون ترتيب المدى القصير محفوظاً كما موضح في الشكل (b-2-2).

3. أشباه الموصلات متعددة التبلور Polycrystalline Semiconductors

هي المواد التي لها درجة عالية من الترتيب أكثر من أبعاد عدة ذرات أو جزيئات، وهذه المناطق المرتبة (Single-Crystal Regions) تختلف في الحجم والاتجاه وتدعى هذه المناطق بالحبيبات (Grains) وتكون منفصلة عن بعضها بالحدود الحبيبية كما في الشكل (c-2-2).

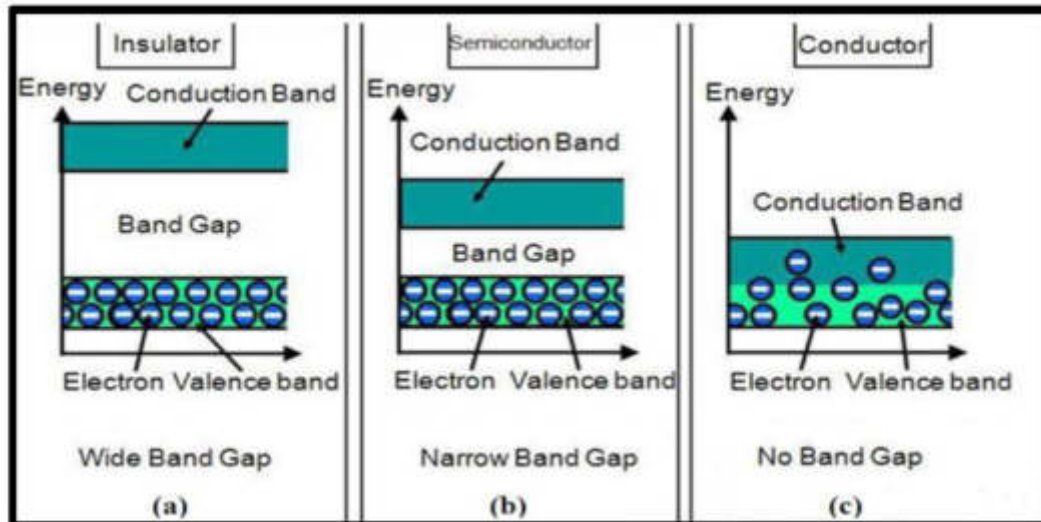


الشكل (2-2) تصنيف أشباه الموصلات تبعاً لترتيب ذراتها [69].

(4-2) تركيب حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية

Energy Band Construction in Crystalline Semiconductors

الخواص البصرية والكهربائية لأي مادة صلبة تتحدد على أساس تركيب حزم الطاقة لها ومدى إنشغالها بالإلكترونات [70,71]، تترتب الإلكترونات في البلورات ضمن نطاقات (حزم) تسمى حزم الطاقة (Energy Bands) وتكون منفصلة بعضها عن بعض بمناطق طاقة ممنوعة تمنع الإلكترونات من التواجد فيها أو إحتلالها [72]، وتمتلك البلورة حزمة تتكون من عدد كبير من مستويات الطاقة المجاورة لبعضها وتظهر حزمة الطاقة كأنها مستمرة إذا كان عدد هذه المستويات يساوي عدد الذرات في البلورة [73]، وتنشطر هذه الحزمة مرة أخرى إلى نوعين من الحزم احدهما الحزمة العليا وتكون فارغة من الإلكترونات تقريباً تعرف بحزمة التوصيل والآخرى الحزمة السفلية وتكون ممتلئة بالإلكترونات تقريباً وهذه ما تسمى بحزمة التكافؤ ويفصل بين الحزمتين مكان خالي تقريباً من المستويات ولا تستقر فيها الإلكترونات وإنما تتواجد لفترة زمنية قصيرة جداً تسمى بفجوة الطاقة الممنوعة (Forbidden Energy Gap) وهذه الفجوة تحدد نوع المادة الصلبة، فإذا كانت الفجوة ضيقة أو معدومة تقريباً تكون المادة موصلة، أما في المواد العازلة فإنها تكون واسعة أكثر من الموصلة وشبه الموصلة [69] كما في الشكل (2-3)، إذ إن المواد الصلبة تحدد بتركيب حزم طاقتها ومدى إنشغالها بالإلكترونات [71].



الشكل (2-3) مخطط حزم الطاقة في المواد [69].

(a) عازل (b) شبه موصل (c) موصل

(5-2) الشوائب في أشباه الموصلات Semiconductor Impurities

إن إضافة الشوائب إلى المواد شبه الموصلة تعمل على تكوين مستويات طاقة جديدة تقع في الفجوة المحظورة بين حزمتي التوصيل والتكافؤ، ولهذا يجب التعرف على الأسلوب الذي تتشكل به هذه المستويات الجديدة لطاقة الشوائب وتقسّم الشوائب على قسمين:

1. الشوائب السطحية Shallow Impurities

التشويب السطحي يحدث عند تشويب عناصر المجموعة الرابعة بشوائب خماسية أو ثلاثية التكافؤ، وينتج عن ذلك مناحات سطحية (Shallow Doner) أو قابلات سطحية (Shallow Acceptor) على التوالي [69]، وقد عرف (K.Segger) الشوائب السطحية بأنها تلك التي تعطي مناحات أو قابلات سطحية ولها فسحة طاقة بحدود (0.01eV) [74]، وقد ثبت عملياً أن مستويات الشوائب المانحة تقع أسفل قليلاً من حزمة التوصيل ومستويات الشوائب القابلة تقع أعلى قليلاً من حزمة التكافؤ [75].

2. الشوائب العميقة Deep Impurities

التشويب العميق يحدث عند إضافة شوائب أثناء عملية إنماء البلورة وإنتشارها، حيث تعمل هذه الشوائب على إحداث مستويات طاقة بين حزمتي التوصيل والتكافؤ وتتكون في البلورة ذرات بينية (Interstitial Atoms) طاقة تأينها أكبر أو تساوي فجوة الطاقة [74].

(6-2) طرائق تشويب أشباه الموصلات

Semiconductors Doping Methods

هناك عدة طرائق لتشويب المواد شبه الموصلة وتشمل [76]:

1. التشويب بطريقة الخلط (Doping by Mixture)
2. التشويب بطريقة (الإذابة بالمحلول) (Doping by Solubility in Solution)
- وقد استخدمت هذه الطريقة في الدراسة الحالية بتطعيم أغشية (SnO_2) بأيونات المغنيسيوم وأيونات الحديد.
3. التشويب بالإنتشار الحراري (Doping by Thermal Diffusion)
4. التشويب بالليزر (Doping by Laser)
5. التشويب بالتبخير الثنائي (Doping by Co-Evaporate Deposition)
6. التشويب بالزرع الايوني (Doping by Ion Implantation)

Structural properties

(7-2) الخصائص التركيبية

تعد دراسة التركيب البلوري للعناصر في غاية الأهمية لمعرفة كيفية إنتظام الذرات او البلورات، وإيجاد حجم اصغر خلية في البلورة ومعرفة مواضع الذرات او البلورات داخلها، ويتم ذلك من خلال دراسة أنماط حيود الأشعة التي تسقط على ذرات العناصر [77].

X-Ray Diffraction (XRD)

(1-7-2) حيود الأشعة السينية

لمعرفة التركيب البلوري للمواد الصلبة فإن افضل طريقة هي إستعمال الأشعة السينية (X-Ray)، فقد تمكن العالم الإنكليزي براك (Bragg) عام (1913) من إستنتاج علاقة رياضية لتعيين المسافات البينية بين المستويات البلورية وذلك بإستعمال الأشعة السينية [73,78]، والصيغة الرياضية لقانون براك تكتب كالآتي [79]:

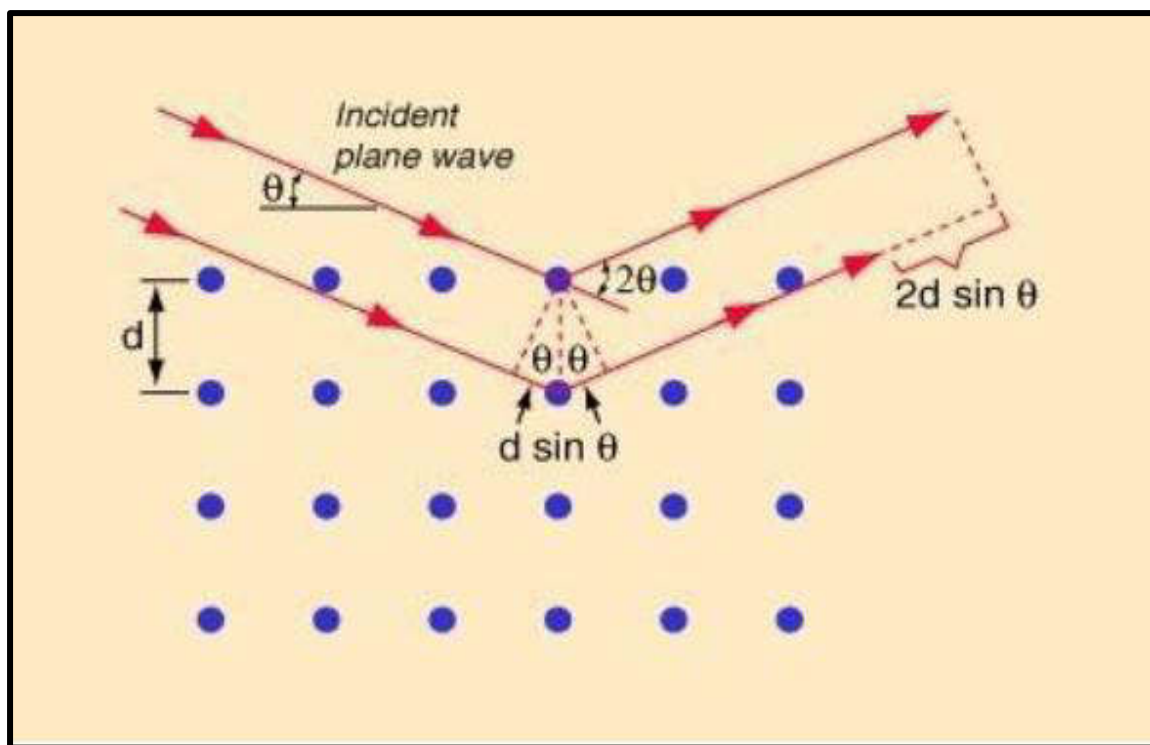
$$m\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta_B \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

حيث ان:

m : عدد صحيح يسمى رتبة الإنعكاس ($m=1, 2, 3, \dots$)
 λ : الطول الموجي
 d_{hkl} : المسافة البينية بين مستويين متتاليين متوازيين
 θ_B : زاوية براك.

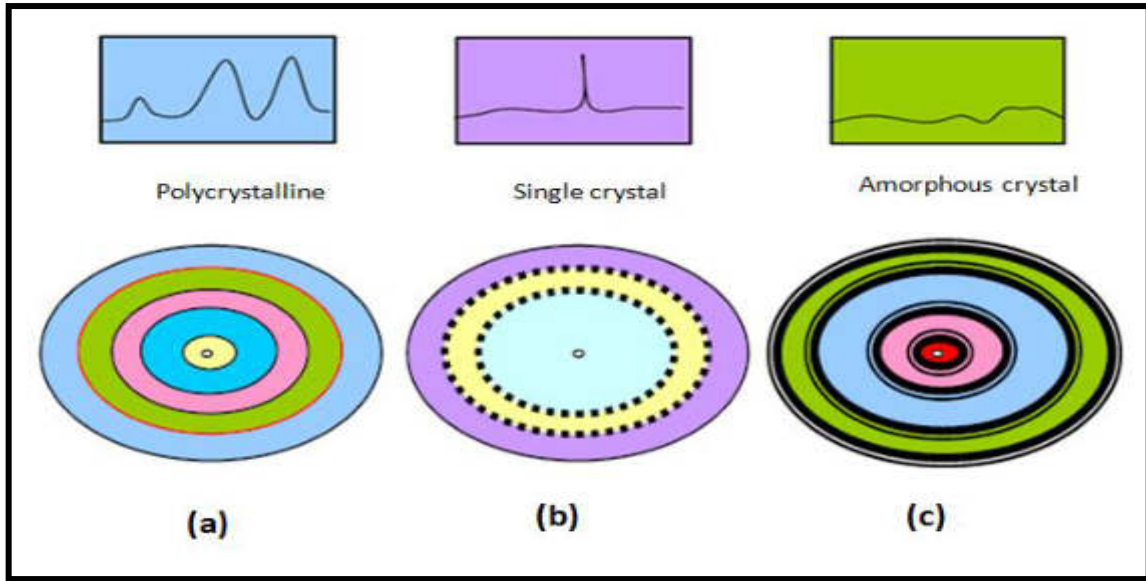
وشرط إنعكاس براك (Bragg's Reflection) هو أن يكون الطول الموجي (λ) للأشعة الساقطة والمنعكسة من مستوي معين له إحداثيات ميلر ($h k l$) أصغر أو مساوٍ لضعف المسافة البينية (d_{hkl}) بين مستويين متتاليين في البلورة وكما موضح بالشكل (4-2) [80]، أي إن الشرط هو [81]:

$$\lambda \leq 2d_{hkl} \quad \dots\dots\dots (2-2)$$



الشكل (2-4) المستويات البلورية لقانون براك [80].

ومن خلال دراسة أنماط حيود الأشعة السينية يمكن تمييز أشباه الموصلات البلورية عن العشوائية، ففي المواد أحادية التبلور يكون نمط الحيود على شكل نقاط مضيئة حادة، وفي المواد متعددة التبلور يكون على هيئة حلقات رفيعة ذات إضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز، أما المواد العشوائية فتكون على هيئة حلقات عريضة ضعيفة الإضاءة ومتحدة المركز، وكما موضح في الشكل (2-5) [82].



الشكل (5-2) حيود الأشعة السينية للمواد البلورية ومتعددة التبلور والعشوائية [82].
a : متعددة التبلور b : أحادية التبلور c : عشوائية.

Structure Parameters

(2-7-2) المعلمات التركيبية

(1-2-7-2) ثوابت الشبكة (a_0, c_0) وحجم خلية الوحدة (v)

في حالة النظام الرباعي القائم (Tetragonal) يتم حساب ثوابت الشبكة ($a_0 = b_0, c_0$) باستخدام المعادلة الآتية [83] :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a_0^2} + \frac{l^2}{c_0^2} \dots\dots\dots (3-2)$$

إذ إن :

(h k l) : معاملات ميلر

d : البعد العمودي بين مستويين بلوريين متتاليين.

أما حجم خلية الوحدة للنظام الرباعي القائم فيتم حسابه وفق العلاقة [84]:

$$v = a_0^2 \cdot c_0 \dots\dots\dots (4-2)$$

Average Grain Size (D_{av})

(2-2-7-2) معدل الحجم الحبيبي

تم حساب معدل الحجم الحبيبي بطريقتين :

Debye-Scherrer

1- طريقة ديبي- شيرر

يحسب معدل الحجم الحبيبي لأغشية (SnO_2) باستخدام طريقة شيرر حسب العلاقة [85]:

$$D_{av} = K\lambda / \beta \cos\theta_B \dots\dots\dots(5-2)$$

إذ إن :

$$K : \text{ثابت} = (0.9)$$

λ : الطول الموجي للأشعة السينية الساقطة على الهدف

β : العرض الكلي عند منتصف القمة (Full Width at Half Maximum) (FWHM)

ويقاس بالوحدات نصف القطرية

θ_B : زاوية حيود براك.

Williamson-Hall

2- طريقة وليامسون - هول

يتم حساب الحجم الحبيبي بهذه الطريقة التي لا تعتمد فقط على عرض منتصف القمة كما في طريقة شيرر، بل إنها تعتمد أيضا على المطاوعة (Strain)، أي إن (FWHM) ناتج عن الحجم الحبيبي والمطاوعة كما في المعادلة التالية [86]:

$$\beta_{hkl} = \beta_D + \beta_S \dots\dots\dots(6-2)$$

حيث أن :

β_{hkl} : عرض منتصف القمة الكلي، β_S : العرض الناتج عن المطاوعة، β_D : العرض الناتج

من الحجم الحبيبي.

ونلاحظ من معادلة شيرر أنها تعتمد على $(1/\cos\theta_B)$ ، بينما معادلة (Williamson- Hall)

تعتمد على $(4S \tan\theta_B)$ وعند تعويض العلاقتين في معادلة (6-2) نحصل على :

$$\beta_{hkl} = (K\lambda / D_{av} \cos\theta_B) + 4S \tan\theta_B \dots\dots\dots(7-2)$$

وبضرب طرفي المعادلة بالقيمة $(\cos\theta_B)$ ينتج:

$$\beta_{hkl} \cos\theta_B = (K\lambda / D_{av}) + 4S \sin\theta_B \dots\dots\dots(8-2)$$

وعند رسم $(\beta_{hkl} \cos\theta_B)$ مع $(4\sin\theta_B)$ لجميع القيم الناتجة ولكافة النماذج المحضرة يمكن

حساب الحجم الحبيبي (D_{av}) وكذلك المطاوعة المايكروية (S) [87].

Texture Coefficient (T_c)

(3-2-7-2) عامل التشكيل

يمكن معرفة عامل التشكيل بتطبيق العلاقة الآتية [88]:

$$T_c(h, k, l) = \frac{I(h, k, l) / I_0(h, k, l)}{N_r^{-1} \sum I(h, k, l) / I_0(h, k, l)} \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

حيث أن:

I : الشدة المقاسة

I_0 : الشدة المعتمدة في البطاقات الدولية

N_r : عدد الانعكاسات

h, k, l : معاملات ميلر.

من حساب قيم $T_c(hkl)$ نحصل على بعض المعلومات التركيبية المهمة للمستوي، فعندما تكون $T_c(hkl)$ أكبر من (1) فهذا يعني أن هذا هو الاتجاه التفضيلي، إذ يشير إلى وفرة الحبيبات في هذا الاتجاه [89]، أما عندما تكون قيم $T_c(hkl) \approx (1)$ فهذا يعني أن المستويات المحتواة لأنماط الحيود (XRD) للأغشية هي اتجاهات عشوائية، حيث تشير إلى عدم توفر الحبيبات في هذا الاتجاه [90].

(4-2-7-2) كثافة الانخلاع (δ) وعدد البلوريات (N_0) وعدد الطبقات (N_L)

Dislocation density, Number of Crystals and Number of Layers

يعتمد حساب هذه المعلمات التركيبية على قيمة الحجم الحبيبي، حيث إن كثافة الانخلاع تمثل عدد خطوط الانخلاع التي تقطع وحدة المساحة في البلورة، ويمكن إيجادها عن طريق العلاقة الآتية [91]:

$$\delta = 1/D^2 \quad \dots\dots\dots (10-2)$$

ويمكن حساب عدد البلورات لوحدة المساحة من العلاقة الآتية [92]:

$$N_0 = t / D^3 \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

أما عدد طبقات الغشاء المترسبة على السطح فيمكن حسابها من خلال النسبة بين سمك الغشاء ومتوسط الحجم الحبيبي كما في العلاقة [80]:

$$N_L = t / D \quad \dots\dots\dots (12-2)$$

حيث أن :

t : سمك الغشاء بوحدات (nm)

D : متوسط الحجم الحبيبي بوحدات (nm).

(5-2-7-2) المساحة السطحية النوعية Specific Surface Area (SSA)

يمكن تعريف المساحة السطحية النوعية بأنها المساحة خلال وحدة الكتلة، ووحدة قياسها (m^2/g) ، ومعرفة قيمتها مهمة جداً للمواد النانوية لأن سطح هذه المواد يصبح كبيراً نسبة لحجمها وذلك عند نقصان حجم الدقائق النانوية، وفي علم المواد تستخدم المساحة السطحية النوعية لتحديد نوعية المواد وخصائصها وكذلك لمعرفة التفاعلات التي تحدث على السطح مثل تجانس السطح والامتزاز [93,94]، وترتبط المساحة السطحية النوعية مع الكثافة السطحية (مساحة السطح خلال وحدة الحجم) بالعلاقة الآتية [95]:

$$SSA = S_v / \rho \dots\dots\dots(13-2)$$

حيث أن S_v : تمثل الكثافة السطحية (مساحة السطح خلال وحدة الحجم) ويمكن إيجادها من العلاقة التالية :

$$S_v = K_{sv} / D_{av} \dots\dots\dots(14-2)$$

K_{sv} : كمية ثابتة تسمى عامل الشكل وتساوي (6) بالنسبة للشكل الكروي، وبتعويض المعادلة (14-2) في المعادلة (13-2) يمكن الحصول على العلاقة التي من خلالها يمكن حساب المساحة السطحية النوعية وكما يلي [96]:

$$SSA = 6 \cdot 10^3 / D_{av} \cdot \rho \dots\dots\dots(15-2)$$

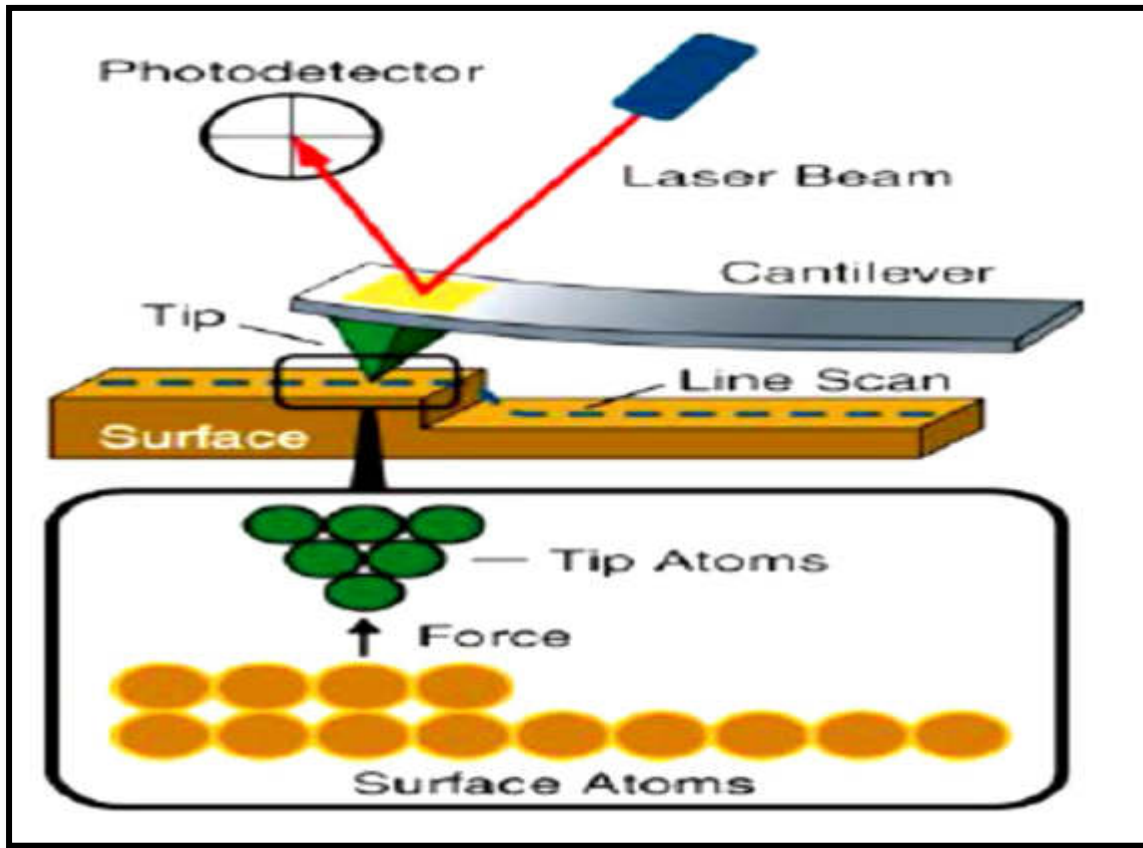
حيث أن :

SSA : المساحة السطحية النوعية D_{av} : معدل الحجم الحبيبي ρ : كثافة المادة.

(3-7-2) مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscopy (AFM)

هو جهاز يستعمل في مجال تقنية تكنولوجيا النانو لمعرفة ورسم طوبوغرافية (تضاريس) السطوح ذات الأبعاد النانوية والميكروية ويمتلك قدرة تحليل تصل إلى أجزاء من النانومتر، حيث أنه يفوق تكبير المجهر الإلكتروني بأكثر من (1000) مرة، وتم إختراع هذا المجهر من قبل العالمين (Quate و Gerber) في عام (1968) [97]، ويتركب هذا المجهر من ذراع (Cantilever) يوجد في نهايته مجس (Probe) مكون من رأس حاد يسمى (Tip) يستعمل لمسح سطح العينة، وتُصنع الذراع من مادة السليكون أو نتريد السليكون بنصف قطر في حدود بضعة نانومترات.

ويعمل الجهاز عندما يقترب رأس المجس من سطح العينة سوف تتولد قوة متبادلة بين رأس المجس و سطح العينة كما في الشكل (2-6)، وهذه القوة تؤدي إلى إنحراف الذراع بناءً على قوة هوك وقد تكون القوة المتبادلة قوة (ميكانيكية، كهروستاتيكية، فاندرفال، مغناطيسية، رابطة كيميائية) وحسب نوع السطح الذي تتم دراسته ويقاس هذا الإنحراف في الذراع عن طريق عملية إنعكاس شعاع ليزر عن مرآة مثبتة على ذراع المجهر وإن شعاع الليزر المنعكس يرصد على مصفوفة خطية من الدايودات الضوئية (Photodiodes) وعند عملية الفحص يتم تثبيت العينة على قاعدة مصنوعة من مادة كهرواجهادية وتحرك العينة في الإتجاه (Z) للحفاظ على قيمة ثابتة للقوة المتبادلة بين المجس و سطح العينة، كذلك يتم تحريك العينة في البعدين (X,Y) وعندها نحصل على صورة تمثل طبوغرافية سطح العينة [13].



الشكل (2-6) القوة المتبادلة بين رأس مجس (AFM) و سطح العينة [13].

Optical Properties

(8-2) الخصائص البصرية

تعد دراسة الخصائص البصرية لأشباه الموصلات مهمة جداً، كونها تزودنا بالعديد من المعلومات عن نوعية الإنتقالات الإلكترونية وكذلك عن تركيب حزم الطاقة فضلاً عن أنها تصف الخواص المميزة التي تحدد تفاعل الضوء مع المادة [98].

(1-8-2) تفاعل الضوء مع شبه الموصل

Interaction of Light with Semiconductor

عند سقوط شعاع أحادي اللون بصورة عمودية على سطح شبه موصل فإن جزءاً من الشعاع سينعكس (R) وينفذ الجزء المتبقي (T) وجزء آخر من الشعاع الساقط يمتص داخل شبه الموصل وذلك لأن طاقته تكفي لإثارة الإلكترونات وتحويلها إلى مناطق طاقة عالية غير مشغولة [80]، وبما أن هناك عدد كبير من المستويات الفارغة في حزمة التوصيل وعدد كبير من المستويات المشغولة بالإلكترونات في حزمة التكافؤ مفصولة عن بعضها بالفجوة الممنوعة، لذلك تكون احتمالية الإمتصاص كبيرة جداً عندما تكون طاقة الضوء الساقط أكبر من طاقة الفجوة الممنوعة (E_g) لشبه موصل [69]، إن نسبة إمتصاص الضوء داخل شبه الموصل تتناسب طردياً مع شدة الضوء عند طول موجي معين وهذا يؤدي إلى إضمحلال في شدة الضوء الاحادي اللون أسيّاً عند مروره خلال البلورة ويعبر عن ذلك بعلاقة (Lambert) الآتية [99]:

$$I_x = I_0 \exp(-\alpha x) \dots\dots\dots (16-2)$$

حيث أن :

(α) : هي دالة للطول الموجي للإشعاع الساقط وتعرف بمعامل الإمتصاص

(I_x/I_0) : نسبة شدة الضوء النافذ إلى شدة الضوء الساقط حيث تتناسب مع سمك المادة (x).

Transmittance (T)

(2-8-2) النفاذية

وهي النسبة بين شدة الإشعاع النافذ من الغشاء (I) إلى شدة الإشعاع الساقط (I_0)،

وتعطى بالعلاقة التالية [71]:

$$T = I/I_0 \dots\dots\dots (17-2)$$

حيث أن النفاذية ترتبط مع الإمتصاصية وفق العلاقة التالية [100]:

$$A = \log(1/T) \dots\dots\dots (18-2)$$

وتعتمد النفاذية على عدّة عوامل منها [101]:

- 1- سمك الغشاء المحضّر: فكلما زاد سمك الغشاء المحضّر سوف تقل النفاذية.
- 2- نسب التطعيم: حيث أنه بزيادة نسبة التطعيم سوف يزداد عدد المستويات الموضعية في فجوة الطاقة وبالتالي تزداد الإمتصاصية وتقل النفاذية.

(3-8-2) الإمتصاصية Absorbance (A)

وهي النسبة بين شدة الاشعاع الممتص الذي يمتصه الغشاء (I_A) إلى شدة الاشعاع الساقط عليه (I_0) ويرمز لها بالرمز (A) ويعبر عنها بالعلاقة التالية [102]:

$$A = I_A / I_0 \quad (19-2)$$

(4-8-2) حافة الإمتصاص الأساسية

Fundamental Absorption Edge

حافة الإمتصاص الأساسية هي الزيادة السريعة الحاصلة في الإمتصاص عندما تكون طاقة الإشعاع الممتصة مساوية تقريبا لفجوة الطاقة، إذ تمثل حافة الإمتصاص الأساسية أقل فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل [83]، وتقسم مناطق الإمتصاص على ثلاث مناطق وكما في الشكل (7-2):

(1-4-8-2) منطقة الإمتصاص العالي High Absorption Region

في هذه المنطقة يكون مقدار معامل الإمتصاص (α) أكبر أو يساوي (10^4 cm^{-1}) وكما في الشكل (7-2-A)، وتتكون هذه المنطقة عندما تحدث الإنتقالات بين المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، ومن خلال هذه المنطقة يمكن التعرف على فجوة الطاقة البصرية المحظورة [103]، ويمكن التعبير عن معامل الإمتصاص (α) في هذه المنطقة من المعادلة الآتية [104]:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g^{\text{opt}})^r \quad (20-2)$$

حيث :

P : ثابت يعتمد على طبيعة المادة $h\nu$: طاقة الفوتون بوحدة (eV)

E_g^{opt} : فجوة الطاقة البصرية بوحدة (eV) r : معامل اسي يعتمد على نوع المادة

ونوع الإنتقال الإلكتروني.

Exponential Region

(2-4-8-2) المنطقة الاسية

تتراوح قيمة معامل الإمتصاص في هذه المنطقة بين $10^4 < \alpha < 10^5 \text{ cm}^{-1}$ وكما موضحة بالشكل (7-2-B)، حيث تحصل الإنتقالات الإلكترونية فيها بين المستويات الموضعية في قمة حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل وتزداد حافة الإمتصاص أسياً بسبب حدوث زيادة تدريجية في الإمتصاص، ويمكن التعبير عن معامل الإمتصاص في هذه المنطقة بطاقة ذبول اورباخ وهي المستويات داخل فجوة الطاقة البصرية، حيث أن طاقة اورباخ تساوي مقلوب الميل الناتج من رسم العلاقة بين $(\ln \alpha)$ و $(h\nu)$ حسب العلاقة الآتية والتي تسمى علاقة اورباخ [105]:

$$\alpha = \alpha_0 \exp (h\nu/E_u) \dots \dots \dots (21-2)$$

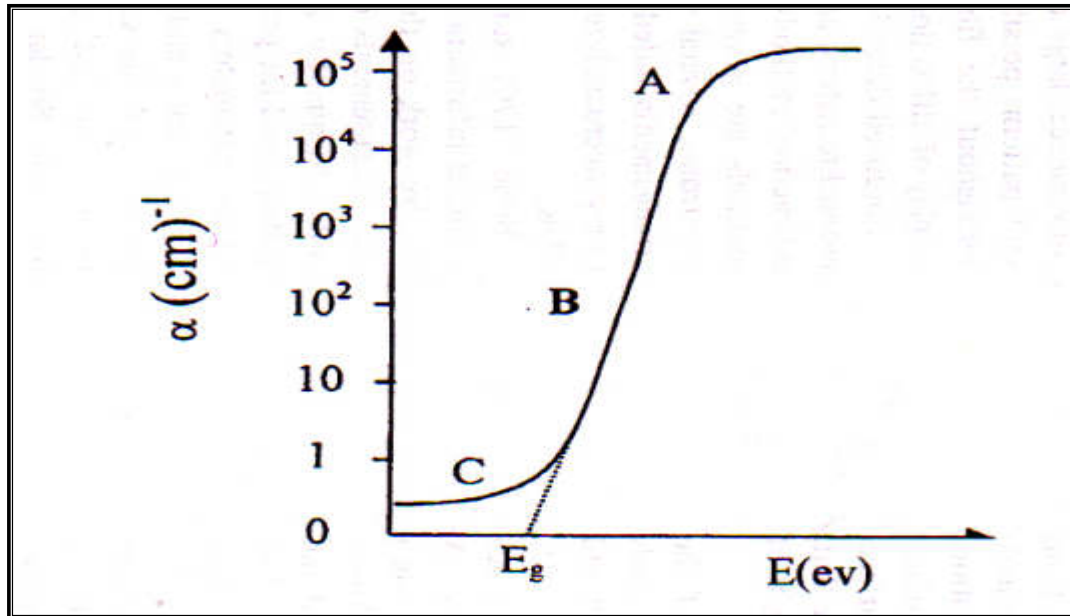
$h\nu$: طاقة الفوتون (eV) α : ثابت التناسب (cm^{-1})

E_u : عرض الذبول للمستويات الموضعية في منطقة الفجوة الممنوعة (طاقة ذبول اورباخ).

Low Absorption Region

(3-4-8-2) منطقة الإمتصاص الواطئ

في هذه المنطقة يكون الإمتصاص ضعيف وتكون قيمة معامل الإمتصاص صغيرة جداً $(\alpha < 1 \text{ cm}^{-1})$ لأن الإنتقالات الإلكترونية تحدث بين الذبول داخل فجوة الطاقة والناتجة من العيوب التركيبية [83]، والشكل (7-2-C) يوضح هذه المنطقة [106].



الشكل (7-2) حافة الإمتصاص الأساسية في أشباه الموصلات [106].

(A) منطقة الإمتصاص العالي (B) منطقة الإمتصاص الأسّي (C) منطقة الإمتصاص الواطئ.

(5-8-2) معامل الإمتصاص Absorption Coefficient (α)

معامل الإمتصاص (α) هو نسبة النقصان في فيض طاقة الإشعاع بالنسبة إلى وحدة المسافة باتجاه إنتشار الموجة داخل الوسط، ويعتمد على طاقة الفوتونات الساقطة ($h\nu$) وعلى خواص شبه الموصل كفجوة الطاقة (E_g) ونوع الإنتقالات الإلكترونية التي تحدث بين حزم طاقاته [107]، وأن معامل الإمتصاص (α) يمكن وصفه بعلاقة (Lambert) الآتية [108]:

$$I = I_0 e^{-\alpha t} \quad \dots\dots\dots (22-2)$$

وتكتب العلاقة (22-2) بالصيغة الآتية :

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\alpha t \quad \dots\dots\dots (23-2)$$

$$\alpha t = 2.303 \log \frac{I}{I_0} \quad \dots\dots\dots (24-2)$$

بما أن ($\log I / I_0$) يمثل الإمتصاصية (A) فيمكن كتابة المعادلة (24-2) بالصيغة الآتية [109]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \quad \dots\dots\dots (25-2).$$

(6-8-2) الإنتقالات الإلكترونية: Electronic Transitions

تقسم الإنتقالات الإلكترونية على نوعين :

(1-6-8-2) الإنتقالات المباشرة Direct Transitions

تحصل الإنتقالات المباشرة عندما تكون قمة حزمة التكافؤ وقر حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (k) أي إن ($\Delta k=0$)، حيث تحدث إنتقالات الإمتصاص مباشرة بين الحزمتين، لذلك تسمى أشباه الموصلات التي تحدث فيها هذه العملية بأشباه الموصلات المباشرة ويكون الإنتقال عمودياً للإلكترون ويتحقق قانونا حفظ الطاقة والزخم [110]، والإنتقالات المباشرة نوعان، فإن حدث الإنتقال بين أعلى نقطة لحزمة التوصيل وأوطأ نقطة لحزمة التكافؤ يسمى بالإنتقال المباشر المسموح (Direct Allowed Transition) وكما مبين في الشكل (8-2-a)، أما عند حدوث الإنتقال بين النقاط المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التوصيل وأوطأ نقطة في حزمة التكافؤ فيسمى بالإنتقال المباشر الممنوع (Direct Forbidden Transition) كما في الشكل (8-2-b) ويحسب معامل الإمتصاص للإنتقالات المباشرة من العلاقة الآتية [111]:

$$\alpha h\nu = B_0 (h\nu - E_g^{opt})^r \quad \dots\dots\dots (26-2)$$

حيث أن:

$h\nu$: طاقة الفوتون الساقط بوحدة (eV) r : معامل أسي يحدد نوع الانتقال

B_0 : ثابت يعتمد على طبيعة المادة

E_g^{opt} : تمثل فجوة الطاقة البصرية بوحدة (eV).

فإذا كان $(r=1/2)$ فيسمى بالانتقال المباشر المسموح، أما إذا كان $(r=3/2)$ فيسمى الانتقال المباشر الممنوع [74].

