

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Diyala University
College of Science



Studying the effect of Annealing on the Structural and Optical Properties of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Method

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

Aws Khawwam Mohammed

Supervised by

Prof. Dr.
Sabah Anwer Salman

Prof. Dr.
Nadir Fadhel Habubi

1435 A. H.

2014 A. D.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَعِنْدَهُ مَفَاتِحُ الْغَيْبِ لَا يَعْلَمُهَا إِلَّا هُوَ

وَيَعْلَمُ مَا فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ

وَمَا تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلَّا يَعْلَمُهَا وَلَا حَبَّةٌ

فِي ظُلُمَاتِ الْأَرْضِ وَلَا رَطْبٌ وَلَا يَابِسٌ إِلَّا

فِي كِتَابٍ مُبِينٍ﴾

سورة الانعام الآية 59

شكر وامتنان

الحَمْدُ لله عَزَّ وَجَلَّ عَدَدَ مَا خَلَقَ، الحَمْدُ لله مِلْءَ مَا خَلَقَ، الحَمْدُ لله عَدَدَ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ، الحَمْدُ لله عَدَدَ مَا أَحْصَى كِتَابُهُ، الحَمْدُ لله عَدَدَ كُلِّ شَيْءٍ، الحَمْدُ لله مِلْءَ كُلِّ شَيْءٍ. الحَمْدُ لله الَّذِي غَمَرَنِي بِنِعَمِهِ وَفَضْلِهِ، الحَمْدُ لله الَّذِي لَوْلَاهُ مَا كُنْتُ لِأَصْنَعُ شَيْئاً.

يسرني أن أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان الجميل إلى أستاذي المشرفين الأستاذ الدكتور نادر فاضل حبوبى والأستاذ الدكتور صباح أنور سلمان لاقتراحهما موضوع البحث ولما قدما لي من رعاية ومتابعة ونصح وإرشاد وتوجيه ولدعمهما المتواصل لي طيلة مدة البحث والشكر موصول للأستاذ خضير عباس مشجل لتوجيهاته القيمة أسأل الله لهم دوام الصحة والعافية.

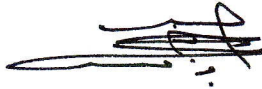
وأدون شكري وتقديري إلى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء وأساتذة قسم الفيزياء لاتاحتهم الفرصة لي لإكمال دراستي وعلى جميع جهودهم التي شاركت في أتمام هذا البحث.

وأنتقدم بالشكر الجزيل لجميع زملائي طلبة الدراسات العليا وبالأخص الاستاذ احمد نصيف وصديقي حيدر العبيدي لما أبدوه من تعاون متميز أسأل الله لهم دوام النجاح والموفقية.

وفي الختام أقدم شكري وعرفاني بالجميل لجميع أفراد أسرتي لما منحوني من رعاية وتشجيع طيلة مدة دراستي داعياً الله أن يمدهم بدوام الصحة والسعادة والعافية.

توصية الأساتذة المشرفين

نشهدُ ان إعداد الرسالة الموسومة «دراسة تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري» للطالب (أوس خوام محمد) قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في (علوم الفيزياء).



التوقيع :

الاسم : د. نادر فاضل حبوبى

المرتبة العلمية : أستاذ

التاريخ: ١٠ / ٨ / 2013



التوقيع :

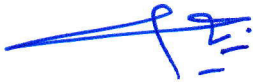
الاسم : د. صباح أنور سلمان

المرتبة العلمية : أستاذ

التاريخ: ١٠ / ٨ / 2013

توصية رئيس قسم الفيزياء

اشارة الى التوصية المقدمة من قبل الاستاذين المشرفين أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.



التوقيع :

الاسم : د. زياد طارق خضير

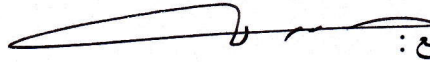
المرتبة العلمية : مدرس

التاريخ: ١٠ / ٨ / 2013

اقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه، نشهدُ بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة
﴿ دراسة تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $(Zn_{1-x}Fe_xO)$ المحضرة بطريقة
التحلل الكيميائي الحراري ﴾ للطلاب ﴿ أوس خوام محمد ﴾ وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير
علوم في الفيزياء، وبعد إجراء المناقشة وجدت اللجنة إن الرسالة مستوفية لمتطلبات نيل الشهادة المذكورة،
وعليه توصي اللجنة بقبول الرسالة بتقدير (امتياز).

رئيس اللجنة

التوقيع : 

الاسم : د. رعد محمد صالح الحداد

المرتبة العلمية : أستاذ

العنوان : جامعة بغداد / كلية العلوم

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٤ م

عضو اللجنة

التوقيع : 

الاسم : د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : جامعة ديالى / كلية العلوم

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٠ م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع : 

الاسم : د. نادر فاضل حيوبي

المرتبة العلمية : أستاذ

العنوان : الجامعة المستنصرية / كلية التربية

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٤ م

عضو اللجنة

التوقيع : 

الاسم : د. أحمد رفيق عبد المجيد

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٤ م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع : 

الاسم : د. صباح أنور سلمان

المرتبة العلمية : أستاذ

العنوان : جامعة ديالى / كلية العلوم

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٤ م

مصادقة عمادة كلية العلوم - جامعة ديالى

أصادق على ما جاء بقرار اللجنة أعلاه.

التوقيع : 

الاسم : د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ : ٢٠١٤ / ٩ / ١٦ م

شكر وامتنان

الحَمْدُ لله عَزَّ وَجَلَّ عَدَدَ مَا خَلَقَ، الحَمْدُ لله مِلْءَ مَا خَلَقَ، الحَمْدُ لله عَدَدَ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ، الحَمْدُ لله عَدَدَ مَا أَحْصَى كِتَابُهُ، الحَمْدُ لله عَدَدَ كُلِّ شَيْءٍ، الحَمْدُ لله مِلْءَ كُلِّ شَيْءٍ. الحَمْدُ لله الَّذِي غَمَرَنِي بِنِعَمِهِ وَفَضْلِهِ، الحَمْدُ لله الَّذِي لَوْلَاهُ مَا كُنْتُ لِأَصْنَعُ شَيْئاً.

يسرني أن أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان الجميل إلى أستاذي المشرفين الأستاذ الدكتور نادر فاضل حبوبى والأستاذ الدكتور صباح أنور سلمان لاقتراحهما موضوع البحث ولما قدما لي من رعاية ومتابعة ونصح وإرشاد وتوجيه ولدعمهما المتواصل لي طيلة مدة البحث والشكر موصول للأستاذ خضير عباس مشجل لتوجيهاته القيمة أسأل الله لهم دوام الصحة والعافية.

وأدون شكري وتقديري إلى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء وأساتذة قسم الفيزياء لاتاحتهم الفرصة لي لإكمال دراستي وعلى جميع جهودهم التي شاركت في أتمام هذا البحث.

وأنتقدم بالشكر الجزيل لجميع زملائي طلبة الدراسات العليا وبالأخص الاستاذ احمد نصيف وصديقي حيدر العبيدي لما أبدوه من تعاون متميز أسأل الله لهم دوام النجاح والموفقية.

وفي الختام أقدم شكري وعرفاني بالجميل لجميع أفراد أسرتي لما منحوني من رعاية وتشجيع طيلة مدة دراستي داعياً الله أن يمدهم بدوام الصحة والسعادة والعافية.

الإهداء

إلى مَنْ كَلَّلَهُ اللهُ بِالْهَيْبَةِ وَالْوَقَارِ .. إلى مَنْ عَلَّمَنِي الْعَطَاءَ بِدُونِ انْتِظَارٍ .. إلى مَنْ
أَحْمَلُ اسْمَهُ بِكُلِّ افْتِخَارٍ. إلى مَنْ غَرَسَ فِي نَفْسِي الطُّمُوحَ وَالْمُثَابَرَةَ وَالْإِصْرَارَ ..
﴿والدي العزيز﴾

إلى زَهْرَةِ الْحَيَاةِ وَنُورِهَا .. إلى مَعْنَى الْحُبِّ .. إلى مَعْنَى الْحَنَانِ وَالتَّفَانِي .. إلى مَنْ
أَهْدَتَنِي سِنِينَ عُمْرِهَا .. إلى مَنْ كَانَ دُعَاؤُهَا سِرَّ نَجَاحِي وَحَنَانُهَا بَلَسَمَ جِرَاحِي ..
﴿أُمِّي الْحَبِيبَةُ﴾

إلى كُلِّ أَهْلِي وَأَحْبَتِي ...

أوس

البحث المقبول للنشر

❖ دراسة الخصائص البصرية لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري،
حسب كتاب مجلة ديالى للعلوم الصرفة المرقم 777 بتاريخ 2014/1/5 م.

الخلاصة

حضرت أغشية ($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$) الرقيقة بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، على قواعد زجاجية بدرجات الحرارة $(350, 400, 450)^\circ\text{C}$ ، وكان معدل سمك الأغشية المحضرة بحدود $(560 \pm 20) \text{ nm}$ ، وقد تمت دراسة تأثير التلدين بدرجاتي الحرارة $(450, 500)^\circ\text{C}$ لمدة (2h) وتغير نسبة (Fe) الداخلة في تركيب الغشاء على الخصائص التركيبية والبصرية وتأثير تغيير درجة حرارة القاعدة على الخصائص البصرية للأغشية المحضرة.

بينت نتائج حيود الأشعة السينية أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور والنسبتين ($x=0$) ($x=0.2$) تمتلك تركيباً من النوع السداسي المتراس ($\text{Hexagonal Wurtzite}$)، وإنَّ قيمة معدل الحجم الحبيبي ازدادت بزيادة درجة حرارة التلدين للنسبة ($x=0.2$)، بينما تقل بزيادة نسبة (Fe)، وهذا ما بينته صور مجهر القوة الذرية (AFM) لسطوح الأغشية المحضرة، إذ إن معدل خشونة السطح للأغشية يقل مع زيادة نسبة (Fe) في الغشاء.

وتمت دراسة الخصائص البصرية للأغشية من خلال طيفي النفاذية والامتصاصية، وقد وجد أن النفاذية تزداد بزيادة درجة حرارة القاعدة، ووجد أن فجوة الطاقة البصرية للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح تزداد بزيادة درجة حرارة القاعدة، وأن النفاذية تقل بزيادة نسبة (Fe) وفجوة الطاقة البصرية تقل أيضاً بزيادة نسبة (Fe)، ووجد أيضاً أن النفاذية تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين وفجوة الطاقة البصرية أيضاً.

وتم حساب الثوابت البصرية للأغشية المحضرة التي تتضمن (معامل الامتصاص، معامل الخمود والتوصيلية البصرية) بوصفها دالة لطاقة الفوتون.

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
I	المحتويات	
V	قائمة الاشكال	
IX	قائمة الجداول	
XI	قائمة الرموز	
13-1	مقدمة عامة	الفصل الأول
1	المقدمة	1-1
3	التحلل الكيميائي الحراري	2-1
3	أكسيد الخارصين	3-1
4	الخصائص الفيزيائية لـ (ZnO)	1-3-1
5	التركيب البلوري لـ (ZnO)	2-3-1
6	تطبيقات أغشية (ZnO)	3-3-1
6	أكسيد الحديدك	4-1
7	تطبيقات أغشية (Fe ₂ O ₃)	1-4-1
7	الدراسات السابقة	5-1
13	هدف الدراسة	6-1
36-14	الجزء النظري	الفصل الثاني
14	المقدمة	1-2
14	أشباه الموصلات	2-2
15	التركيب البلوري لأشباه الموصلات	3-2
15	اشباه الموصلات البلورية	1-3-2
16	اشباه الموصلات العشوائية	2-3-2
18	أنواع أشباه الموصلات	4-2

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
18	أشباه الموصلات النقية	1-4-2
19	أشباه الموصلات المشوبة	2-4-2
20	حزم الطاقة في المواد الصلبة	5-2
22	الخصائص التركيبية	6-2
22	حيود الأشعة السينية	1-6-2
24	المعلومات التركيبية	2-6-2
24	ثوابت الشبكة	1-2-6-2
25	معدل الحجم الحبيبي	2-2-6-2
25	عامل التشكيل	3-2-6-2
26	المطاوعة المايكروية	4-2-6-2
26	كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة	5-2-6-2
27	الخصائص البصرية	7-2
28	حافة الامتصاص الأساسية	1-7-2
29	منطقة الامتصاص العالي	1-1-7-2
29	منطقة الامتصاص الأسّي	2-1-7-2
30	منطقة الامتصاص الواطئ	3-1-7-2
30	الانتقالات الالكترونية	2-7-2
30	الانتقالات المباشرة	1-2-7-2
31	الانتقالات غير المباشرة	2-2-7-2
33	النفذية	3-7-2
33	الامتصاصية	4-7-2
34	الثوابت البصرية	5-7-2
34	معامل الامتصاص	1-5-7-2
35	معامل الخمود	2-5-7-2

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
36	التوصيلية البصرية	3-5-7-2
46-37	الجانب العملي	الفصل الثالث
37	المقدمة	1-3
37	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	2-3
39	تحضير الأغشية الرقيقة	3-3
39	تهيئة قواعد الترسيب	1-3-3
40	تحضير محاليل مادة الاغشية	2-3-3
41	العوامل المؤثرة في تحضير الاغشية الرقيقة	3-3-3
43	ترسيب الأغشية الرقيقة	4-3-3
43	قياس سمك الأغشية الرقيقة	4-3
44	تلدين الاغشية الرقيقة	5-3
44	القياسات التركيبية	6-3
44	قياسات حيود الاشعة السينية	1-6-3
45	قياسات مجهر القوة الذرية	2-6-3
46	القياسات البصرية	7-3
92-47	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
47	المقدمة	1-4
47	نتائج القياسات التركيبية	2-4
47	حيود الاشعة السينية	1-2-4
57	نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM)	2-2-4
60	نتائج القياسات البصرية	3-4
60	تأثير درجة حرارة القاعدة	1-3-4
60	النفاذية	1-1-3-4

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
61	الامتصاصية	2-1-3-4
63	معامل الامتصاص	3-1-3-4
64	فجوة الطاقة البصرية	4-1-3-4
67	طاقة ذبول اورباخ	5-1-3-4
69	معامل الخمود	6-1-3-4
70	التوصيلية البصرية	7-1-3-4
72	تأثير تغيير نسب (Fe)	2-3-4
72	النفاذية	1-2-3-4
73	الامتصاصية	2-2-3-4
74	معامل الامتصاص	3-2-3-4
75	فجوة الطاقة البصرية	4-2-3-4
77	طاقة ذبول اورباخ	5-2-3-4
78	معامل الخمود	6-2-3-4
79	التوصيلية البصرية	7-2-3-4
80	تأثير التلدين	3-3-4
80	النفاذية	1-3-3-4
82	الامتصاصية	2-3-3-4
83	معامل الامتصاص	3-3-3-4
85	فجوة الطاقة البصرية	4-3-3-4
87	طاقة ذبول اورباخ	5-3-3-4
89	معامل الخمود	6-3-3-4
90	التوصيلية البصرية	7-3-3-4
92	الاستنتاجات	4-4
92	المشاريع المستقبلية	5-4

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الأول	مقدمة عامة	13-1
1-1	مخطط توضيحي لتقنيات ترسيب الأغشية الرقيقة	2
2-1	التركيب السداسي المتراس لـ (ZnO)	5
3-1	التركيب السداسي لأكسيد الحديد (Fe_2O_3)	6
الفصل الثاني	الجزء النظري	36-14
1-2	مديات التوصيلية في بعض المواد العازلة وشبه الموصلة والموصلة	14
2-2	ترتيب الذرات في المواد الصلبة	17
3-2	حيود الأشعة السينية للمواد البلورية والعشوائية	18
4-2	موقع مستوى فيرمي لشبه موصل نقي ومشوب	20
5-2	تكوين حزم الطاقة في المواد البلورية	21
6-2	حزم الطاقة في المواد	22
7-2	المستويات البلورية وقانون براك	23
8-2	حيود الأشعة السينية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري	24
9-2	مناطق حافة الامتصاص	28
10-2	أنواع الانتقالات الإلكترونية	32
11-2	النفذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري	33
12-2	معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة قاعدة $(400, 450, 500)^\circ C$	35
13-2	معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) الملدنة بدرجات حرارية مختلفة	36

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الثالث	الجانب العملي	46-37
1-3	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	37
2-3	جهاز الرش	38
3-3	مخطط الية عمل مجهر القوة الذرية	45
4-3	مجهر القوة الذرية	46
الفصل الرابع	النتائج والمناقشة	92-47
1-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (ZnO)	47
2-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.8} Fe _{0.2} O) قبل التلدين	52
3-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.8} Fe _{0.2} O) بعد التلدين بدرجة حرارة (450° C)	52
4-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.8} Fe _{0.2} O) بعد التلدين بدرجة حرارة (500° C)	53
5-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) قبل التلدين	55
6-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) بعد التلدين بدرجة حرارة (450° C)	56
7-4	حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) بعد التلدين بدرجة حرارة (500° C)	56
8-4	صور ونتائج (AFM)	59
9-4	طيف النفاذية لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450) °C	60
10-4	طيف النفاذية لأغشية (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450) °C	61
11-4	طيف الامتصاصية لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450) °C	62
12-4	طيف الامتصاصية لأغشية (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450) °C	62
13-4	تغير معامل الامتصاص لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450) °C	63

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
14-4	طيف معامل الامتصاص لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	64
15-4	فجوة الطاقة البصرية لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	66
16-4	تغير ($\ln\alpha$) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	68
17-4	تغير ($\ln\alpha$) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	68
18-4	تغير معامل الخمود لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	69
19-4	تغير معامل الخمود لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة قاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	70
20-4	تغير التوصيلية البصرية لأغشية (ZnO) المحضرة بدرجات حرارة قاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	71
21-4	تغير التوصيلية البصرية لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450)	71
22-4	تغير النفاذية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	72
23-4	تغير الامتصاصية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	73
24-4	تغير معامل الامتصاص لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	74
25-4	فجوة الطاقة البصرية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	76
26-4	تغير ($\ln\alpha$) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	78
27-4	تغير معامل الخمود لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	79
28-4	تغير التوصيلية البصرية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	80
29-4	طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).	81

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
30-4	طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	81
31-4	طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	82
32-4	طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	83
33-4	تغير معامل الامتصاص لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	84
34-4	تغير معامل الامتصاص لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	84
35-4	فجوة الطاقة البصرية لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	86
36-4	تغير $(\ln\alpha)$ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	88
37-4	تغير $(\ln\alpha)$ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	88
38-4	تغير معامل الخمود لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	89
39-4	تغير معامل الخمود لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	90
40-4	تغير التوصيلية البصرية لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	91
41-4	تغير التوصيلية البصرية لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).	91

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الأول	مقدمة عامة	13-1
1-1	بعض الخصائص الفيزيائية لأوكسيد الخارصين	4
الفصل الثالث	الجانب العملي	46-37
1-3	النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة في تحضير الأغشية	41
الفصل الرابع	النتائج والمناقشة	92-47
1-4	مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات في بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) ولغشاء أوكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوب	48
2-4	قيم بعض المعلمات التركيبية لغشاء (ZnO) غير المشوب	49
3-4	مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات في بطاقة (JCPDS) لـ (Fe ₂ O ₃)	50
4-4	شدة ومواقع القمم والمسافة البينية للمستويات لأغشية (Zn _{0.8} Fe _{0.2} O) غير المملنة والمملنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h).	51
5-4	قيم بعض المعلمات التركيبية لأغشية (Zn _{0.8} Fe _{0.2} O) غير المملنة والمملنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h).	54
6-4	شدة ومواقع القمم والمسافة البينية للمستويات لأغشية (Zn _{0.4} Fe _{0.6} O) غير المملنة والمملنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h).	55

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
7-4	قيم بعض المعلمات التركيبية (N_0) لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة ($450,500^{\circ}C$) لمدة (2h)	57
8-4	قيم معدل خشونة السطوح وقيم (RMS) بحسب قياس (AFM) للأغشية المحضرة	58
9-4	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة ($350,400,450^{\circ}C$)	65
10-4	قيم طاقة ذبول أورباخ لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة ($350,400,450^{\circ}C$)	67
11-4	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	75
12-4	قيم طاقة ذبول أورباخ لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)	77
13-4	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة ($450,500^{\circ}C$) لمدة (2h)	85
14-4	قيم طاقة ذبول أورباخ لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة ($450,500^{\circ}C$) لمدة (2h)	87

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
E_F	طاقة مستوى فيرمي	eV
E_c	طاقة مستوى التوصيل	eV
E_v	طاقة مستوى التكافؤ	eV
n	عدد صحيح يسمى رتبة الحيود	--
θ	زاوية براك	degree
λ	الطول الموجي	Å
d_{hkl}	المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين	Å
a_o	ثابت الشبكة	Å
c_o	ثابت الشبكة	Å
hkl	معاملات ميلر	--
D_{av}	معدل الحجم الحبيبي	nm
B	عرض المنحنى لمنتصف الشدة العظمى (FWHM)	Radian
T_c	عامل التشكيل	--
$I(hkl)$	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl)	--
$I_o(hkl)$	الشدة القياسية للمستوي (hkl) في بطاقة (JCPDS)	--
S	المطاوعة المايكروية	--
$c_o(JCPDS)$	قيمة ثابت الشبكة (c_o) في البطاقة القياسية (JCPDS)	Å
$c_o(experimental)$	القيمة المحسوبة عمليا لثابت الشبكة (c_o)	Å
δ	كثافة الإنخلاعات	cm^{-2}
N_o	عدد البلوريات لوحدة المساحة	cm^{-2}

الوحدة	المعنى	الرمز
nm	سمك الغشاء	t
--	الامتصاصية	A
--	الانعكاسية	R
--	النفاذية	T
eV/m ² .s	شدة الضوء النافذ	I _T
eV/m ² .s	شدة الضوء الساقط	I _o
eV/m ² .s	شدة الضوء الممتص	I _A
cm ⁻¹	معامل الامتصاص	α
J.s	ثابت بلانك	h
Hz	التردد	ν
eV	طاقة الفوتون	h ν
eV	فجوة الطاقة للانتقال المباشر	E _g
--	ثابت يعتمد على نوع المادة للانتقال المباشر	P
--	معامل أُسِّي يعتمد على طبيعة الانتقال الإلكتروني	r
meV	طاقة ذبول اورياخ	ΔE_U
eV	الطاقة الابتدائية للألكترون	E _i
eV	الطاقة النهائية للألكترون	E _f
cm ⁻¹	المتجه الموجي	k
cm ⁻¹	المتجه الموجي الابتدائي للألكترون في حزمة التكافؤ	$\vec{k}_i$
cm ⁻¹	المتجه الموجي النهائي للألكترون في حزمة التوصيل	$\vec{k}_f$
cm ⁻¹	المتجه الموجي للفوتون الساقط	$\vec{q}$
eV	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر	E' _g

الرمز	المعنى	الوحدة
P'	ثابت يعتمد على نوع المادة للانتقال غير المباشر	--
E _p	طاقة الفونون	eV
k _o	معامل الخمود	--
σ	التوصيلية البصرية	1/s
n _o	معامل الانكسار	--
c	سرعة الضوء في الفراغ	m/s
M _o	التركيز المولاري	mol/l
W _t	وزن المادة	g
M _{Wt}	الوزن الجزيئي للمادة	g/mol
V	الحجم	ml
Ś	مساحة الغشاء	cm ²
ρ	كثافة مادة الغشاء	g/cm ³
ρ _{total}	الكثافة الكلية للمواد المكونة الغشاء	g/cm ³
RMS	الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة	nm
B.A.	قبل التلدين	--
A.A.	بعد التلدين	--