Indirect Transitions

(2-6-8-2) الإنتقالات غير المباشرة

تحصل الإنتقالات غير المباشرة عندما تكون قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل في مناطق مختلفة لفضاء الموجة (k) أي إن $(\Delta k \neq 0)$ ، وتحدث هذه الإنتقالات بمساعدة الفونون من أجل حفظ الزخم الناتج عن تغير متجه الموجة للإلكترون، وتقسم الإنتقالات غير المباشرة على نوعين، فعندما تكون الإنتقالات بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة من حزمة التوصيل والموجودة في مناطق مختلفة لفضاء (k) فيسمى بالانتقال غير المباشر المسموح وكما مبين في الشكل (8-2-c) وعندما تكون الإنتقالات بين النقاط المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة من حزمة التوصيل فيسمى بالانتقال غير المباشر الممنوع، كما في الشكل (8-2-d)، ومعامل الإمتصاص لهذا النوع من الإنتقالات يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية [110,112]:

$$\alpha h\nu = B_1 (h\nu - E_g^{opt} \pm E_{ph})^r \dots\dots\dots (27-2)$$

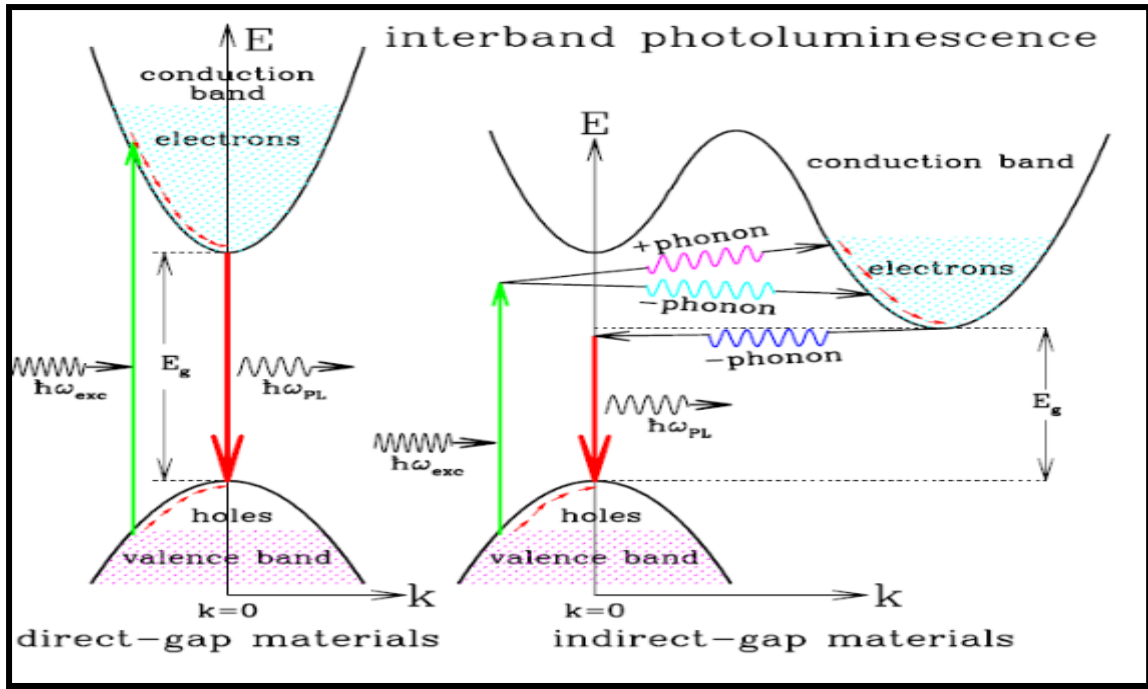
حيث أن:

E_g^{opt} : فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح بوحدة (eV)

B_1 : ثابت يعتمد على نوع المادة E_{ph} : طاقة الفونون المساعد بوحدة (eV)

r : معامل أسي يحدد نوع الإنتقالات، فإذا كان $(r=2)$ فتسمى الإنتقالات غير المباشرة

المسموحة، أما إذا كان $(r=3)$ فتسمى الإنتقالات غير المباشرة الممنوعة.



الشكل (8-2): أنواع الإنتقالات الإلكترونية [113].
 (a) إنتقال مباشر مسموح (b) إنتقال مباشر ممنوع
 (c) إنتقال غير مباشر مسموح (d) إنتقال غير مباشر ممنوع.

Optical Constants

(7-8-2) الثوابت البصرية

Refractive Index (n)

(1-7-8-2) معامل الإنكسار

معامل الإنكسار (n) هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ (c) إلى سرعته في الوسط (v)، ويمكن التعبير عنه بالعلاقة الآتية [114]:

$$n = c/v \quad \dots\dots\dots(28-2)$$

حيث إنه يمثل الجزء الحقيقي من معامل الإنكسار المعقد (N)، كما في العلاقة الآتية [115]:

$$N = n - ik_0 \quad \dots\dots\dots(29-2)$$

حيث أن :

N : معامل الإنكسار المعقد n : معامل الإنكسار الحقيقي K_0 : معامل الخمود.

ويرتبط معامل الإنكسار مع إنعكاسية الغشاء وفقاً للعلاقة الآتية [116]:

$$R = \frac{(n-1)^2 + K_0^2}{(n+1)^2 + K_0^2} \quad \dots\dots\dots(30-2)$$

ومن العلاقة ادناه يمكن حساب معامل الإنكسار:

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K_0^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad \dots\dots\dots(31-2)$$

Extinction Coefficient (K_0)

(2-7-8-2) معامل الخمود

معامل الخمود (k_0) هو التوهين الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة نتيجة تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية وجسيمات مادة الغشاء الرقيق، حيث إنه يمثل الجزء الخيالي من معامل الإنكسار المعقد، ويمكن حساب معامل الخمود من العلاقة الآتية [117]:

$$k_0 = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \dots\dots\dots (32-2)$$

Optical Dielectric Constant (ϵ)

(3-7-8-2) ثابت العزل البصري

يعرف ثابت العزل بأنه قابلية المادة على الاستقطاب، حيث أن التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط بسبب عملية إمتصاص الطاقة في المادة يؤدي إلى استقطاب شحنات ذلك الوسط، ويوصف هذا الاستقطاب عادةً بثابت العزل الكهربائي المعقد للوسط (ϵ) الذي يعرف بالعلاقة الآتية [118]:

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2 \dots\dots\dots (33-2)$$

حيث أن :

ϵ : ثابت العزل المعقد ϵ_1 : الجزء الحقيقي لثابت العزل

ϵ_2 : الجزء الخيالي لثابت العزل.

ويرتبط ثابت العزل المعقد مع معامل الإنكسار المعقد بالعلاقة :

$$\epsilon = N^2 \dots\dots\dots (34-2)$$

وبالتعويض عن قيمة (N) من المعادلة (34-2) في المعادلة (33-2) نحصل على :

$$(n - iK_0)^2 = \epsilon_1 - i\epsilon_2 \dots\dots\dots (35-2)$$

ويمكن التعبير عن ثابت العزل بجزئية الحقيقي والخيالي كما يأتي :

$$\epsilon_1 = n^2 - K_0^2 \dots\dots\dots (36-2)$$

$$\epsilon_2 = 2n K_0 \dots\dots\dots (37-2)$$

Optical Conductivity (σ) (4-7-8-2) التوصيلية البصرية

تعرف بأنها الزيادة الحاصلة في عدد حاملات الشحنة (الإلكترونات أو الفجوات) نتيجة سقوط حزمة ضوئية على شبه موصل، وتحسب وفق العلاقة الاتية [119]:

$$\sigma = \alpha n_o c / 4\pi \dots\dots\dots (38-2)$$

إذ إن:

C: سرعة الضوء في الفراغ بوحدة (cm/sec)

n_o : معامل الإنكسار

σ : التوصيلية البصرية وتقاس بوحدة (s^{-1}) .

Gamma-Rays (γ) (9-2) أشعة كاما

إن أشعة كاما تنطلق من نواة الذرة المشعة طبيعياً ومن المصادر الصناعية أثناء عملية التحلل النووي نتيجة عودة النوى من حالة التهيج إلى حالة الاستقرار حيث تبعث الطاقة الزائدة على شكل أمواج كهرومغناطيسية ولها طول موجي قصير جداً يتراوح بين $(10^{-8}-10^{-11})$ cm لذلك فإنها تمتلك طاقة عالية جداً، وإن قابليتها على إختراق المواد تكون بنسب متفاوتة اعتماداً على نوع المادة، ويتميز طيف كاما بأنه احادي الطاقة [120].

أما مصادر أشعة كاما فهي [121]:

- انحلال جسيمات بيتا والفا
- أشعة الكبح (Bremsstrahlung)
- أشعة الفناء (Annihilation Radiation)
- أشعة كاما الناتجة من بعض العمليات النووية الأخرى كالإنشطار وعن التنشيط النيوتروني
- الأشعة الناتجة عن إنتاج الجسيمات المشحونة من النواة.

(10-2) تفاعل أشعة كاما مع المادة

Interaction of Gamma Rays with the Matter

التفاعلات التي تحدث نتيجة سقوط فوتون أشعة كاما على المادة فإنها قد تعاني من إمتصاص (Absorption) أو إستطارة (Scattering)، وإن أشعة كاما ذات المدى الطاقى (0.01-10) MeV تتفاعل مع المادة بثلاث طرائق رئيسة [122]:

1- التأثير الكهروضوئى Photoelectric Effect

2- تأثير كومبتن Compton Effect

3- إنتاج الزوج Pair Production

وإن لكل تفاعل من هذه التفاعلات إحتمالية تفاعل تتمثل بالمقطع العرضى للتفاعل (σ) ويعرف على أنه إحتمالية تفاعل الإشعاع مع المادة ويقاس بوحدات المساحة ومن وحداته البارن (Barn).

Photoelectric Effect

(1-10-2) التأثير الكهروضوئى

يعتبر من اهم التفاعلات التي يقوم بها فوتون أشعة كاما ذو الطاقة الواطئة نسبياً والساقط على مادة، حيث أنه يتفاعل مع إلكتروناتها المدارية القريبة من النواة، بحيث يتم إمتصاص الفوتون كلياً بعد أن يعطى كل طاقته للإلكترون المدارى المقيد بالذرة [123]، فيترك المدار الذي هو فيه ويتحرك بطاقة حركية تعطى بالعلاقة [124]:

$$T_e = E_\gamma - b \quad \dots\dots\dots (39-2)$$

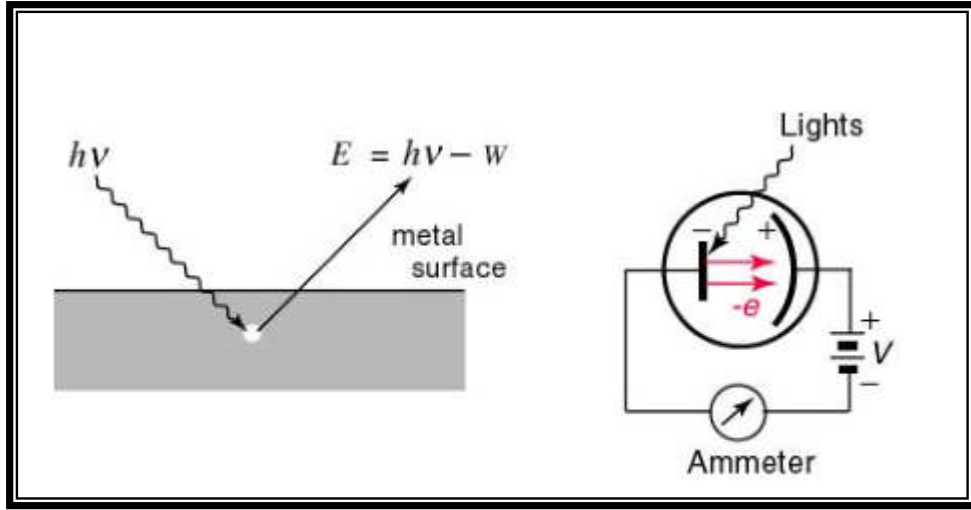
حيث:

T_e : الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر

E_γ : طاقة الفوتون الساقط

b : طاقة ربط الإلكترون بالذرة.

أول من اكتشف التأثير الكهروضوئى هو العالم هيرتز وتم تفسيرها بحسب نظرية أينشتاين، وفي هذه العملية يتحقق قانونا حفظ الزخم والطاقة [125] كما في الشكل (2-9)، إن إحتمالية التفاعل الكهروضوئى (τ_a) تزداد بزيادة طاقة ربط الإلكترون بمداره، أما عند اقتراب طاقة الفوتون الساقط من طاقة ربط الإلكترون بمداره ستحصل سلسلة من القفزات الحادة في منحنى الإمتصاص وتسمى هذه القفزات بحافات الإمتصاص (Absorption Edges) [126].



الشكل (9-2) رسم تخطيطي لكيفية حدوث الظاهرة الكهروضوئية [127].

وإحتمالية حدوث التفاعل الكهروضوئي تتناسب طردياً مع العدد الذري (Z) وعكسياً مع طاقة كاما الساقطة وبحسب العلاقة [128]:

$$\tau_a \propto \frac{Z^p}{E_\gamma^q} \quad \dots\dots\dots(40-2)$$

حيث أن (p) تتراوح قيمتها بين (3-5) و (q) تتراوح قيمتها بين (1-4)، وإن إحتمالية حدوث التفاعل الكهروضوئي مع إلكترونات المدار k تمثل حوالي (80%) من الإحتمالات الكلية [129].

قام (Bethe) بإيجاد علاقة إحتمالية تفاعل الفوتون واطى الطاقة مع إلكترون المدار (k) وفقاً للعلاقة [126]:

$$(\tau_a)_k = \sigma_o 4\sqrt{2} \left(\frac{1}{137} \right)^4 Z^5 \left(\frac{m_o c^2}{E_\gamma} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(41-2)$$

حيث أن :

Z: العدد الذري للمادة $m_o c^2$: الطاقة السكونية للإلكترون وتساوي (0.511MeV)
 E_γ : طاقة الفوتون الساقط، أما σ_o فتساوي $(8\pi r_o)^{2/3}$.

وعندما تكون طاقة الفوتون الساقط أعلى بقليل من حافة الإمتصاص فإن الإحتمالية تعطى بالعلاقة [130]:

$$(\tau_a)_k = Z^5 E_\gamma^{-7/5} \dots\dots\dots(42-2)$$

تزداد إحتمالية إمتصاص الفوتونات في المواد ذات العدد الذري الكبير أكثر من المواد ذات العدد الذري القليل وإذا ازدادت طاقة الفوتون الساقط (E_γ) عن (b) بشكل كبير ($h\nu \gg m_0 c^2$) فإحتمالية التفاعل تعطى بالعلاقة الاتية [122]:

$$(\tau_a)_k \propto Z^5 E_\gamma^{-1} \dots\dots\dots(43-2)$$

Compton Effect

(2-10-2) تأثير كومبتن

هو عملية إستطارة غير مرنة بين الفوتون والإلكترونات المدارات الخارجية، أي إن طاقة ربط الإلكترون بالذرة تكون صغيرة جداً مقارنة مع طاقة الفوتون الساقط، وخلال عملية التصادم فإن فوتون كما يُعطي جزء من طاقته إلى الإلكترون (الهدف) فتكون طاقة حركية مقدارها (E_e) ويرتد بزاوية (ϕ) عن إتجاه الفوتون الساقط بينما يستطار الفوتون الساقط بزاوية (θ) مع إتجاه سقوطه وبطاقة (E_γ)، وحيث أن طاقة الفوتون الساقط تقل من (E_γ) إلى (E'_γ) لذلك فإن تردده يقل من (ν) إلى (ν') وطوله الموجي يزداد من (λ) إلى (λ') [130]، ولكي تكون الطاقة محفوظة فإن [131]:

$$E_\gamma = E_\gamma' + T_e \dots\dots\dots(44-2)$$

حيث أن :

E_γ : طاقة الفوتون الساقط

E_γ' : طاقة الفوتون المستطار

T_e : الطاقة الحركية للإلكترون.

بتطبيق قوانين حفظ الطاقة والزخم لعملية التفاعل يمكن الحصول على العلاقات الرئيسية للتفاعل [132]، وعلى النحو الآتي :

1. طاقة الفوتون المستطار (E'_γ) بدلالة طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وزاوية الإستطارة (θ).

$$E'_\gamma = h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \gamma(1 - \cos \theta)} \quad \dots\dots\dots(45-2)$$

2. الطاقة الحركية للإلكترون المرتد (E_e) بدلالة طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وزاوية الإستطارة (θ).

$$E_e = h\nu \frac{\gamma(1 - \cos \theta)}{1 + \gamma(1 - \cos \theta)} \quad \dots\dots\dots (46-2)$$

إذ تكون قيمة (γ) مساوية إلى:

$$\gamma = h\nu / m_0c^2 \quad \dots\dots\dots(47-2)$$

3. زاوية إرتداد الإلكترون بدلالة زاوية إستطارة الفوتون [133]:

$$\cot(\phi) = (1 + \gamma) \tan(\theta / 2) \quad \dots\dots\dots(48-2)$$

من المعادلتين (45-2) و (46-2) يمكن إستنتاج ما يأتي :

1. أعظم قيمة لطاقة الفوتون المستطار ($h\nu'_{\max}$) تكون عندما يسقط هذا الفوتون بطاقة واطئة

($h\nu \ll m_0c^2$) وبذلك فإنه سيعطي أقل مقدار ممكن من الطاقة للإلكترون المرتد ($E_{e\min}$)

وهذه الطاقة يمكن إهمالها، ويستطار الفوتون بزاوية صغيرة جداً ($\theta \approx 0$) وعليه فإن [132]:

$$(h\nu')_{\max} \approx h\nu$$

$$(E_e)_{\min} \approx 0$$

2. أعظم قيمة للطاقة التي يمكن أن يرتد بها الإلكترون تكون عندما يسقط الفوتون بطاقة عالية $(h\nu \gg m_0c^2)$ ، حيث أن معظم طاقة هذا الفوتون تنتقل إلى الإلكترون كطاقة حركية ويستطار الفوتون خلفياً (Back Scattering) بزاوية $(\theta \approx 180^\circ)$ حاملاً اقل مقدار ممكن من الطاقة $(h\nu')_{\min}$ وعليه فإن [134]:

$$(h\nu')_{\min} = \frac{h\nu}{1 + 2\gamma} \quad \dots\dots\dots(49-2)$$

$$(E_e)_{\max} = h\nu \frac{2\gamma}{1 + 2\gamma} \quad \dots\dots\dots(50-2)$$

إن $(E_e)_{\max}$ تدعى بحافة كومبتن، وعموماً فإن [134]:

$$E\gamma = h\nu = (E_e)_{\max} + (h\nu')_{\min} \quad \dots\dots\dots(51-2)$$

يمكن إستنتاج أن زاوية إستطارة الفوتون (θ) تتراوح بين $(0^\circ - 180^\circ)$ وزاوية إرتداد الإلكترون (ϕ) تتغير بين $(0^\circ - 90^\circ)$ على التوالي، هذا وأن التغير في طول موجة الفوتون الساقط عندما يستطار بزاوية (θ) يعطى بالعلاقة الاتية [135]:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos \theta) \quad \dots\dots\dots(52-2)$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0c} = 0.0243 \text{ \AA} \quad \dots\dots\dots(53-2)$$

حيث أن:

λ_c : طول موجة كومبتن

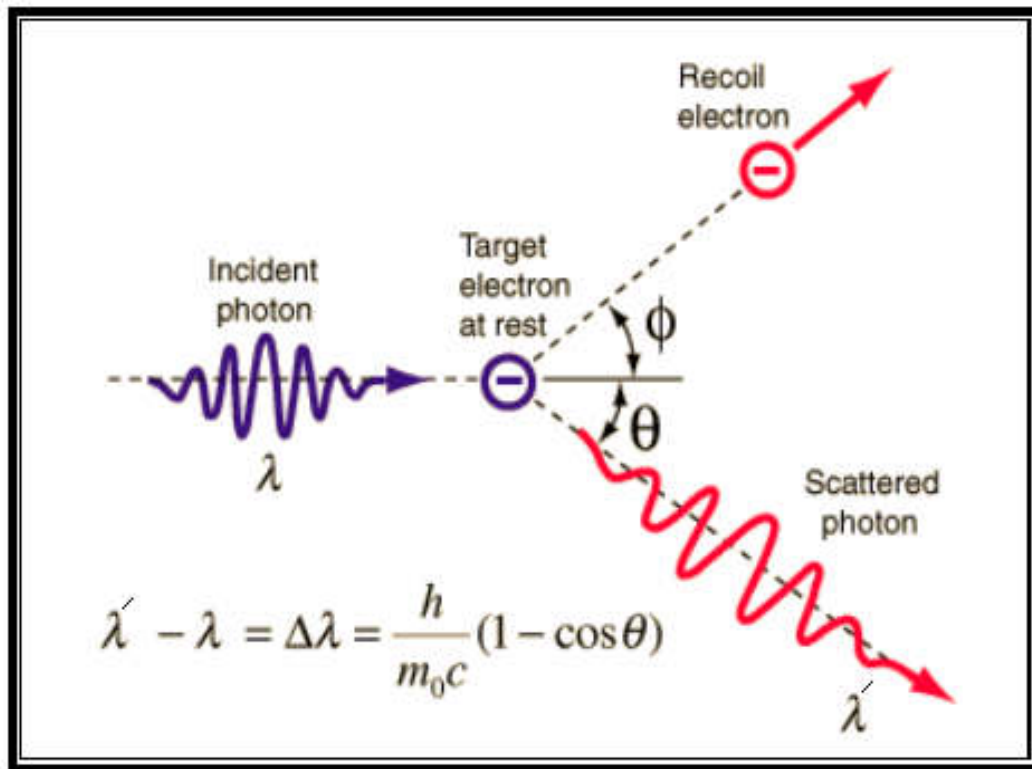
$\Delta\lambda$: تغير الطول الموجي نتيجة الإستطارة

λ, λ' : طول موجة الفوتون قبل وبعد الإستطارة على التوالي.

ومن المعادلة (2-51) يمكن أن نستنتج :

1- يعتمد التغير في الطول الموجي على زاوية إستطارة الفوتون (θ) وليس على طاقة الفوتون الساقط او مادة المستطير.

2- الطول الموجي (λ) يزداد بعد الإستطارة (λ') بمقدار $(1 - \cos\theta)\lambda_c$ ، والشكل (2-10) يبين إستطارة كومبتن [136].



الشكل (2-10) إستطارة كومبتن [136].

Pair Production

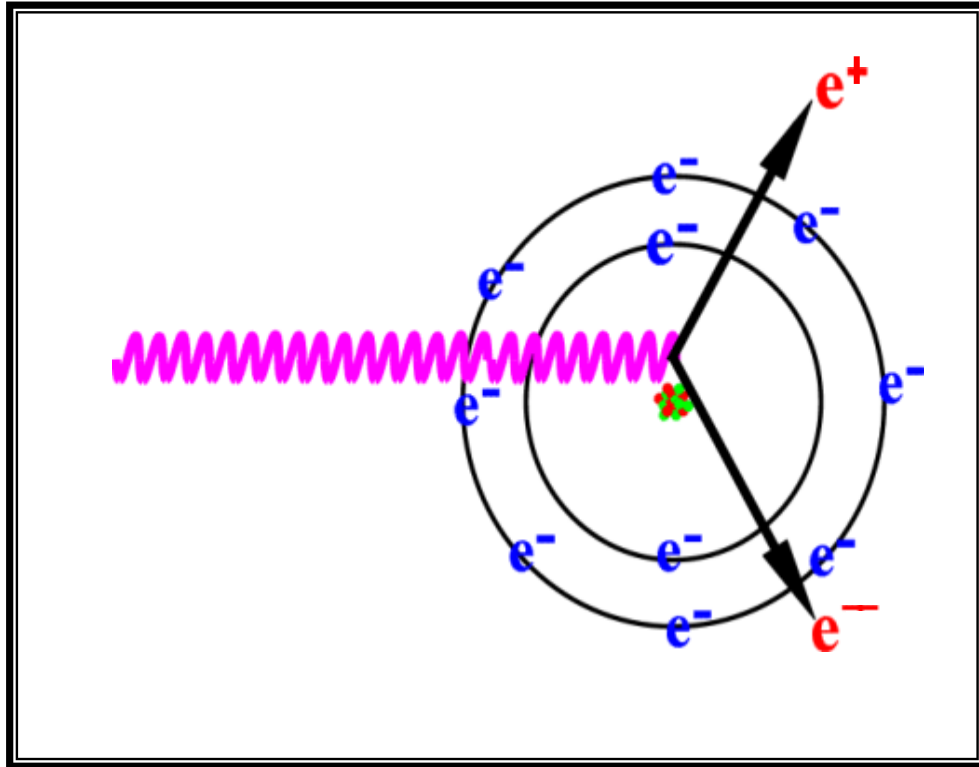
(3-10-2) إنتاج الزوج

يحصل هذا التفاعل الكهرومغناطيسي مع نواة ذرية عندما تكون طاقة الفوتون الساقط عليه $(E\gamma > 2m_0c^2)$ [121]، إذ يمر الفوتون بقرب النواة ويتولد زوج إلكترون-بوزترون وفي أثناء هذه العملية تظهر الطاقة في صورة مادة وإن هذه العملية لا تحدث في الفراغ وذلك لتحقيق قوانين حفظ الطاقة والزخم، حيث أنه من الضروري وجود جسيمة مشحونة (نواة أو إلكترون) لحفظ الزخم [137]، ولتحقيق هذه العملية فإنه من الضروري أن تكون طاقة الفوتون اكبر من الطاقة المكافئة لكتلة السكون للجسيمين، أي أكثر من (1.022MeV) .

إن احتمالية إنتاج الزوج $(K_{p,p})$ في المجال النووي أو الإلكترونات تتناسب طردياً مع طاقة الفوتون الساقط ومربع العدد الذري [122]:

$$K_{p,p} \propto Z^2 \ln E \dots\dots\dots(54-2)$$

وخلال سير البوزترون في المادة فإنه سيفقد طاقته بعمليات التهييج والتأين ويفنى باتحاده مع الإلكترون بعملية تدعى بالفناء، وبشكل عام ينتج فوتونان كما طاقة كل منهما (m_0c^2) ويتحركان باتجاهين متعاكسين وبينهما زاوية مقدارها (180°) لتحقيق قانوني حفظ الزخم والطاقة والشكل (11-2) يوضح ظاهرة إنتاج الزوج [138].



الشكل (11-2) ظاهرة إنتاج الزوج [138].

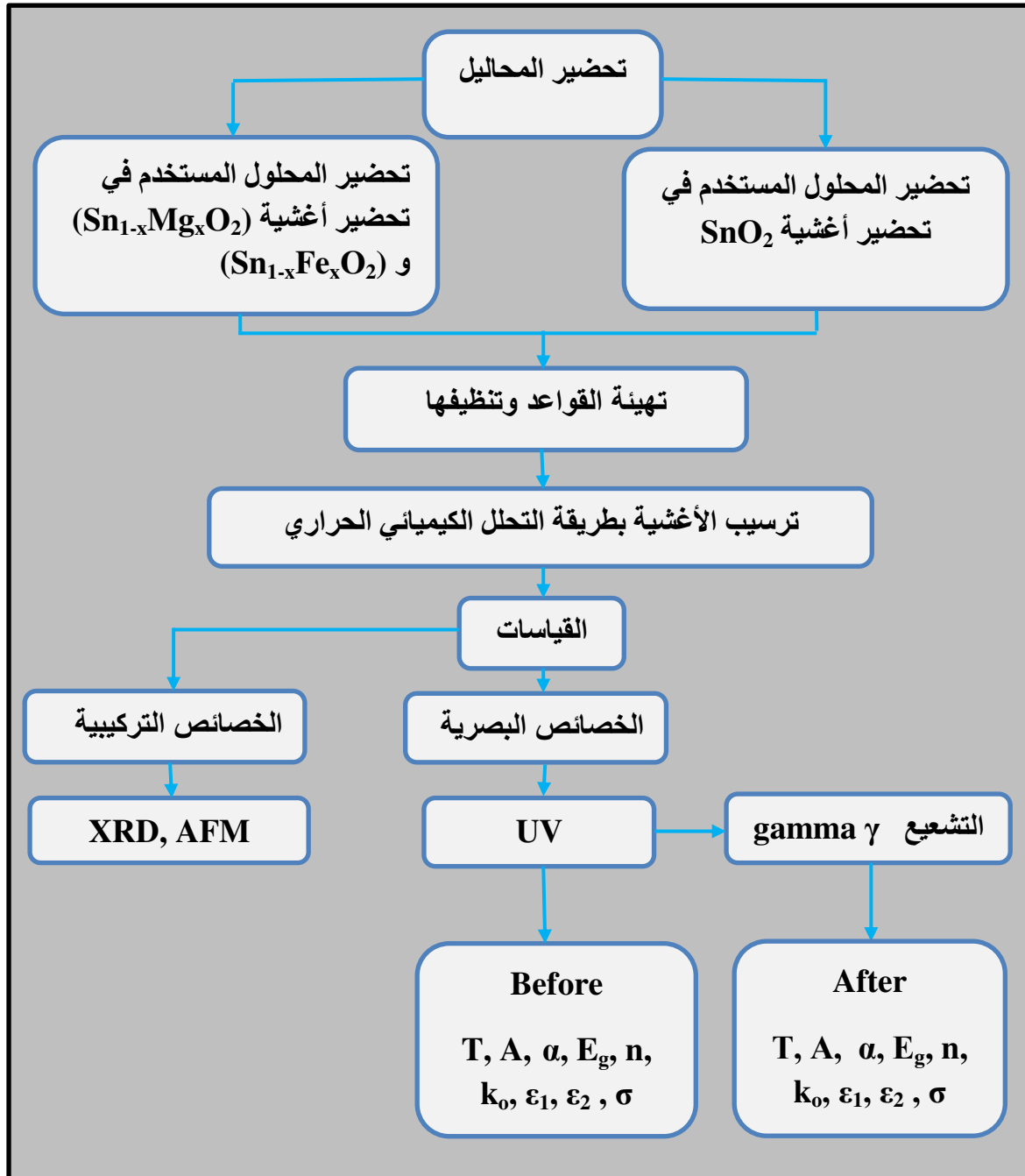
الفصل الثالث

الجزء العملي

Introduction

(1-3) المقدمة

يصف هذا الفصل الأجهزة المستخدمة في الجزء العملي وطريقة تحضير أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ والأجهزة المستخدمة في دراسة الخواص التركيبية والبصرية وجهاز وآلية التشعيع، والشكل (1-3) يبين مخططاً للخطوات المتبعة في الجزء العملي لتحضير الأغشية.

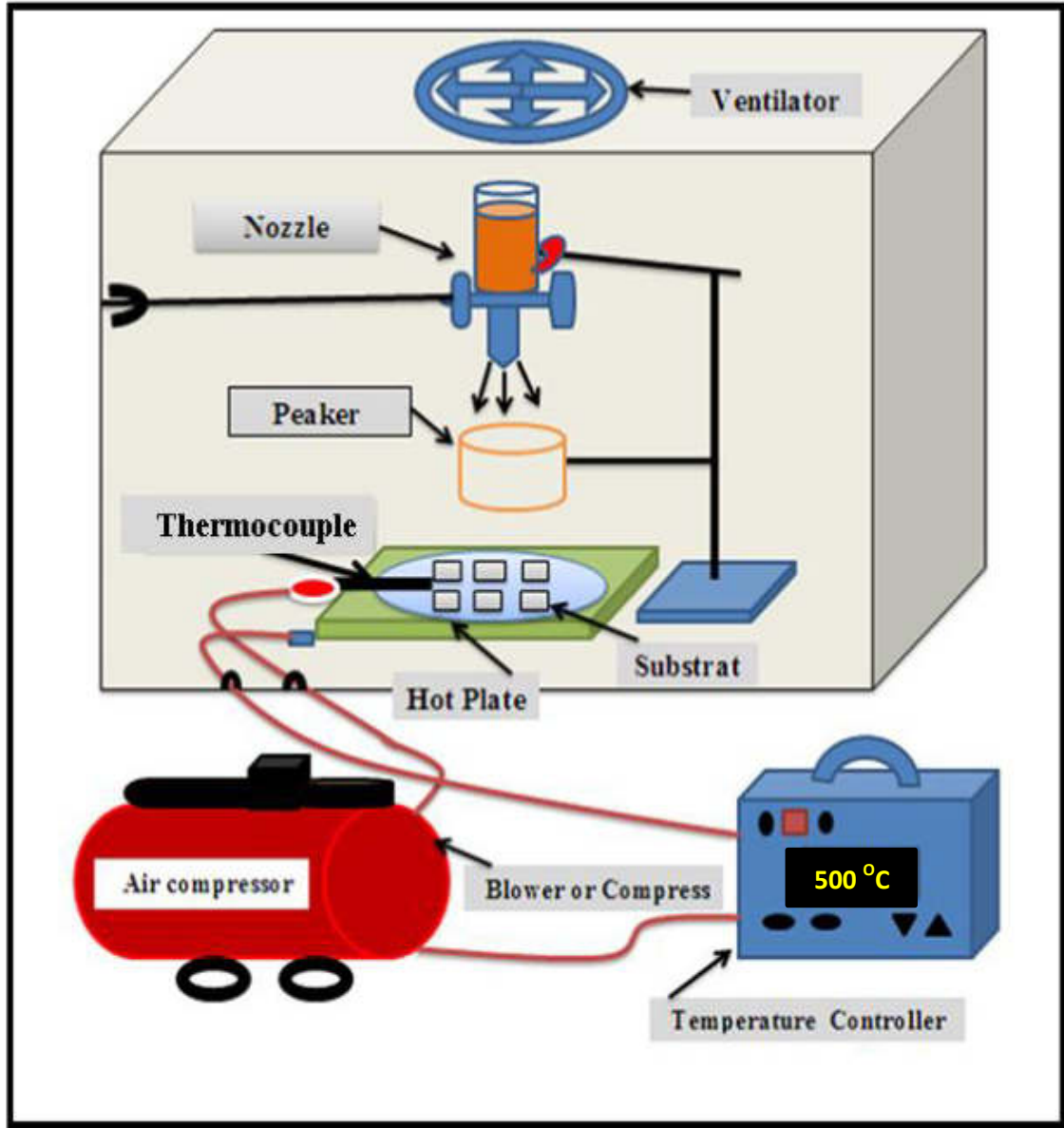


الشكل (1-3) مخطط للخطوات المتبعة في الجزء العملي لتحضير أغشية $(\text{SnO}_2:\text{Mg,Fe})$.

(2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري

Chemical Spray Pyrolysis System

تتكون هذه المنظومة (محلية الصنع) من عدد من الاجزاء البسيطة المرتبة بشكل يمكن من خلالها تحضير الأغشية الرقيقة المختلفة وبمديات سمك متقاربة كما موضح بالشكل (2-3).



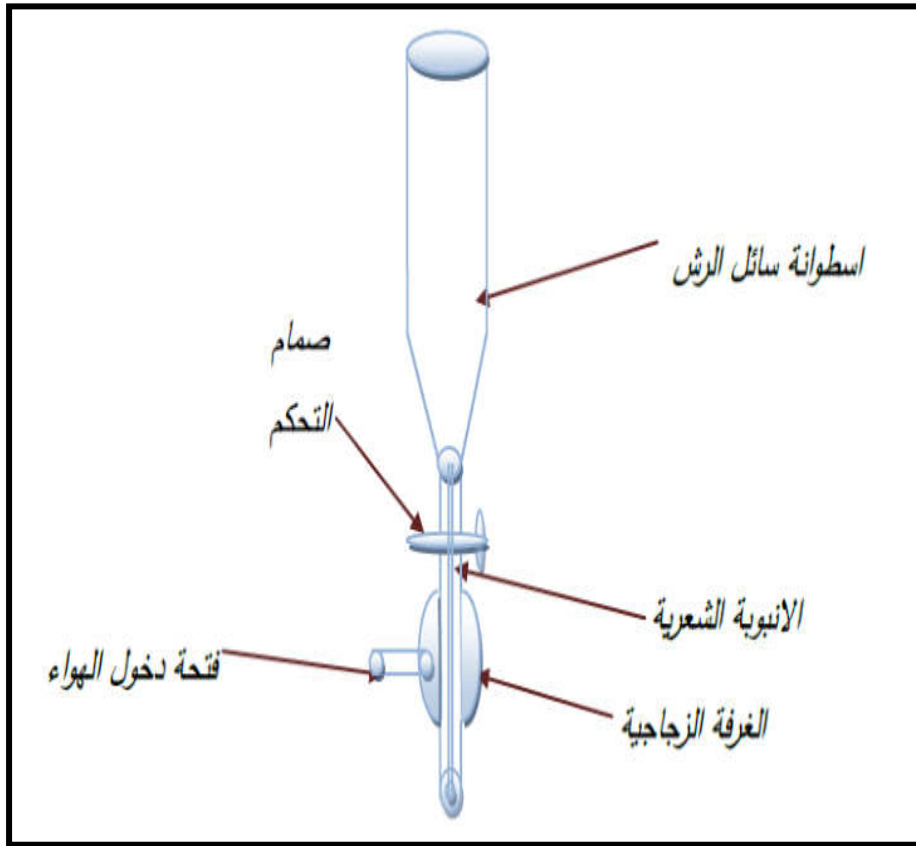
الشكل (2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري (محلية الصنع).

وتتألف المنظومة من الأجزاء التالية :

Spray Nozzle

1- جهاز التبريد

يعد جهاز التبريد من أهم أجزاء منظومة التحلل الكيميائي الحراري، إذ يتم تصنيعه محلياً من الزجاج الاعتيادي، ويحتوي على خزان يوضع فيه المحلول ويستوعب حوالي (100ml)، ويكون مفتوح من الأعلى بفتحة نصف قطرها (1.5cm) وإرتفاعه (8cm) وله صمام الغرض منه التحكم بمقدار المحلول النازل إلى أنبوبة شعيرية قطرها (0.1cm) وطولها (6cm)، وتحاط هذه الأنبوبة بغرفة زجاجية منتفخة ذات شكل مخروطي مغلقة من الأعلى لإتصالها بالأنبوبة الشعيرية ومفتوحة من الأسفل، وإن فتحة هذه الغرفة من الأعلى تحيط بفتحة الأنبوبة الشعيرية بنفس المستوى وتزود هذه الغرفة الهوائية بفتحة جانبية ليتسنى دخول الهواء المضغوط، إذ يخرج من الفتحة السفلى لها محيطاً بكافة جوانب فتحة الأنبوبة الشعيرية فيمتزج المحلول الخارج مع الهواء المضغوط ليكون بشكل رذاذ وعلى هيئة مخروط رأسه عند الأنبوبة الشعيرية وقاعدته إلى الأسفل باتجاه الصفيحة الساخنة المراد ترسيب الأغشية عليها، ويبلغ طول جهاز التبريد ككل حوالي (20cm) والشكل (3-3) يوضح هذا الجهاز.