الفصل الأول

مقدمة عامة

(1-1) المقدمة

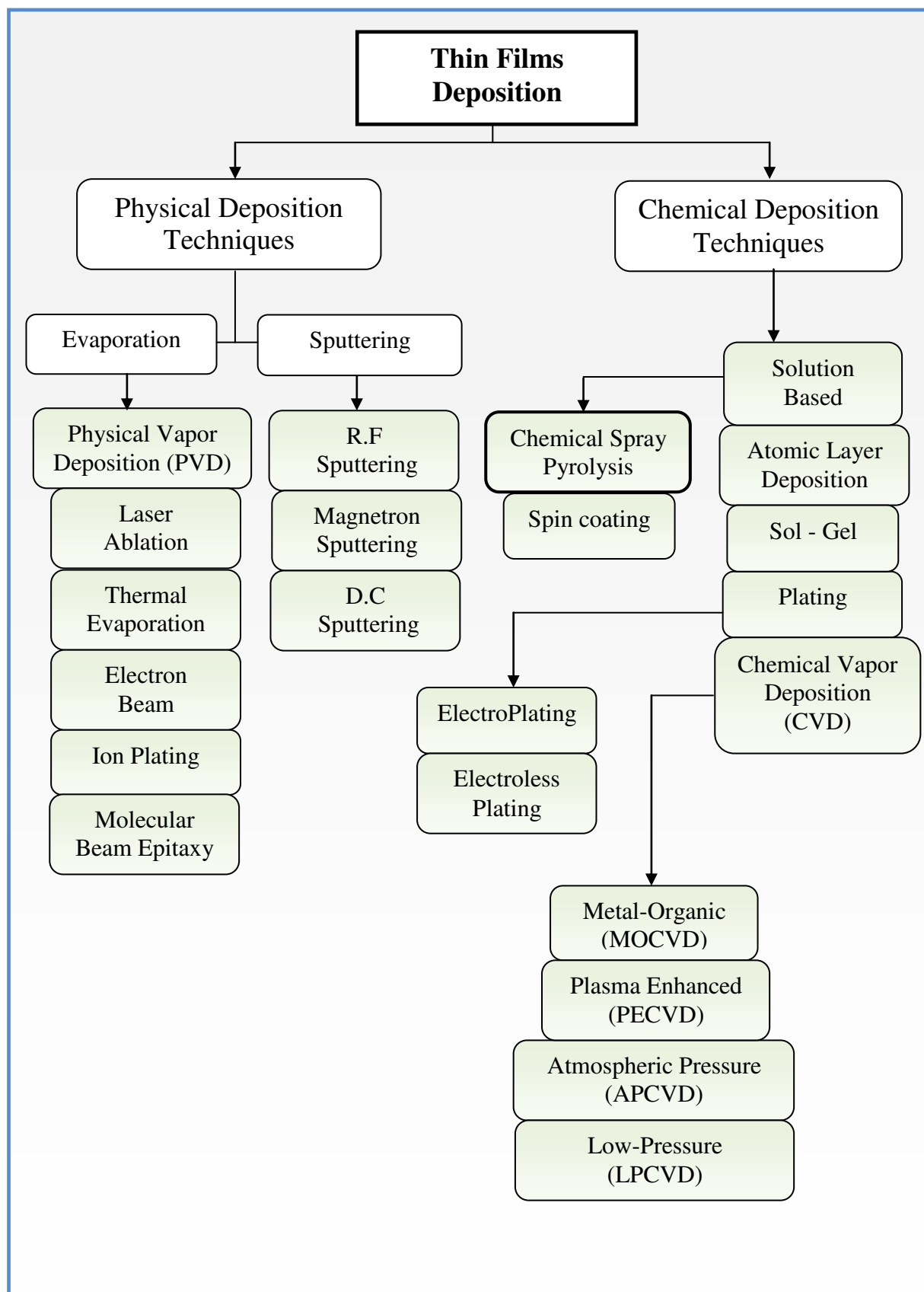
Introduction

بدأت دراسة المواد شبه الموصلة في أوائل القرن التاسع عشر وتمت خلال السنوات اللاحقة دراسة كثير من أشباه الموصلات وأصبحت من مواد العصر البالغة الأهمية في التطبيقات الإلكترونية. وتكمن أهمية هذه المواد في إمكانية تغير بعض خصائصها وذلك بإضافة كميات ضئيلة من الذرات الشائبة فضلاً عن ذلك تأثر بعض خصائصها بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي والكهربائي مما جعل هذه المواد تحتل المرتبة الأولى في الدراسة والتصنيع خصوصاً في التطبيقات أو الأنظمة التي تكون فيها أشباه الموصلات ذات سمك قليل جداً والتي تسمى بالأغشية الرقيقة (Thin Films) [1].

يستخدم مصطلح الغشاء الرقيق (Thin Film) لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكروناً واحداً ($1\mu\text{m}$) يتم ترسيبها على قواعد (Substrates) صلبة تكون من الزجاج أو السيليكون أو الألمنيوم بحسب طبيعة الدراسة. تتميز الأغشية الرقيقة بمساحة سطحية كبيرة وإن خواصها الفيزيائية والكيميائية تختلف عن خواص المادة المكونة لها وهي في حالتها المصمتة (Bulk) فضلاً عن ذلك إمكانية تغير خصائصها البصرية والكهربائية اعتماداً على طرق تحضيرها وظروفها، كتغير نوع الشوائب المضافة أو نسبتها أو تغير درجة حرارة القاعدة [2-5].

استخدمت الأغشية الرقيقة في المجالات العلمية والتقنية فقد أسهمت في التطور الحالي في مجال الحاسبات الإلكترونية الرقمية (Digital Computer) نظراً لصغر حجمها وخفة وزنها، وكذلك تم استخدامها في الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) وفي دوائر الفتح والغلق وفي صناعة الترانزستورات (Transistors) وفي أجهزة الذاكرة المغناطيسية والمضخمات (Amplifiers) والكواشف (Detectors) والخلايا الشمسية (Solar Cells)، وفي المجالات البصرية استخدمت الأغشية الرقيقة في عملية التصوير الفوتوغرافي وأجهزة الاستتساخ وصناعة المرشحات البصرية (Optical Filters) والمرايا [6-8].

ومع زيادة التقدم العلمي والتكنولوجي تطورت طرق تحضير الأغشية الرقيقة وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه، وتعددت طرائقها وأصبح لكل طريقة خصوصياتها ومميزاتها لتؤدي الغرض الذي استعملت من أجله، والشكل (1-1) يوضح مخططاً لبعض تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة [9].



الشكل (1-1): مخطط توضيحي لتقنيات ترسيب الأغشية الرقيقة.

Chemical Spray Pyrolysis

(2-1) التحلل الكيميائي الحراري

تُعد طريقة التحلل الكيميائي الحراري الأكثر شيوعاً من بين الطرائق الكيميائية لتحضير الأغشية الرقيقة، وتتخلص هذه الطريقة برش محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على قواعد ساخنة وبدرجة حرارة معينة تعتمد على نوع المادة المستخدمة، إذ يحدث تفاعل كيميائي حراري بين ذرات المادة والقاعدة الساخنة، ونتيجة لهذا التفاعل يتكون الغشاء الرقيق [10].

ويمكن التحكم بمعدل الترسيب الذي يحدد سمك الغشاء من خلال التحكم بظروف الترسيب، وعند توافر الظروف المثلى للتحضير فإن الأغشية الرقيقة المُحضَّرة بهذه الطريقة تمتاز بالتصاقها القوي بالقاعدة، وتكون ذات مواصفات جيدة بحيث يمكن استخدامها في دراسة العديد من الصفات الفيزيائية، وكذلك تُستخدم في تطبيقات الخلايا الشمسية والمتحسسات، وأول من استخدم هذه الطريقة هما الباحثان (Hottel and Hnger) عام (1959) لتحضير غشاء من النحاس الأسود مرسب على قاعدة من الألمنيوم [11].

في هذه الدراسة أُستخدمت طريقة التحلل الكيميائي الحراري لتحضير أغشية $(Zn_{1-x}Fe_xO)$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6 \text{ and } 0.8)$.

ومن مميزات طريقة التحلل الكيميائي الحراري [13,12] :

- 1- تعد طريقة اقتصادية لقلة تكلفة الاجهزة المصنعة والمستخدمه في تحضير الاغشية.
- 2- يمكن تحضير أغشية ذات تجانس جيد وبمساحات كبيرة.
- 3- يمكن تحضير أغشية من مزج مادتين أو أكثر، لها درجات انصهار مختلفة.
- 4- تعد طريقة ملائمة لتحضير أكاسيد وكبريتات المواد.
- 5- يمكن تحضير أغشية تمتاز باستقرارية عالية في صفاتها الفيزيائية مع تغير درجة الحرارة.

Zinc Oxide (ZnO)

(3-1) أكسيد الخارصين

أكسيد الخارصين احد المركبات غير العضوية، يظهر عادة بشكل مسحوق ابيض عديم الذوبان في الماء، وهو كثير الاستعمال في المنتجات الصناعية التي تتضمن تصنيع المواد البلاستيكية والسيراميكية والزجاج والمراهم الطبية والأصباغ والبطاريات، بالإضافة الى تطبيقاته المتعددة في مجال تصنيع النبائط الالكترونية [15,14].

(1-3-1) الخصائص الفيزيائية لـ (ZnO)

Physical Properties of (ZnO)

يصنف أكسيد الخارصين بوصفه احد أشباه الموصلات التي تنتمي الى المجموعة الثانية والسادسة في الجدول الدوري، إذ يمتاز بامتلاكه فجوة طاقة مباشرة كبيرة نسبياً تصل الى (3.37 eV) وطاقة ربط اكسيتون (الكترن- فجوة) عالية تصل الى (60 meV) والجدول (1-1) يبين بعض هذه الخصائص، كذلك يصنف ضمن مجموعة أكاسيد التوصيل الشفافة (TCO's) (Transparent Conducting Oxides) المعروفة والتي تمتلك نفاذية عالية في المنطقة المرئية وانعكاسية جيدة في المنطقة تحت الحمراء القريبة مع توصيلية من النوع السالب (n-type) في اغلب الأحيان [18-16].

الجدول (1-1): بعض الخصائص الفيزيائية لأوكسيد الخارصين [19].

Property	Value
Density	5.6803 g/cm ³
Melting point	1975 °C
Thermal conductivity	100 mW/cm.K at 300K
Relative dielectric constant	8.66
Refractive index	2.008
Energy gap	3.4 eV, direct
Exciton binding energy	60 meV
Electron effective mass	0.24 m _o

Crystal Structure of (ZnO)

(2-3-1) التركيب البلوري لـ (ZnO)

يتبلور أكسيد الخارصين في ثلاثة أنواع معروفة وهي :-

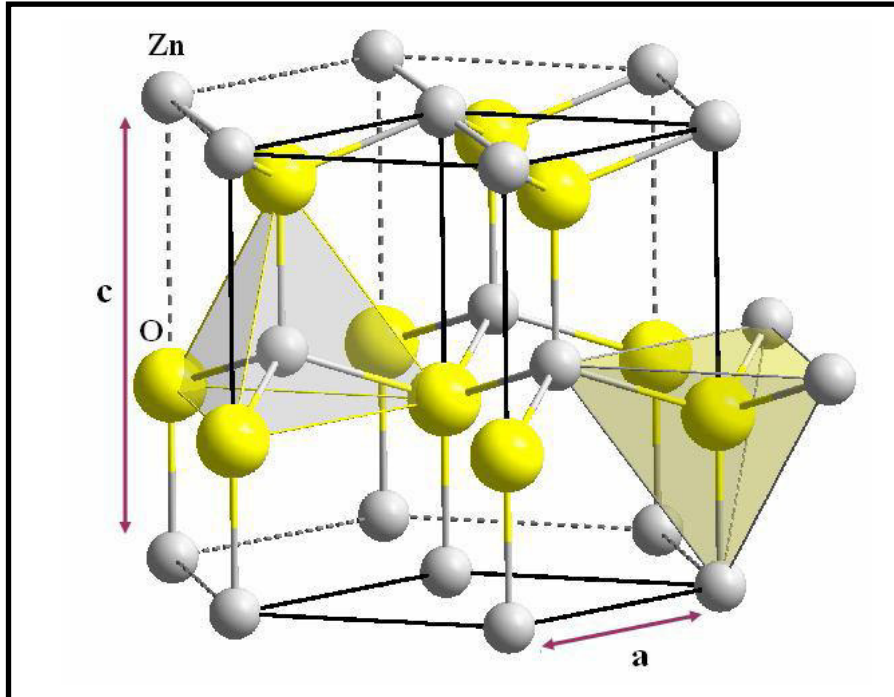
1- سداسي متراص (Hexagonal Wurtzite).