الشكل (3-3) مخطط توضيحي لجهاز التبريد.

Electrical Heater**2- المسخن الكهربائي**

يستخدم المسخن الكهربائي (المصنوع محلياً) للتحكم بدرجة حرارة القاعدة الزجاجية المراد ترسيب الغشاء عليها ولرفع درجة حرارتها إلى درجة الحرارة المطلوبة للتفاعل، حيث إن التغير فيها يسبب تغير في طبيعة التركيب البلوري للمادة وبالتالي تغير في صفاتها الفيزيائية، ويتم ربط المسخن الكهربائي بمجزأ الجهد (Potential Divider)، حيث يستعمل للسيطرة على درجة حرارة القاعدة من خلال التحكم بمقدار الجهد الواصل للمسخن.

Thermocouple**3- المزودج الحراري**

يستعمل المزودج الحراري (Thermocouple) لمعرفة درجة حرارة القواعد الزجاجية الموضوعة على المسخن الكهربائي وهو مجس حراري حساس موضوع على سطح المسخن ويتصل بعداد رقمي (Digital) والمزودج من نوع (NiCr-Ni) Temp-Mebgerat مدى درجة حرارته بين 600°C - 1000°C والمجهز من شركة (Leybold) الألمانية.

Air Compressor**4- مضخة الهواء**

مضخة الهواء المستخدمة مجهزة من شركة (UTV) البولندية والتي تحتوي على منظم للتحكم بضغط الهواء المندفق إلى مقياس التدفق ومن ثم إلى الغرفة الزجاجية لجهاز التريز الذي يكون متصلاً بها بواسطة إنبوبة مطاطية عن طريق فتحتها الجانبية، حيث إن ضغط الهواء المندفق إلى الغرفة الزجاجية والذي يخرج من الفتحة السفلى التي تحيط بفتحة الإنبوبة الشعرية يعمل على جعل المحلول المتدفق من الإنبوبة الشعرية بشكل رذاذ.

Flow meter**5- مقياس التدفق**

مقياس التدفق هو جهاز يستخدم لقياس نسبة تدفق الهواء إلى داخل جهاز التريز، حيث إنه مجهز بصمام يمكن التحكم من خلاله بنسبة التدفق ويتكون من ثلاثة أجزاء أساسية وهي إنبوب مدبب وكرة عائمة (Float) في داخل الإنبوب ترتفع عند دخول الهواء وعندما ترتفع الكرة سوف تسمح للهواء بالدخول بين الكرة وجدار الإنبوب وتبقى في موضعها بسبب تأثير وزن السائل على وزنها الذي يمكن من خلاله قياس نسبة التدفق، وهو جهاز أمريكي الصنع مجهز من شركة (DWYER).

Preparation of Thin Films**(3-3) تحضير الأغشية الرقيقة****Preparation of Glass Substrates****(1-3-3) تهيئة القواعد الزجاجية**

تم تحضير أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ وذلك بترسيبها على قواعد زجاجية صينية الصنع بأبعاد $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ وبسمك 0.1 cm ، وعملية تهيئة القواعد الزجاجية تمر بعدة مراحل لضمان تنظيفها بشكل جيد وذلك للتخلص من وجود أي شوائب لأنها تؤثر في خواص الأغشية المحضرة، وذلك بإتباع الخطوات التالية:

- 1- تقطيع الشرائح الزجاجية إلى مربعات صغيرة وبحجم $2.5 \times 2.5 \times 0.1 \text{ cm}^3$ تقريباً.
- 2- غسل القواعد جيداً بالماء الجاري وذلك للتخلص من العوالق الناتجة عن العوامل الجوية.
- 3- تغسل بالماء المقطر إذ توضع في ورق ويوضع في جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Cleaner) لمدة (10min).
- 4 - تمسك القاعدة الزجاجية بملقط خاص وتغمر في ورق يحتوي على الأسيتون النقي نقاوته (99%) لإزالة أية آثار دهنية أو عوالق متبقية على سطحها ثم توضع في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (10min).
- 5- تغسل بالماء المقطر مرة أخرى إذ توضع في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (10min).
- 6- تجفف القواعد بإستعمال قطعة نسيج خاصة بتنظيف العدسات البصرية والتي لا تترك أي شوائب على سطح القواعد الزجاجية.
- 7- يتم وزن كل قاعدة قبل عملية التريز وتحفظ في حافظات مناسبة بعد تدوين المعلومات عليها.

Preparation of Solutions**(2- 3-3) تحضير المحاليل****(1-2-3-3) تحضير المحلول المستعمل في تحضير أغشية (SnO_2)** **Preparation of Solution of (SnO_2) Thin Films**

لتحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (SnO_2) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، تم إستخدام مادة كلوريدات القصدير المائية $(\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ نقاوتها (97.5%) ووزنها الجزيئي (350.58 g/mol) وهي عبارة عن مسحوق أبيض سريعة الذوبان بالماء مجهزة من شركة (General Drug House (P) Ltd الهندية كما في الشكل (3-4)، وقد تم تحضير المحلول بتركيز (0.1 M) وذلك بإضافة (3.5058 g) منها في (100 mL) من الماء المقطر، وللحصول على الوزن المطلوب المراد إذابته ضمن العيارية السابقة استعملت العلاقة التالية [139]:

$$M = (W_t / M_{wt}) \cdot (1000/V) \quad \dots\dots\dots(1-3)$$

إذ إن: M : التركيز المولاري (mol/L)

W_t : الوزن المطلوب إذابته (g)

M_{wt} : الوزن الجزيئي لمادة كلوريدات القصدير المائية (g/mol)

V : حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة (mL) .

وتم استخدام ميزان ذو حساسية (10^{-4}) لإيجاد الوزن حسب المعادلة (1-3)، وتم مزج المحلول بشكل جيد بواسطة خلاط مغناطيسي (Magnetic Sterrier) لمدة (20min) وبعد عملية المزج تم ترشيح المحلول بواسطة ورق ترشيح للتخلص من الرواسب للحصول على محلول الترذيد.



الشكل (4-3) مادة كلوريدات القصدير المائية ($\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

(2-2-3-3) تحضير محلول التطعيم (المغنيسيوم)

Preparation of Doping Solution (Magnesium)

لتحضير أغشية ثنائي أكسيد القصدير المطعمة بالمغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)، استخدمت مادة كلوريدات المغنيسيوم ذات اللون الأبيض وصيغتها الكيميائية ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ووزنها الجزيئي (203.30g/mol) والمجهزة من شركة (Riedel – De Haen)، حيث تم تحضير المحلول بتركيز (0.1 M) بإضافة (2.033 g) منها ومن ثم إذابتها في (100 mL) من الماء المقطر مع التحريك المستمر لمدة (20 min) باستخدام الخلاط المغناطيسي للحصول على محلول جيد التجانس، وباستخدام المعادلة (1-3) تم حساب وزن المادة اللازم لعملية التحضير، وبعدها يضاف محلول كلوريدات المغنيسيوم إلى محلول كلوريدات القصدير المائية وبالنسب الحجمية $(0,2,4,6,8)\%$ ويتم تحريك المحلول بواسطة الخلاط المغناطيسي لمدة (20 min) لضمان عملية التجانس الجيد ومن ثم يتم ترذيق المحلول المتجانس على القواعد الزجاجية، والجدول (1-3) يبين النسب الحجمية لمحاليل المواد المستخدمة في تحضير أغشية ثنائي أكسيد القصدير المطعمة بالمغنيسيوم.

الجدول (1-3) النسب الحجمية المستخدمة في تحضير أغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$).

النسبة المئوية Percentage	مادة كلوريدات القصدير المائية $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	مادة كلوريدات المغنيسيوم $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Undoped- SnO_2	100	0
$\text{Sn}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$	98	2
$\text{Sn}_{0.96}\text{Mg}_{0.04}\text{O}_2$	96	4
$\text{Sn}_{0.94}\text{Mg}_{0.06}\text{O}_2$	94	6
$\text{Sn}_{0.92}\text{Mg}_{0.08}\text{O}_2$	92	8

(3-2-3-3) تحضير محلول التطعيم (الحديد)

Preparation of Doping Solution (Ferric)

لتحضير أغشية ثنائي أوكسيد القصدير المطعمة بالحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)، استخدمت مادة نترات الحديد المائية ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) ذات اللون البرتقالي الفاتح وهي مادة صلبة سريعة الذوبان في الماء وزنها الجزيئي (404.00/mol) والمجهزة من شركة (General Drug House (P) Ltd) الهندية، إذ تم تحضير المحلول بتركيز (0.1 M) بإضافة (4.04 g) منها ومن ثم إذابتها في (100mL) من الماء المقطر مع التحريك المستمر لمدة (20 min) باستخدام الخلاط المغناطيسي للحصول على محلول جيد التجانس وباستخدام المعادلة (3-1) تم حساب وزن المادة اللازم لعملية التحضير، وبعدها يضاف محلول مادة نترات الحديد المائية إلى محلول كلوريدات القصدير المائية وبالنسب الحجمية المطلوبة (0,2,4,6,8)% ويتم تحريك المحلول جيداً بواسطة الخلاط المغناطيسي لمدة (20 min) لضمان عملية التجانس الجيد، ومن ثم يتم ترديد المحلول المتجانس على القواعد الزجاجية والجدول (3-2) يبين النسب الحجمية لمحاليل المواد المستخدمة في تحضير أغشية ثنائي أوكسيد القصدير المطعمة بالحديد.

الجدول (3-2) النسب الحجمية المستخدمة في تحضير أغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$).

النسبة المئوية Percentage	مادة كلوريدات القصدير المائية $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	مادة نترات الحديد المائية $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Undoped- SnO_2	100	0
$\text{Sn}_{0.98}\text{Fe}_{0.02}\text{O}_2$	98	2
$\text{Sn}_{0.96}\text{Fe}_{0.04}\text{O}_2$	96	4
$\text{Sn}_{0.94}\text{Fe}_{0.06}\text{O}_2$	94	6
$\text{Sn}_{0.92}\text{Fe}_{0.08}\text{O}_2$	92	8

(3-3-3) العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة

The Affecting Factors on the Preparation of Thin Films

Substrate Temperature

1- درجة حرارة القاعدة

درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة في تحديد آلية التفاعل الكيميائي ومن ثم تحديد نوع نواتج التفاعل وكمياتها، ولها تأثير كبير على تجانس الأغشية المرسبة وتماسكها وفي نوعية مادة الغشاء المرسب، حيث وجد إن إنخفاض أو إرتفاع درجة حرارة القاعدة يؤثر كثيراً في طبيعة التفاعل الكيميائي الحاصل عليها لذلك فإنه يؤثر على طبيعة المادة الناتجة بعد التفاعل، لذا تم تثبيت درجة الحرارة لتكوين أغشية على درجة عالية من التجانس، ومن خلال التجربة وجد أن أفضل درجة حرارة للقاعدة المستخدمة في هذا البحث هي (500°C) للحصول على أفضل نوعية من أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.

Spraying Rate

2 - معدل الترذيد

هو معدل ترذيد حجم معين من المحلول في الدقيقة الواحدة، ويؤثر معدل الترذيد على تجانس الغشاء، حيث وجد أن أفضل معدل ترسيب نحصل من خلاله على أغشية متجانسة هو (10 ml/min) ويتم التحكم بهذا المعدل عن طريق الصمام الموجود في جهاز الترذيد.

Spraying Period

3- زمن الترذيد

لتحضير الأغشية المطلوبة في هذه الدراسة تم تحديد زمن الترذيد بـ (10sec) بعدها يتم التوقف عن الترذيد لمدة (3min)، حيث لا يمكن أن يكون الترذيد على القواعد الزجاجية دفعة واحدة تجنباً لبرودتها وتكسرها ويستأنف الترذيد بعد (3min) لكي تستعيد الشريحة الزجاجية حرارتها المطلوبة ومن ثم نضمن الحصول على إنماء بلوري للمادة المرسبة وتكرر هذه العملية لمرات عديدة إلى أن نحصل على الغشاء المطلوب.

Air Pressure

4- ضغط الهواء

يثبت ضغط الهواء في جهاز الترذيد عند تحضير جميع الأغشية لكي يخرج المحلول من الأنبوبة الشعرية بشكل رذاذ دقيق كي لا يتسبب ببرودة القاعدة الزجاجية وتكسرها وللحصول على غشاء متجانس للمادة المحضرة، وكان ضغط الهواء المستخدم في هذه الدراسة (1.5 bar).

Vertical Distance

5- المسافة العمودية

للحصول على أفضل النتائج المطلوبة للأغشية المحضرة تم تثبيت الارتفاع العمودي بين القاعدة الزجاجية ونهاية الأنبوبة الشعرية على مسافة $(30 \pm 1 \text{ cm})$ تقريباً، ففي هذا الارتفاع يكون رذاذ المحلول غير متجمع في بقعة واحدة وغير متطاير بعيداً عن القاعدة الزجاجية، حيث إن زيادة المسافة تسبب تطاير رذاذ المحلول بعيداً عن القاعدة الزجاجية مما يؤدي إلى تبخر السائل ومن ثم تترسب المادة على سطح القاعدة بشكل كتل وهذا يؤثر في التصاقية الأغشية وتجانسها، أما نقصان المسافة فيؤدي إلى كثافة ترذيد عالية ضمن منطقة صغيرة مما يسبب تبريد القواعد بشكل كبير والابتعاد عن درجة حرارة الترسيب المناسبة وتوزيع الترذيد بشكل غير متجانس ومن ثم يحصل تباين في سمك الغشاء المحضر من منطقة إلى أخرى.

Thin Films Deposition

(4-3-3) ترسيب الأغشية الرقيقة

توضع القواعد الزجاجية على المسخن الكهربائي في المنتصف تقريباً أسفل جهاز الترذيد وتترك لمدة حوالي ساعة كاملة إلى أن تصل درجة حرارة المسخن إلى (500°C) ، بعد ذلك يتم فتح صمام نزول المحلول في جهاز الترذيد والتحكم بكمية المحلول المناسب منه بعد التأكد من أن المحلول يسقط بصورة عمودية على جميع أجزاء هذه القواعد وصولاً إلى الكمية المطلوبة والتي يحسب منها معدل الترذيد مع مراعاة وضع ورق زجاجي مقاوم للحرارة أسفل جهاز الترذيد لجمع المحلول النازل ومنع سقوطه على القواعد الزجاجية بشكل قطرات كبيرة مما قد يسبب تكسر القاعدة أو تشوه الغشاء بعدها يتم فتح المضخة الهوائية وتحريك الورق الزجاجي الموجود تحت جهاز الترذيد جانباً وعندها تبدأ عملية الترذيد يرافقها ضبط الزمن الترذيد باستعمال ساعة توقيت ثم تتوقف عملية الترذيد لمدة (3 min) وذلك بإرجاع القدر الزجاجي تحت الجهاز وإطفاء المضخة الهوائية لحين إستعادة القواعد درجة الحرارة المطلوبة وتكرر العملية عدة مرات لحين الوصول إلى السمك المطلوب ويراعى في أثناء عملية الترذيد تحريك القواعد عند توقف الترذيد لضمان توزيع مادة الغشاء على كافة أجزاء القاعدة، وبعد إنتهاء عملية الترذيد تترك القواعد الزجاجية على المسخن الكهربائي إلى أن تصل إلى درجة حرارة الغرفة للسماح للأغشية المحضرة بإكمال عملية الأكسدة والإنماء البلوري وكذلك لتجنب تكسر الغشاء عند محاولة رفع العينة بصورة مفاجئة عن سطح المسخن نتيجة لإختلاف درجات الحرارة.

(4-3) قياس سمك الأغشية الرقيقة Thin Films Thickness Measurement

يعد السمك من أهم معلمات الغشاء الرقيق لهذا توجد عدة طرائق لقياس سمك الأغشية الرقيقة، وفي الدراسة الحالية استخدمت الطريقة الوزنية، إذ توزن القاعدة الزجاجية النظيفة بميزان كهربائي حساس من نوع (Mettler AE-160) ذو حساسية (10^{-4} g)، حيث إن وزن القاعدة قبل الترنيز يرمز له (W_1) وبعد الترنيز (W_2) وإن فرق الوزن (ΔW) يمثل وزن مادة الغشاء المترسبة على القاعدة، ويمكن حساب سمك الغشاء الرقيق (t) بتطبيق العلاقة الآتية [140]:

$$t = \frac{\Delta w}{\rho \cdot A} \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

حيث إن:

Δw : وزن الغشاء المترسب

ρ : كثافة مادة غشاء ثنائي أوكسيد القصدير غير المطعم (g/cm^3)

A : مساحة الغشاء (cm^2).

أما في حالة الأغشية المطعمة (المغنيسيوم والحديد) فإن (ρ_{total}) تمثل كثافة المواد الداخلة في تركيب الغشاء المطعم، والعلاقة الآتية تبين طريقة حساب الكثافة الكلية :

الكثافة الكلية = كثافة (SnO_2) × نسبته بالمحلول + كثافة مادة التطعيم ($\text{MgO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$) × نسبته بالمحلول.

Structural Measurements

(5-3) القياسات التركيبية

X-Ray Diffraction (XRD)

(1-5-3) تقنية حيود الأشعة السينية

لدراسة طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة ومعرفة تأثير التطعيم عليها، تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية والموجود في المختبر الخدمي - كلية التربية للعلوم الصرفة (إبن الهيثم) - جامعة بغداد، والمبين في الشكل (5-3) وبالمواصفات الآتية:

TYPE : XRD-6000, SHIMADZU , JAPANESE ORIGIN

TARGET: Cu K α

WAVE LENGTH: (1.5406) Å

SPEED: (5) deg / min

VOLTAGE: (40) KV

CURRENT: (30) mA

RANGE (2 θ): 20-70 deg.



الشكل (5-3) جهاز حيود الأشعة السينية.

(2-5-3) مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscopy (AFM)

لدراسة تضاريس سطح العينات المحضرة ومدى تأثير التشويب عليها إستخدمنا مجهر القوة الذرية (AFM)، كما مبين في الشكل (6-3) الذي له القدرة على تحليل هذه السطوح وإعطاء قيم في غاية الدقة عن توزيع الحبيبات وقيم خشونة السطح (Surface Roughness) وعلى الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS)، وفي دراستنا الحالية تم إستعمال مجهر من النوع (SPM-AA3000, Angstrom Advanced Inc., 2008, USA).



الشكل (6-3) مجهر القوة الذرية من النوع (AA 3000).

Optical Measurements

(6-3) القياسات البصرية

(1-6-3) فحوصات طيف (UV-Visible)

تم قياس طيفي الإمتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) بإستعمال مطياف (UV-Visible1800 Spectrophotometer) المجهز من شركة (Shimadzu) اليابانية والموجود في مختبر الدراسات العليا- قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة ديالى، والمبين في الشكل (7-3)، حيث تم إجراء القياسات البصرية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) وبنسب مختلفة وبمدى الأطوال الموجية (300-900) nm وهذا الجهاز من نوع ذي الحزمتين، ومن خلال برنامج حاسوبي خاص (Origin Pro 8.5) تم الحصول على قيم فجوة الطاقة ومعامل الإمتصاص ومعامل الإنكسار ومعامل الخمود وثابت العزل البصري بجزأيه الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية.



الشكل (7-3) مطياف الأشعة فوق البنفسجية (UV-Visible).

Gamma Irradiation

(7-3) تشعيع كاما

تم تشعيع جميع الأغشية المستخدمة في هذا البحث من مصدر الكوبلت ($^{60}\text{Co } \gamma\text{-ray}$) واستخدم جهاز من نوع (^{60}Co Gamma Cell-900) والمصنع من قبل الشركة الهندية (Bhabha Atomic Research Centre/ Trombay/ Bombay/India) في قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة بغداد، كما موضح في الشكل (3-8)، حيث يطلق الكوبلت أشعة كاما بطاقتين هما (1.332 MeV) و (1.173 MeV) ويجري تصحيح الفعالية بمرور الزمن، إذ إن زمن عمر النصف للكوبلت يساوي (5.27 Year)، وكان معدل جرعة الإمتصاص في الوقت الذي تم فيه التشعيع يساوي (900 Gy/day) أي (37.5 Gy/h)، ووضعت الأغشية في الجهاز لمدة عشرة أيام (10 days) وكان معدل جرعة الإمتصاص مساوياً إلى (9000 Gy).



الشكل (3-8) جهاز التشعيع (^{60}Co Gamma Cell-900).

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

(1-4) المقدمة**Introduction**

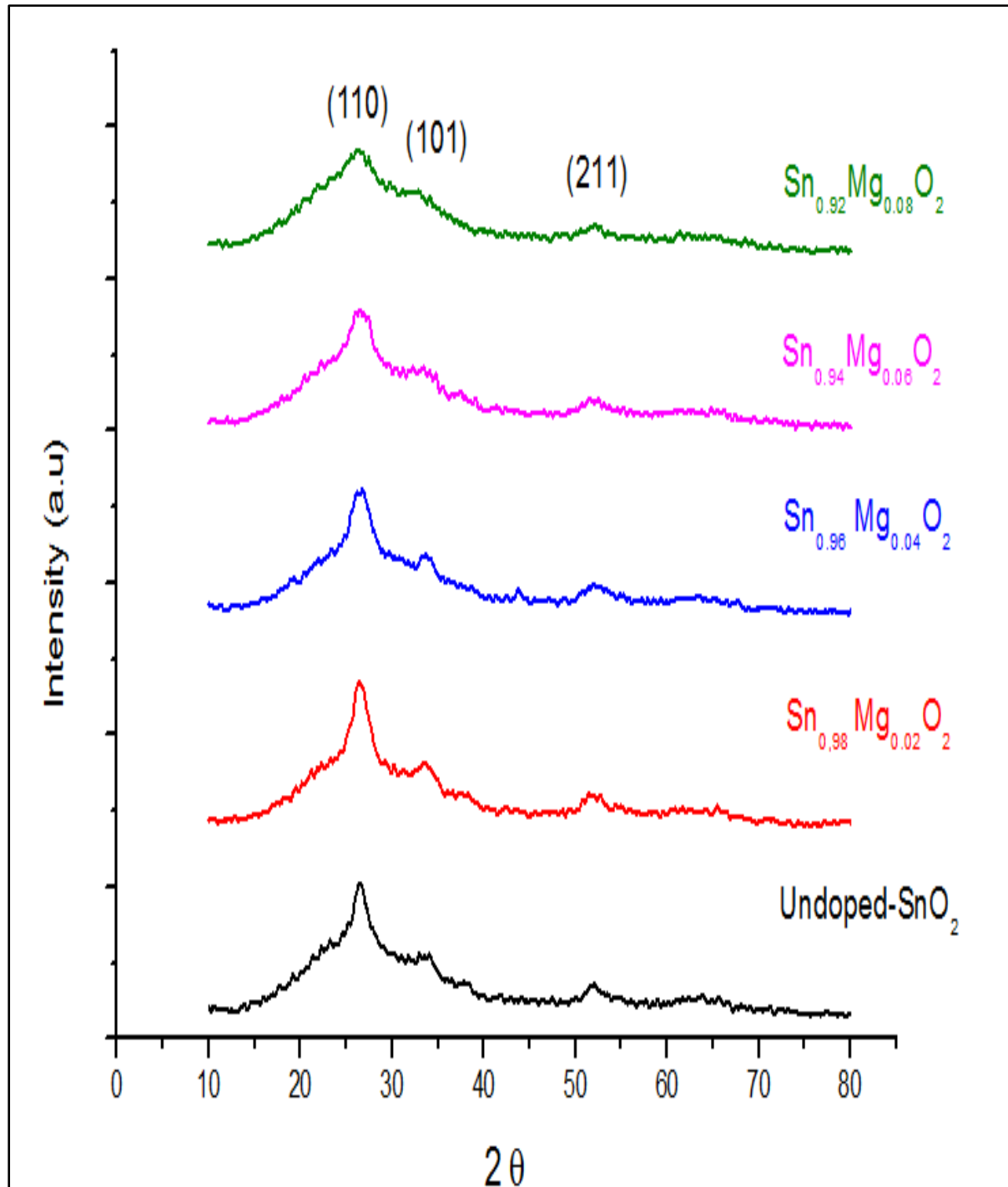
يتضمن هذا الفصل النتائج التي تم الحصول عليها من خلال دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير (SnO_2) غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم وبنسب حجمية % (0,2,4,6,8) وغير المطعمة والمطعمة بأيونات الحديد وبنسب نفسها % (0,2,4,6,8) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، ودراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص البصرية للأغشية المحضرة، وذلك من خلال دراسة طيفي النفاذية والإمتصاصية المسجلين للأغشية المحضرة ضمن مدى الأطوال الموجية nm (300-900).

(2-4) القياسات التركيبية**Structural Measurements**

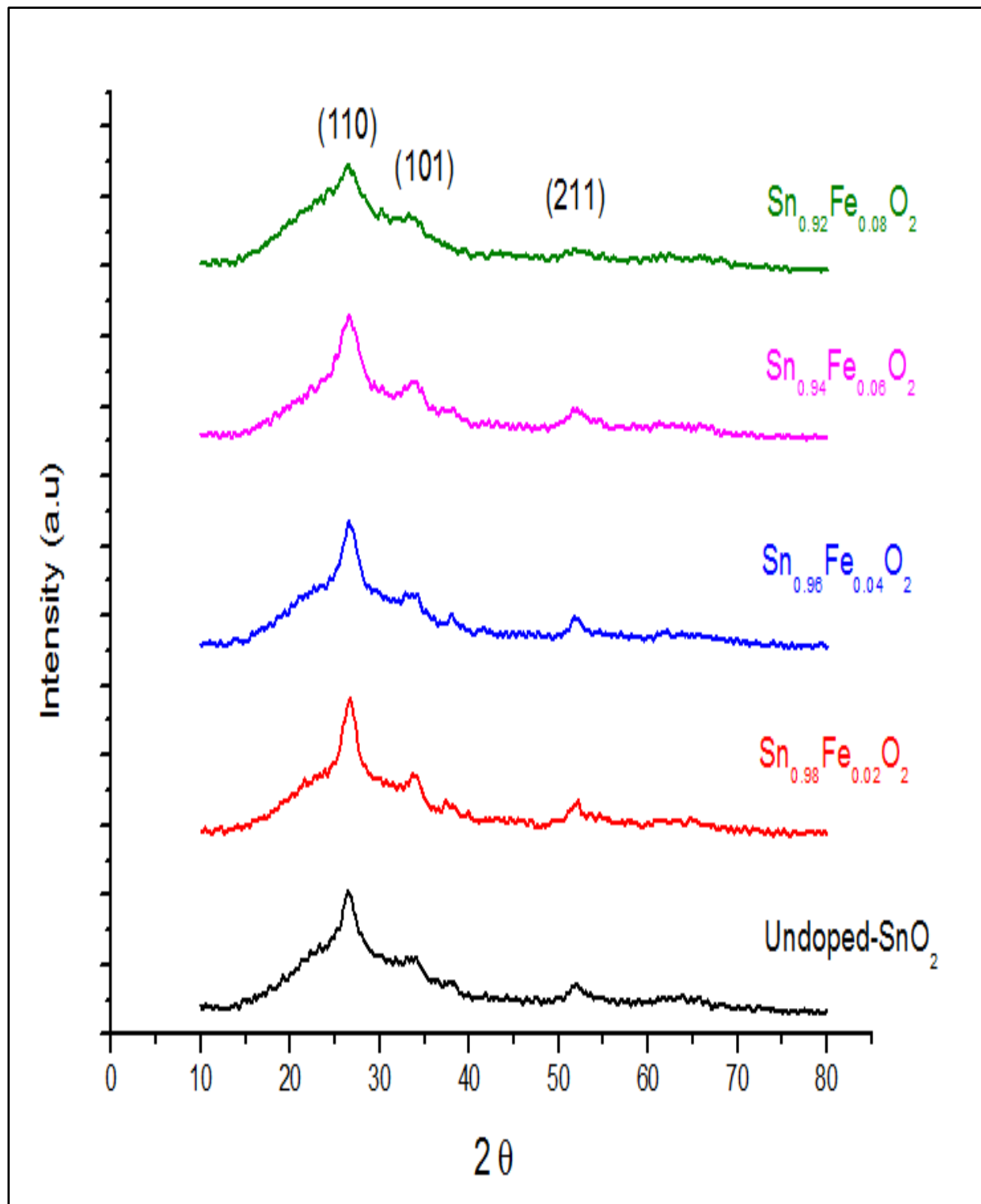
درست الخصائص التركيبية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير (SnO_2) غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) وأيونات الحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction) ودراسة تضاريس (طبوغرافية) سطوح أغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بتقنية مجهر القوة الذرية (AFM).

(1-2-4) حيود الأشعة السينية**X-Ray Diffraction (XRD)**

أظهرت نتائج التشخيص بتقنية حيود الأشعة السينية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) وأيونات الحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بنسب تطعيم % (0,2,4,6,8) أنها ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع الرباعي (Tetragonal)، ويبين الشكلان (1-4) و (2-4) أنماط حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة، ومن خلال تحليل هذه المنحنيات إتضحت مواقع القمم (Peaks)، إذ نلاحظ ظهور المستويات (211)، (101)، (110) وأن اتجاه النمو السائد ولجميع الأغشية هو (110) ولا يوجد تغير للاتجاه السائد بزيادة نسبة التطعيم، ووجدنا أن هذه النتائج تتفق إلى حد كبير مع البطاقة القياسية (ICDD) ذات الرقم التسلسلي (41-1445) كما في الشكل (3-4)، وقد تبين أن التطعيم بأيونات المغنيسيوم وأيونات الحديد أدى إلى تغيير في شدة القمة وخاصة للاتجاه (110) في نمط حيود الأشعة السينية مقارنةً بأغشية (SnO_2) غير المطعمة، إذ أن شدة القمة تقل وتستمر بالنقصان مع زيادة التطعيم ويرافق هذا النقصان زيادة في قيم العرض الكلي عند منتصف القمة (FWHM)، وهذه النتائج تتفق مع ما توصلت إليه الدراسات [55،64]، وهذا يعني أن درجة تبلور الأغشية تقل مع زيادة نسبة التطعيم بأيونات المغنيسيوم والحديد، ويمكن تفسير انخفاض نسبة التبلور وذلك بسبب نوع الاصرة المتكونة بين ذرات مادة الغشاء أو بسبب الحرارة النوعية للجسم الصلب أو ناتج عن إختلاف نقاط الإنصهار في مكونات المادة [141،142].



الشكل (1-4) أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.



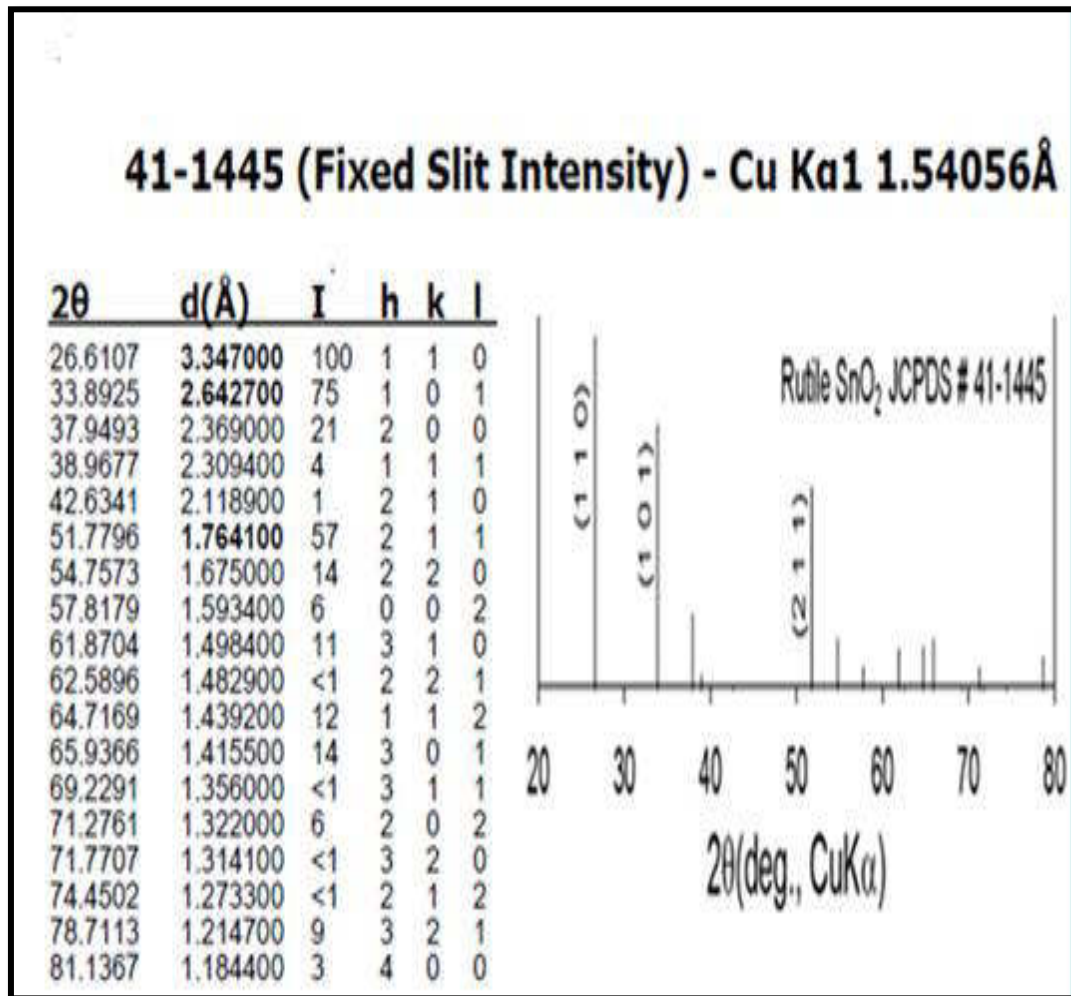
الشكل (2-4) أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

(1-1-2-4) حساب المعلمات التركيبية

Structural Parameters Calculation

1- المسافة بين المستويات البلورية (d_{hkl})

تم حساب المسافة بين المستويات البلورية التي لها نفس معاملات ميلر (hkl) ولكافة الأغشية المحضرة باستخدام قانون براك من العلاقة (1-2)، ووجد أن قيمة (d_{hkl}) متقاربة وتتفق مع القيم في البطاقة الدولية لمادة (SnO_2) ذات الرقم التسلسلي (ICDD -41-1445) [143]، وفي دراستنا الحالية تم اعتماد الاتجاه السائد (1 1 0) من أجل معرفة مدى التغير الذي يحصل عند تغير نسب التطعيم، ومن خلال الجدولين (1-4) و (2-4) نلاحظ تباين قيم (d) لجميع الأغشية وهذا يؤكد أن التطعيم أثر في التركيب البلوري للأغشية المحضرة.



الشكل (3-4) البطاقة القياسية (ICDD) المرقمة (41-1445) [143].

الجدول (1-4) يبين جزء من بطاقة (ICDD) والنتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.

Sample	2θ (deg)	d (Å)	hkl
SnO_2 (ICDD - 41-1445)	26.6107	3.347	1 1 0
	33.8925	2.643	1 0 1
	51.7796	1.764	2 1 1
Undoped-SnO_2	26.5234	3.35790	1 1 0
	33.2496	2.69239	1 0 1
	51.8974	1.76042	2 1 1
$\text{Sn}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$	26.5284	3.35728	1 1 0
	33.7191	2.65596	1 0 1
	51.5575	1.77122	2 1 1
$\text{Sn}_{0.96}\text{Mg}_{0.04}\text{O}_2$	26.5284	3.35728	1 1 0
	33.5193	2.67134	1 0 1
	51.5875	1.77026	2 1 1
$\text{Sn}_{0.94}\text{Mg}_{0.06}\text{O}_2$	26.5383	3.35605	1 1 0
	33.2846	2.68963	1 0 1
	51.5875	1.77026	2 1 1
$\text{Sn}_{0.92}\text{Mg}_{0.08}\text{O}_2$	26.1690	3.40257	1 1 0
	32.6303	2.74206	1 0 1
	51.6675	1.76771	2 1 1

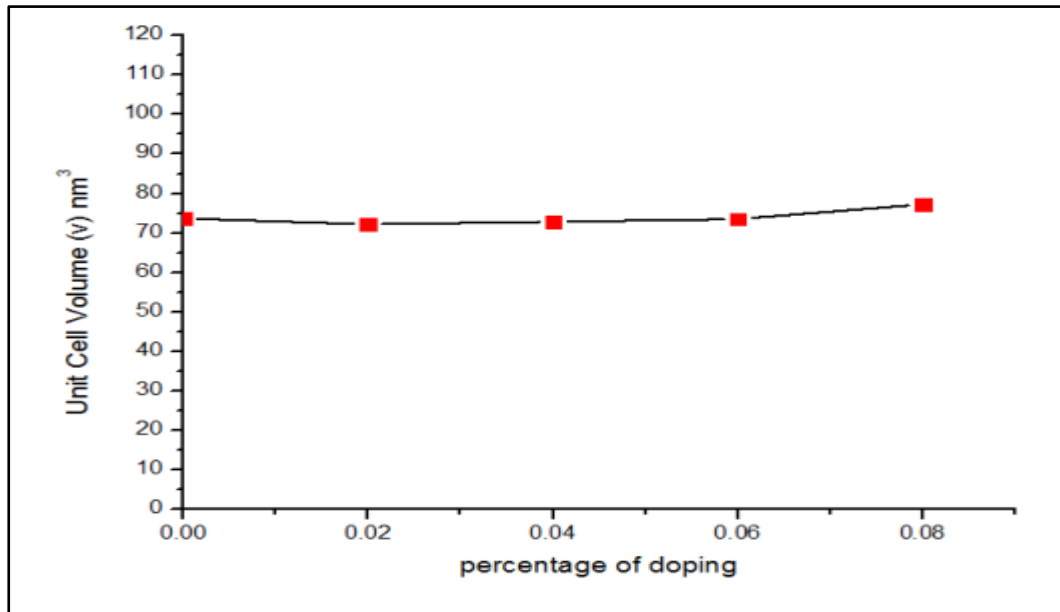
الجدول (2-4) يبين جزء من بطاقة (ICDD) والنتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

Sample	2θ (deg)	d (Å)	<i>hkl</i>
SnO₂ (ICDD - 41-1445)	26.6107	3.347	1 1 0
	33.8925	2.643	1 0 1
	51.7796	1.764	2 1 1
Undoped-SnO₂	26.5234	3.35790	1 1 0
	33.2496	2.69239	1 0 1
	51.8974	1.76042	2 1 1
Sn_{0.98}Fe_{0.02}O₂	26.6581	3.34124	1 1 0
	33.8989	2.64229	1 0 1
	51.7475	1.76517	2 1 1
Sn_{0.96}Fe_{0.04}O₂	26.5783	3.35109	1 1 0
	33.9589	2.63775	1 0 1
	51.9674	1.75821	2 1 1
Sn_{0.94}Fe_{0.06}O₂	26.4585	3.36599	1 1 0
	33.3695	2.68299	1 0 1
	51.6875	1.76707	2 1 1
Sn_{0.92}Fe_{0.08}O₂	26.5483	3.35481	1 1 0
	33.4993	2.67289	1 0 1
	51.8574	1.76168	2 1 1

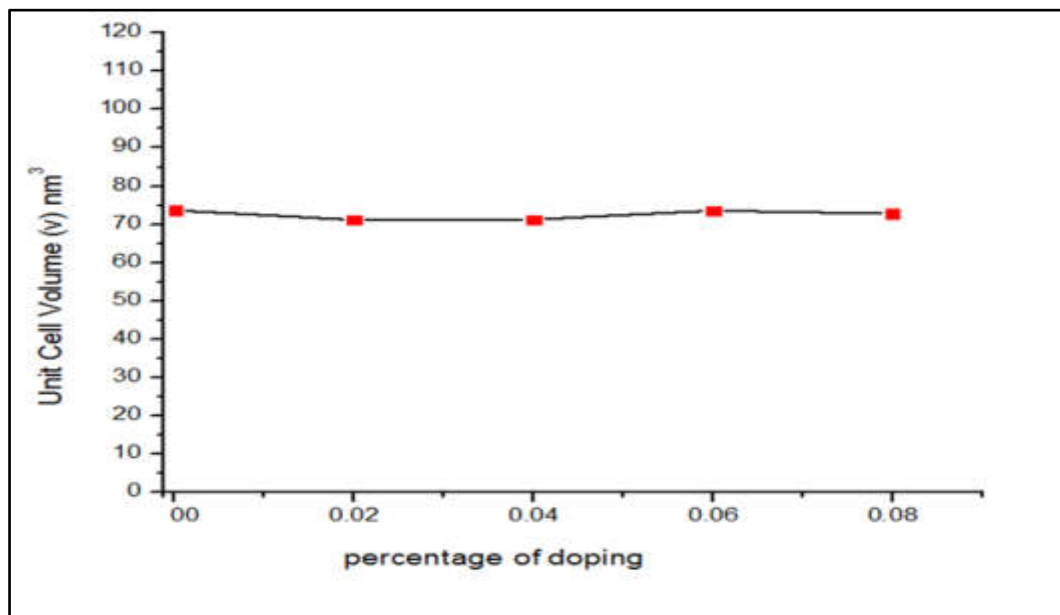
2- ثوابت الشبكة (a_0, c_0) وحجم وحدة الخلية (v)**The Lattice Constants (a_0, c_0) and the Unit Cell Volume (v)**

تم حساب ثابتي الشبكة (a_0, c_0) لأغشية ثنائي أوكسيد القصدير (SnO_2) غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) وأيونات الحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) وذلك وفق العلاقة (2-3)، إذ تم حساب ثابت الشبكة (a_0) منها للمستوى (110)، أما ثابت الشبكة (c_0) فتم حسابه للمستوى (101) ووجد أن قيم هذه الثوابت تتفق مع القيم في البطاقة الدولية لمادة ثنائي أوكسيد القصدير (SnO_2) ذات الرقم التسلسلي (ICDD -14-1445) وكما مبين في الجدولين (4-5) و (4-6)، إذ إن قيم ثوابت الشبكة للأغشية المطعمة بأيونات المغنيسيوم قريبة جداً من قيم الثوابت للأغشية غير المطعمة، أما بالنسبة للأغشية المطعمة بأيونات الحديد فتبين أن قيم الثوابت تقل بنسبة قليلة مع زيادة نسبة التطعيم، وتم حساب حجم وحدة الخلية (v) من العلاقة (2-4) ونلاحظ أنها لم تتأثر كثيراً بزيادة نسبة التطعيم للأغشية المطعمة بأيونات المغنيسيوم عدا النسبة (8%) وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه الباحث [144] N. Mazumder et al. أما بالنسبة للأغشية المطعمة بأيونات الحديد فتبين أن الحجم يقل أيضاً بنسبة قليلة بزيادة نسبة التطعيم وإن نتائج قيم ثوابت الشبكة وحجم وحدة الخلية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) تتفق مع ما توصل اليه الباحث [145] V. Bilovol et al.

إن تقارب قيم ثوابت الشبكة وحجم وحدة الخلية (a_0, c_0, v) للأغشية المطعمة مع قيمها للأغشية غير المطعمة يمكن أن يكون سببه نصف القطر الايوني لذرات التطعيم، وبما أن نصف القطر الايوني للمغنيسيوم والحديد اصغر من نصف القطر الايوني للقصدير في الغالب لذلك فإن هذه الذرات يمكن أن تدخل كذرات إستبدالية في تركيب القصدير بدون أي إجهادات تركيبية [146]، والشكلان (4-4) و (5-4) يوضحان حجم وحدة الخلية كدالة لنسب التطعيم.



الشكل (4-4) حجم وحدة الخلية كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.



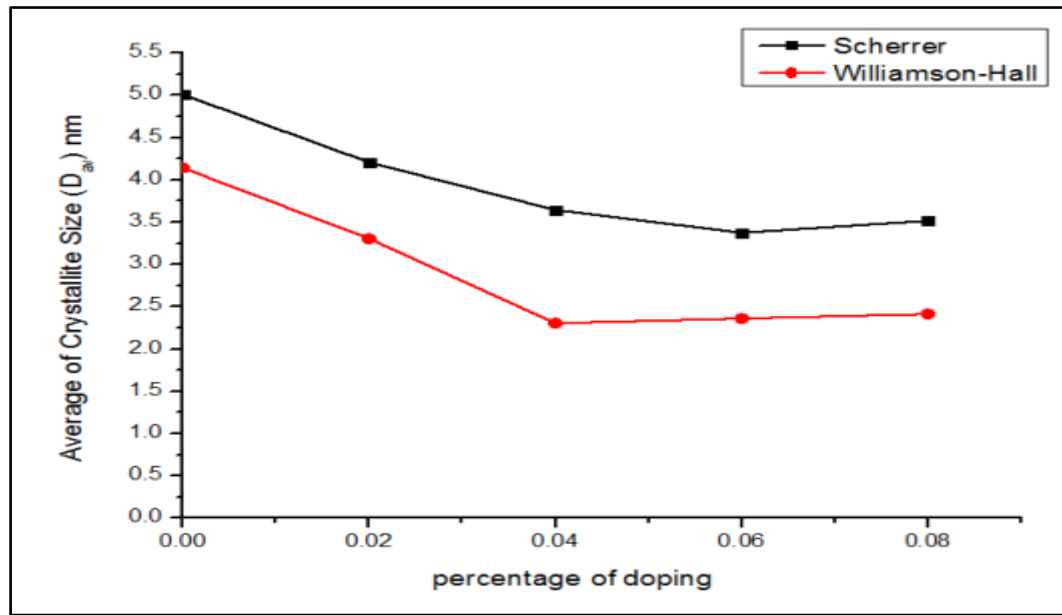
الشكل (5-4) حجم وحدة الخلية كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

Average Grain Size (D_{av})

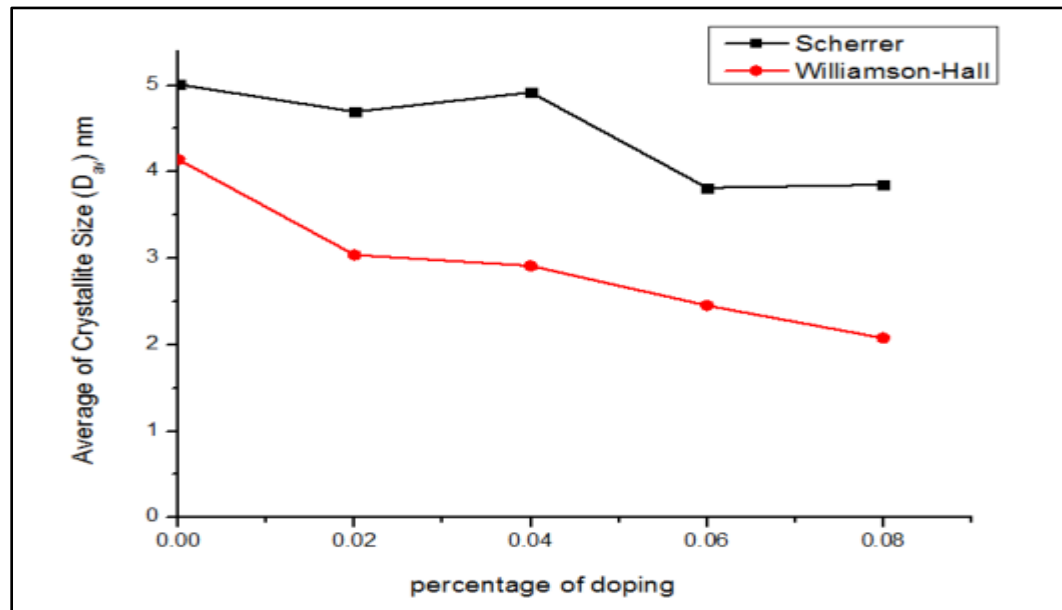
3- معدل الحجم الحبيبي

تم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) للاتجاه السائد (110) باستخدام طريقتي (Scherrer) و (Williamson-Hall) حسب العلاقتين (2-5) و (2-8) على الترتيب، حيث نلاحظ أن معدل الحجم الحبيبي لأغشية ($Sn_{1-x}Mg_xO_2$) يقل مع زيادة نسبة التطعيم ماعدا النسبة (8%) وكما في الجدول (4-5) ونتائج الحجم الحبيبي هذه تتفق مع ما توصل اليه الباحث B.Thomas et al. [58]، وإن النقصان في معدل الحجم الحبيبي بصورة عامة يمكن أن يكون سببه هو أن نصف القطر الايوني للمغنيسيوم اقل من نصف القطر الايوني للقصدير مما يتيح لذرات المغنيسيوم أن تدخل كذرات إستبدالية ضمن التركيب البلوري للقصدير [146،147]، إذ إن نصف قطر ايونات المغنيسيوم يساوي ($Mg^{+2}=0.67\text{\AA}$) ونصف قطر ايونات القصدير ($Sn^{+4}=0.71\text{\AA}$) [59،147]، مما يعني أن زيادة التطعيم بأيونات المغنيسيوم يقابلها زيادة في فراغات الأوكسجين (Vo) لإحداث عملية التوازن وبالمقابل فإن هذه الفراغات في القصدير سوف تشغل بذرات المغنيسيوم [144]، كذلك فإن معدل الحجم الحبيبي لأغشية ($Sn_{1-x}Fe_xO_2$) يقل مع زيادة نسبة التطعيم كما في الجدول (4-6) وهذه النتائج تتفق مع الدراسات السابقة [55،49] والباحث J. M. Ramos et al. [148]، وهذا التغير ايضاً يمكن أن يكون سببه نصف القطر الايوني لذرات التطعيم، إذ أن نصف قطر ايونات الحديد ($Fe^{+3}=0.64\text{\AA}$) ونصف قطر ايونات القصدير ($Sn^{+4}=0.71\text{\AA}$) [49]، وبما إن نصف القطر الايوني للحديد اصغر من نصف القطر الايوني للقصدير لذلك فإن ذرات الحديد يمكن أن تدخل كذرات إستبدالية في تركيب القصدير [49،145،148]، وإن زيادة التطعيم بأيونات الحديد يقابلها زيادة في فراغات الأوكسجين (Vo) لإحداث عملية التوازن وبالمقابل فإن هذه الفراغات في القصدير سوف تشغل بذرات الحديد [145،146].

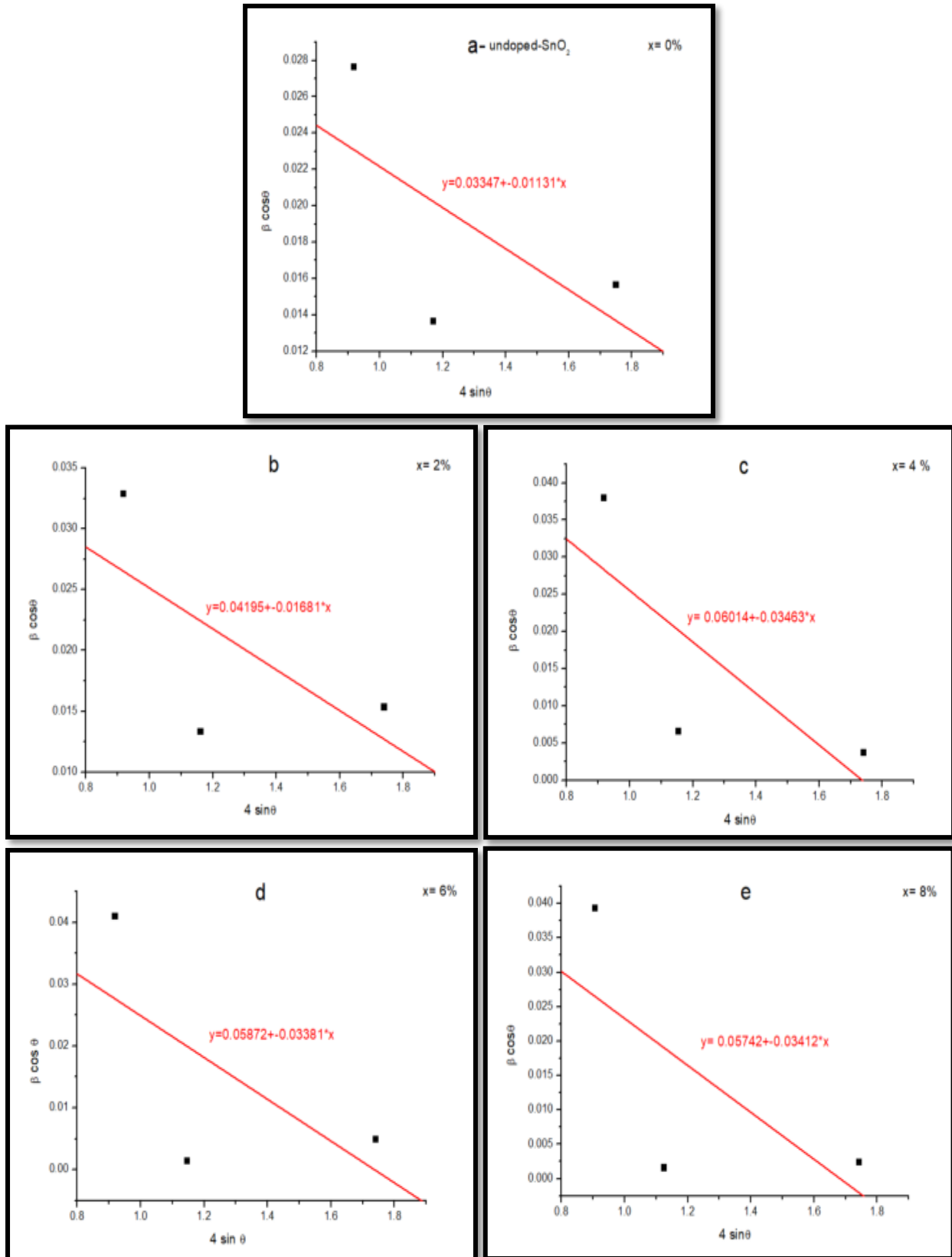
والشكلان (4-6) و (4-7) يوضحان معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التطعيم لأغشية ($Sn_{1-x}Mg_xO_2$) و ($Sn_{1-x}Fe_xO_2$)، كما يوضح الشكلان (4-8) و (4-9) معدل الحجم الحبيبي حسب طريقة (Williamson-Hall) لأغشية ($Sn_{1-x}Mg_xO_2$) و ($Sn_{1-x}Fe_xO_2$) على التوالي والمتضمنة حساب المطاوعة المايكروية (S) (Micro Strain).



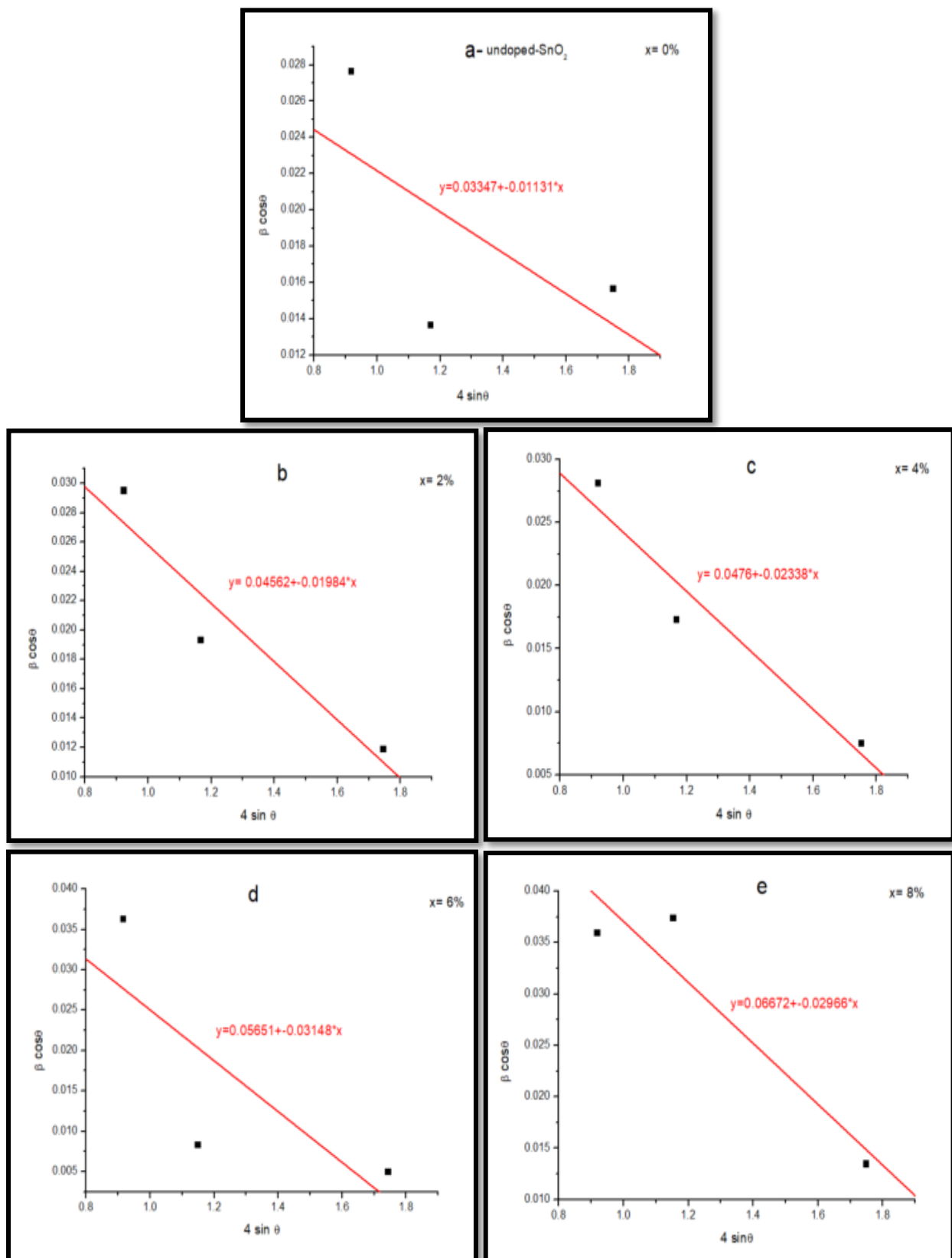
الشكل (6-4) معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.



الشكل (7-4) معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.



الشكل (8-4) معدل الحجم الحبيبي حسب طريقة (Williamson-Hall) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ (a: 0% , b: 2%, c: 4%, d: 6%, e: 8%).



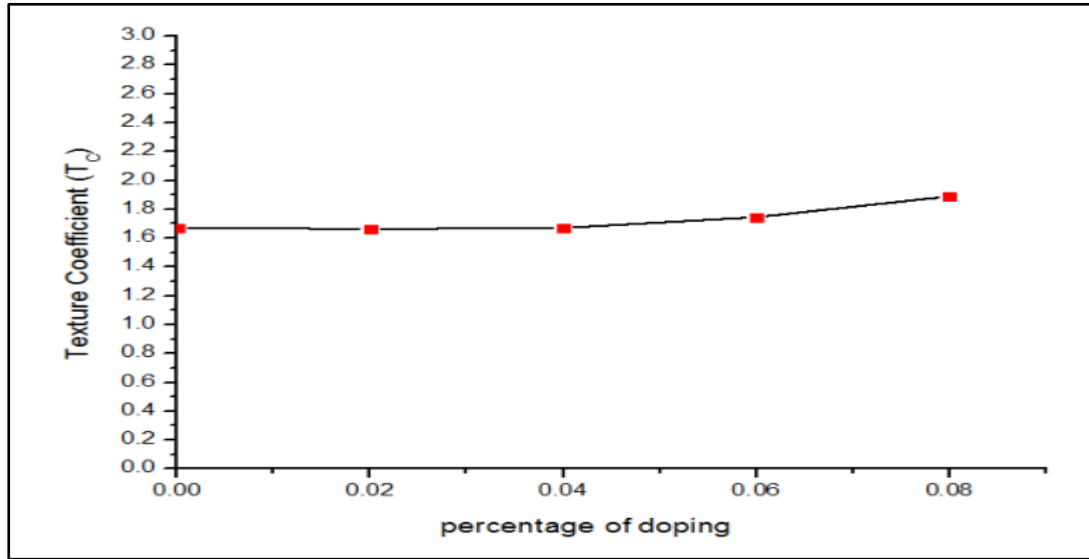
الشكل (9-4) معدل الحجم الحبيبي حسب طريقة (Williamson-Hall) لأغشية

($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) (a: 0% , b: 2%, c: 4%, d: 6%, e: 8%)

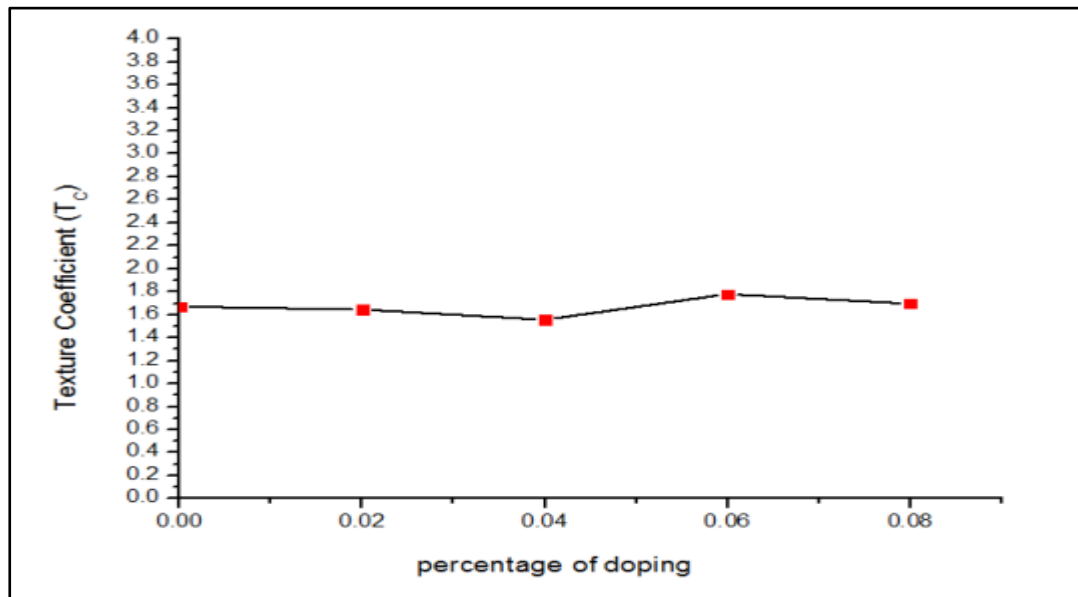
4- عامل التشكيل

Texture Coefficient (T_c)

تم حساب عامل التشكيل (T_c) للأغشية المحضرة من العلاقة (2-9) والتي تصف الاتجاه السائد لمستوي البلورة (hkl) في الأغشية متعددة التبلور ووجد أن قيم عامل التشكيل هي أكبر من واحد وهذا يعني أن جميع الأغشية غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم وأيونات الحديد لها اتجاه سائد واحد هو (1 1 0) وكما موضح في الجدولين (4-5) و (4-6)، والشكلان (4-10) و (4-11) يوضحان عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لكافة الأغشية.



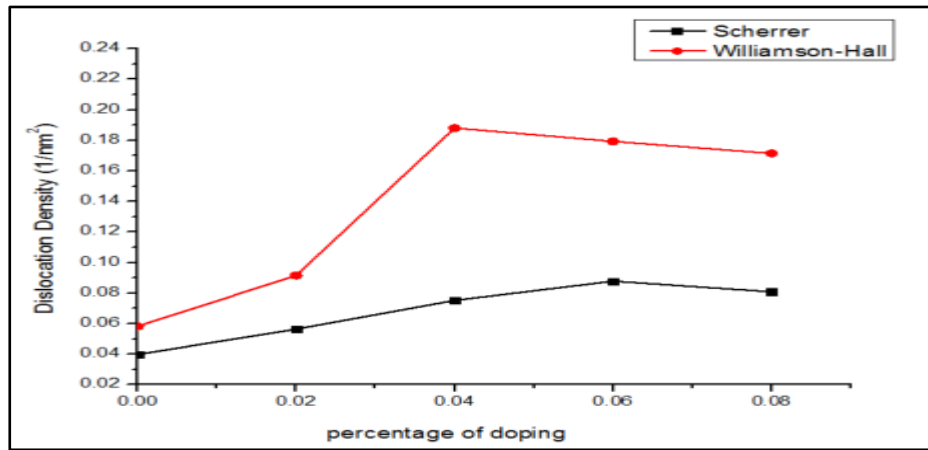
الشكل (4-10) عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(Sn_{1-x}Mg_xO_2)$.



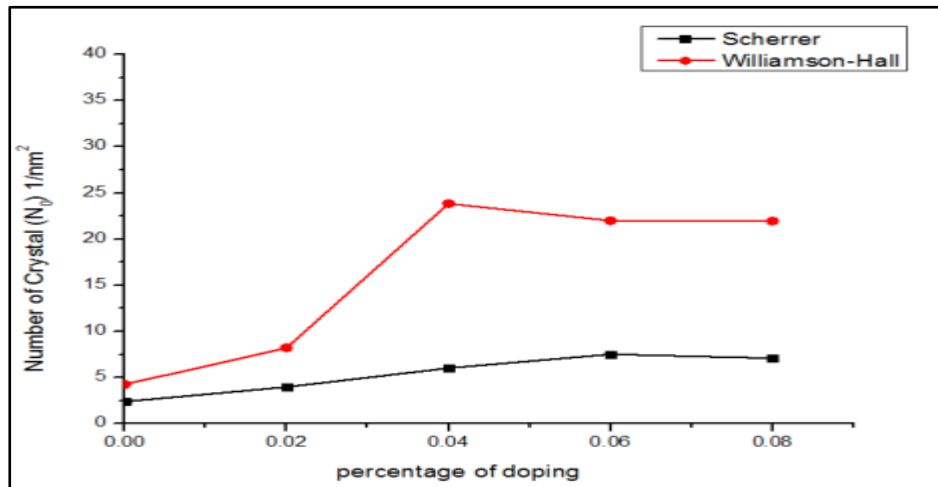
الشكل (4-11) عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية $(Sn_{1-x}Fe_xO_2)$.

5- كثافة الإنخلاع (δ) وعدد البلوريات (N_o) وعدد الطبقات (N_L)**Dislocation density, Number of Crystals and Number of Layers**

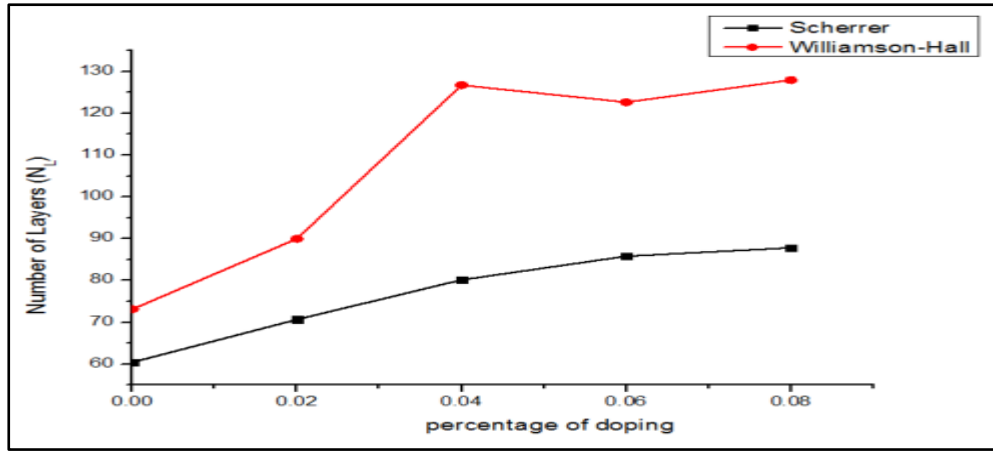
إعتماداً على نتائج قيم الحجم الحبيبي تم حساب هذه المعلمات التركيبية، حيث تم حساب كثافة الإنخلاع وعدد البلوريات وعدد الطبقات وفق العلاقات (10-2) و (11-2) و (12-2) على الترتيب، وقد تبين أن قيمهم لوحدة المساحة تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي لكافة الأغشية وكما موضح في الجدولين (5-4) و (6-4)، والأشكال (12-4) و (13-4) و (14-4) توضح كثافة الإنخلاع وعدد البلوريات وعدد الطبقات كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) حسب الترتيب، والأشكال (15-4) و (16-4) و (17-4) توضح كثافة الإنخلاع وعدد البلوريات وعدد الطبقات كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) حسب الترتيب.



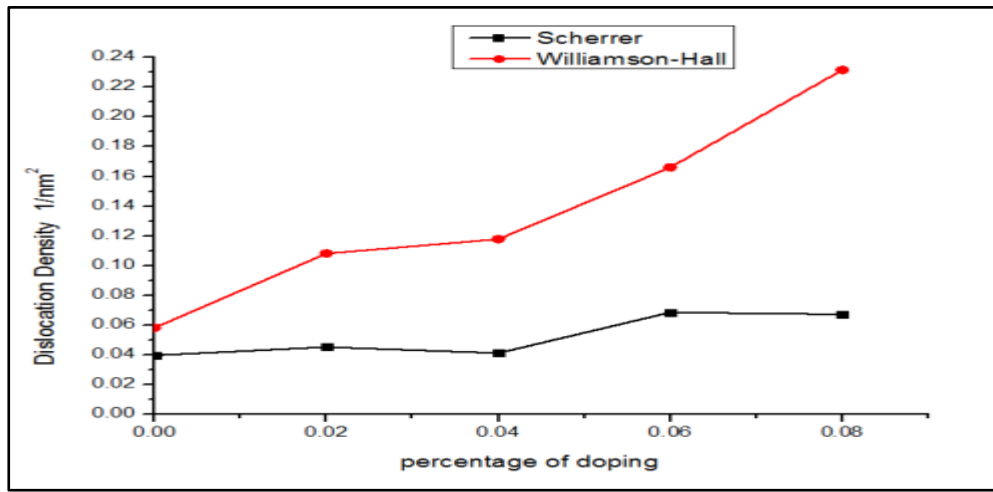
الشكل (12-4) كثافة الإنخلاع كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$).



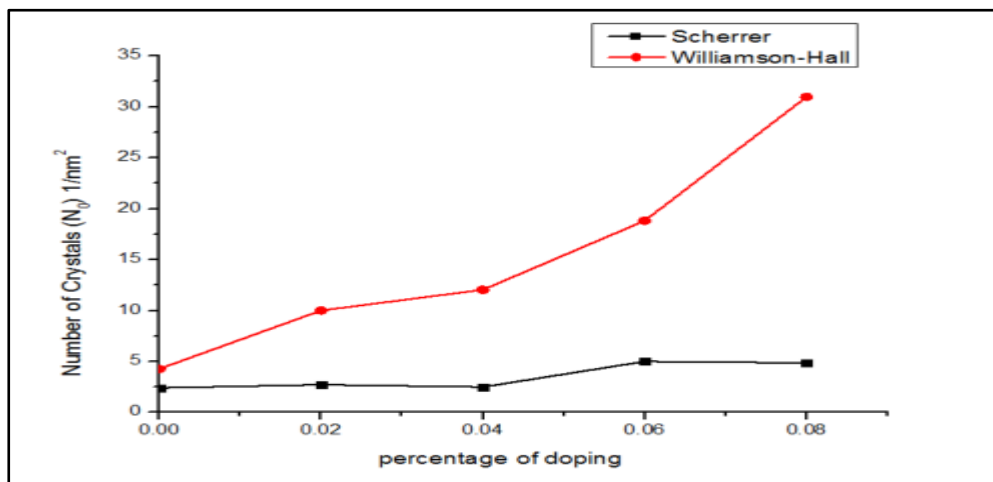
الشكل (13-4) عدد البلوريات (N_o) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$).



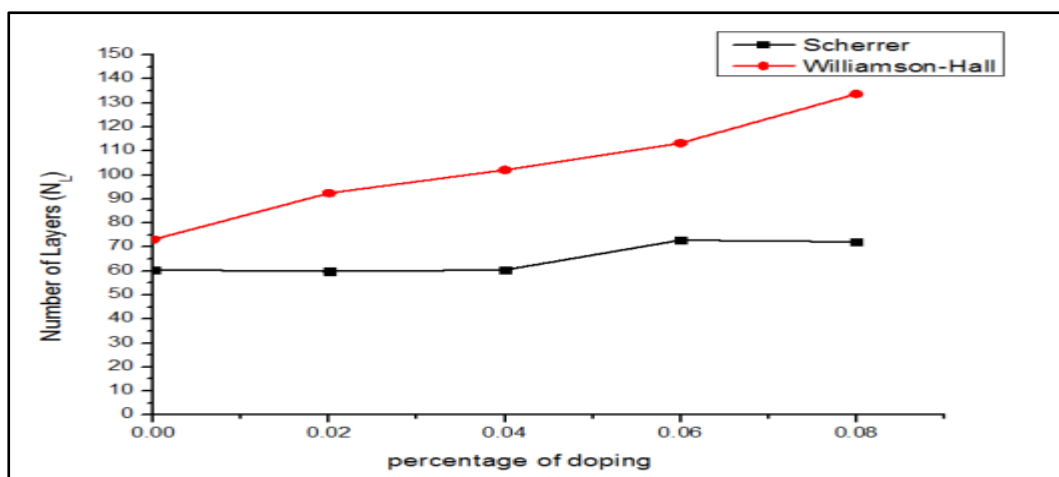
الشكل (14-4) عدد الطبقات (N_L) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.



الشكل (15-4) كثافة الإنخلاع كدالة لنسبة التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.



الشكل (16-4) عدد البلوريات (N_0) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

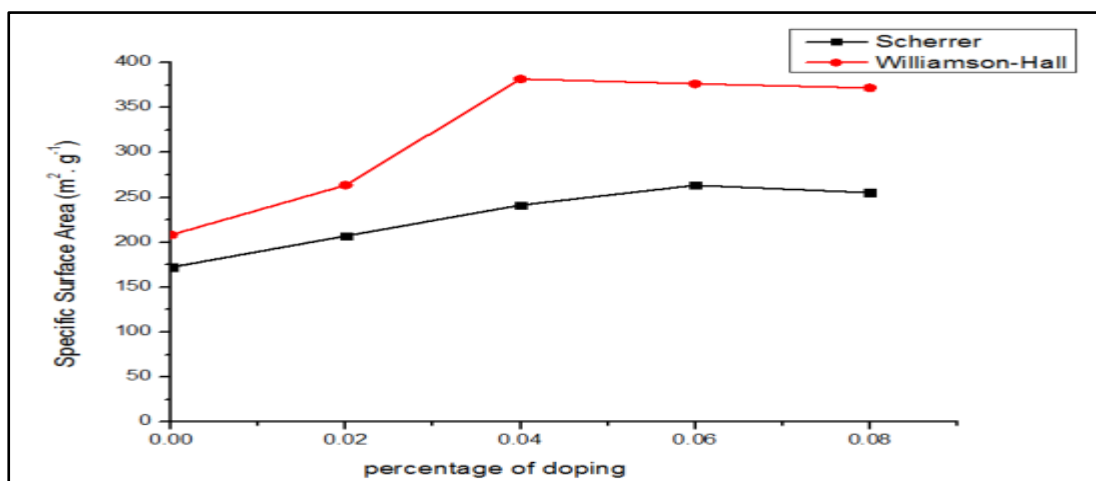


الشكل (17-4) عدد الطبقات (N_L) كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$).