2- ملح صخري (Rock Salt).

3- مكعب (Cubic Zinc-Blend).

يعد النوع الأول أكثر الأنواع استقرارا ووجودا في الطبيعة من غيره وكما مبين في الشكل (2-1) فهو يمتلك ثوابت شبكية ذات القيم $(a=3.249 \text{ \AA})$ و $(c=5.206 \text{ \AA})$ وان قيمة النسبة (c/a) قريبة جدا من القيمة المثالية للخلية السداسية والتي تساوي $(1.633 \text{ \AA})$ وبذلك فان تركيبته هذه جعلت منه ذات أهمية في النبائط الكهروإجهادية (Piezoelectric) والفوتوضوئية المختلفة [20].

إن أغشية أكسيد الخارصين قد تكون أحادية التبلور (Single Crystal) أو متعددة التبلور (Polycrystalline)، أما التركيب العشوائي (Amorphous) فيمكن الحصول عليه إذا كانت الأغشية منماة عند درجة حرارة (180°C) أو أقل من ذلك، إذ تُعد هذه الدرجة درجة حرارية حرجية لهذه المادة لغرض تحضيرها بطريقة التحلل الكيميائي الحراري [22,21].



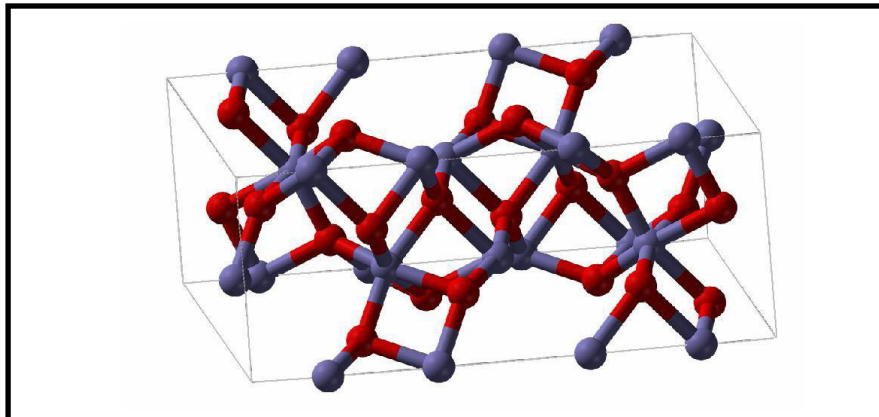
الشكل (2-1) : التركيب السداسي المتراص (Hexagonal Wurtzite) لـ (ZnO) [23].

(3-3-1) تطبيقات أغشية (ZnO) (ZnO) Thin Films Applications

جذبت أغشية أكسيد الخارصين اهتمام الكثير من الباحثين في مجال تكنولوجيا الإلكترونيات البصرية (Optoelectronics) نظراً لخواصها التي تجعلها مناسبة للنبائط الكهروضوئية (Photovoltaic Devices) (Optoelectronic Devices)، ومنها النبائط الفولتائية الضوئية (Organic Light Emitting Diodes) (OLED) وكطبيقات نافذة في المفرك المتباين (Heterojunction) في الخلايا الشمسية، ومتحسسات الغاز (Gas Sensors)، ويمتاز (ZnO) بالاستقرار الكيميائي العالي في وجود بلازما الهيدروجين وهذه الميزة جعلته مهماً في صناعة الخلايا الشمسية السيليكونية العشوائية (Amorphous Silicon Solar Cell) والتي تُحضر باستخدام البلازما [25,24].

(4-1) أكسيد الحديد (Iron Oxide (Fe₂O₃))

يعد عنصر الحديد احد العناصر الانتقالية المهمة في الطبيعة، وغالباً ما يتواجد في الطبيعة في صورة أكاسيد ذات تكافؤ (Fe⁺²) أو (Fe⁺³) إذ يطلق على مركبات الحديد ثنائية التكافؤ (حديدوز) مثل أكسيد الحديدوز (FeO)، وعلى مركبات الحديد ثلاثية التكافؤ (حديدك) مثل أكسيد الحديدك (Fe₂O₃) الذي يمكن الحصول عليه من التسخين الشديد لكبريتات الحديدوز أو من تأكسد الحديدوز عند اضافة القلويات الى محلول الحديدوز أو من المركبات (Fe(NO₃)₃.9H₂O) أو (FeCl₂.5H₂O) [27,26]، أما من حيث التركيب البلوري فان مادة اوكسيد الحديدك (Fe₂O₃) ذات تركيب بلوري سداسي ويعد اوكسيد الحديدك (Fe₂O₃) شبه موصل من النوع (n-type) [28] والشكل (3-1) يبين تركيب (Fe₂O₃) البلوري السداسي [29].



الشكل (3-1): التركيب البلوري السداسي لأكسيد الحديدك (Fe₂O₃) [29].

(1-4-1) تطبيقات أغشية (Fe_2O_3) Thin Films Applications

تمتلك أغشية (Fe_2O_3) الرقيقة كفاءة عالية لتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية عند استعمالها قطبا ضوئيا مقارنةً مع الأغشية السميكة، وتستخدم أغشية (Fe_2O_3) كمرشحات للاشعاع في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة من الطيف المرئي ولهذه الاغشية قابلية على حجب الضوء اكبر من الحجب الحاصل في الزجاج الاعتيادي، وتستخدم أغشية (Fe_2O_3) في تصنيع انواع من النبائط الالكتروضوئية بالاضافة الى استعمالها كطلاءات. ومن الجدير بالذكر ان لأوكسيد الحديد موصفات تؤهله للاستعمال بوصفه قطباً موجباً جامعاً للالكترونات الضوئية ومقاوما جيداً تجاه التآكل الناتج من التأثيرات الضوئية. ويمتلك توصيلية عالية ومعامل امتصاص عال لذا يمكن استعماله في المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها في الخلايا الضوئية [30-34].

(1-5) الدراسات السابقة

درس (Caglar *et al.*) (2006) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (350°C) اذ بينت نتائج حيود الاشعة السينية أن هذه الأغشية ذات تركيب بلوري سداسي متراس (Hexagonal wurtzite) وبالاتجاه السائد (002) وبمعدل حجم حبيبي (46 nm) وبينت نتائج الخواص البصرية أن نفاذية الأغشية عالية بحدود (95%) في المنطقة المرئية وقيمة فجوة الطاقة البصرية (3.283 eV) [35].

درس (Chen *et al.*) (2007) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية ($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$) بنسب التشويب ($x = 0.03, 0.05, 0.07, 0.10, 0.15$) المحضرة بطريقة التريذ الماكنتروني الراديوي المرسبة على قواعد من السيليكون والالمنيوم بدرجة حرارة (400°C) وبينت نتائج الفحوصات التركيبية ان التشويب بالحديد (Fe) لم يؤثر على تركيب (ZnO) السداسي المتراس وان قيمة (FWHM) للاتجاهية (002) تزداد بزيادة تركيز (Fe) وبالتالي فان الحجم الحبيبي يقل بزيادة تركيز (Fe) وهذا ما بينته قياسات (XRD) و (SEM) وبينت نتائج القياسات البصرية ان فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسبة التشويب بـ (Fe) [36].

درس (Alver *et al.*) (2007) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الخارصين المشوبة بالحديد ($Zn_{1-x}Fe_xO$) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية، وقد بينت نتائج حيود الاشعة السينية ان الأغشية الناتجة ذات تركيب بلوري سداسي متراس وبالاتجاه السائد (100) أما نتائج القياسات البصرية فقد بينت ان فجوة الطاقة البصرية تقل مع زيادة تركيز الحديد (Fe) [37].

درس (Mandal *et al.*) (2008) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة باستخدام تقنية التريز الماكنتروني الراديوي على قواعد زجاجية وبدرجات حرارة مختلفة $^{\circ}C$ (40, 100, 200, 300) تمت دراسة الخصائص التركيبية وظهر حيود الاشعة السينية عدد من قمم الحيود تزداد شدتها عند زيادة درجة حرارة القاعدة وبينت نتائج الخصائص البصرية ان نفاذية الأغشية عالية بحدود (90%) في المنطقة المرئية وتراوح قيمة فجوة الطاقة البصرية للأغشية eV (3.24-3.3) [38].

درس (Seo *et al.*) (2008) الخصائص التركيبية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بنسب التشويب ($x=0.03, 0.04, 0.07$) المرسبة على قواعد من (Al_2O_3) بطريقة التريز الماكنتروني الراديوي حيث بينت نتائج حيود الاشعة السينية ان الأغشية الناتجة ذات تركيب سداسي متراس وبالاتجاه السائد (002) ولم يظهر اي طور من اطوار الحديد المعروفة وان قيمة ثابت الشبكة تزداد بزيادة نسب التشويب بـ (Fe) [39].

درس (Xue *et al.*) (2008) تأثير التلدين على الثوابت البصرية لأغشية أوكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة باستعمال تقنية المحلول الغروي (Sol-Gel) على قواعد من الياقوت (Sapphire) والمعدنة بدرجات حرارية مختلفة $^{\circ}C$ (600-950) اذ بينت نتائج الخواص البصرية ان النفاذية البصرية للأغشية المعدنة تقل في المنطقة المرئية وتزداد في المنطقة فوق البنفسجية بزيادة درجة حرارة التلدين وفجوة الطاقة البصرية تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين وتبدأ بالنقصان بعد درجة $^{\circ}C$ (750) بزيادة درجة حرارة التلدين [40].

درس (Cheng *et al.*) (2009) الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية ($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$) بنسب التشويب ($x = 0.011, 0.029, 0.048, 0.10, 0.20$) النمأة على قواعد من (Al_2O_3) بطريقة التريذ الماكنتروني بدرجة حرارة (400°C) اذ بينت نتائج حيود الاشعة السينية ان جميع الاغشية المحضرة تمتلك تركيباً سداسياً مترافاً ولم يظهر أي طور من أطوار الحديد المعروفة مثل (FeO) و (Fe_2O_3) و (Fe_2O_4) لجميع نسب التشويب، اما بالنسبة لفجوة الطاقة البصرية فانها تقل بزيادة نسب التشويب [41].

درس (Shinho Cho) (2009) تأثير درجة حرارة القاعدة على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة بطريقة التريذ الماكنتروني الراديوي على قواعد من الزجاج بدرجات حرارة ($100-400^\circ\text{C}$) اذ بينت نتائج حيود الاشعة السينية ظهور عدة قمم للحيود تزداد شدتها بزيادة درجة الحرارة وكان الحجم الحبيبي بحدود ($15-40\text{ nm}$) وفجوة الطاقة البصرية بحدود ($2.69-3.09\text{ eV}$) [42].

درس (Periasamy *et al.*) (2009) تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة بتقنية الطلاء بالفراغ على قواعد من الزجاج والسليكون واثبتت نتائج (XRD) و (AFM) ان جميع الاغشية متعددة التبلور ذات تركيب بلوري سداسي متراف وذات تجانس جيد وبزيادة درجة التلدين من (400°C) الى (600°C) تزداد قيمة الخشونة (roughness) من (6 nm) الى (16 nm) وفجوة الطاقة البصرية تزداد من (3.05 eV) الى (3.26 eV) [43].

درس (Soumahoro *et al.*) (2010) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية ($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$) وبنسب تشويب مختلفة ($x = 0.03, 0.05, 0.07, 0.10, 0.15$) والمرسبة بالتحلل الكيميائي الحراري على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة (450°C)، اذ أظهرت نتائج فحوصات (XRD) أن الأغشية المحضرة كافة تمتلك تركيباً متعدد التبلور من النوع السداسي المتراف وذات تجانس جيد، وإن قيمة الحجم الحبيبي بحدود (70 nm) بينما تتناقص قيمة فجوة الطاقة مع زيادة نسبة التشويب ضمن المدى ($3.25-3.27\text{ eV}$)، أما نفاذية الأغشية فقد كانت بحدود (80%) في المنطقة المرئية وهي تقل مع زيادة تركيز التشويب بالحديد [44].

درس (García-Lobato *et al.*) (2010) تأثير درجة حرارة القاعدة على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (Fe_2O_3) الرقيقة والمرسبة على قواعد زجاجية باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري وبدرجات حرارة قاعدة مختلفة $^{\circ}\text{C}$ (200-400) وأظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان التركيب البلوري يكون عشوائياً للأغشية المحضرة عند درجة حرارة أقل من (350°C) بينما يكون متعدد التبلور عند درجات حرارة أعلى، أما الخصائص البصرية فقد بينت ان معدل النفاذية يقل بزيادة درجة حرارة القاعدة [45].

درس (Linhua Xu *et al.*) (2010) تأثير التشويب بالحديد (Fe) على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) المرسبة على قواعد من الزجاج والسليكون باستعمال تقنية المحلول الغروي (Sol-Gel) اذ بينت نتائج الفحوصات التركيبية أن جميع الأغشية ذات تركيب متعدد التبلور مع اتجاه سائد (002) لجميع نسب التشويب ولم يظهر أي طور من أطوار الحديد المعروفة مثل (FeO) و (Fe_2O_3) و (Fe_2O_4) ضمن هذه النسب، كذلك أظهرت نقصان (FWHM) عند النسبة (1%) للاتجاهية (002) ثم زيادتها ونقصان شدتها تدريجياً الى حد (5%) وبينت نتائج الخواص البصرية أن زيادة نسب التشويب لم تؤثر كثيراً على قيمة النفاذية في منطقة الطيف المرئي والتي قدرت قيمتها بـ (82%) [46].

درس (Shakti *et al.*) (2010) تأثير التلدين على الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة بطريقة الطلاء بالمحلول الغروي على قواعد من الكوارتز والملدنة بدرجات الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (400, 500, 600) وبينت نتائج (XRD) ان جميع الاغشية متعددة التبلور ذات تركيب بلوري سداسي متراس وان قيمة الحجم الحبيبي لجميع الاغشية اقل من (100 nm) وتزداد فجأة عند التلدين بدرجة (400°C) وتقل عند (600°C) اما نتائج الخواص البصرية فبينت ان الاغشية الملدنة بدرجتي (400°C) و (600°C) ذات نفاذية بحدود (90%) في المنطقة المرئية وفجوة الطاقة البصرية قيمتها (3.21 eV) [47].

درس (Wang *et al.*) (2010) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO) المشوبة بالحديد (Fe) والمحضرة بطريقة التريز الماكنتروني اذ أظهرت نتائج فحوصات (XRD) ان جميع نسب التشويب ذات اتجاه سائد (002) ولم يظهر اي طور من اطوار الحديد المعروفة (FeO) و (Fe₂O₃) و (Fe₂O₄) لنسب التشويب اقل من (4.8%) وان قيمة (FWHM) تزداد بزيادة نسبة التشويب بالحديد (Fe) وقياسات (AFM) اوضحت ان قيمة متوسط خشونة السطح (Average Surface Roughness) للأغشية المحضرة نقل من (1.087 nm) الى (0.409 nm) بزيادة نسبة التشويب من (0%) الى (1.3%) وتكون قيمتها (0.92 nm) لنسب التشويب (3.2%) و (10%) اما نتائج الخواص البصرية فقد بينت ان قيمة فجوة الطاقة البصرية نقل من (3.24 eV) الى (3.010 eV) بزيادة نسبة التشويب من (0%) الى (10%) اما نفاذية الاغشية فكانت بحدود (90%) في المنطقة المرئية وتكون اقل من ذلك في المنطقة فوق البنفسجية [48].

درس (Hong *et al.*) (2011) تأثير نسب التشويب بالحديد (Fe) على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة بطريقة التريز الماكنتروني بالتيار المستمر، اذ أظهرت نتائج فحوصات (XRD) ان الاتجاه (002) هو السائد لجميع الاغشية المحضرة وان قيمة ثابت الشبكة (c) يقل من (5.325 Å) الى (5.287 Å) بزيادة نسبة التشويب بـ (Fe)، اما نتائج الخواص البصرية أظهرت ان جميع الاغشية المحضرة تمتلك نفاذية اكبر من (80%) ضمن (400-1000) nm وان فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسب التشويب اذ تكون قيمتها ضمن المدى (3.25-3.36) eV لغير المشوبة والمشوبة للنسب % (0.21, 0.41, 0.82, 1.66, 2.51, 3.32) [49].

درس (Al-Kuhaili *et al.*) (2012) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الحديد (Fe₂O₃) المرسبة بطريقة التبخير الحراري بمحيط غاز الاوكسجين اذ اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان الاغشية المحضرة متعددة التبلور وذات تركيب نانوي والحجم الحبيبي بحدود (15 nm)، وظهرت الخواص البصرية ان للأغشية المحضرة فجوة طاقة مباشرة (2.18 eV) وفجوة طاقة غير مباشرة (1.82 eV) [50].

درس (Prajapati *et al.*) (2013) تأثير التشويب بالحديد (Fe) على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد من الزجاج، اذ بينت نتائج فحوصات (XRD) و (AFM) و (SEM) ان جميع الاغشية ذات تركيب بلوري متعدد التبلور من النوع السداسي المتراس وان الحجم الحبيبي يكون ضمن nm (13-15) وان قيمة متوسط خشونة السطح للاغشية المحضرة تزداد عند نسبة التشويب (1%) وتقل عند (2%)، اما فجوة الطاقة البصرية فان قيمتها تقل بزيادة نسبة التشويب بـ [Fe] [51].

درس (Lin *et al.*) (2013) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة بالحديد ($Zn_{0.96}Fe_{0.04}O$) والمحضرة بطريقة المحلول الغروي (Sol-Gel) على قواعد زجاجية، اذ بينت نتائج الفحوصات التركيبية ان التشويب بالحديد (Fe) لم يؤثر على تركيب (ZnO) السداسي المتراس وان الحجم الحبيبي يقل بعد التشويب، وبينت نتائج الخواص البصرية ان النفاذية تقل بعد التشويب وان قيمة فجوة الطاقة البصرية لـ (ZnO) هي (3.295 eV) وقيمتها (3.261 eV) بعد التشويب بـ (Fe) اي ان قيمة فجوة الطاقة البصرية تقل بعد التشويب [52].

درس (Zhang *et al.*) (2013) تأثير درجة حرارة القاعدة على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) المشوبة بالحديد (Fe) المحضرة بطريقة التريز الماكنتروني الراديوي على قواعد من السيليكون اذ بينت نتائج حيود الاشعة السينية ان الاغشية المحضرة ذات تركيب سداسي متراس ولم يظهر اي طور من اطوار الحديد المعروفة وان قيمة فجوة الطاقة البصرية تزداد بزيادة درجة حرارة القاعدة لتصل الى (3.238 eV) عند درجة (150 °C) [53].

(1-6) هدف الدراسة

Aim of Study

نظراً لأهمية الأغشية الرقيقة وتطبيقاتها المختلفة، تهدف دراستنا الحالية الى تحضير أغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ الرقيقة بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، ودراسة تأثير التلدين بدرجتي الحرارة $(450,500)^\circ\text{C}$ وتغير نسبة الحديد (Fe) في تركيب الغشاء على الخصائص التركيبية للأغشية المحضرة والتي تشمل حساب المسافة بين المستويات البلورية، ثوابت الشبكة، عامل التشكيل، المطاوعة المايكروية، معدل الحجم الحبيبي، كثافة الانخلاعات، عدد البلوريات لوحدة المساحة وخشونة السطح، ودراسة تأثير التلدين بدرجتي الحرارة $(450,500)^\circ\text{C}$ وتغير نسبة الحديد (Fe) في تركيب الغشاء وتغير درجة حرارة القاعدة $(350,400,450)^\circ\text{C}$ على الخصائص البصرية والتي تشمل النفاذية، الأمتصاصية، معامل الأمتصاص، معامل الخمود، التوصيلية البصرية، وحساب قيم فجوة الطاقة البصرية وطاقة اورياخ للأغشية المحضرة، لغرض الحصول على غشاء ذي مواصفات جيدة ومحاولة تحسين صفاته لجعله مناسب للاستخدام في المجالات التطبيقية.

الفصل الثاني

الجزء النظري

Introduction

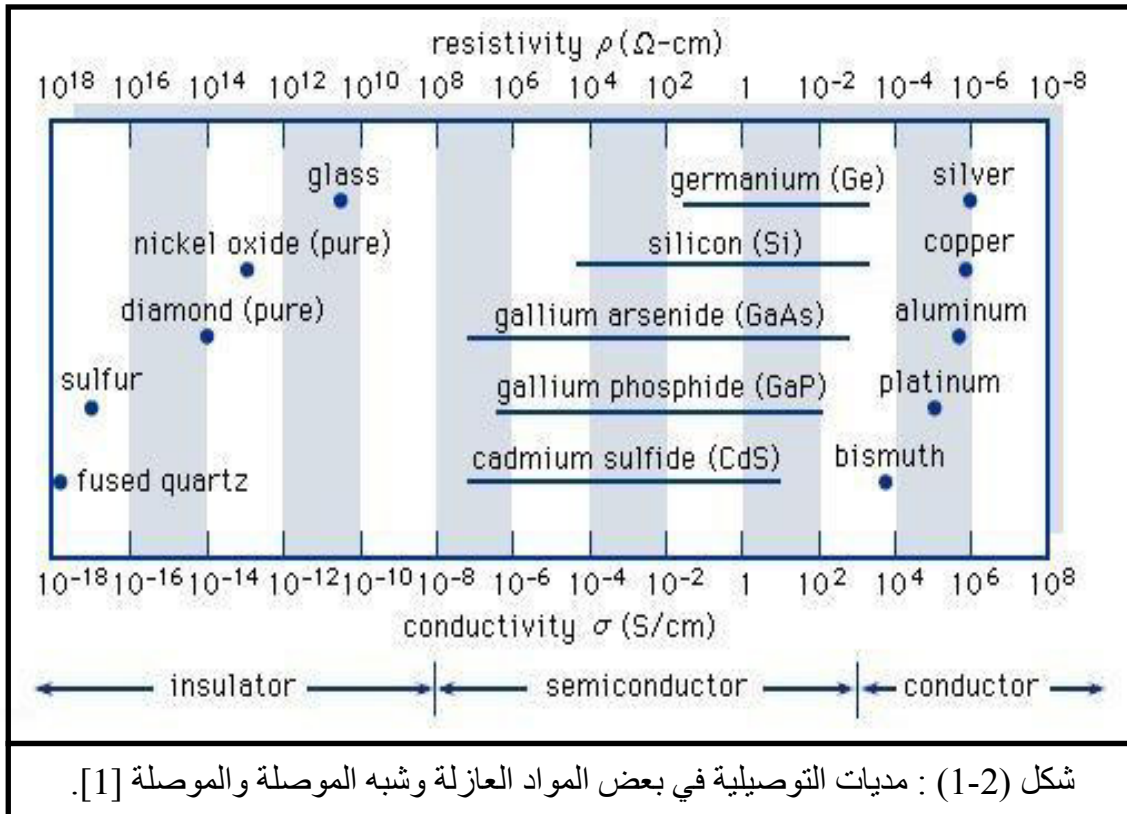
(1-2) المقدمة

يتضمن هذا الفصل وصفاً عاماً للجانب النظري لموضوع الدراسة الحالية، من حيث الأفكار والمفاهيم الفيزيائية النظرية، والإيضاحات العلمية والعلاقات والقوانين الرياضية التي من خلالها يمكن تفسير النتائج التي يتم الحصول عليها عملياً.