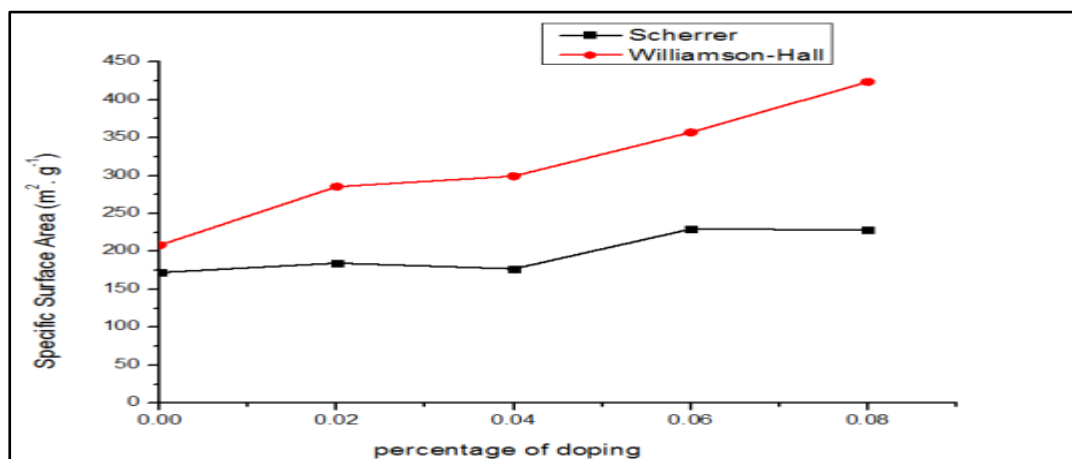
Specific Surface Area (SSA)

6- المساحة السطحية النوعية

من خلال العلاقة (15-2) تم حساب المساحة السطحية النوعية (SSA)، حيث تبين أنها تزداد عن قيمتها للغشاء غير المطعم مع نقصان الحجم الحبيبي والمحسوب بطريقتي (Scherrer) و (Williamson-Hall) ولكافة الأغشية وكما موضح في الجدولين (3-4) و (4-4)، والشكلان (18-4) و (19-4) يوضحان المساحة السطحية النوعية كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) على التوالي.



الشكل (18-4) المساحة السطحية النوعية كدالة لنسبة التطعيم لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$).



الشكل (4-19) المساحة السطحية النوعية كدالة لنسبة التطعيم لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

الجدول (4-3) قيم المساحة السطحية النوعية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.

Sample	ρ (g.cm ⁻³)	SSA (m ² .g ⁻¹)	
		Scherrer	W-Hall
Undoped-SnO ₂	6.95	172.32	208.39
Sn _{0.98} Mg _{0.02} O ₂	6.8826	207.10	263.75
Sn _{0.96} Mg _{0.04} O ₂	6.8152	241.49	381.85
Sn _{0.94} Mg _{0.06} O ₂	6.7478	263.50	376.56
Sn _{0.92} Mg _{0.08} O ₂	6.6804	255.35	371.94

الجدول (4-4) قيم المساحة السطحية النوعية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$.

Sample	ρ (g.cm ⁻³)	SSA (m ² .g ⁻¹)	
		Scherrer	W-Hall
Undoped-SnO ₂	6.95	172.32	208.39
Sn _{0.98} Fe _{0.02} O ₂	6.9158	184.81	285.45
Sn _{0.96} Fe _{0.04} O ₂	6.8816	177.22	299.32
Sn _{0.94} Fe _{0.06} O ₂	6.8474	229.66	357.12
Sn _{0.92} Fe _{0.08} O ₂	6.8132	228.61	423.76

الجدول (5-4) يبين قيم المعلمات التركيبية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$.

Sample		Undoped-SnO ₂	Mg = 0.02	Mg = 0.04	Mg = 0.06	Mg = 0.08
hkl		1 1 0	1 1 0	1 1 0	1 1 0	1 1 0
2θ (deg)		26.5234	26.5284	26.5284	26.5383	26.169
d _{hkl} (Å)		3.3579	3.35728	3.35728	3.35605	3.40257
FWHM (rad)		0.0283	0.0337	0.0389	0.0421	0.0403
D _{av} (nm)	Scherrer	5.00	4.20	3.64	3.37	3.51
	W- Hall	4.14	3.30	2.30	2.36	2.41
δ (nm ⁻²)	Scherrer	0.0398	0.0564	0.0752	0.0878	0.0808
	W- Hall	0.0582	0.0915	0.1881	0.1793	0.1714
N _o (nm ⁻²)	Scherrer	2.4093	3.9888	6.0314	7.5380	7.1016
	W-Hall	4.2610	8.2386	23.8445	21.9998	21.9457
N _L	Scherrer	60.4683	70.6729	80.1560	85.8338	87.8533
	W-Hall	73.1249	90.0030	126.7436	122.6626	127.9644
T _{C(hkl)}		1.6718	1.6640	1.6712	1.7456	1.8907
Micro Strain S*10 ⁻³		-11.31	-16.81	-34.63	-33.81	-34.12
Lattice constant a _o (Å)		4.748788	4.747911	4.747911	4.746171	4.811961
Lattice constant c _o (Å)		3.268484	3.204195	3.231308	3.2644	3.336838
v(nm ³)		73.70	72.23	72.84	73.53	77.26

الجدول (6-4) يبين قيم المعلمات التركيبية لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂).

Sample		Undoped-SnO ₂	Fe = 0.02	Fe = 0.04	Fe = 0.06	Fe = 0.08
hkl		1 1 0	1 1 0	1 1 0	1 1 0	1 1 0
2θ (deg)		26.5234	26.6581	26.5783	26.4585	26.5483
d _{hkl} (Å)		3.35790	3.34124	3.35109	3.36599	3.35481
FWHM (rad)		0.0284	0.0303	0.0289	0.0373	0.0368
D _{av} (nm)	Scherrer	5.00	4.69	4.91	3.81	3.85
	W- Hall	4.14	3.03	2.91	2.45	2.07
δ (nm ⁻²)	Scherrer	0.0398	0.0453	0.0413	0.0686	0.0673
	W- Hall	0.0582	0.1082	0.1178	0.1661	0.2315
N _o (nm ⁻²)	Scherrer	2.4093	2.7164	2.4982	5.0055	4.8638
	W- Hall	4.2610	10.0089	12.0359	18.8201	30.9753
N _L	Scherrer	60.4683	59.8616	60.4664	72.8642	72.1699
	W- Hall	73.1249	92.4580	102.1251	113.302	133.773
T _{C(hkl)}		1.6718	1.6442	1.5573	1.7797	1.6964
Micro Strain S*10 ⁻³		-11.31	-19.84	-23.38	-31.48	-29.66
Lattice constant a _o (Å)		4.748788	4.725227	4.739157	4.760229	4.744418
Lattice constant c _o (Å)		3.268484	3.187165	3.174991	3.248054	3.235158
v (nm ³)		73.70	71.16	71.30	73.60	72.82

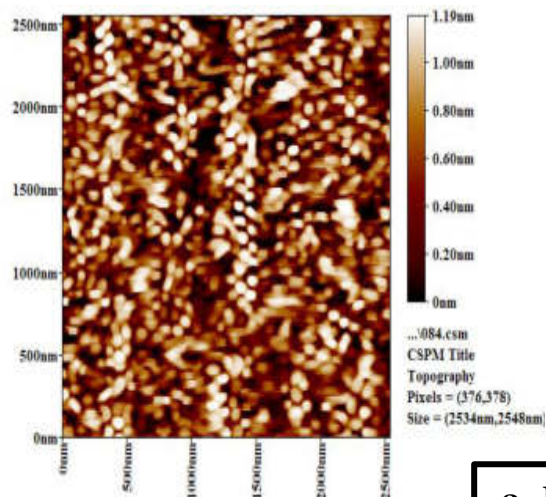
(2-2-4) نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$)**Results of Atomic Force Microscopy (AFM)**

تم دراسة تضاريس (طبوغرافية) سطوح الاغشية المحضرة ومدى تأثير نسبة التطعيم عليها عند نفس ظروف التحضير المتبعة وعند درجة حرارة (500°C) من خلال مجهر القوة الذرية (AFM) ذي القدرة على تصوير وتحليل هذه السطوح وإعطاء قيم في غاية الدقة عن معدل حجم الحبيبات وتوزيعها وكذلك قيم خشونة السطح (Roughness) بالاعتماد على الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS)، حيث تم مسح العينات بالأبعاد ($2 \times 2 \mu\text{m}^2$) وتبين من صور (AFM) في الشكل (4-20) ومن خلال قيم (RMS) التي تعد المقياس المهم لخشونة او نعومة السطح إن هناك زيادة طفيفة في النسبتين (4%, 2%) ثم تبدأ بالإنخفاض لتصل إلى اقل قيمة لها عند النسبة (8%) وصغر هذه القيمة بطبيعة الحال يدل على نعومة السطح وصغر الحبيبات وليست هذه النتيجة بالضرورة أن تكون مقياس اساسي لتأثير التطعيم، كون مجهر القوة الذرية يتعامل مع احجام حبيبية اكبر مما يمكن رصده بواسطة حيود الأشعة السينية، إذ إنه من المعروف أن مجهر القوة الذرية ذو دقة عالية في تشخيص المواد النانوية [97]، وأن قيم (RMS) تتناسب طردياً مع قيم معدل الحجم الحبيبي المقاسة بنفس المجهر حيث نلاحظ نفس السلوك بالزيادة عند النسبتين (4%, 2%)، وبالنقصان عند النسبتين (8%, 6%)، وبشكل عام فإن نتائج معدل الحجم الحبيبي تعطي مؤشر واضح لتكون الحبيبات النانوية (Nanoparticles)، والجدول (4-7) يوضح قيم خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة والحجم الحبيبي من خلال نتائج (AFM).

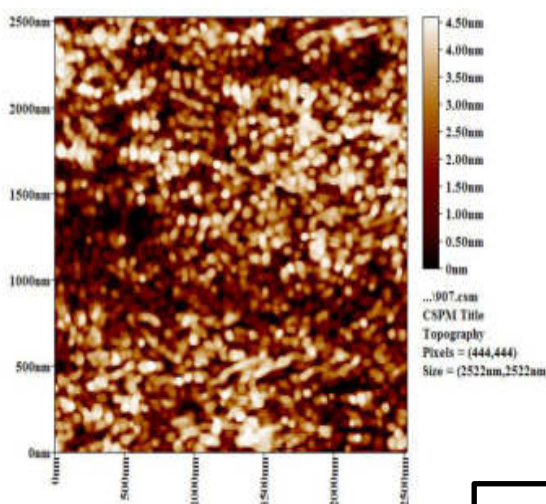
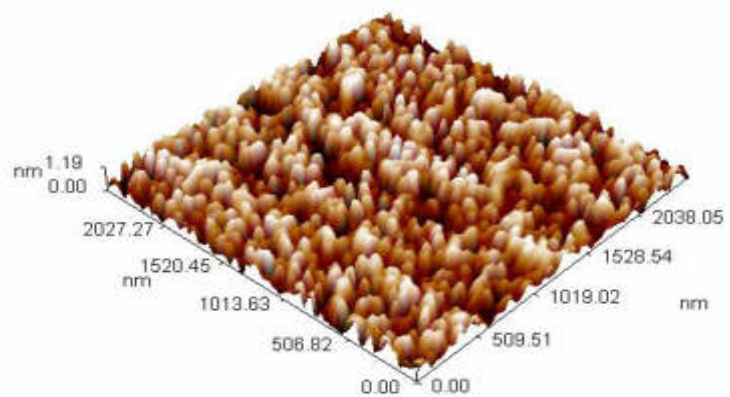
الجدول (4-7) يوضح قيم خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة (RMS) والحجم الحبيبي

المحسوبة من نتائج (AFM) لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$).

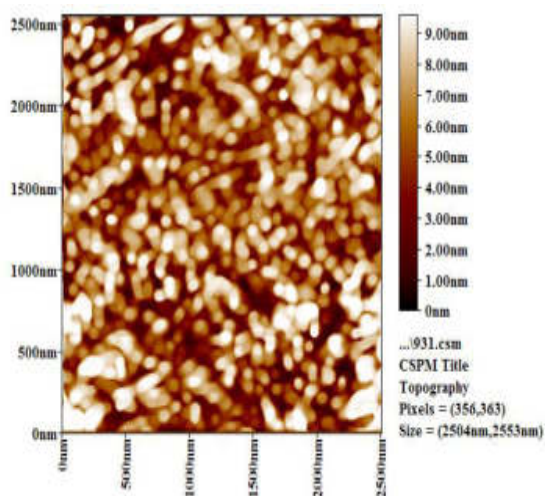
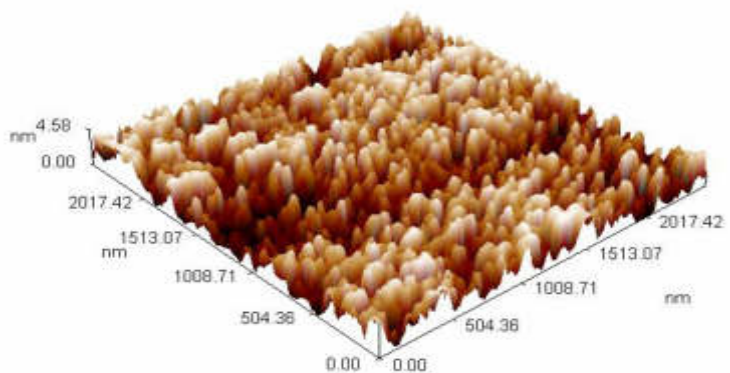
Sample	Surface roughness (nm)	RMS (nm)	Grain size (nm)
Undoped- SnO_2	0.299	0.345	66.50
$\text{Sn}_{0.98}\text{Mg}_{0.02}\text{O}_2$	1.12	1.29	77.49
$\text{Sn}_{0.96}\text{Mg}_{0.04}\text{O}_2$	1.93	2.29	88.76
$\text{Sn}_{0.94}\text{Mg}_{0.06}\text{O}_2$	1.53	1.76	82.10
$\text{Sn}_{0.92}\text{Mg}_{0.08}\text{O}_2$	0.727	0.862	75.57



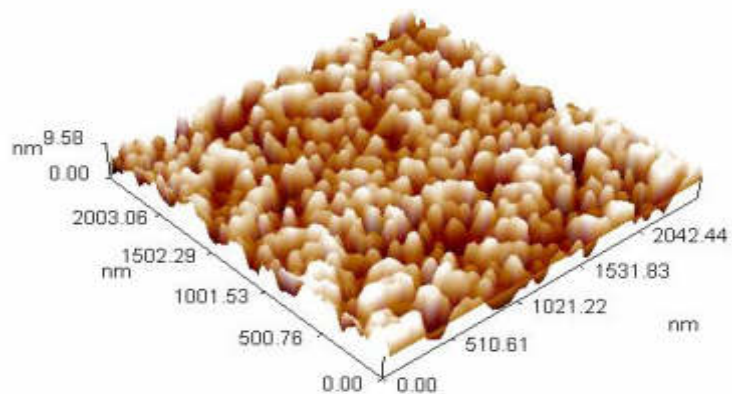
a- Undoped-SnO₂

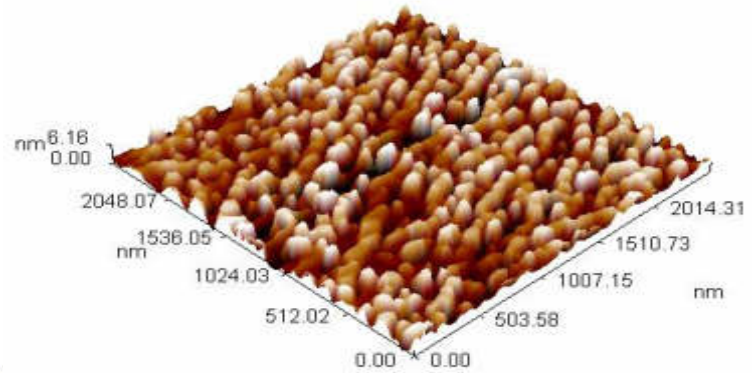
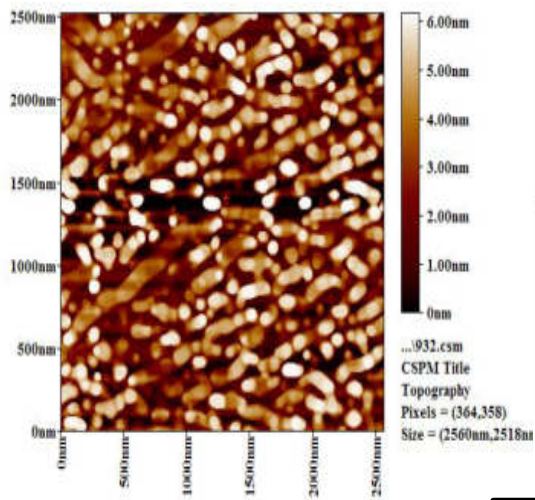


b-Sn_{0.98}Mg_{0.02}O₂

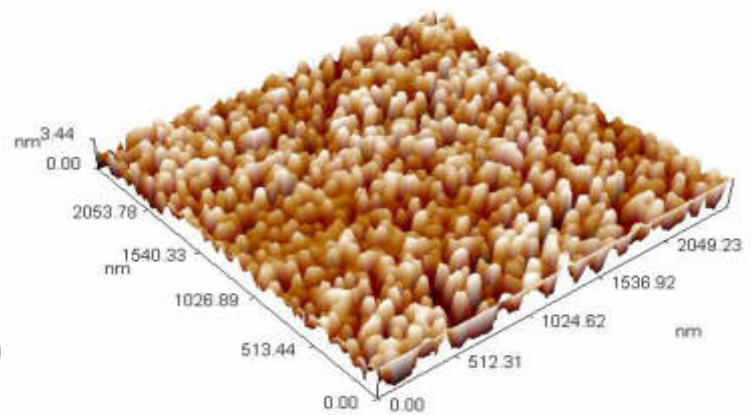
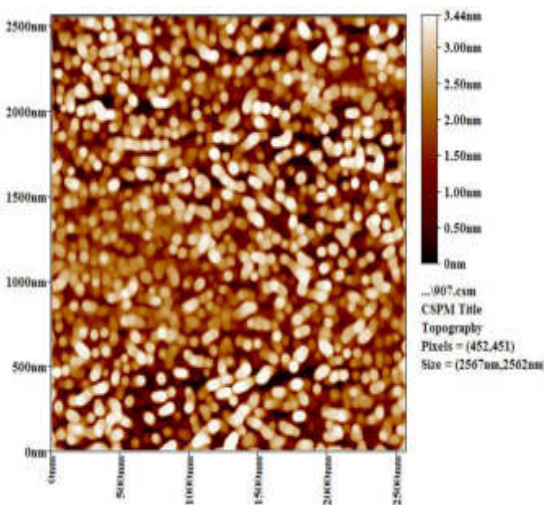


c-Sn_{0.96}Mg_{0.04}O₂





d-Sn_{0.94}Mg_{0.06}O₂



e- Sn_{0.92}Mg_{0.08}O₂

الشكل (20-4- a, b, c, d, e) صور ونتائج (AFM) لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂).

Optical Measurements

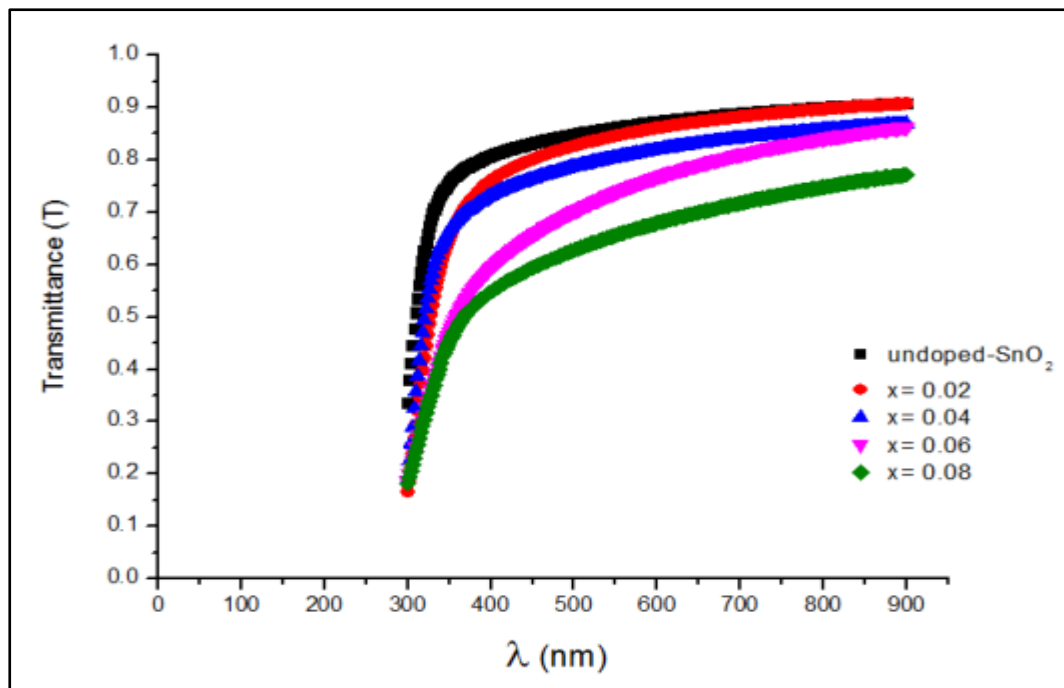
(3-4) القياسات البصرية

تمت دراسة الخصائص البصرية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير (SnO_2) غير المطعمة والمطعمة بأيونات المغنيسيوم ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) وأيونات الحديد ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع بنسب تطعيم حجمية % (0,2,4,6,8) من خلال دراسة طيفي النفاذية والإمتصاصية المسجلين للأغشية المحضرة ضمن المدى (300-900) nm، إذ تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للإنتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة وحساب معامل الإمتصاص وكما تضمنت هذه الخصائص حساب الثوابت البصرية (معامل الإنكسار، معامل الخمود، ثابت العزل البصري بجزأيه الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية) كدوال للطول الموجي وطاقة الفوتون.

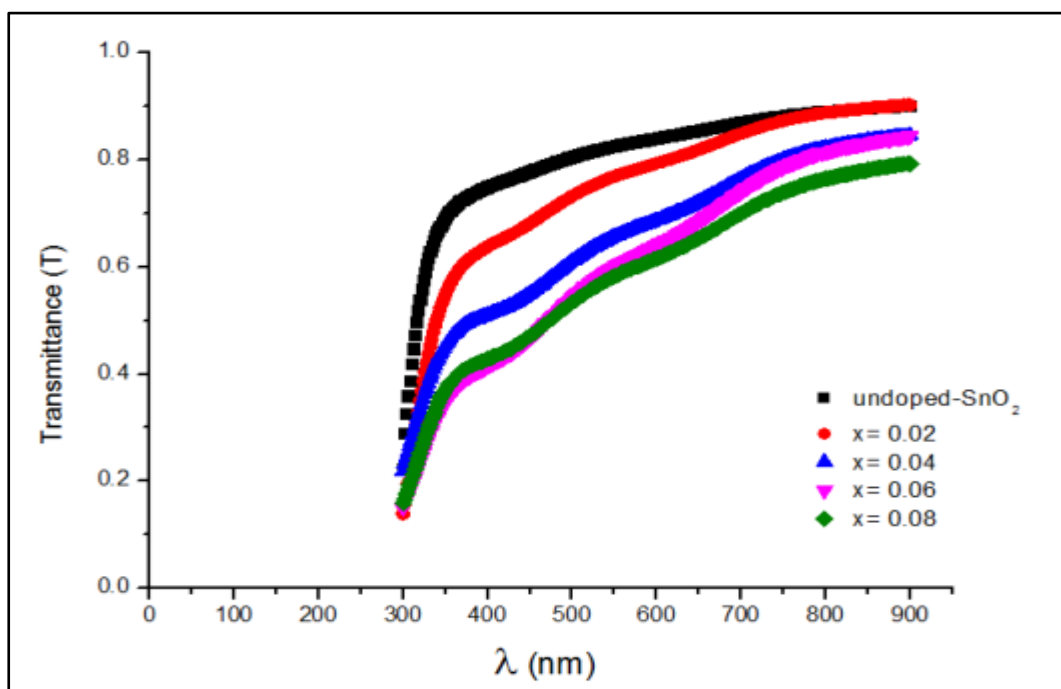
Transmittance (T)

(1-3-4) النفاذية

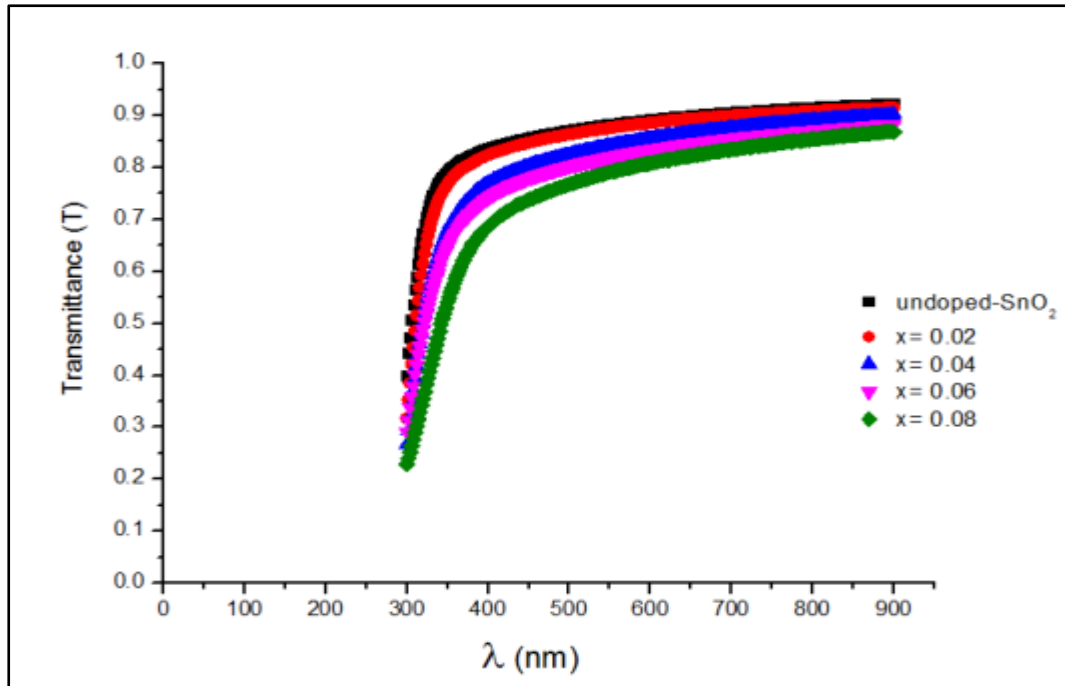
يوضح الشكلان (21-4) و (22-4) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع، كما يوضح كل من الشكلين (23-4) و (24-4) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع أيضاً، حيث نلاحظ من الشكلين (21-4) و (23-4) أن نفاذية الأغشية المحضرة قبل التشعيع تزداد مع زيادة الطول الموجي وتكون أعلى قيمة للنفاذية (91%) للغشاء غير المطعم وإن طيف النفاذية يقل مع زيادة نسبة التطعيم لكل من أغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$)، وتفسير ذلك إن زيادة التطعيم تؤدي إلى تكوين مستويات موضعية جديدة أسفل حزمة التوصيل وهذه المستويات مهيأة لاستقبال الإلكترونات وتوليد ذبول تعمل باتجاه التقليل من فجوة الطاقة وبالتالي سوف تقل النفاذية [149]، ونلاحظ من الشكلين (22-4) و (24-4) أن سلوك الأغشية بعد التشعيع كان مشابهاً إلى سلوكه قبل التشعيع إلا أن قيم النفاذية تناقصت بنسبة قليلة بعد التشعيع عن قيمها قبل التشعيع مع ظهور تموجات في طيف النفاذية لكافة الأغشية بعد التشعيع وهذه التموجات قد تعود إلى ان التشعيع أحدث عيوباً في التركيب الداخلي للأغشية، فمن المعروف أن تعرض المواد الصلبة لأشعة كاما يؤدي إلى إحداث عيوب تركيبية تعرف بمراكز اللون أو فراغات الأوكسجين في الأكاسيد [149،150].



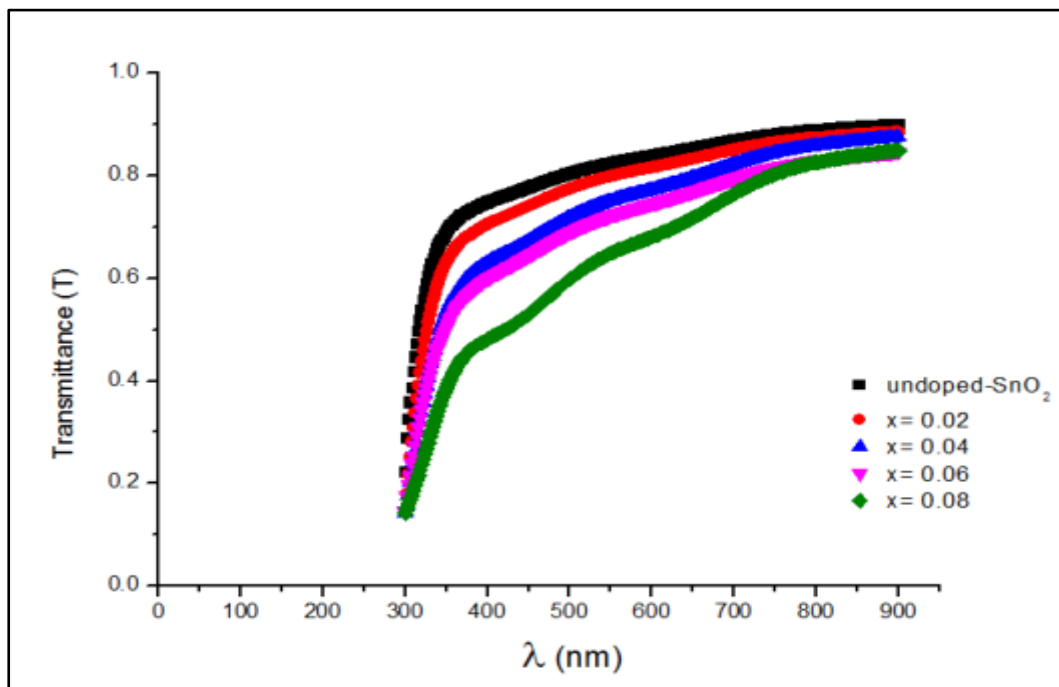
الشكل (4-21) النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (4-22) النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



الشكل (23-4) النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع.

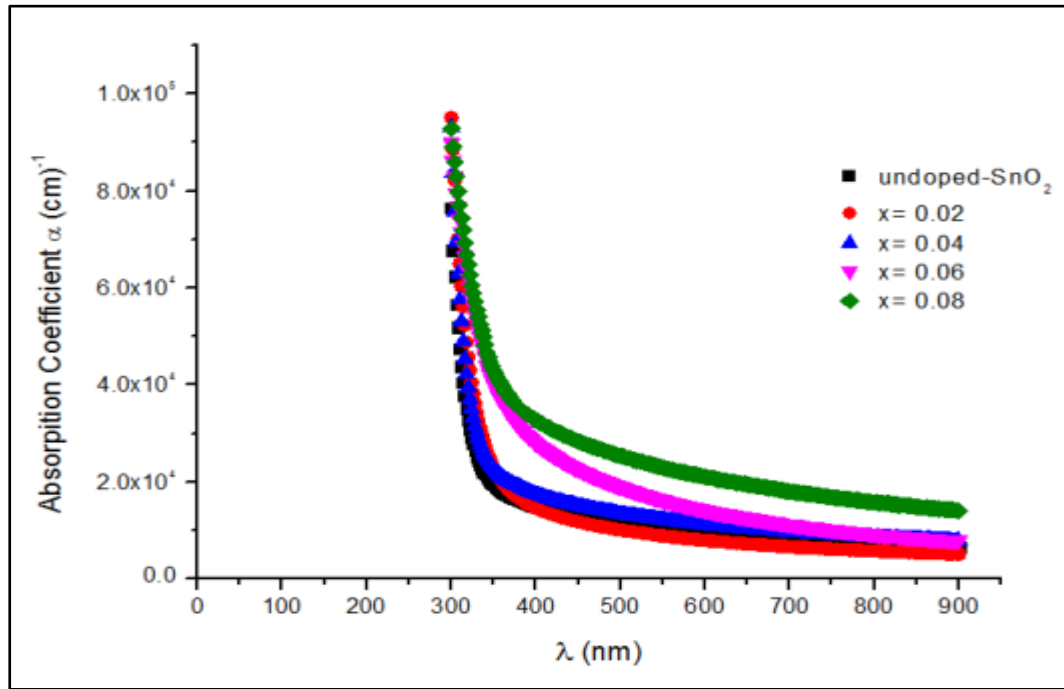


الشكل (24-4) النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع.

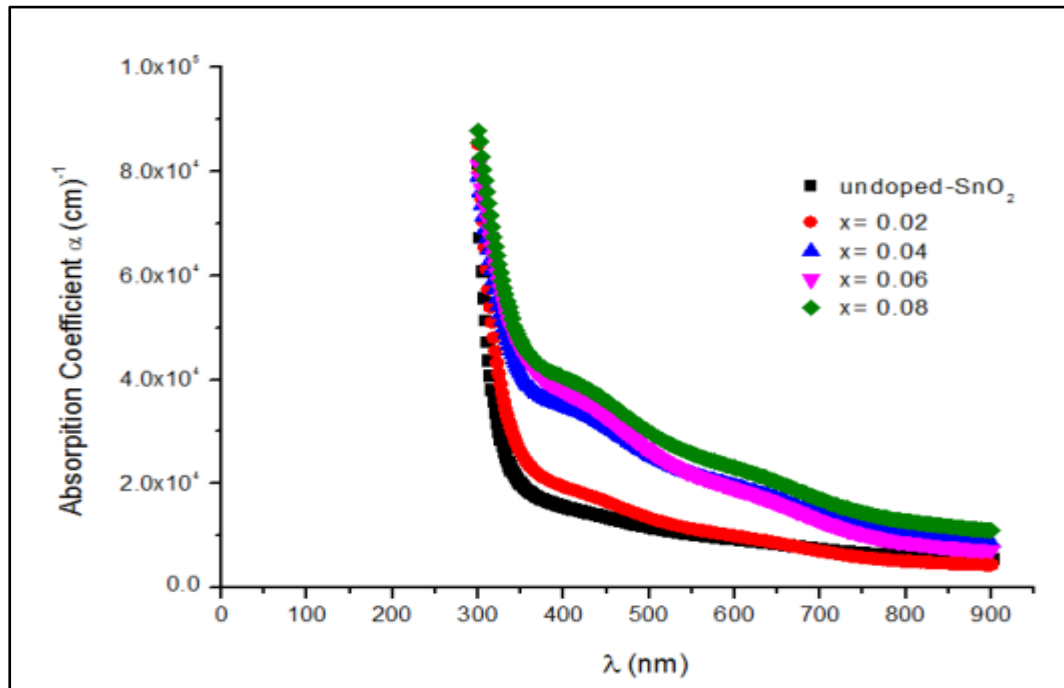
(2-3-4) معامل الإمتصاص Absorption Coefficient (α)

تم حساب معامل الإمتصاص لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع وفق العلاقة (25-2)، ويوضح الشكلان (4-25) و (4-27) تغير معامل الإمتصاص كدالة للطول الموجي للأغشية المحضرة قبل التشعيع، حيث نلاحظ أن معامل الإمتصاص يزداد بزيادة نسبة التطعيم وإن أعظم قيمة له تكون عند الأطوال الموجية القصيرة المقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية ثم يتناقص تدريجياً مع زيادة الطول الموجي.

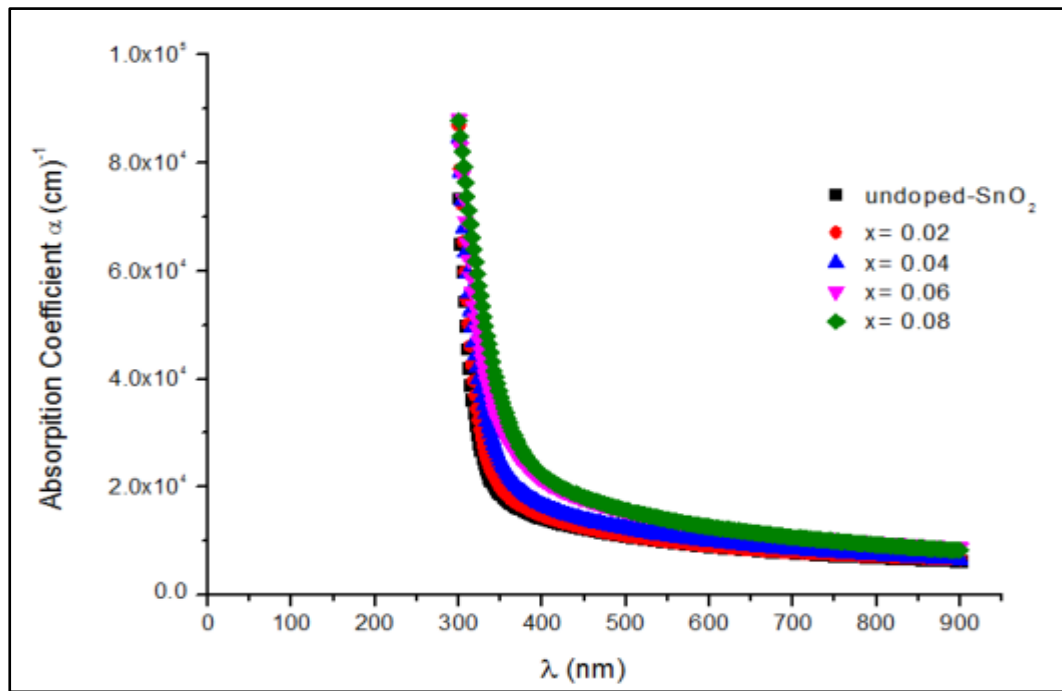
وتعزى الزيادة في معامل الإمتصاص قبل التشعيع إلى زيادة الإمتصاصية ونقصان فجوة الطاقة البصرية وحصول الإنتقالات المباشرة ويؤكد ذلك القيم الكبيرة له ($\alpha > 10^4 \text{cm}^{-1}$)، بينما نلاحظ من الشكلين (4-26) و (4-28) أن سلوك الأغشية بعد التشعيع كان مشابهاً إلى سلوكها قبل التشعيع إلا أن قيم معامل الإمتصاص لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ لم تتأثر كثيراً بعد التشعيع أما قيم معامل الإمتصاص لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمه قبل التشعيع ويعود ذلك إلى زيادة الإمتصاصية وتناقص قيم فجوة الطاقة بعد التشعيع حسب العلاقة (26-2).