Semiconductors

(2-2) أشباه الموصلات

تصنف المواد في الطبيعة من حيث توصيليتها الكهربائية (Electrical Conductivity) عند درجة حرارة الغرفة إلى مواد موصلة (Conductors) وهي ذات توصيلية كهربائية عالية بحدود $(10^3-10^8 \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$ ، ومواد عازلة (Insulators) ذات توصيلية واطئة جداً بحدود $(10^{-18}-10^{-8} \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$ ، ومواد شبه موصلة (Semiconductors) توصيليتها بحدود $(10^{-8}-10^3 \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$ [54]، ويبين الشكل (1-2) مدى التوصيلية في المواد العازلة وشبه الموصلة والموصلة لعدد من المواد [1].



تتواجد المواد شبه الموصلة بشكل كبير جداً في الطبيعة، فالسليكون مثلاً مادة شبه موصلة وهو المادة الأكثر توفراً في العالم بعد الأوكسجين، إذ تكون مركبات السليكا (الرمل) (25%) من مكونات القشرة الأرضية [55] مما اعطاها أهمية كبيرة لدى الباحثين. إنَّ حساسية شبه الموصل نتيجة تأثره بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي جعلت منه مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الإلكترونية [56]، وأنه يصبح عازلاً عند اقتراب درجة حرارته من الصفر المطلق في حين يصبح موصلاً عند رفع درجة حرارته وتمتلك أشباه الموصلات عدداً من الخواص التي تجعلها في غاية الأهمية في التطبيقات العلمية ومن تلك الخواص [57,58].

1- تمتلك مقاومة ذات معامل حراري سالب (Negative Thermal Coefficient) مما يؤدي إلى زيادة توصيليتها الكهربائية بزيادة درجة الحرارة، وتعد هذه الصفة من الصفات التي تميزها عن المواد الموصلة.

2- تمتلك نوعين من حاملات الشحنة وهي الإلكترونات (Electrons) والفجوات (Holes) خلافاً لما هو عليه في المعادن.

3- تكون قيمة مقاومتها النوعية بين $(10^4 - 10^5) (\Omega.m)$.

4- حساسة للضوء من خلال الظاهرة الكهروضوئية.

5- تتأثر توصيليتها بالمجال المغناطيسي.

(2-3) التركيب البلوري لأشباه الموصلات

Crystal Structure for Semiconductors

يمكن تصنيف المواد شبه الموصلة تبعاً لتركيبها البلوري أو طبيعة ترتيب ذراتها على صنفين رئيسيين هما:

(2-3-1) اشباه الموصلات البلورية Crystalline Semiconductors

يكون ترتيب الذرات في أشباه الموصلات البلورية بنحوٍ هندسي دوري يتكرر دورياً في الاتجاهات الثلاثة ، تقسم المواد شبه الموصلة البلورية على قسمين هما:

1- أشباه الموصلات أحادية التبلور: Single Crystalline Semiconductors

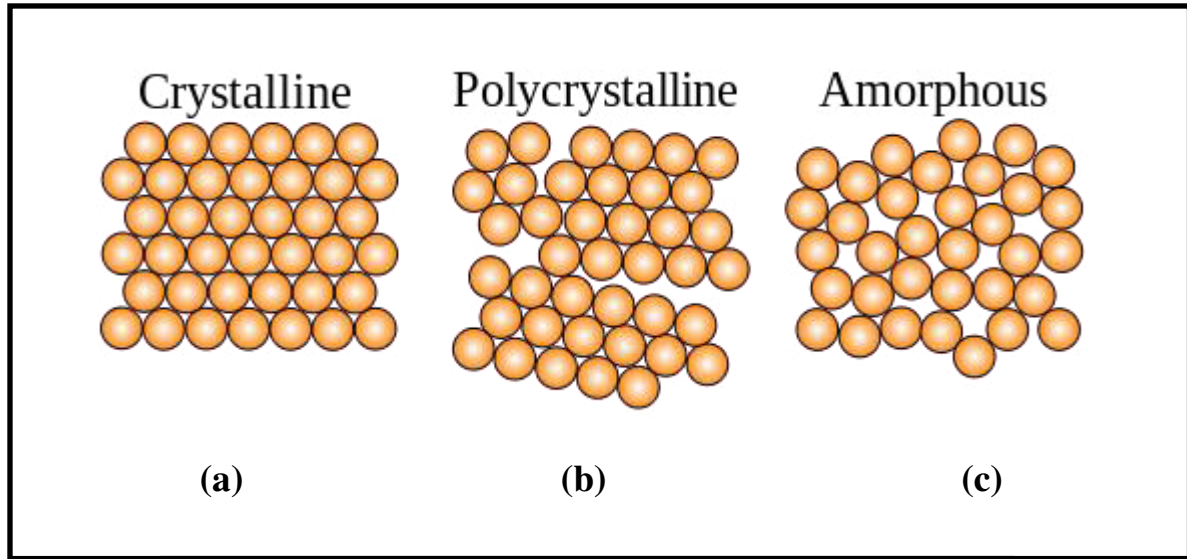
تمتاز هذه المواد في الحالة المثالية بأن ذراتها أو جزيئاتها مرتبة بنحوٍ تعيد نفسها دورياً وبصورة متكررة غير نهائية في الأبعاد الثلاثة لتكون هيكلًا هندسيًا منتظمًا، لذا فهي تمتلك نوعاً من التماثل (Symmetry). ويدعى ترتيب الذرات هذا في البلورة بترتيب المدى الطويل (Long Range Order) (LRO) [60,59]، وكما في الشكل (2-2)a إذ إن ذرات المادة مرتبة في جميع الاتجاهات بأسلوب منتظم ودوري. ويشار إلى الترتيب الدوري للذرات في البلورة بالشبيكة (Lattice) التي تتكون من وحدات مكررة على امتداد البلورة، وتسمى كل وحدة من هذه الوحدات بوحدة الخلية (Unit Cell) [61].

2- أشباه الموصلات متعددة التبلور: Polycrystalline Semiconductors

هي عبارة عن مجموعة من البلورات التي تحتوي على عدد كبير نسبياً من الذرات تُدعى بالحبيبات (Grains) التي تمتلك كل منها على حدة ترتيب المدى الطويل، لكن الحبيبات ككل تمتلك ترتيب المدى القصير (Short Range Order) (SRO)، لأن الحبيبات تتجه بشكل شبه عشوائي نسبة إلى بعضها البعض مما يجعل خواص أشباه الموصلات متعددة التبلور متكافئة الاتجاهات (Isotropic) خلافاً لأحادية التبلور التي غالباً ما تكون خواصها غير متكافئة الاتجاهات (Anisotropic)، وتدعى سطوح التقاء الحبيبات البلورية بعضها مع بعض والتي عندها ينقطع الترتيب الدوري لكل حبيبة بحدود الحبيبات (Grains Boundaries)، كما موضح بالشكل (2-2)b وتكون أشباه الموصلات متعددة التبلور أقل استقراراً ثرموديناميكياً من أحادية التبلور، لأن الطاقة الداخلية الحرة الدنيا تتحدد بطاقة حدود الحبيبات [62].

(2-3-2) أشباه الموصلات العشوائية Amorphous Semiconductors

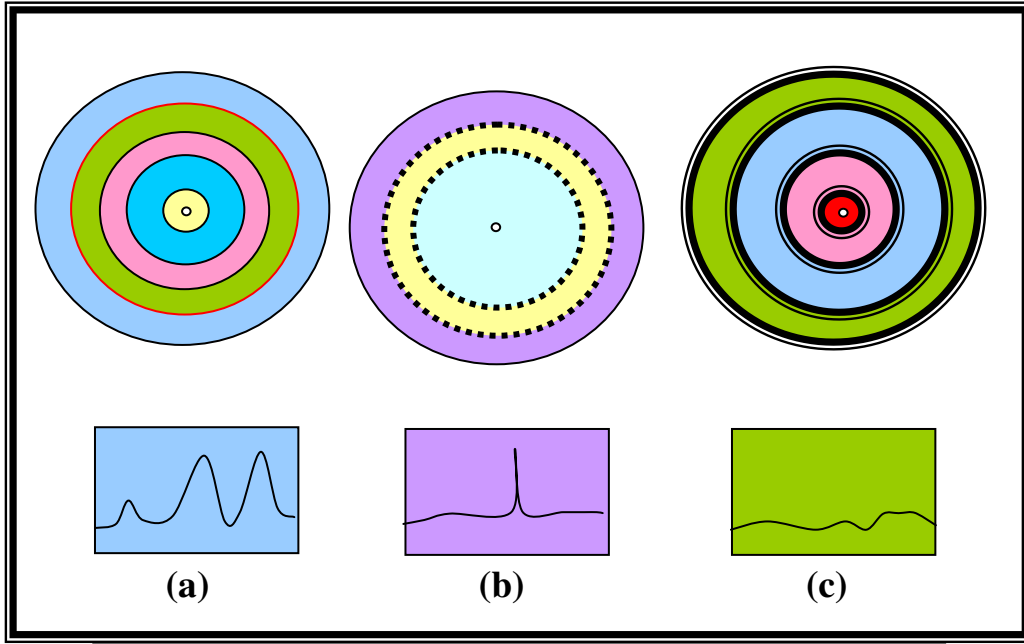
تتميز الحالة العشوائية عن البلورية في فقدان الانتظام وترتيب المدى الطويل في تركيبه، وهي حالة غير مستقرة ثرموديناميكياً، لذا فهي تتبلور عند زوال أسباب تكوينها العشوائي، أيضاً تكون المواد غير المتبلورة متكافئة الاتجاهات (Isotropic)، أي لا يظهر للاتجاه تأثير في خواصها، لأن الحبيبات مرتبة بنحوٍ عشوائي [63,55]، كما موضح بالشكل (2-2)c .



الشكل (2-2) ترتيب الذرات في المواد الصلبة.
(a) أحادية التبلور (b) متعددة التبلور (c) عشوائية

أما سبب وجود المواد الصلبة بالحالتين المتبلورة والعشوائية (غير المتبلورة) فيعود إلى الطريقة التي تحضر بها المواد والكيفية التي تتكون بها، فعندما تسنح الفرصة للذرات لكي ترتب نفسها وتكون طاقتها أقل ما يمكن تنتج عنها مادة بلورية، وعندما لا تُتاح الفرصة لها لترتيب نفسها فأنها تتجمع عشوائياً وتكون طاقتها أكبر من حالة الذرات المتجمعة بانتظام فينتج عنها مادة صلبة غير متبلورة [65,55].

ومن دراسة أنماط حيود الأشعة السينية يمكن تمييز أشباه الموصلات البلورية عن العشوائية، إذ إن نمط الحيود يكون على هيئة حلقات عريضة ضعيفة الإضاءة ومتحدة المركز للمواد العشوائية، وعلى هيئة نقاط مضيئة حادة في المواد أحادية التبلور، وعلى هيئة حلقات رفيعة ذات إضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز في المواد متعددة التبلور كما في الشكل (2-3) [66].



الشكل (2-3) : حيود الأشعة السينية للمواد البلورية والعشوائية [66].
(a) متعددة التبلور. (b) أحادية التبلور. (c) عشوائية.

Semiconductors Types

(2-4) أنواع أشباه الموصلات

Intrinsic Semiconductors

(2-4-1) أشباه الموصلات النقية

تدعى أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب بأشباه الموصلات الذاتية، وفيها تكون حزمة التكافؤ (Valence Band) مملوءة كلياً بالإلكترونات في حين ستكون حزمة التوصيل (Conduction Band) فارغة كلياً من الإلكترونات عند درجة حرارة الصفر المطلق (0 K)، ولهذا تعد المواد شبه الموصلة عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق [55]، وعند رفع درجة حرارة المادة شبه الموصلة الذاتية إلى درجات حرارة عالية فإن عدداً معيناً من الإلكترونات الموجودة في حزمة التكافؤ يمكن أن تتأثر حرارياً وتنتقل إلى حزمة التوصيل تاركة خلفها عدداً من الفجوات (Holes)، إن الإلكترونات (Electrons) التي تصل حزمة التوصيل ستملأ هذه الحزمة جزئياً وستكون جاهزة للتوصيل الكهربائي عند تسليط مجال كهربائي عليها، أما الفجوات المتكونة في حزمة التكافؤ فأنها ستحمل شحنة موجبة وإن وجود هذه الفجوات يسهل للإلكترونات التحرك لشغلها تاركاً فجوة أخرى في مكانها الأصلي وبالتالي تظهر الفجوات وكأنها تتحرك باتجاه المجال وبالعكس اتجاه الإلكترونات الحرة [1,57].

يقع مستوى فيرمي (Fermi-level) في أشباه الموصلات النقية في منتصف فجوة الطاقة المحظورة (Forbidden Gap) عند درجة حرارة الصفر المطلق، كما في المعادلة الآتية [1]:

$$E_F = \frac{(E_c + E_v)}{2} \dots \dots \dots (1 - 2)$$

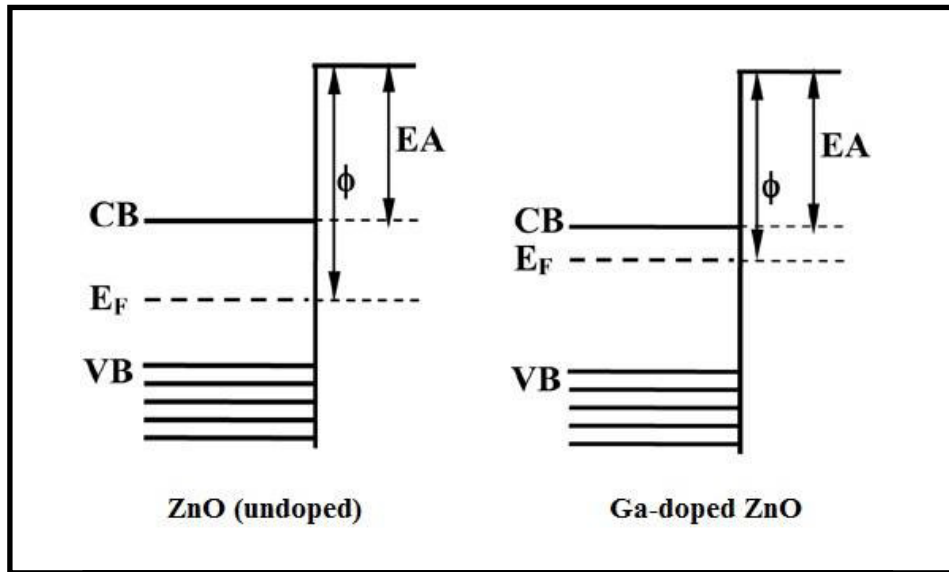
حيث أن :

E_F : طاقة مستوى فيرمي. E_c : طاقة مستوى التوصيل. E_v : طاقة مستوى التكافؤ.

Extrinsic Semiconductors

(2-4-2) أشباه الموصلات المشوبة

تدعى عملية الإضافة المتعمدة للشوائب (Impurities) إلى شبه الموصل النقي بالتطعيم أو التشويب (Doping)، وأن هذه الشوائب تعمل على تكوين مستويات طاقة جديدة تقع في الفجوة المحظورة بين حزمتي التوصيل والتكافؤ، والتشويب تقنية مرغوب فيها لمعظم التطبيقات. إن شبه الموصل المطعم يصنف إلى نوعين بحسب نوع الشوائب المضافة إليه، النوع الأول هو شبه الموصل من نوع (n-type) ويسمى بالنوع السالب لكون حاملات الشحنة الأغلبية (Majority Carriers) فيه هي الإلكترونات، وحاملات الشحنة الأقلية (Minority Carriers) هي الفجوات، ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب مانحة (Donors) إلى شبه موصل نقي. أما النوع الثاني فهو شبه الموصل من نوع (p-type) ويسمى بالنوع الموجب لكون حاملات الشحنة الغالبة فيه هي الفجوات. أما بالنسبة لمستوى فيرمي في أشباه الموصلات المشوبة، فعند زيادة التطعيم في شبه الموصل من النوع السالب (n-type) يزحف مستوى فيرمي مبتعداً عن وسط فجوة الطاقة الممنوعة باتجاه حزمة التوصيل، أما عند زيادة التطعيم في شبه الموصل من النوع الموجب (p-type) فإن مستوى فيرمي سوف يزحف مبتعداً عن وسط الفجوة الممنوعة مقترباً من حزمة التكافؤ، والشكل (2-4) يوضح موقع مستوى فيرمي لشبه موصل نقي ومشوب [67-69].

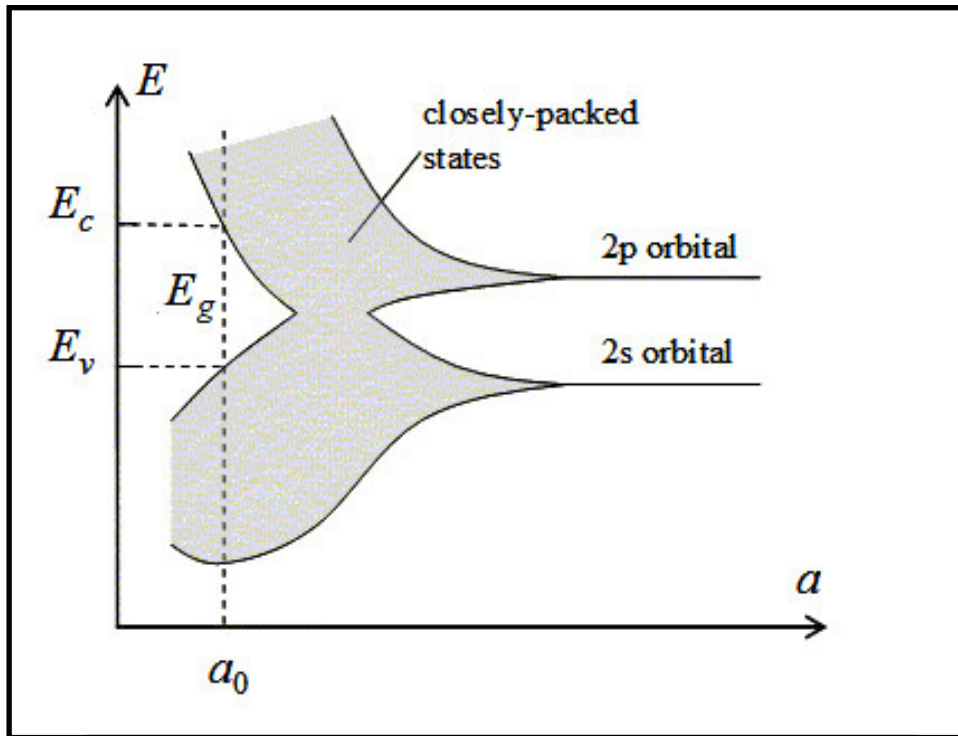


الشكل (2-4): موقع مستوى فيرمي لشبه موصل نقي ومشوب [67].

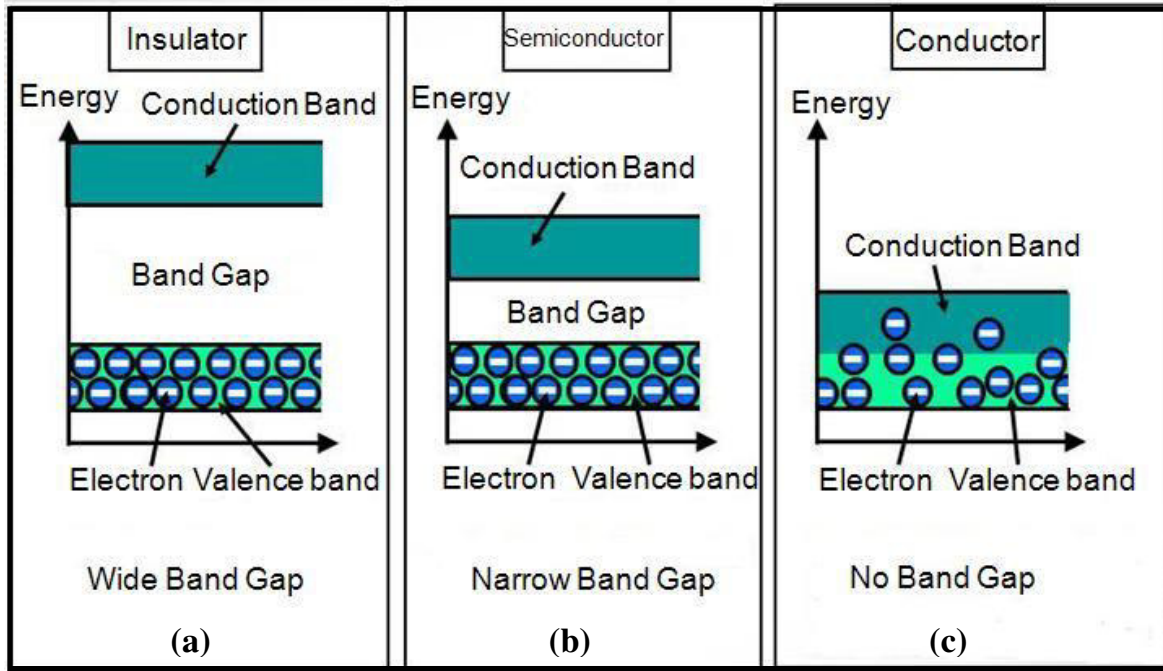
(5-2) حزم الطاقة في المواد الصلبة Energy Bands in Solid Materials

تتحدد الخواص البصرية والكهربائية لأيّة مادة صلبة في ضوء تركيب حزم الطاقة لها ومدى إشغالها بالإلكترونات، فالذرات في المواد الصلبة متقاربة جداً بحيث أن إلكتروناتها التساهمية تشكل نظاماً واحداً مشتركاً بين الذرات في البلورة كافة، واستناداً إلى نظرية الحزم في المواد الصلبة فإنه إذا إتقى (N) من الذرات في مادة ما فإن كل مستوى يجب أن ينشطر إلى (N) من المستويات، أي أنه عند التقاء (10^{22}) من الذرات مثلاً في سنتيمتر مكعب من المادة سينشطر المستوى إلى (10^{22}) مستوى بحيث تشكل فيما بينها حزماً متواصلة من مستويات الطاقة تبدو وكأنها متصلة الواحدة بالأخرى، وبالتالي تفقد كل حزمة ناشئة عن مستوي منفصل هويتها [1,69,70]، وعندما تصبح المسافة بين الذرات مساوية لثابت الشبكة (Lattice Constant) فإن الحزمة الواحدة المتصلة ستنشطر مرة ثانية إلى حزمتين يفصلهما فاصل لا يمكن للإلكترونات أن تمتلك طاقة تقع ضمنه، وتدعى هذه المنطقة بالفجوة المحظورة (Forbidden Gap)، وتسمى الحزمة التي تعلو الفجوة بحزمة التوصيل (Conduction Band) في حين تدعى الحزمة التي أسفلها بحزمة التكافؤ (Valence Band) كما في الشكل (2-5) [71].