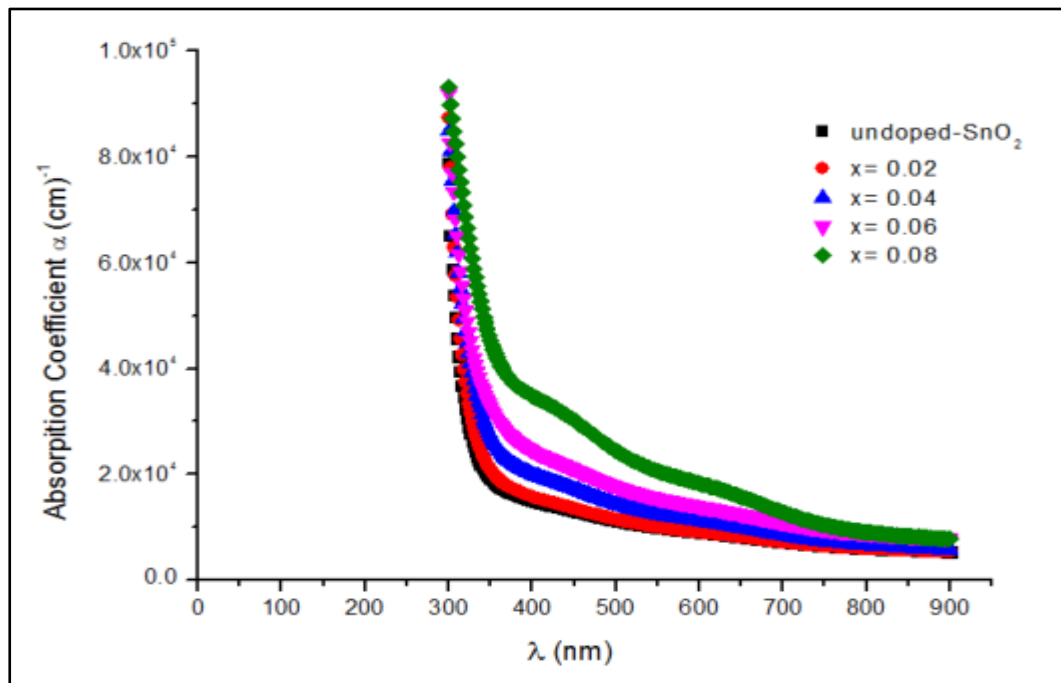
الشكل (25-4) معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (26-4) معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



الشكل (4-27) معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (4-28) معامل الإمتصاص دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) بعد التشعيع.

(3-3-4) فجوة الطاقة البصرية Optical Energy Gap (E_g)

تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع وفق العلاقة (26-2)، إذ تكون قيمة $(r=1/2)$ وذلك برسم العلاقة الخطية بين $(\alpha h\nu)^2$ وبين طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ وبمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ ، بمعنى أن $(E_g = h\nu)$ أي أن نقطة القطع تمثل قيمة فجوة الطاقة البصرية (E_g^{opt}) للانتقال المباشر المسموح، وقد تبين أن زيادة نسبة التطعيم تؤدي إلى تناقص قيم (E_g) لكافة الأغشية، حيث تراوحت قيمتها لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع بين 3.94-3.72 eV وبعد التشعيع تراوحت بين 3.92-3.59 eV، أما بالنسبة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ فتراوحت قيمتها قبل التشعيع بين 3.94-3.72 eV وبعد التشعيع تراوحت بين 3.92-3.71 eV، وكما في الجدولين (8-4) و (9-4).

إن تناقص قيم فجوة الطاقة قبل التشعيع يمكن تفسيره بأن التطعيم أدى إلى تكوين مستويات مانهة داخل فجوة الطاقة بالقرب من حزمة التوصيل عملت بدورها على إزاحة مستوى فيرمي نحو حزمة التوصيل ومن ثم إمتصاص الفوتونات ذات الطاقات الواطنة [151]، بينما نلاحظ أن سلوك الأغشية بعد التشعيع كان مشابهاً لسلوكها قبل التشعيع إلا أن قيم فجوة الطاقة تناقصت بعد التشعيع، إن التناقص في قيمة فجوة الطاقة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع بأشعة كما ينسب إلى الزيادة في فراغات الأوكسجين (V_o) التي تحدث فقط أسفل حزمة التوصيل [150]، فمن المعروف أن تعرض المواد الصلبة لأشعة كما يؤدي إلى إحداث عيوب تركيبية تعرف بمراكز اللون أو فراغات الأوكسجين في الأكاسيد [152].

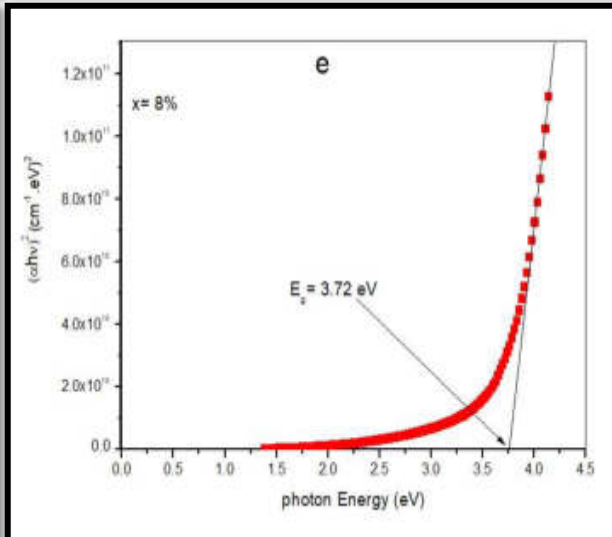
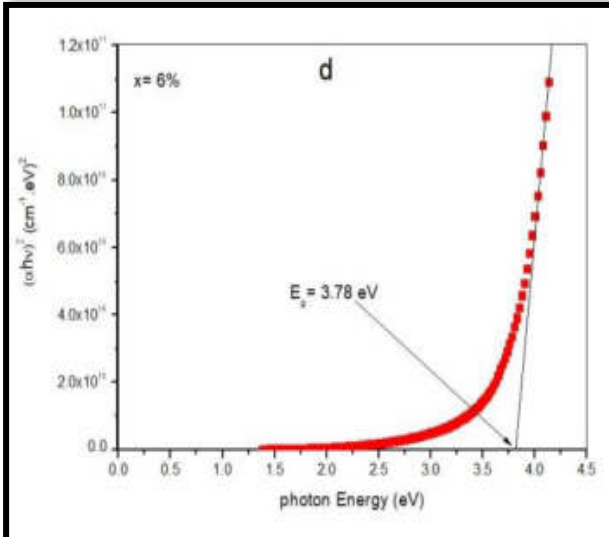
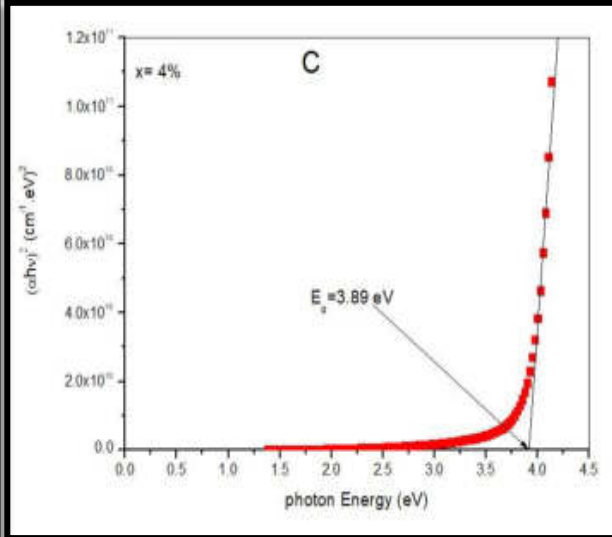
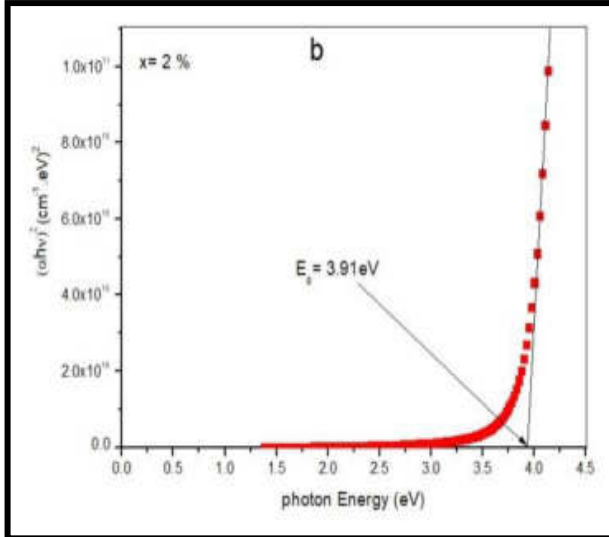
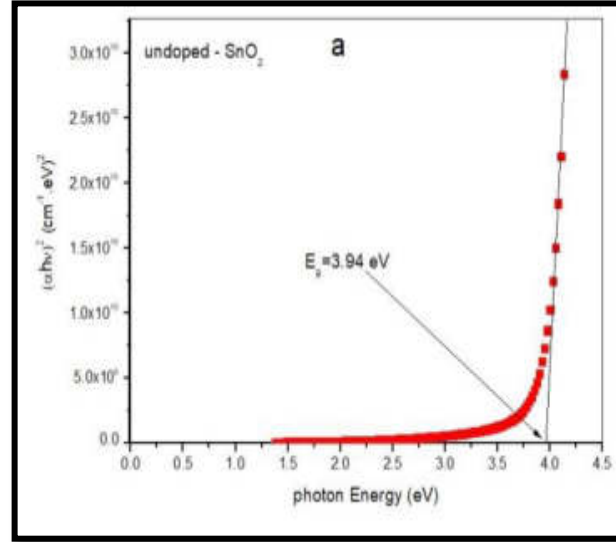
والاشكال الواردة في (29-4) و (30-4) تبين قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع على التوالي، بينما يوضح الشكلان (31-4) و (32-4) قيم فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع على التوالي.

الجدول (8-4) قيم فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع.

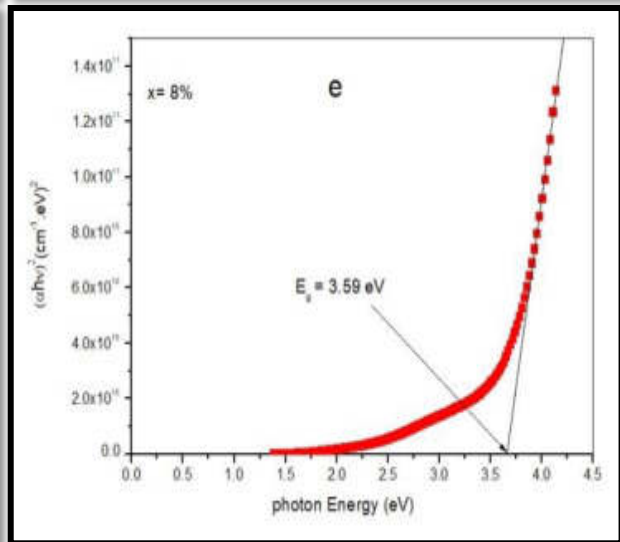
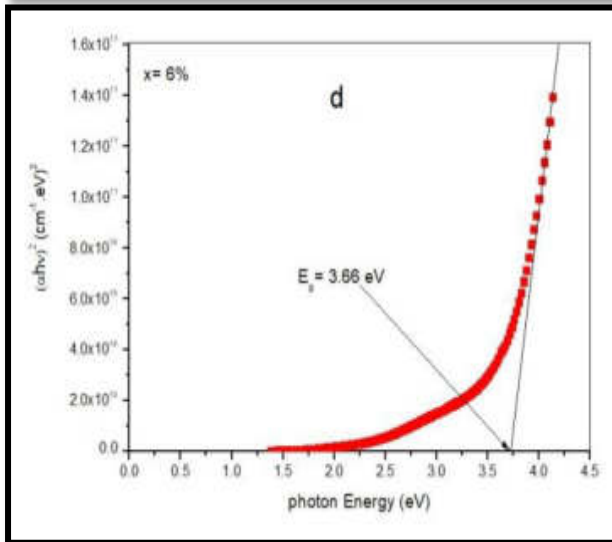
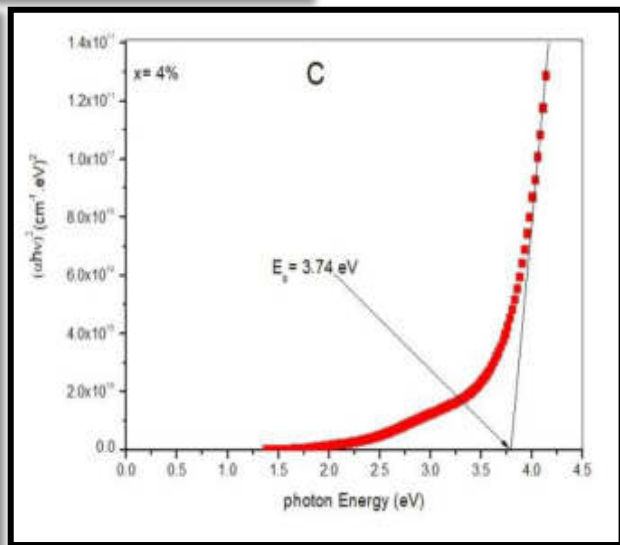
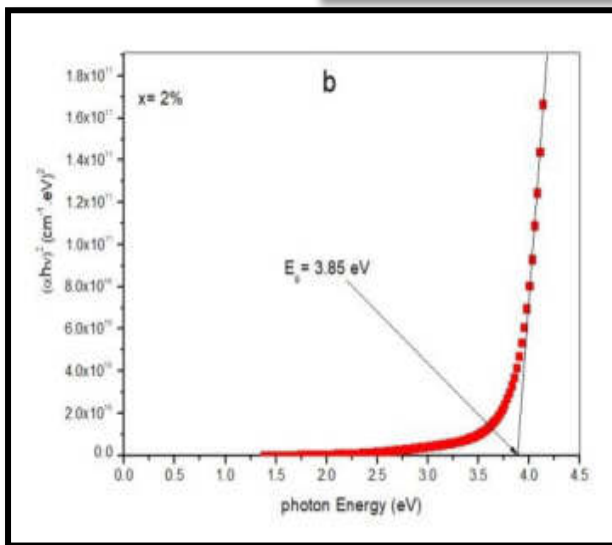
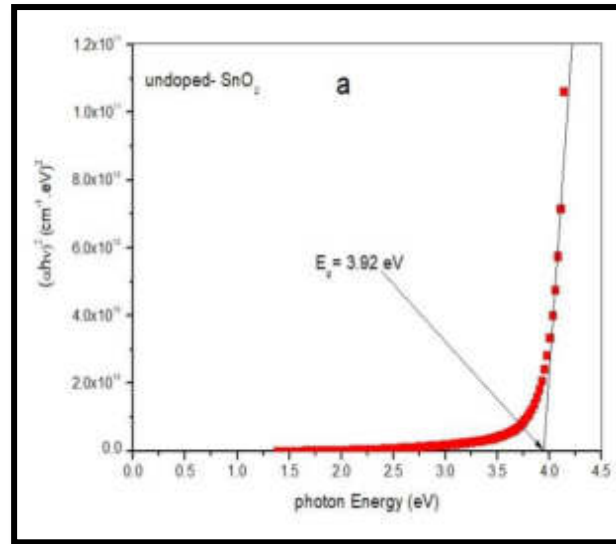
الغشاء ونسبة الشائبة	E_g (eV) قبل التشعيع	E_g (eV) بعد التشعيع
Undoped-SnO ₂	3.94	3.92
Sn _{0.98} Mg _{0.02} O ₂	3.91	3.85
Sn _{0.96} Mg _{0.04} O ₂	3.89	3.74
Sn _{0.94} Mg _{0.06} O ₂	3.78	3.66
Sn _{0.92} Mg _{0.08} O ₂	3.72	3.59

الجدول (9-4) قيم فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل وبعد التشعيع.

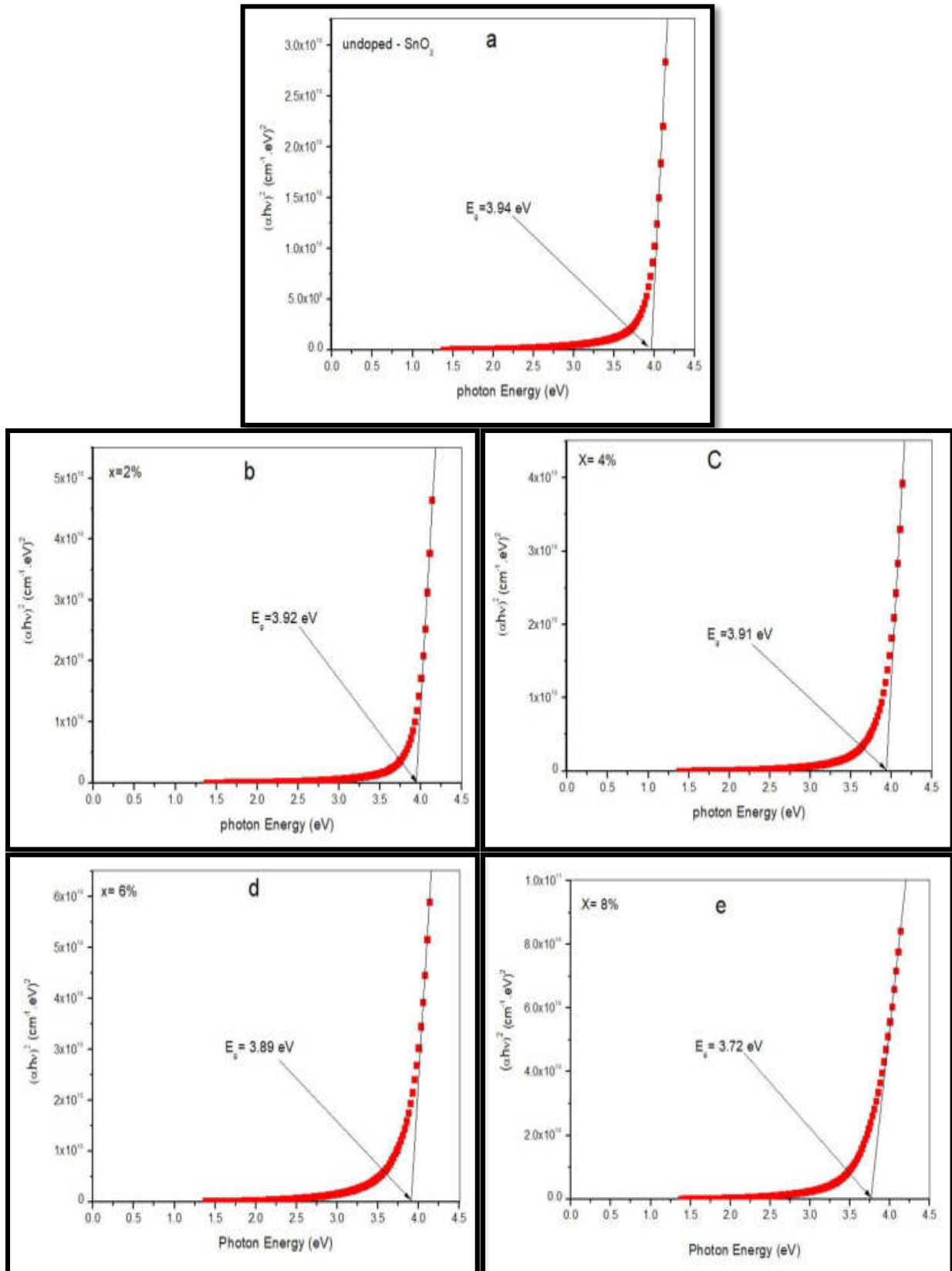
الغشاء ونسبة الشائبة	E_g (eV) قبل التشعيع	E_g (eV) بعد التشعيع
Undoped-SnO ₂	3.94	3.92
Sn _{0.98} Fe _{0.02} O ₂	3.92	3.91
Sn _{0.96} Fe _{0.04} O ₂	3.91	3.87
Sn _{0.94} Fe _{0.06} O ₂	3.89	3.83
Sn _{0.92} Fe _{0.08} O ₂	3.72	3.71



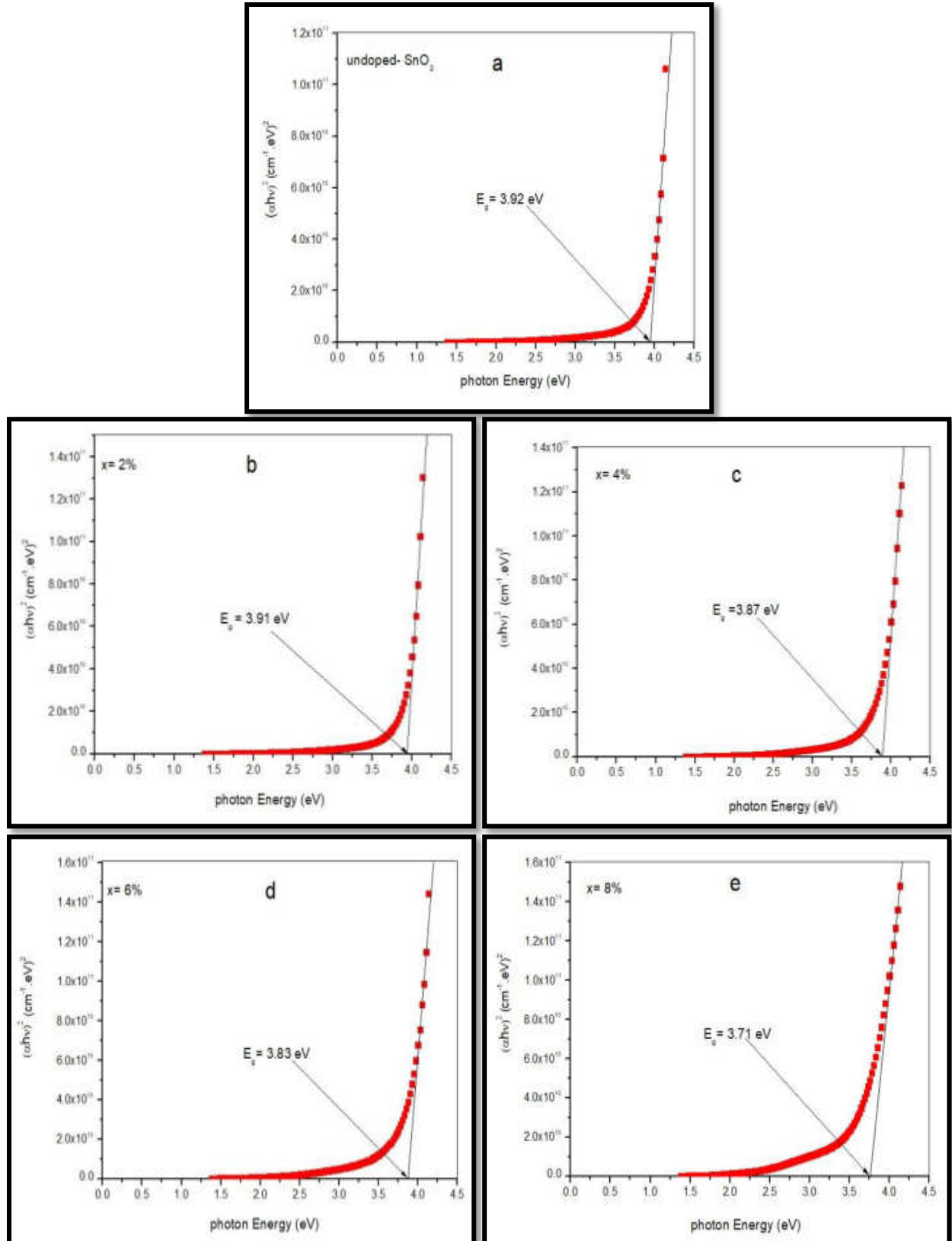
الشكل (29-4-a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للإنتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (30-4-a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للإنتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة طاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



الشكل (31-4-a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للإنتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع.

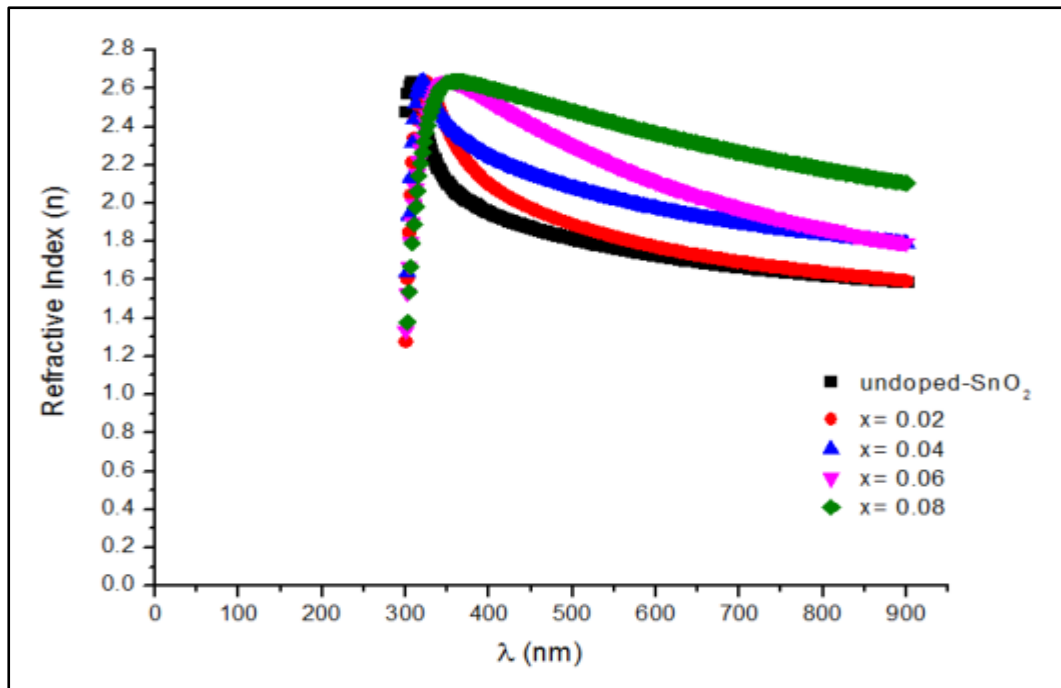


الشكل (32-4-a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للإنتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع.

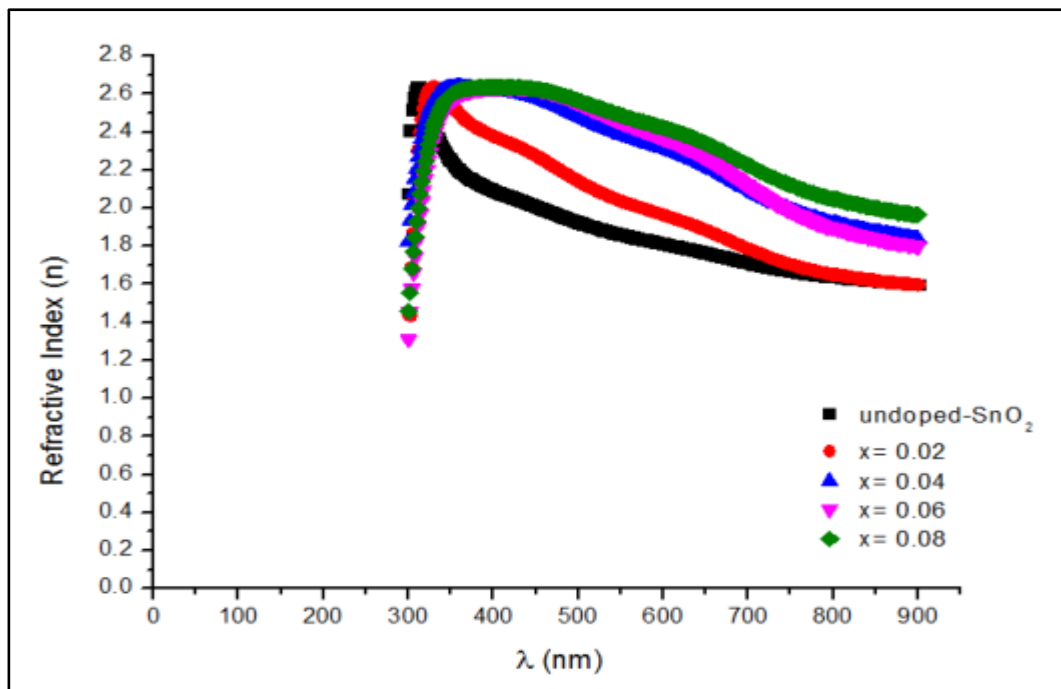
Refractive Index (n)

(4-3-4) معامل الإنكسار

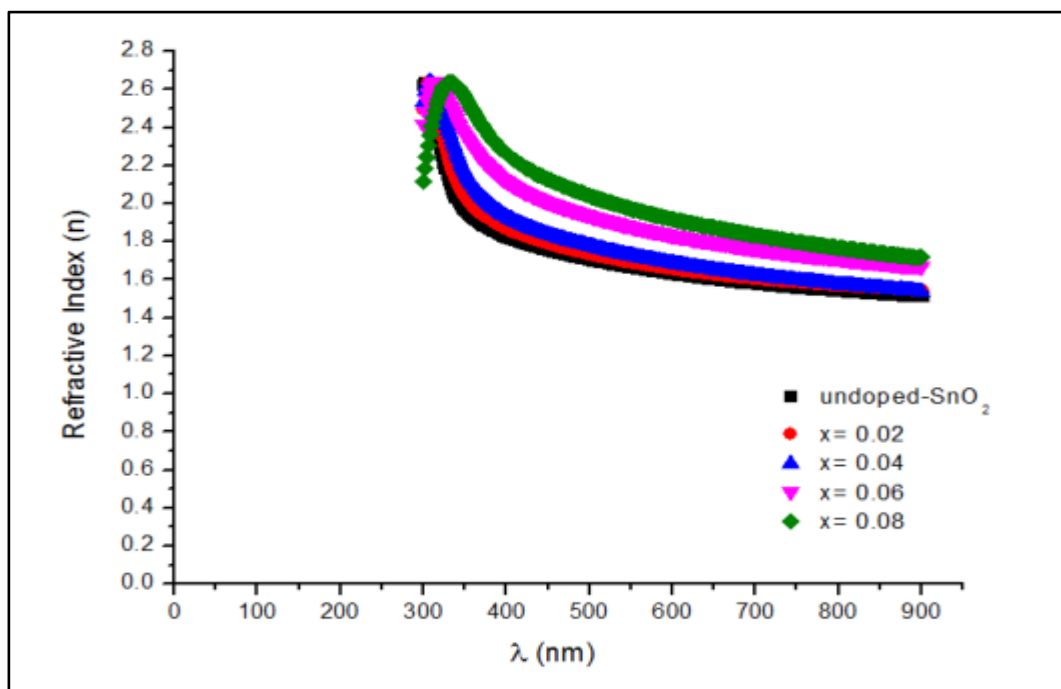
تم حساب معامل الإنكسار ضمن مدى الأطوال الموجية nm (300-900) من العلاقة (31-2) ويبين كل من الشكلين (33-4) و (35-4) معامل الإنكسار كدالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع، حيث نلاحظ أن أعلى قيمة لمعامل الإنكسار يكون في مدى الأطوال الموجية المقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية ثم يبدأ بالتناقص مع زيادة الطول الموجي وتبين أن زيادة نسبة التطعيم تؤدي إلى زيادة قيم معامل الإنكسار لجميع الأغشية وإنحراف القمم نحو الطاقات الفوتونية الواطئة، ونلاحظ أن سلوك المنحنيات هو نفس السلوك بعد التشعيع، حيث إن أقصى قيمة لمعامل الإنكسار تكون في مدى الأطوال الموجية القصيرة والمقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية ثم يبدأ بالتناقص مع زيادة الطول الموجي للأغشية كافة كما في الشكلين (34-4) و (36-4) فبعد تشعيع الأغشية ازدادت قيم معامل الإنكسار لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قليلا عن قيمه قبل التشعيع أما بالنسبة لقيم معامل الإنكسار لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمه قبل التشعيع.



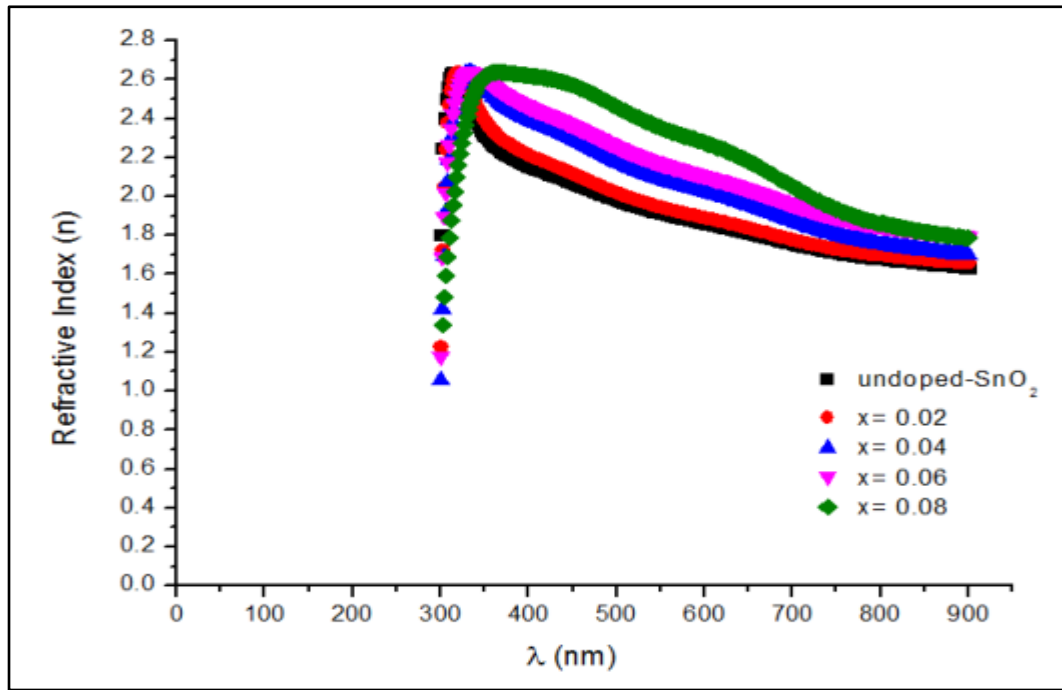
الشكل (33-4) معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ قبل التشعيع.



الشكل (34-4) معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



الشكل (35-4) معامل الإنكسار دالة للطول الموجي لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) قبل التشعيع.

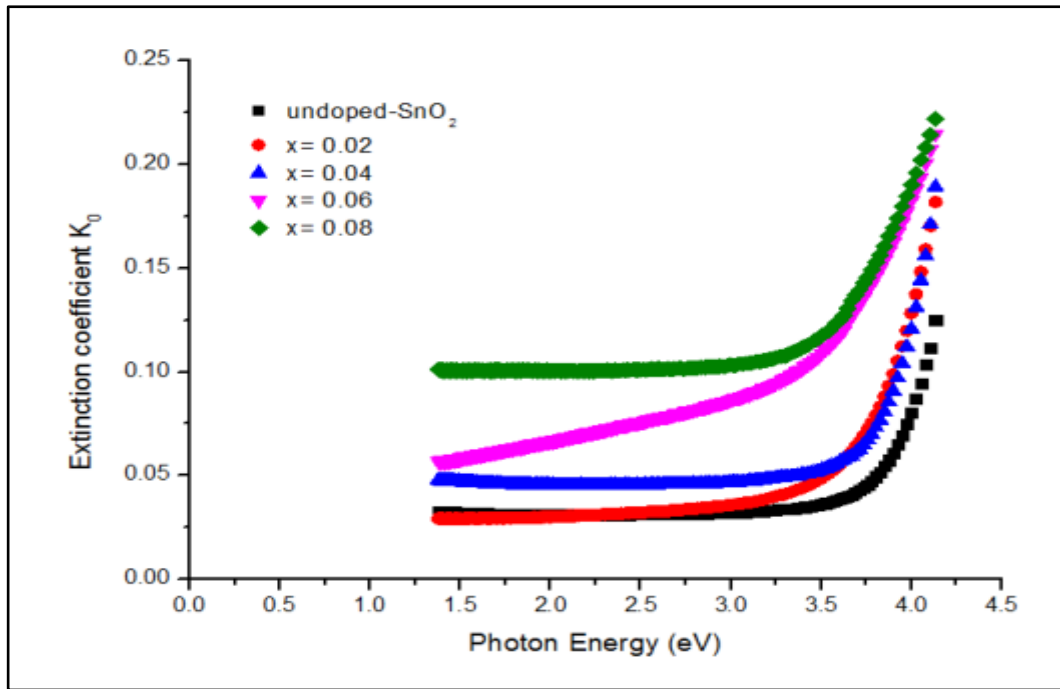


الشكل (4-36) معامل الانكسار دالة للطول الموجي لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع.

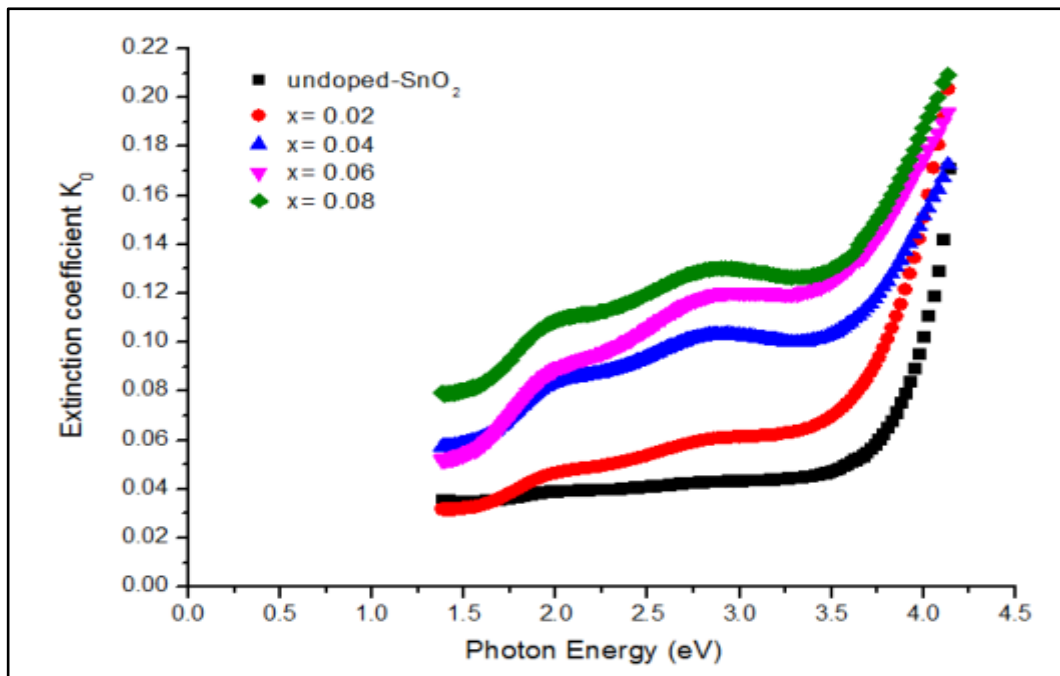
Extinction Coefficient (K_0)

(5-3-4) معامل الخمود

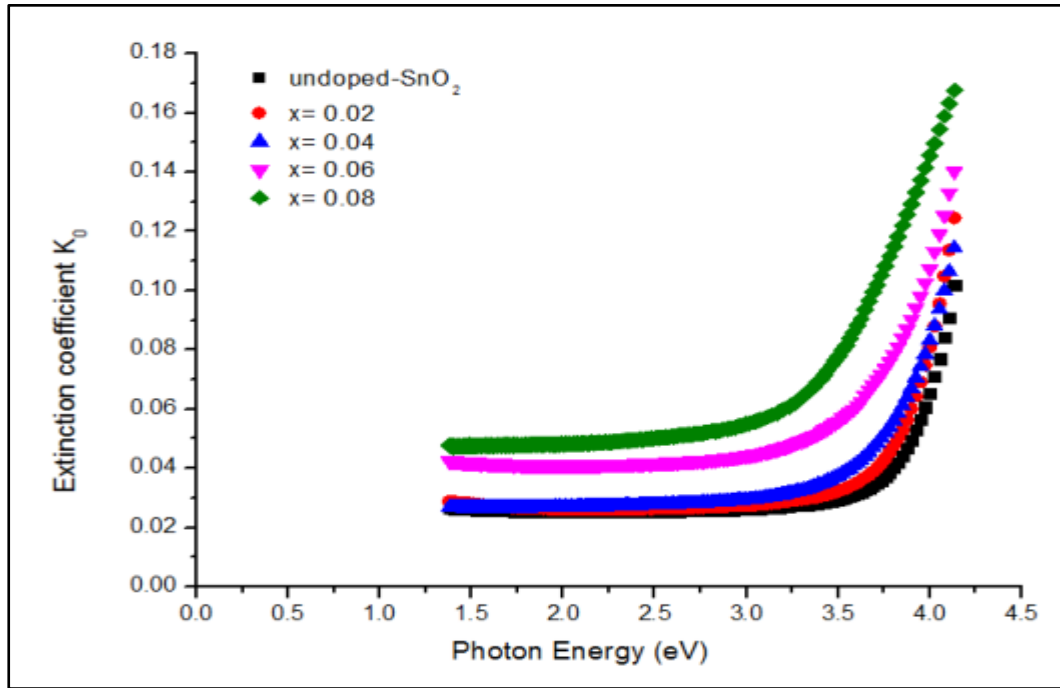
تم حساب معامل الخمود لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) من خلال قيم معامل الإمتصاص المحسوبة من طيف الإمتصاصية ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900) nm، وبموجب العلاقة (2-32) وتبين من الشكلين (4-37) و (4-39) أن قيم معامل الخمود قبل التشعيع تزداد تدريجياً وبنسبة قليلة مع زيادة طاقة الفوتون الساقط في المنطقتين تحت الحمراء والمرئية ثم يزداد بشكل مفاجئ وسريع في مدى الطاقات المقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية المقابلة لفجوة الطاقة البصرية لمادة الأغشية وتعزى هذه الزيادة بسبب زيادة قيم معامل الإمتصاص عند هذه الطاقات مما يدل على حدوث إنتقالات الكترونية مباشرة وقد أظهرت النتائج زيادة واضحة في جميع قيم معامل الخمود بزيادة نسبة التطعيم، اما بعد التشعيع فنلاحظ من خلال الشكلين (4-38) و (4-40) أن سلوك الأغشية كان مشابهاً إلى سلوكها قبل التشعيع وأن قيم معامل الخمود لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) لم تتأثر كثيراً بعد التشعيع اما بالنسبة لقيم معامل الخمود لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمه قبل التشعيع ويعود ذلك إلى زيادة معامل الإمتصاص بعد التشعيع لهذه الأغشية، إن تشابه سلوك منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الإمتصاص قبل وبعد التشعيع لجميع الأغشية ناتج عن إعتداد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الإمتصاص.



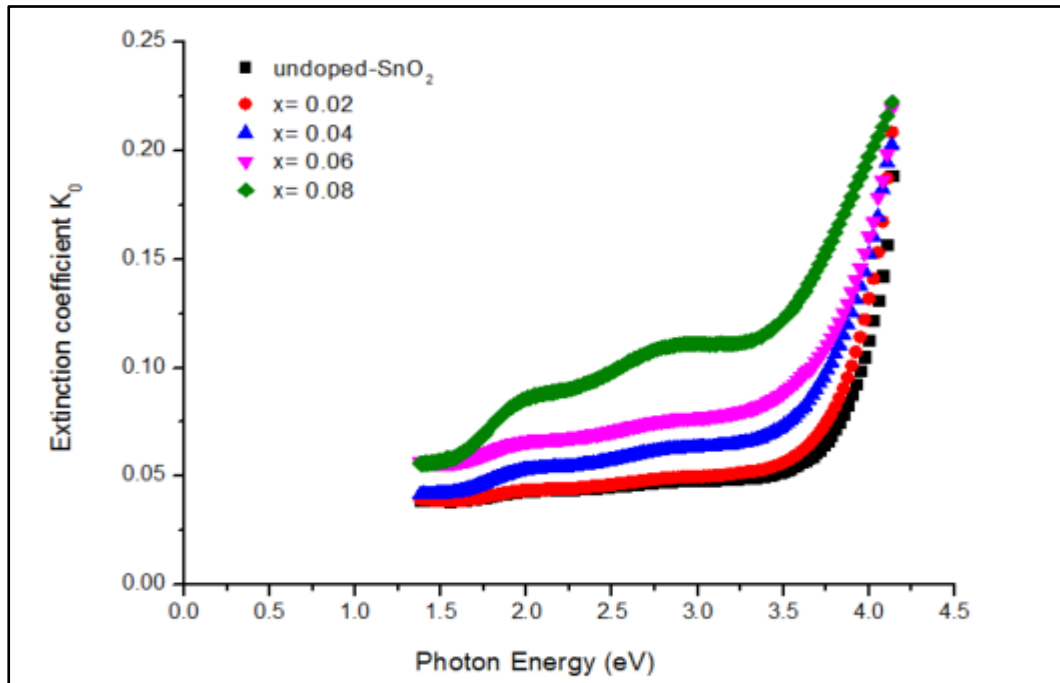
الشكل (4-37) معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (4-38) معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



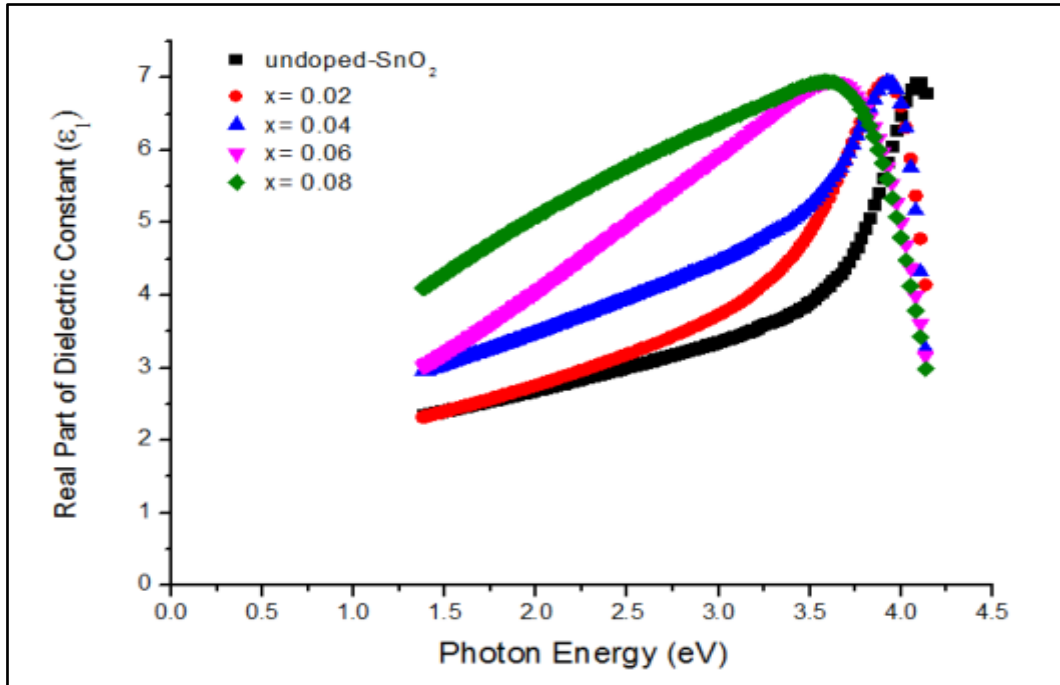
الشكل (4-39) معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) قبل التشعيع.



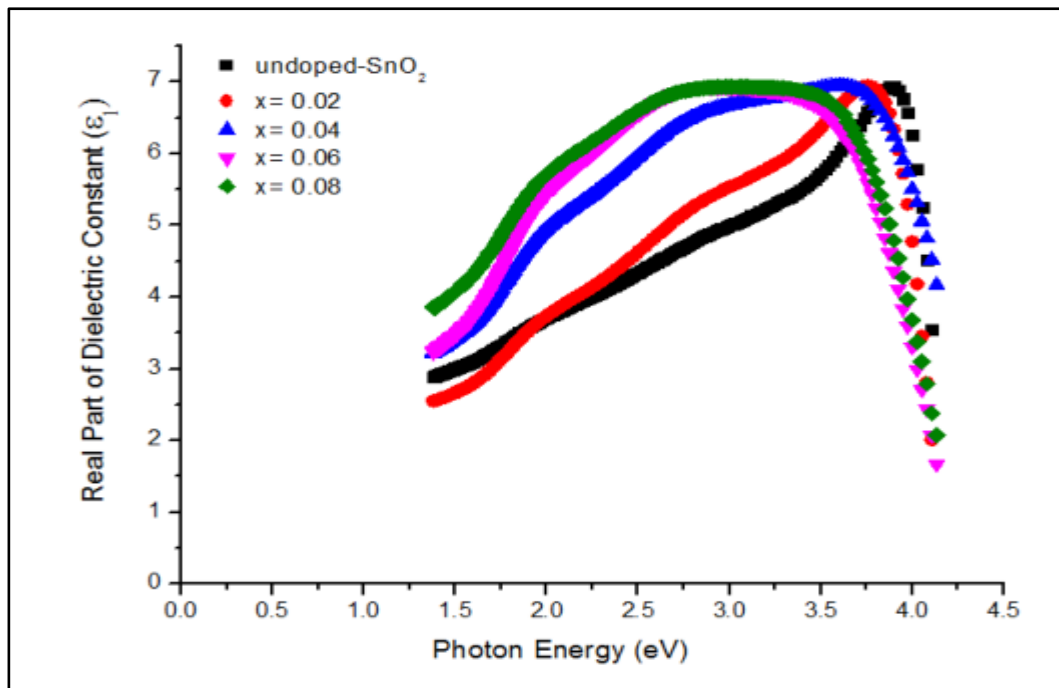
الشكل (4-40) معامل الخمود دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) بعد التشعيع.

(6-3-4) ثابت العزل البصري (Optical Dielectric Constant (ϵ))

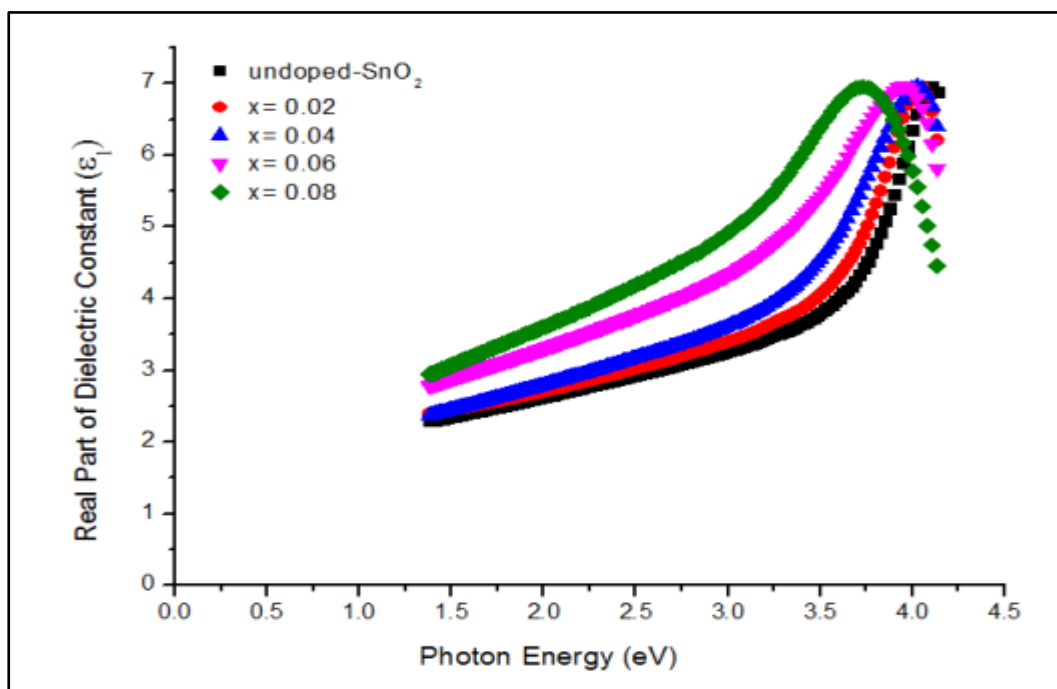
تم حساب الجزء الحقيقي لثابت العزل البصري (ϵ_1) للأغشية المحضرة من خلال المعادلة (36-2) قبل وبعد التشعيع، ونلاحظ من الشكلين (41-4) و (43-4) تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع، حيث ان قيم ثابت العزل الحقيقي تزداد مع زيادة نسبة التطعيم لجميع الأغشية وتبين أن سلوك منحني الجزء الحقيقي لثابت العزل البصري يشبه إلى حد ما سلوك منحني معامل الانكسار لأن تأثير معامل الخمود يكون قليلا عند مقارنته بتأثير معامل الانكسار لذلك يمكن إهماله، كما تبين أن قيمة ثابت العزل تزداد مع زيادة طاقة الفوتون إلى أن تصل إلى قيمة عظمى له عند الطاقة المقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية للأغشية المحضرة ثم يهبط في مدى الطاقات الفوتونية العالية كما ونلاحظ إنحراف قمم المنحنيات نحو الطاقات الفوتونية الأقل عند زيادة نسبة التطعيم، ومن الشكلين (42-4) و (44-4) نلاحظ أن سلوك المنحني بعد التشعيع كان مشابهاً الى سلوكه قبل التشعيع وإن قيم (ϵ_1) لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) إزدادت بنسبة قليلة بعد التشعيع اما بالنسبة لقيم (ϵ_1) لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمه قبل التشعيع ويعود ذلك إلى زيادة قيم معامل الانكسار بعد التشعيع.



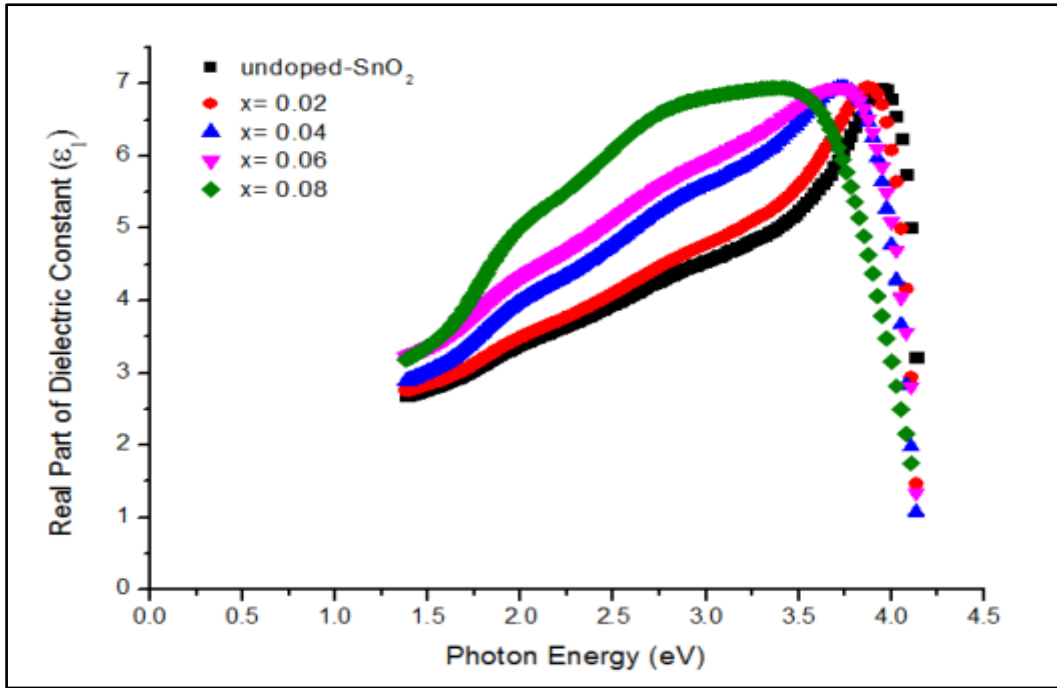
الشكل (41-4) الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع.



الشكل (4-42) الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع.

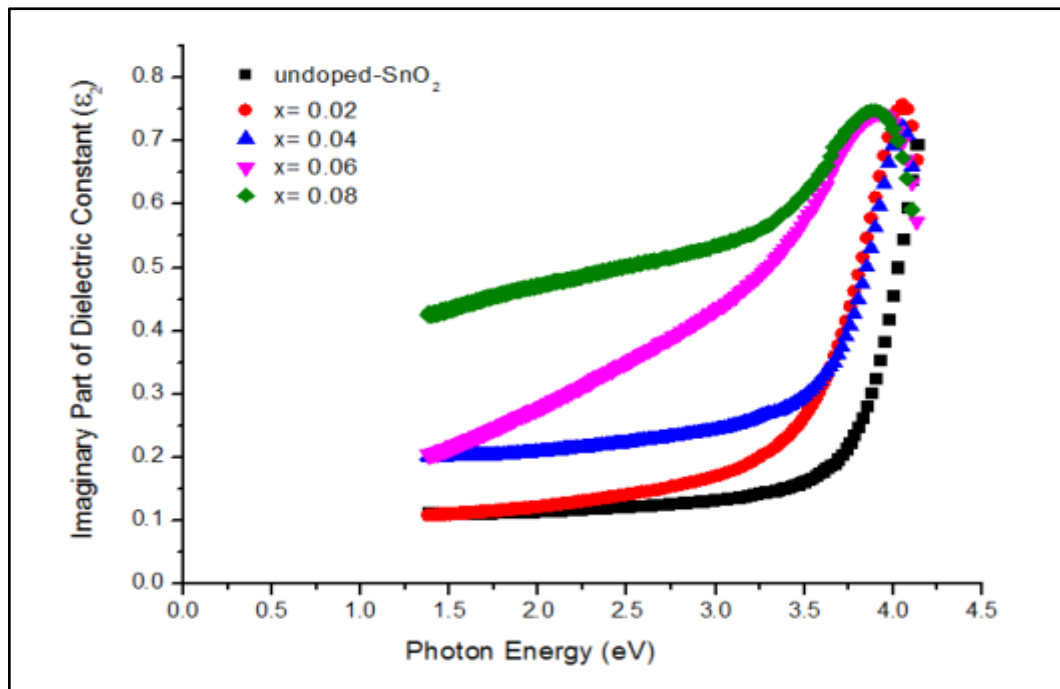


الشكل (4-43) الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع.

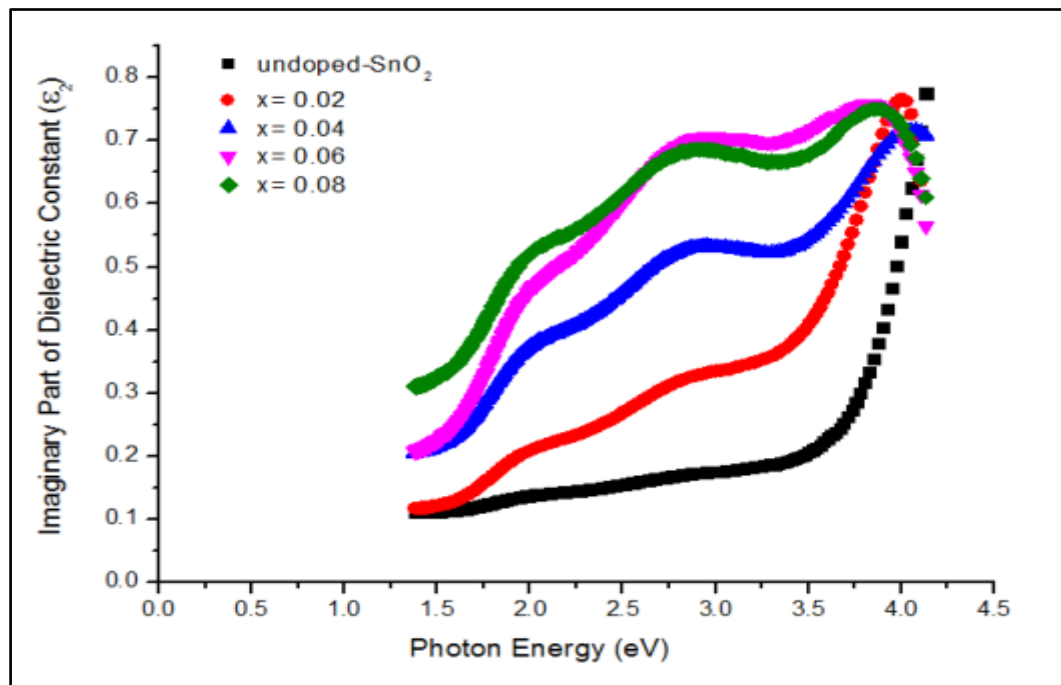


الشكل (44-4) الجزء الحقيقي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) بعد التشعيع.

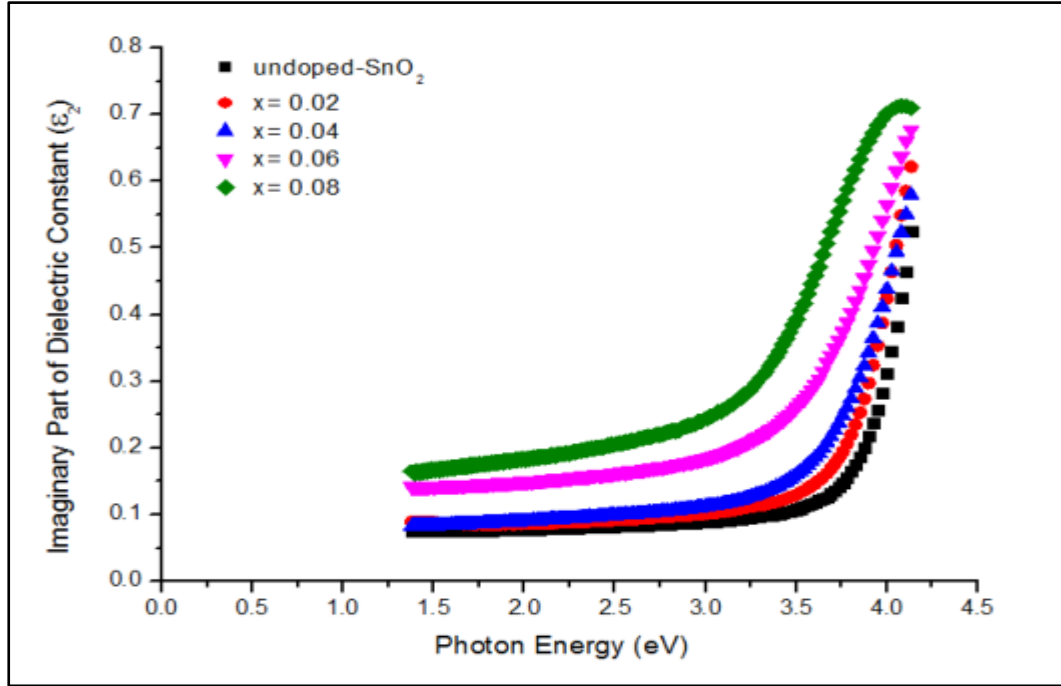
وتم حساب الجزء الخيالي لثابت العزل (ϵ_2) لكافة الأغشية من العلاقة (2-37) والذي يمثل مقياساً لحصول إمتصاص طاقة الإشعاع الساقط من قبل ذرات المادة، ونلاحظ من الشكلين (45-4) و (47-4) قبل التشعيع أن سلوك منحنى الجزء الخيالي لثابت العزل يشبه سلوك منحنى معامل الخمود لأنه يرتبط معه بالعلاقة اعلاه، حيث ان قيم ثابت العزل الخيالي تزداد مع زيادة نسبة التطعيم لجميع الاغشية ونلاحظ من خلال الشكلين تغير الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون الساقط للأغشية كافة وإن الذروة عند القيم الواطنة للطاقات الفوتونية تمثل إنقلاب جانب التحذب الموجود في منحنى معامل الخمود وذلك لإرتباط مفهوم الجزء الخيالي لثابت العزل بمفهوم معامل الخمود وإعتماد حساب قيم (ϵ_2) على معامل الخمود، ويتضح من الشكلين (46-4) و (48-4) أن قيم (ϵ_2) لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) لم تتأثر كثيراً بعد التشعيع اما بالنسبة لقيم (ϵ_2) لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمه قبل التشعيع ويعود ذلك إلى زيادة قيم معامل الخمود لهذه الأغشية بعد التشعيع.



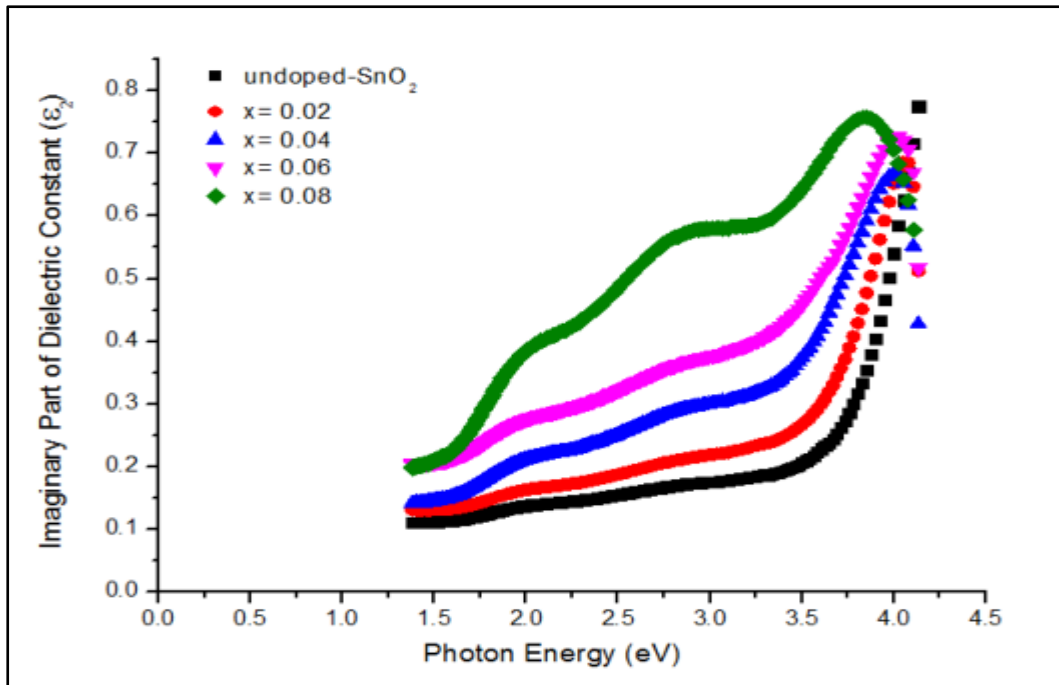
الشكل (4-45) الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع.



الشكل (4-46) الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع.



الشكل (4-47) الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل التشعيع.

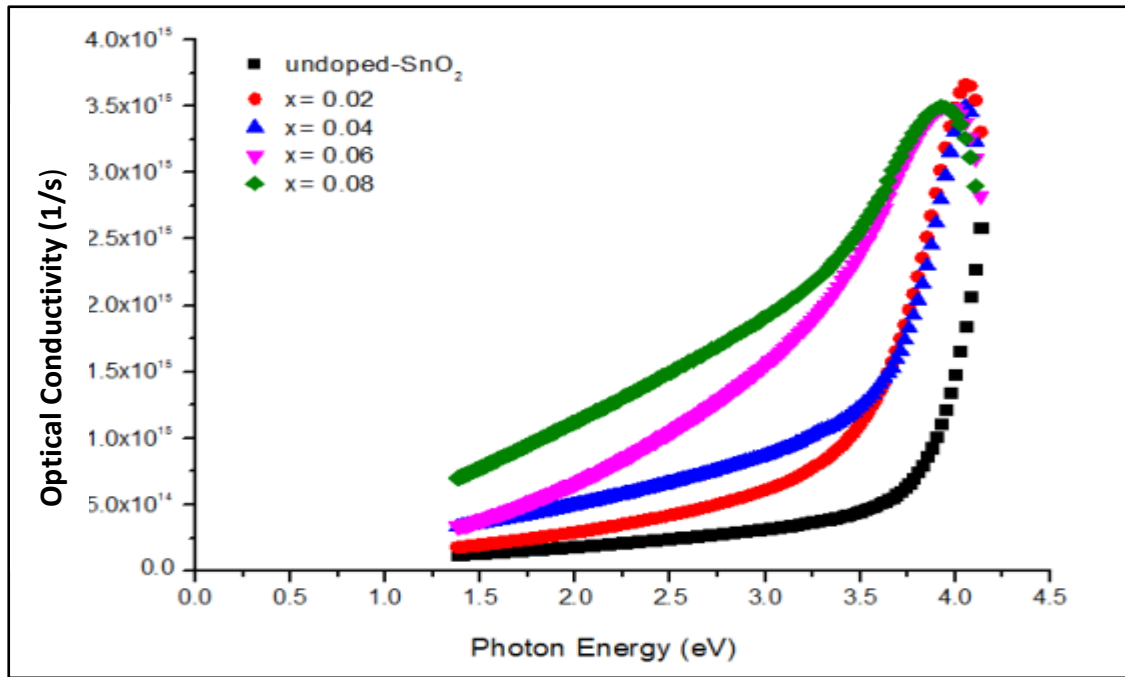


الشكل (4-48) الجزء الخيالي لثابت العزل دالة لطاقة الفوتون لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع.

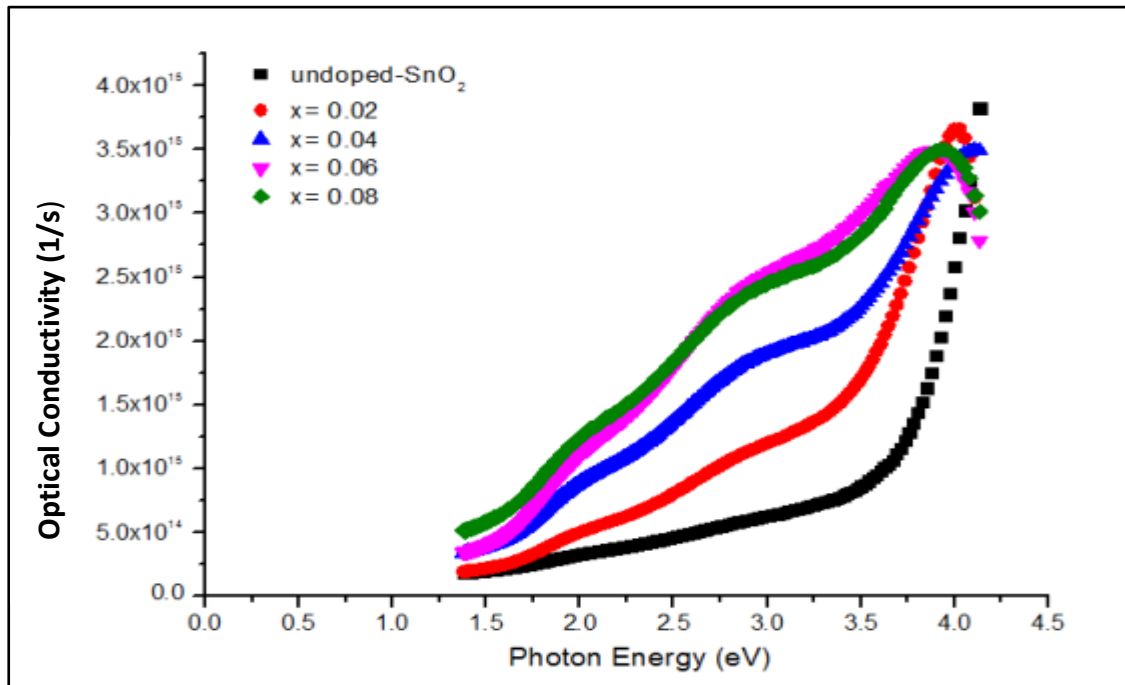
(7-3-4) التوصيلية البصرية Optical Conductivity (σ)

تم حساب التوصيلية البصرية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) و ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) قبل وبعد التشعيع من العلاقة (38-2)، حيث نلاحظ من الشكلين (49-4) و (51-4) تغير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لجميع الأغشية قبل التشعيع وتبين أن التوصيلية البصرية (σ) تزداد مع زيادة نسب التطعيم وطاقة الفوتون، إذ تصل إلى أقصى قيمة لها عند حافة الإمتصاص الأساسية ويعزى ذلك إلى أن التطعيم أدى إلى زيادة قيمة معامل الإمتصاص ومن ثم زيادة قيمة التوصيلية (σ) حسب المعادلة (38-2).

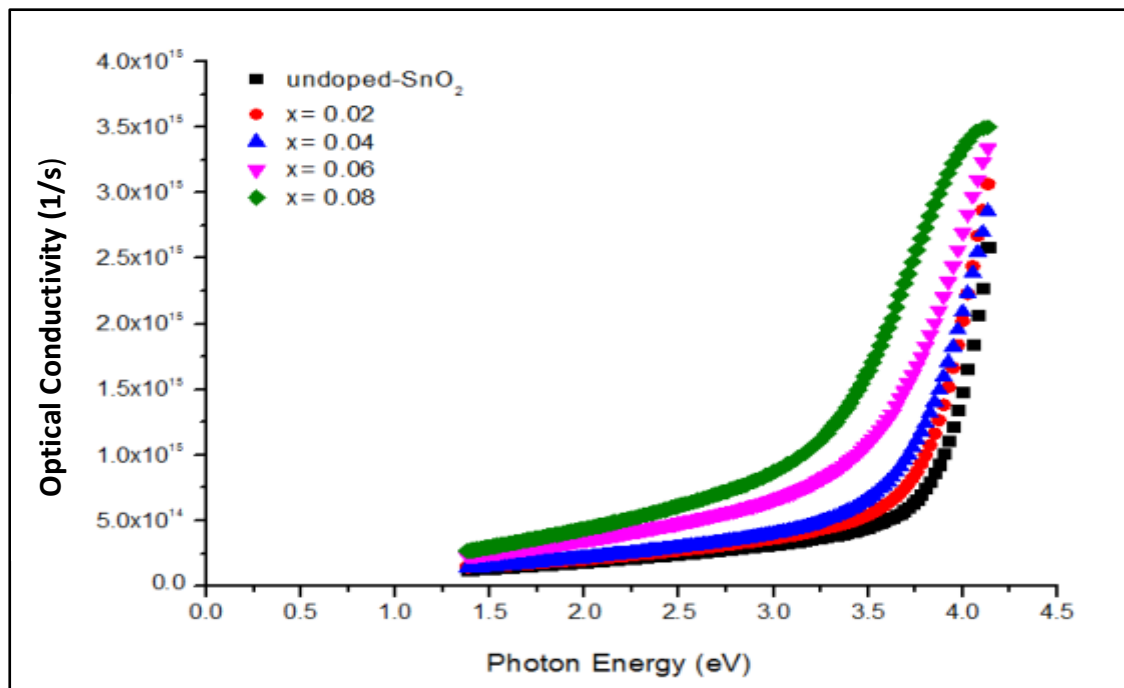
هذا وأن جميع الأغشية سلكت السلوك نفسه بعد التشعيع كما في الشكلين (50-4) و (52-4)، إلا أن قيم التوصيلية البصرية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$) لم تتأثر كثيراً بعد التشعيع، أما قيم التوصيلية البصرية لأغشية ($\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2$) بعد التشعيع فإنها إزدادت عن قيمها قبل التشعيع ويعود ذلك إلى زيادة قيم معامل الإمتصاص لهذه الأغشية بعد التشعيع.



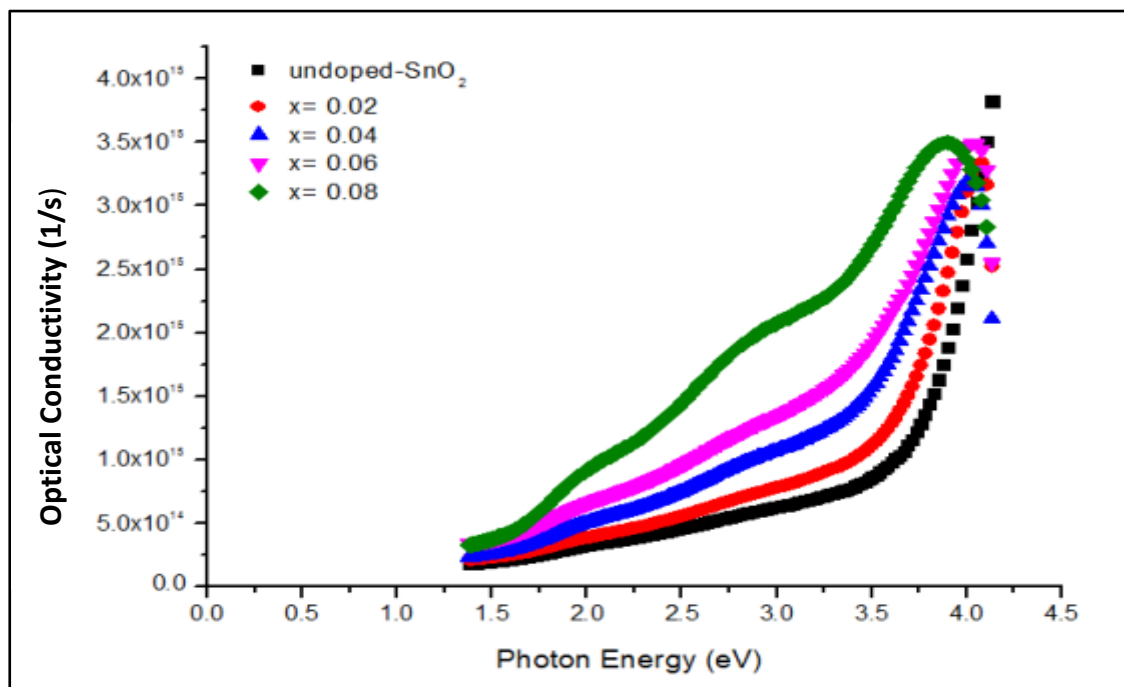
الشكل (4-49) التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (4-50) التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Mg_xO₂) بعد التشعيع.



الشكل (51-4) التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) قبل التشعيع.



الشكل (52-4) التوصيلية البصرية دالة لطاقة الفوتون لأغشية (Sn_{1-x}Fe_xO₂) بعد التشعيع.

Conclusions

(4-4) الإستنتاجات

- 1- أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية أن أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع الرباعي وذات اتجاه سائد (110) وأن زيادة نسبة التطعيم أدت إلى نقصان معدل الحجم الحبيبي للأغشية ماعدا النسبة (8%) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ ونقصان في قيم ثوابت الشبكة (a_0, c_0) وحجم وحدة الخلية (v) ماعدا النسبة (8%) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ أيضاً، بينما ازدادت كل من كثافة الإنخلاع وعدد البلوريات وعدد الطبقات والمساحة السطحية النوعية لكافة الأغشية.
- 2- بينت نتائج فحوصات (AFM) لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ تغير خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة (RMS) والحجم الحبيبي بالتطعيم، حيث أظهرت النتائج زيادة نعومة السطح وأعطت مؤشراً واضحاً لتكون الحبيبات النانوية.
- 3- أوضحت نتائج القياسات البصرية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بأن الإنتقالات الإلكترونية كانت إنتقالات إلكترونية مباشرة وأن فجوة الطاقة البصرية تتناقص مع زيادة نسبة التطعيم لكافة الأغشية.
- 4- وجد أن زيادة نسبة التطعيم تؤدي إلى تناقص قيم النفاذية بينما ازداد كل من معامل الإمتصاص وكذلك الثوابت البصرية.
- 5- بعد تشيع كافة الأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ بأشعة كاما ودراسة الخصائص البصرية لها قبل وبعد التشيع، تبين أن فجوة الطاقة تناقصت بعد التشيع عن قيمتها قبل التشيع ولكافة الأغشية كذلك فإن قيمة النفاذية تناقصت بعد التشيع، ولم يتأثر معامل الإمتصاص كثيراً لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ بينما ازداد معامل الإمتصاص لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ وكذلك الثوابت البصرية بعد التشيع.
- 6- ان تناقص قيم فجوة الطاقة مع زيادة نسبة التطعيم قبل التشيع وتناقصها بشكل ملحوظ بعد التشيع عن قيمها قبل التشيع يجعل من أغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ أغشية مناسبة للإستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية.

Future Works

(5-4) المشاريع المستقبلية

- 1- دراسة تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.
- 2- دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص الكهربائية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.
- 3- دراسة تأثير تغير درجة حرارة القاعدة على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.
- 4- دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص التركيبية والبصرية لحبيبات $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ و $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ المحضرة بطريقة المحلول الغروي (Sol-Gel).



المصادر

References

- [1] A. Lopez Otero, "**Hol wall epitayg thin solid films**", vol.49, (3),(1978).
- [2] عبد الله محمد فارع، "دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الزنك المشوب بمجموعة الهالوجينات والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (2002).
- [3] L. Eckcrtova, "**Physics of Thin Films**", Plenum Press, (1977).
- [4] J. R. Son, "**Thin Film Technologies**", 2nd Ed. (1986).
- [5] Sh. M. Ali, "**Theoretical study for the Heterojunction (n-amorphous/p crystalline Silicon)**", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustansiriya University, (1996).
- [6] K. L.Chopra, "**Thin film phenomena**", Mc Graw-Hill, Inc. Company, New York, (1968).
- [7] K.L.Chopra and I.Kaur, "**Thin Film Devices Applications**", Plenum Press, New York, (1983).
- [8] B .N. Chapman, "**Glow Discharge Processes**", John-Wiley and Sons Company, New York, (1980).
- [9] R. W. Berry, P. M. Hall and T. Harries "**Thin Film Technology**" Litton Educational publishing, New York, (1969).
- [10] Mustafa Amer Hassan, "**The Effect of Doping & Annealing In Some Physical Properties Of Cu₂S Thin Film Prepared By Spraying Pyrolysis**", M. Sc. Thesis, University of Technology, (2006).
- [11] L. Maissel & R. G. Lang, "**Hand Book of thin film Technology**", Mc Grow-Hill, New York, (1970).
- [12] H. G. Rashid, "**design and optimization of thin films optical filters with applications in the visible and infrared regions**", Ph.D. thesis, Al - Mustansiriya University, (1996).

- [13] Giouroudi, J. Kosel, C. Schaeffer, " **Recent Developments and Patents on Thin Film Technology**", Recent Patents on Materials Science, vol.1, No 3, pp. (200-208), (2008).
- [14] D. perednis, Ludwig and J. Gaucklir, " **Thin film Deposition Using Spray Pyrolysis** ", Journal of Electroceramics, Vol. 14, pp. (103-111), (2005).
- [15] J. L. Vossen and W. Kern, "**Thin Film Processes**", Academic Press, Inc., Orlando (1978).
- [16] Mervat Kadhom Erhaima, " **Structural and Optical Properties of ZnO:CO (CZO) Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Method**", M. Sc. Thesis, University of Baghdad, (2010).
- [17] L. Filipovic, Member, IAENG, S. Selberherr, Giorgio C. Mutinati, E. Brunet, "**Modeling Spray Pyrolysis Deposition**", Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol.2, (2013).
- [18] James E. House Kathleen A. House, "**Descriptive Inorganic Chemistry**" 2nd, Illinois Wesleyan University, Bloomington, (2010).
- [19] Satri Baco, Abdullah Chik, Fouziah Md. Yassin, "**Study on Optical Properties of Tin Oxide Thin Film at Different Annealing Temperature**", Journal of science and technology, Vol. 4, pp. (61-72), (2012).
- [20] T. Kim, D. Lee, J. Lee, D. Choo, M. Jung & Y. Yoon, "**structural, electrical and optical properties of SnO₂ nano crystalline Thin Films grow on p-Insb (111) substrates**", J. Appl. phys., Vol. 90, No.1, (2001).
- [21] M. Bagheri-Mohagheghi, M. Shokooh-Saremi, " **Investigations on the physical properties of SnO₂-ZnO transparent conducting binary -binary system deposited by spray pyrolysis technique**", Thin Films, Vol. 441, pp.(238-242), (2003).

- [22] C. Chambers, A. Holliday, "**Modern Inorganic Chemistry**", Book, Translate by AL-Mousil university, (1982).
- [23] C. Bailar & H.J. Emeleus, Gamblidg SIR Ronald Nyholm, "**Comprehensive Inorganic Chemistry** ", Editorial Board, (1986).
- [24] P. Myers "**Introductory Solid State Physics**", 2nd Ed., Chalmers University of Technology, Sweden, (1997).
- [25] د. مهدي ناجي، د. عصام جرجيس، د. كاظم العبيدي، د. حبيب عبد الاحد، "**الكيمياء اللاعضوية**", وزارة التعليم العالي، (1982).
- [26] Q. Zhu, A. R. Oganov and A.O. Lyakhov "**Novel stable compounds in the Mg–O system under high pressure**", Phys. Chem. Chem. Phys, Vol.15, No.20, pp.(7696-7700), (2013) .
- [27] Dr. Evan T. Salem & Farhan A. Mohamed, "**Transparent Oxide MgO Thin Films Prepared By Reactive Pulsed Laser Deposition**", Eng.& Tech. Journal, Vol.28, No.4, pp.(723-729), (2010).
- [28] Guanghua Liu, Jiangtao Li, Feng Wang, Yixiang Chen, "**Nanoflake-modified MgO microspheres prepared by flame spraying**", Elsevier, materials letters, Vol .115, pp.(226-228), (2014).
- [29] Ji Ming Bian, Xiao Min Li, Tong Lai Chen, Xiang Dong Gao, Wei Dong Yu, "**Preparation of high quality MgO thin films by ultrasonic spray pyrolysis**", Applied Surface Science, Vol .228, pp. (297- 301), (2004).
- [30] G. Dercz, K. Prusik, L. Pajaki, R. Pielaszek, J. J. Malinowski, W. Pudlo, "**Structure studies on Nano crystalline Powder of MgO Xerogel Prepared by the Sol-Gel method**", Journal of Materials Science-Poland, Vol.27, No.1, pp. (202-207), (2009).
- [31] https://www.webelements.com/compounds/magnesium/magnesium_oxide.html.

- [32] L. Dghoughi, B. Elidrissi, C. Bernede, M. Addou, M. Alaoui Lamrani, M. Regragui, H. Erguig, **"Physico-chemical, optical and electrochemical properties of iron oxide thin films prepared by spray pyrolysis"**, Appl. Surf. Sci., Vol.253, No.4, pp.(1823-1829), (2006).
- [33] N. Beermann, L. Vayssieres, S-E. Lindquist, A. Hagfeldt, **"Photo electrochemical Studies of Oriented Nanorod Thin Films of Hematite"**, J. Electrochem. Soc., Vol.147, No.7, pp.(2456 -2461), (2000).
- [34] Y. J. Park, K. M. A. Sobahan, C.K. Hwangbo, **"Optical and structural properties of Fe₂O₃ thin films prepared by ion-beam assisted deposition "**, Surface and Coatings Technology, Vol.203, No.17, pp.(2646-2650), (2009).
- [35] M. Allen, D. Willits, J. Mosolf and M. Young, **"Protein Cage Constrained Synthesis of Ferrimagnetic Iron Oxide Nanoparticles"**, Adv. Mater, Vol.14, No.21, pp.(1562-1565), (2002).
- [36] Lindgren T, Wang H, Beermann N, **"Aqueous photo electrochemistry of hematite nanorod array. Sol Energy"**, Mater Sol. Cells, Vol.71, pp.(231-243), (2002).
- [37] G.Kiriadis, N. Katsaraki, M. Bender, E. Gagaoudakis and V. Cimalla, **"In OX Thin films Candidates for Novel Chemical and Optoelectronic Applications "**, Vol.1, pp.(83-97), (2000).
- [38] S. S. Kulkarni, C.D. Lokhande, **" Structural, optical, electrical and dielectrical properties of electro synthesized nanocrystalline iron oxide thin films"**, Materials Chemistry and Physics, Vol.82, No.1, pp.(151-156), (2003).
- [39] جي اي دفي **"الكيمياء اللاعضوية العامة"**، ترجمة د. حبيب عبد الاحد، مطبعة جامعة الموصل، (1986).

- [40] D. R. Lide, "**Handbook of Chemistry and Physics**", CRC Press, (1990).
- [41] J. Chen, L. Xu, W. Li, and X. Gou, " **α -Fe₂O₃ Nanotubes in Gas Sensor and Lithium-Ion Battery Applications**", Adv. Mater., Vol.17, No.5, pp.(582-586), (2005).
- [42] Sanjeev Gautam¹, S. Kumar, P. Thakur, K. H. Chae¹, Ravi Kumar, B.H., "**Electronic structure studies of Fe doped ZnO nanorods by x-ray absorption fine structure**", Journal of Physics D: Applied Physics, Vol.42, No.17, p.(388), (2009).
- [43] N. F. Habubi, "**The Effect of Gamma ray on the physical properties of Doped and Undoped SnO₂**", Ph.D. Thesis, Science College, Al-Mustansiriya University, (2003).
- [44] M. Bagheri, M. Saremi, "**Electrical, optical and structural properties of Li-doped SnO₂ transparent conducting films deposited by the spray pyrolysis technique: a carrier-type conversion study**", Semiconductors Sci. Technol., vol.19, pp. (764- 769), (2004).
- [45] سامي سلمان جيايد، "**الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (SnO₂) المشوبة بالفلور والمشعة بأشعة كاما**"، رسالة ماجستير، كلية العلوم للبنات، جامعة بغداد، (2005).
- [46] T. Serin, N. Serin, S. Karadeniz, H. Sarı N. Tug luog lu b, O. Pakma, "**Electrical, structural and optical properties of SnO₂ thin films prepared by spray pyrolysis**", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol.352, pp. (209-215), (2006).
- [47] محمد عوده داود، "**تحسين كفاءة الخلية الشمسية السيليكونية باستخدام بعض الاكاسيد TCO_s لطبقة مضادة للانعكاس**"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية (2006).

- [48] S. Karadeniz, " **^{60}Co c-ray irradiation effects on dielectric characteristics of tin oxide films of different thicknesses on n-type Si(111) substrates**", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 260, pp. (571-578), (2007).
- [49] M. Bagheri-Mohagheghi, N. Shahtahmasebi, M.R. Alinejad, A. Youssefi, M. Shokooh-Saremi, "**Fe-doped SnO_2 transparent semi-conducting thin films deposited by spray pyrolysis technique: Thermoelectric and p-type conductivity properties**" Elsevier, Solid State Sciences, Vol.11, pp.(233-239), (2008).
- [50] H. Bahidh, "**Optical and Structural Properties of (ZnO-SnO_2) and their Mixture Prepared by Chemical Spray Pyrolysis**" M.Sc. thesis, College of Science, University of Baghdad, (2009).
- [51] Raad S. Sabry, "**Effect of Electron Beam Irradiation on Optical and electrical Properties of Tin Dioxide Thin Film**", AL- Mustansiriya J. Sci, Vol. 21, No.6, (2010).
- [52] Chanchana Thanachayanont, Visittapong Yordsri, Chris Boothroyd, "**Microstructural investigation and SnO nano defects in spray-pyrolyzed SnO_2 thin films**", Elsevier, Materials Letters 65, pp. (2610-2613), (2011).
- [53] Tariq H. Abbood, "**The effect of Gamma rays on the optical constants of SnO_2 prepared by spray pyrolysis technique**", Al-Mustansiriya University, College of Education, Journal of Education, Vol.2, No.1, (2012).
- [54] عصام محمد ابراهيم، افتخار محمود علي، رعد محمد صالح، هدى ضياء محمد، " تأثير درجة حرارة الأرضية على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية SnO_2 الرقيقة "، المجلة العراقية للفيزياء، المجلد العاشر، العدد الثامن عشر، (2012).

- [55] Basim E. Gasgous, Nawroz I. Hassan, Cheman B. Ismaeil and Hayfa G. Rashid, "**Structural and Optical Constants of Fe- doped SnO₂ Thin film**", AL-Mustansiriya University, College of Education, No.1, pp.(463-474), (2013).
- [56] عادل حبيب عمران، شيماء كريم حسين، " **الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (SnO₂) نانوية التبلور والمحضرة بطريقة الرش الحراري**", مجلة الكوفة-الفيزياء، المجلد الخامس، العدد الاول، (2013).
- [57] Ala'a Abdul Hameed, " **Study of some properties of SnO₂ film**" Eng. & Tech .Journal ,Vol.31, No.12, pp. (2292-2298), Part (A), (2013).
- [58] B. Thomas, B. Skariah, "**Spray deposited Mg-doped SnO₂ thin film LPG sensor: XPS and EDX analysis in relation to Deposition temperature and Doping**", Journal of Alloys and Compounds, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.11.092>. (2014).
- [59] Xia Li, Rui Deng, Yongfeng Li, Bin Yao, Zhanhui Ding, Jieming Qin, Qingcheng Liang, "**Effect of Mg doping on optical and electrical properties of SnO₂ thin films: An experiment and first-principles study**", Ceramics International, www.elsevier.com/locate/ceramint, pp. (1-5), (2015).
- [60] Waffa .k khalaf, Eklas .k .Hamza, Amena A. Salman, "**Morphology, Optical and Electrical Properties of Tin Oxide Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Method**", Eng. &Tech. Journal, Vol.33, No.3, pp.(539-546), (2015).
- [61] Muhamed Sajeer. K, Muhammed Rafi," **Growth, Structural, Optical, Morphological Studies of SnO₂ Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique**", Int. Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, pp.(3274- 3278), (2015).

- [62] Dr. Selma M. H. Al-Jawad, Fadheela H. Oleiwe, Jabbar .H. Khulaef, **"Preparation and Characterization of Tin Oxide Thin Films by Using Spray Pyrolysis Technique"**, Eng. & Tech. Journal, Vol. 33, No.3, pp. (528- 538), Part (B), (2015).
- [63] S. Palanichamy, L. Amalraj J. Raj Mohamed and P.S. Satheesh Kumar, **"Structural and Optical Properties of SnO₂ Thin Film by Nebulizer Spray Pyrolysis Technique"**, South Asian Journal of Engineering and Technology, Vol.2, pp. (26–34), No.14, (2016).
- [64] H. He, Z. Xie, Q. Li, J. Li, Q. Zhang, **" Novel p-type conductivity in SnO₂ thin films by Mg doping"**, Journal of Alloys and Compounds, No.4, pp. (222), (2017).
- [65] رياض كمال الحكيم، عادل خضير حسين، "أسس الهندسة الالكترونية"، مطبعة وزارة التعليم العالي، (1980).
- [66] زياد طارق خضير، "دراسة الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم المشوب بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (2003).
- [67] وائل عبد السلام عبد الغفور، " دراسة في بعض صفات أغشية (PbS) الماصة انتقائياً و أغشية (SnO₂) النفاذة انتقائياً المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية العلوم ، جامعة البصرة، (1989).
- [68] A. N. Donald, **"Semiconductor Physics and Devices"**, Irwin, USA, (1992).
- [69] Ben Streetman, Sanjay Banerjee, **"Solid State Electronic Devices"**, 6nd edition, Hall International, Inc., U.S.A, (2009).
- [70] S. M. Sze, **"Physics of Semiconductors Device"**, John wiley and Sons, Inc. New York, (1985).
- [71] J. I. Ponkove, **"Optical Processes in Semiconductors"**, Dove Publications Inc., New York, (1975).

- [72] S. M. Sze, **"Semiconductors Devices physics and Technology"**,
Translated to Arabic by F. G. Hagaty and H. A. Ahmed, Baghdad,
(1990).
- [73] R. A. Smith, **"Semiconductors"**, (Cambridge press, 2nd.ed), (1987).
- [74] A. G. Nilens, **" Deep Impurity in Semiconductors"**, Wiley – Inter
Science Publication, (1973) .
- [75] K. Segger, **" Semiconductor Physics "**, Sprmger -Verlage Wien,
(1973).
- [76] [Sn_{1-x}V_xO₂] "تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية
الرقيقة ومسحوقه النانوي"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة ديالى، (2015).
- [77] C. Kittel, **"Introduction to Solid State physics"**, 8th Edd, John
Wiley & Sons Inc, (2005).
- [78] مؤيد جبرائيل يوسف، **" فيزياء الحالة الصلبة"**، مطبعة جامعة بغداد، الجزئين الاول
والثاني، (1986).
- [79] D. R. Acosta, E.Zironi, Estrada, and Montoya, **"Materials Research
Society Symposium proceedings"**, (1997).
- [80] Ali Jasim AL-Jabiry, **"Studying the Effect of Molarity on the
Physical and Sensing Properties of Zinc Oxide Thin Films
Prepared by Spray Pyrolysis Technique"**, Ph.D. Thesis
University of Technology, (2007).
- [81] S. O. Kasap, **"principles of electronic materials and devices"**, 2nd
Higher Education، edition Mc Graw- Hill, (2002).
- [82] K. Alexander, **"X-ray diffraction procedures for polycrystalline and
amorph- ous material"**, John and Sons, (1974).
- [83] يحيى نوري الجمال، **"فيزياء الحالة الصلبة"**، مطبعة جامعة الموصل (1990).
- [84] A. Popa, D. Toloman, O. Raita, M. Stan, O. Pana, **"Ferromagnetic
Behavior of Vanadium Doped SnO₂ Nanoparticles and Nealed at
Different Temperatures"**, Journal of Alloys and Compounds,
Vol.591, pp.(201-206), (2014).

- [85] M. Caglar, S. Ilcan, Y. Caglar, "**Influence of Substrate Temperature on Structural and Electrical Properties of ZnO Films**", J. Sci, Vol.7, No.2, p.(153), (2006).
- [86] B. Joseph, P. K. Manoj, V. K. Vaidyan, "**Study on preparation and characterization of indium doped zinc oxide film by chemical spray deposition**", Bull Mater. Sci., Vol.28, No.5, pp. (487-491), (2005).
- [87] Y. T. Prabhu, K. V. Rao, V. S. Kumar, B.S. Kumari, "**X-Ray Analysis by Williamson-Hall and Size-Strain Plot Methods of ZnO Nanoparticles with Fuel Variation**", World Journal of Nano Science and Engineering, Vol.4, pp.(21-28), (2014).
- [88] C.S. Barrett, T.B. Massalski, "**Structure of Metals**", Pergamon, Oxford, p.(204), (1980).
- [89] V. Bilgin, S. Kose, F. Atay, I. Akyuz, "**The effect of Sn concentration on some physical properties of zinc oxide films prepared by ultrasonic spray pyrolysis**", Journal of Materials Science, Vol.40, pp.(1909-1915), (2005).
- [90] M. Caglar, Y. Caglar, S. Ilcan, "**The determination of the thickness and optical constants of the ZnO crystalline thin film by using envelope method**", Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol.8, No.4, pp.(1410-1413), (2006).
- [91] R. Ferro, J.A. Rodriguez, O. Vigil, A. Morales-Acevedo, "**Chemical composition and electrical conduction mechanism for CdO:F thin films deposited by spray pyrolysis**", Materials Science and Engineering, Vol.87, No.1, pp.(83-86), (2001).
- [92] M. Dhanam, R.R. Prabhu and P. K. Manoj, "**Investigations on chemical bath deposited cadmium selenid thin films**", Materials chemistry and Physics, Vol.107, pp.(289-296), (2008).

- [93] M. E. Nielsen and M. R. Fisk, "**specific surface area and physical properties of subsurface basalt samples**", from the east flank of Juan de Fuca Ridge, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, V.301, pp.(1-8), (2008).
- [94] J. A. Joseph N, Donald RB, Daniel M, Amit S, You Qiang, "**Size-Dependent Specific Surface Area of Nanoporous Film Assembled by Core-Shell Iron Nanoclusters**", Journal of Nano materials, V.54961, pp.(1-4), (2006).
- [95] Pabst & Gregorova, "**Characterization of particles and particle systems**", ICT Prague, (2007).
- [96] Jo-Yong Park, Yun-Jo Lee, Ki-Won Jun, Jin-Ook Baeg and Dae Jae Yim, "**Chemical Synthesis and Characterization of Highly Oil Dispersed MgO Nanoparticles**", Ind. Eng. Chem, Vol. 12, No.6, pp.(882-887), (2006).
- [97] K. Lang, A. Hite, R. Simmonds, R. Dermott, D. Pappas, J. M. Martinis, "**Conducting atomic force microscopy for nanoscale tunnel barrier characterization**", Review of Scientific Instruments, vol.75, No. 8, pp.(2726–2731), (2004).
- [98] S. Al-Ani, "**Studies of optical and Related Properties of Thin Amorphous Films**", Ph.D. Thesis, Brunel University, (1984).
- [99] N. F. Mott, E. A. Davis, "**Electronic Processes in non-Crystalline Materials**", 2nd edition, Clarendon Press. Oxford, (2014).
- [100] B. Saporal and C. Herman, "**Physics of Semiconductors**", Springer Verlag, 1ed, (1994).
- [101] E. Bacaksiz, S. Aksu, B. Basol, M. Altunbas, M. Parlak, E. Yanmaz, "**Structural, Optical and Magnetic Properties of (Zn_{1-x}Co_xO) Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis**", Thin Solid Films, Vol.516, No.21, pp.(7899-7902), (2008).

- [102] M. A. Omer, **"Elementary Solid State Physics"**, Addison - Wesley Publishing, (1975) .
- [103] C. F. K. Lingshirm, **"Semiconductor Optics"**, Springer Verlag, Berlin Hridelberg, (1st ed.), (1997).
- [104] H. Ahmed, Bahaa H. Rabee, H. Hakim, A.Hashim, S. R. Salman, **"Preparation and Study of Optical Properties of (Polymer-Nickel Nitrate) Composite"**, Advances in Physics Theories and Applications, V. 20, pp.(152-157), (2013).
- [105] A. Boukhachem, B. Ouni, A. Bouzidi, A. Amlouk, K. Boubaker, M. Bouhafs and M. Amlouk1, **" Quantum Effects of Indium/Ytterbium Doping on ZnO-Like Nano-Condensed Matter in terms of Urbach- Martienssen and Wemple-Didomenico Single-Oscillator Models Parameters"**, Condensed Matter Physics, V(2012), pp.(1-11), (2012).
- [106] احمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيرى، **" فيزياء الجوامد"**، مطبعة الفكر العربي (2000) .
- [107] J. Kvietkova, L. Siozade, P. Disseix1, A. Vasson, J. Leymarie, Damilano, N. Grandjean, and J. Massies, **"Optical Investigations and Absorption Coefficient Determination of (InGaN/GaN) Quantum Wells"** phys. stat.sol, V.190, No.1, pp.(135-140), (2012).
- [108] R. H. French, H. Mullejans and D. J. Jones, **"Optical Properties of Aluminum Oxide: Determined from Vacuum Ultraviolet and Electron Energy-Loss Spectroscopies"**, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 81, No. 10, pp. (2549-2557), (1998).
- [109] Sabah A. Salman, Ziad T. Khodair, Rusul K. Ismail, **"Study The Effect of Thickness on The Optical Properties of ZNFe2O4 Film Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Method"**, International Journal of Current Research, Vol. 6, pp.(9669-9675), (2014).

- [110] B. L. Mattes, L. Kazmarsk, "**Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices**", 2nd edition, Academic Press, (1980).
- [111] C. Mwolfe, N. Holouyak, G.B. Stillmau, "**Physical Properties of Semiconductor**", Printice Hall, New York, (1989).
- [112] صبحي سعيد الراوي، "فيزياء الالكترونيات"، مطبعة جامعة الموصل، (1980).
- [113] A. Li, "**Interaction of Nanoparticles with Radiation**", Astrophysics of Dust, The University of Arizona, Vol.14, pp. (1-36), (2003).
- [114] O. Stenzel, "**The Physics of Thin Film Optical Spectra**", An Introduction, Winzerlaer, Germany, (2005).
- [115] Y. Sirotn, Y. Shaskolskaya, "**Fundamentals of Crystal Physics**", Mir Publishers, Moscow, (1982).
- [116] Mark Fox, "**Optical Properties of Solids**", Oxford Master Series in Physics, 2nd Ed, (1998).
- [117] N.A. Bakr, A. Funde, V. Waman, and M. Kamble, "**Determination of the optical parameters of a-Si:H thin films deposited by hot wire– chemical vapour deposition technique using transmission spectrum only**", Pramana-journal-of physics, Vol. 76, No.3, pp.(519-531), (2011).
- [118] صبحي سعيد الراوي، د. شاكر جابر شاكر، د. يوسف مولود حسن "فيزياء الحالة الصلبة"، جامعة الموصل (1990).
- [119] Z. M. Jarberzki, "**Oxide semiconductor**", pergamon press, London, (1973).
- [120] Al- Arif, M. Safa, "**Biophysics Radiation**", 1st edition Usama for publishing, Jordan, (1999).
- [121] G. F. Knoll, "**Radiation Detection and measurement**", John Wiley and Sons, Inc., (1979).
- [122] Coomber, "**Radiochemical Method in Analysis**", Plenum Publishing Corporation, (1975).

- [123] A. A. Harms, "**Principles of nuclear Science and Engineering**", John Wiley and Sons, Inc., (1987).
- [124] S. Kennth, "**Introduction Nuclear Physics**", John Wiley and Sons, Inc., (1988).
- [125] C. E. Grouthamel, "**Applied Gamma-Ray Spectroscopy**", 2nd, Pergamon Press, (1970).
- [126] W. R. Leo, "**Techniques for nuclear and practical physics experiments**", Spring-Verlag, Berlin, (1987).
- [127] "**The Hypothesis of Light Quanta and the Photoelectric Effect**", www2.kutl.kyushu-u.ac.jp/seminar/MicroWorld1.html. (Since May), 15, (2004).
- [128] E. Segre, "**Nuclear and particles**", 2nd ed, Benjamin Cummings Publishing Co., Inc., (1977).
- [129] علي عبد الحسين سعيد، "الكيمياء الإشعاعية"، مطبعة جامعة البصرة، (1983).
- [130] W. H. Tait, "**Radiation Detection**", Butler Works, U. K., (1980).
- [131] K. N. Mukin, "**Experimental Nuclear Physics**", Mir Publisher-Moscow, v.I, (1987).
- [132] خالد عبيد الاحمد ، "مقدمة في الفيزياء الصحية" ، جامعة الموصل، (1993).
- [133] A. E. Profio, "**Radiation Shielding and Dosimeters**", John Wiley and Sons, Inc., (1973).
- [134] S. Glasstone, A. Sesonske, "**Nuclear Reaction and Radiations**", 3rd ed., Van Nostrand Reinhold Co., (1981).
- [135] R. Eisberg, R. Reshich, "**Quantum Physics**", 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., (1985).
- [136] "**Compton Scattering**", www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/compton.html. Paper presented to AAPT, Guelph, Canada, and August, (2000).
- [137] A. E. Profio, "**Radiation Shielding and Dosimeters**", John Wiley and Sons, Inc. (1973).

- [138] **"Pair Production"**, Science Team, Faculty of Pure and Applied Science team, York University, www.resources.yesican.yorku.ca/trek/radiation/fin.html, (1997).
- [139] Yong Jae Kwon, K young Hun Kima, Chang Sung Limb and Kwang Bo Shim, **"Characterization of ZnO nano powders synthesized by the polymerized complex method via an organochemical route"**, Journal of Ceramic Processing Research, V.3, No.3, pp. (146-149), (2002).
- [140] ليلى محمد نجيب، " الطيف "، مطبعة جامعة الموصل، الطبعة الأولى، (1985).
- [141] G. Busch, H. Schade, **"Lectures on Solid State Physics"**, Pergaman Press, London, (1976).
- [142] K. Lal, **"synthesizes Crystal Growth and Characterization"**, North-Holland Publishing Company, (1982).
- [143] **" Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS)"**, International Centre for Diffraction Data, Card No. (41-1445), (1997).
- [144] N. Mazumder, A. Bharati, S. Saha, D. Sen, K.K. Chattopadhyay, **"Effect of Mg doping on the electrical properties of SnO₂ nanoparticles"**, Current Applied Physics, Vol.12, No.3, pp.(975-982), (2012).
- [145] V. Bilovol, C. Herme, S. Jacobo, A.F. Cabrera, **"Study of magnetic behavior of Fe-doped SnO₂ powders prepared by chemical method"**, Materials Chemistry and Physics, Vol.135, No.2, pp. (334-339), (2012).
- [146] Mc Carthy, Welton G, **"X-ray diffraction data for SnO₂. An illustration of new powder data evaluation method"**, J. Powder Diffraction, Vol.4, No.3, pp.(156-159), (1989).

- [147] Haiying He, Zhengcai Xie, Qingqing Li, Hanben Niu, **"On the possibility of p-type doping of SnO₂ with Mg: A first-principles study"**, Computational Materials Science, Vol.101, pp.(62-65), (2015).
- [148] J. M. Ramos, A. W. Carbonari, T. Martucci, M. S. Costa, G. A. Cabrera-Pasca, M. A.V. Macedo Jr., R. N. Saxena, **"A weak magnetism observed in SnO₂ doped with Fe by means of Perturbed Gamma-Gamma Angular Correlation and Mössbauer Spectroscopy"**, Physics Procedia, Vol.28, pp.(90-94), (2012).
- [149] J. Joseph, V. Mathew, and K. E. Abraham, **"Studies on Cu, Fe, and Mn Doped SnO₂ Semi-Conducting Transparent Films Prepared by a Vapour Deposition Technique"**, Chinese Journal of Physics, Vol.45, No.1, pp.(84-97), (2007).
- [150] A. Alyamani a, N. Mustapha, **"Effects of high dose gamma irradiation on ITO thin film properties"**, Thin Solid Films, Vol.611, pp.(27-32), (2016).
- [151] Park, S.Keun, et al., **"A facile hydrazine-assisted hydrothermal method for the deposition of monodisperse SnO₂ nanoparticles onto grapheme forlithium ion batteries"**, Journal of Materials Chemistry, Vol. 22, No.6, pp.(2520-2525), (2012).
- [152] Wafaa M. Saleh, Sanaa R. Salim, and Sallama S. Humadi, **"Effect of Irradiation on Optical Properties of TiO₂ Thin Films"**, Al-Mustansiriya J. Sci, Vol. 23, No. 3, (2012).

Abstract

The structure and optical and the effect of irradiation on optical properties of $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ and $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ thin films are studied, the films deposited with volume dopant values ($x= 0,2,4,6$ and 8%) and prepared using a spray pyrolysis technique on glass substrate at temperature (500°C). The structure properties of the thin films were analyzed by X-ray diffraction for all films and atomic force microscopy (AFM) for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films, all the films are irradiated by (^{60}Co - γ ray) source for dose value about (9000Gy), and the effect of irradiation on the optical properties are studied before and after irradiation by (UV-VIS) among the range ($300\text{-}900\text{nm}$).

The (XRD) analysis exhibiting polycrystalline with tetragonal structures for all the films with preferred orientation along (110) plane, and the intensity of peaks decreases with increase of doping by Mg and Fe ions, so the average grain size was decreasing with increase of doping except the ratio (8%) for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films and lattice constants was decreasing with increase of doping for all films, so the unit cell volume was decreasing with increase of doping except the ratio (8%) for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films too, while the dislocation density, number of crystal and number of layers and specific surface area are increasing with increase of doping.

AFM measurements for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films showed the effect of doping in the crystalline structure and showed increase in the surface roughness, the results give indicator to product a nano particles.

The optical properties are studied before and after irradiation from transmittance and absorbance spectrum, after irradiated all the films it was appear of wave behavior in the all curves, this behavior due to the lattice defects after irradiation.

The results showed that the transmittance are decreasing with increase of doping before irradiation, so it is decrease after irradiation for all films, while the absorption coefficient was increase with increase of doping before irradiation, but after irradiation the absorption coefficient no effected by irradiation for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films, while it was increasing after irradiation for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ thin films after irradiation.

The optical energy gap for allowed direct transition was calculate and it was found that the values of energy gap are decreasing with increase of doping before irradiation and it's decreasing after irradiation than it values before irradiation for all films, the energy gap values range for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2)$ thin films between (3.94-3.72) eV before irradiation and between (3.92-3.59) eV after irradiation, while the energy gap values range for $(\text{Sn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_2)$ thin films between (3.94-3.72) eV before irradiation and between (3.92-3.71) eV after irradiation.

All the optical constants including (refractive index, extinction coefficient, real part of optical dielectric constant, imaginary part of optical dielectric constant and optical conductivity) versus wave length and photon energy were increases with increase of doping before irradiation and it was increasing after irradiation than it values before irradiation for all films.



*Republic of Iraq
Ministry of Higher
Education
and Scientific Research
Diyala University
College of science
Department of Physics*



*Study of effect of irradiation on some physical
Properties of (SnO₂:Mg,Fe) composite prepared
chemically.*

*A Thesis
Submitted to the Council of College of Science
University of Diyala in Partial Fulfillment
of the Degree of M.Sc. in Physics*

By

Abdulsalam Mahmoud Hassan
(B.Sc. in Physics 2010)

Supervised By

Dr. Ziad Tariq Khodair

Assist Professor

Dr. Mushtaq Abid Dawood

Assist Professor

2018