ان المواد الموصلة كالمعادن مثلاً تكون فيها حزمة التوصيل إما مشغولة جزئياً بالإلكترونات أو أن تكون متداخلة مع حزمة التكافؤ بحيث تختفي فجوة الطاقة كما في الشكل (6-2)c وفي العوازل كثنائي أكسيد السليكون (SiO_2) مثلاً تكون فجوة الطاقة كبيرة وتكون جميع مستويات الطاقة في حزمة التوصيل شاغرة ولذلك لا يمكن للطاقة الحرارية ولا المجال الكهربائي أن يرفعا الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل كما في الشكل (6-2)a، أما المواد شبه الموصلة فالأواصر الموجودة بين ذراتها تكون متينة بعض الشيء وبذلك فان الطاقة الحرارية تكسر بعض هذه الأواصر وعندها يتحرر الإلكترون تاركاً ثقباً (Hole) طليقاً كما في الشكل (6-2)b ومقدار فجوة الطاقة في هذه المواد أقل مما هي عليه في العوازل لذلك يسهل على الإلكترون الانتقال إلى حزمة التوصيل عند وجود الطاقة اللازمة لذلك [1,69,73].



الشكل (5-2): تكوين حزم الطاقة في المواد البلورية [71].



الشكل (2-6): حزم الطاقة في المواد [72].
(a) عازل (b) شبه موصل (c) موصل

Structural Properties

(6-2) الخصائص التركيبية

X-Ray Diffraction (XRD)

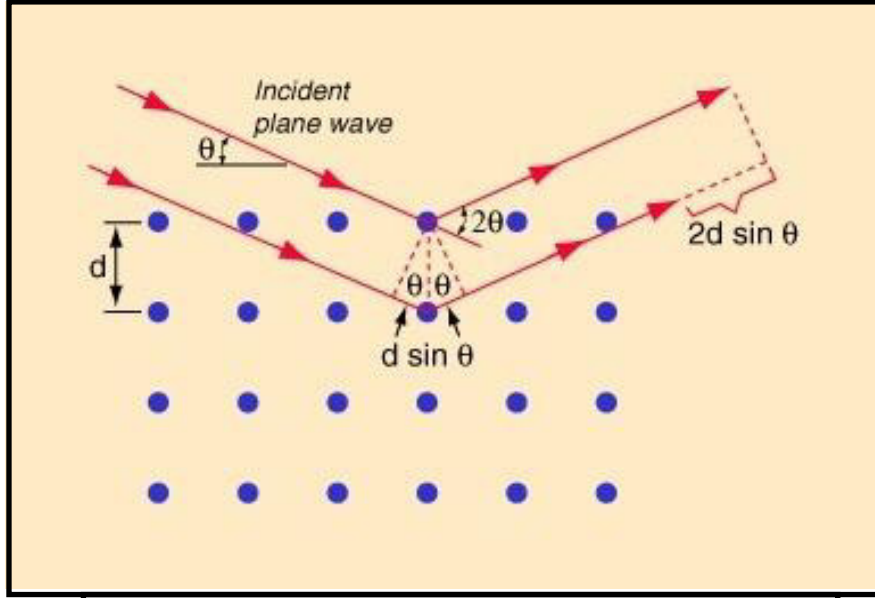
(1-6-2) حيود الأشعة السينية

تستخدم تقنية حيود الأشعة السينية لمعرفة طبيعة التركيب البلوري والاطوار البلورية الرئيسية والاتجاه السائد للأغشية المحضرة عند ظروف معينة ودراسة الترتيب الذري لها، إذ يعتمد المبدأ العام للحيود على ظاهرة التداخل التي تحدث عندما تنتشلت حركة أية موجة عند عدد من المراكز ونتيجة ذلك يحدث إما تداخل بناء (Constructive Interference) أو تداخل إتلافي (Destructive Interference). لقد تمكن العالم الإنكليزي براك (Bragg) من فرض أنموذج بسيط للتركيب البلوري يمكن بواسطته معرفة إتجاه حيود الأشعة السينية من البلورة بعد سقوطها عليها، وينص هذا الأنموذج على أن المستويات المختلفة التي تتكون من ذرات البلورة يمكن أن تعكس الأشعة السينية [74,4] ويوضح الشكل (2-7) حيود الأشعة السينية عند سقوطها على سطح البلورة وقانون براك الذي يوصف بالمعادلة الآتية :

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta \dots\dots\dots (2-2)$$

إذ إنَّ:

- n : عدد صحيح.
 θ : زاوية سقوط الأشعة السينية أو زاوية براك.
 λ : الطول الموجي للأشعة الساقطة.
 d_{hkl} : المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين.



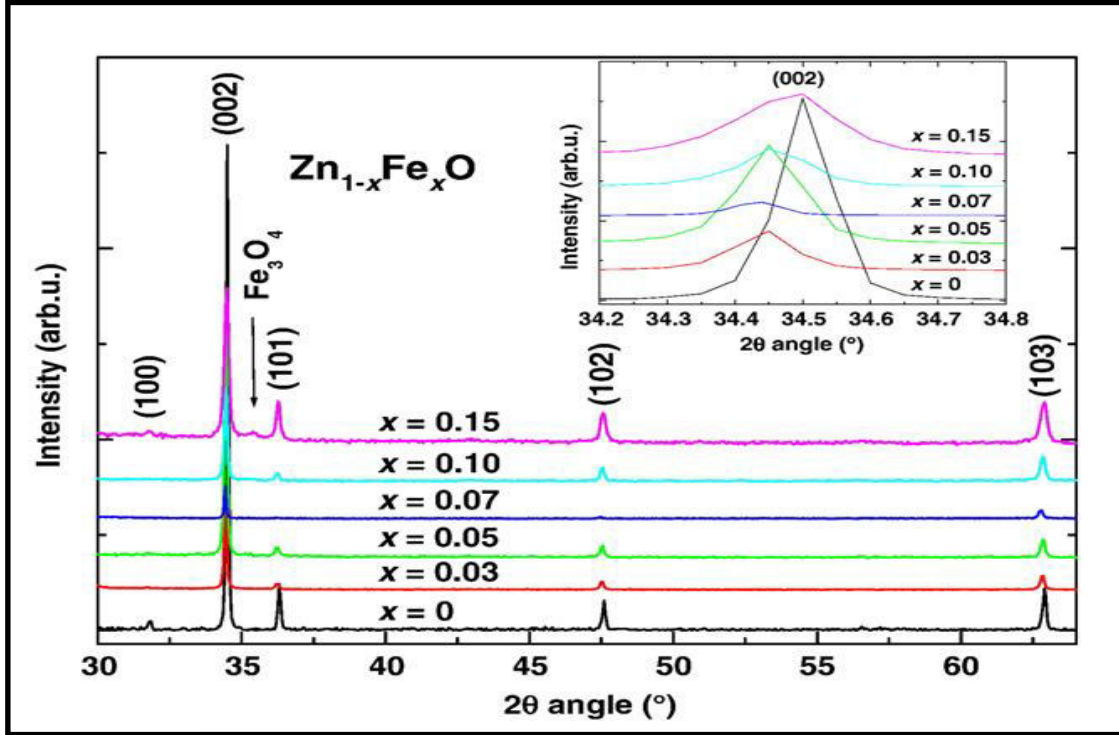
الشكل (7-2): المستويات البلورية وقانون براك [75].

إن انعكاس براك يمكن أن يحدث فقط عندما يكون الطول الموجي (λ) في المعادلة (2-2) أصغر أو مساوياً لضعف المسافة البينية (d_{hkl}) بين مستويين متعاقبين في البلورة، أي أن شرط براك اللازم للانعكاس هو ($\lambda \leq 2d_{hkl}$) [77,76].

ولغرض الحصول على نمط حيود الأشعة السينية الذي يحدث في حالة تحقيق قانون براك تم تصميم بعض الطرائق التجريبية ومنها [59]:

- طريقة لاوي (Laue Method) .
- طريقة تدوير البلورة (Rotating-Crystal Method) .
- طريقة تذبذب البلورة (Oscillating-Crystal Method).
- طريقة المسحوق (Powder Method) .

ويوضح الشكل (2-8) حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الخارصين المشوبة بالحديد المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة (450 °C) [44].



الشكل (2-8): حيود الأشعة السينية لأغشية $(Zn_{1-x}Fe_xO)$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري [44].

Structure Parameters

(2-6-2) المعلمات التركيبية

Lattice Constants

(1-2-6-2) ثوابت الشبكة

يمتلك التركيب السداسي (Hexagonal) ثابتي شبكة هما (a_0) و (c_0) ويتم حسابهما باستخدام العلاقة الآتية [78]:

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a_0^2} \right) + \frac{l^2}{c_0^2} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

إذ إنَّ hkl تمثل معاملات ميلر.

Average Grain Size

(2-2-6-2) معدل الحجم الحبيبي (D_{av})

يمكن حساب معدل الحجم الحبيبي أو (معدل الحجم البلوري) باستخدام علاقة شيرر (Scherrer formula) [79]:

$$D_{av} = \frac{0.9\lambda}{B \cos\theta} \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

إذ أن:

λ : طول موجة الأشعة السينية الساقطة.

B : عرض المنحنى عند منتصف الشدة العظمى (Full Width at Half Maximum) (FWHM)
 θ : زاوية براك.

Texture Coefficient

(3-2-6-2) عامل التشكيل (T_c)

يمكن وصف التوجيه التفضيلي لمستوى معين داخل البلورة في التراكيب متعددة التبلور بما يسمى بعامل التشكيل إذ إن قيمته الأعلى من الواحد تؤكد أن اتجاه النمو البلوري للمستويات المفضلة تكون ضمن هذا الاتجاه، أما الأقل من الواحد فهي متعددة التبلور ولكن باتجاهات غير موحدة، وبالتالي فإن تحسن النمو البلوري للمادة مرتبط بقيمة هذا العامل [76,35] ويمكن حساب عامل التشكيل وفق العلاقة الآتية [80]:

$$T_c = \frac{I(hkl) / I_0(hkl)}{N^{-1} \sum_N I(hkl) / I_0(hkl)} \quad \dots\dots\dots (5-2)$$

إذ أن:

N : عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية (XRD).

$I(hkl)$: الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) .

$I_0(hkl)$: الشدة القياسية للمستوي (hkl) المأخوذة من بطاقة (JCPDS).

Microstrain

(4-2-6-2) المطاوعة المايكروية (S)

تنتج المطاوعة المايكروية عن الإجهادات المايكروية والشد المايكروي في الشبكة والتي تسبب انحراف ثابت الشبكة (c_o) للتركيب السداسي (Hexagonal) عن قيمته في البطاقة القياسية (JCPDS) ويمكن حساب المطاوعة المايكروية من العلاقة الآتية [81]:

$$S = \frac{|c_{o(JCPDS)} - c_{o(experimental)}|}{c_{o(JCPDS)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

إذ إن :

$c_{o(JCPDS)}$: قيمة ثابت الشبكة (c_o) في البطاقة القياسية (JCPDS).

$c_{o(experimental)}$: القيمة المحسوبة لثابت الشبكة (c_o).

(5-2-6-2) كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة

Dislocation Density and Number of Crystals per unit Area

تمثل كثافة الانخلاعات (δ) عدد خطوط الانخلاع التي تقطع وحدة مساحة في البلورة [85]، ويتم ايجادها عن طريق العلاقة الآتية [82]:

$$\delta = \frac{1}{D_{av}^2} \quad \dots\dots\dots (7-2)$$

أما عدد البلوريات (N_o) لوحدة المساحة فيتم ايجادها وفق العلاقة الآتية [83]:

$$N_o = \frac{t}{D_{av}^3} \quad \dots\dots\dots (8-2)$$

إذ أن t : سمك الغشاء الرقيق.

Optical Properties

(7-2) الخصائص البصرية

تُعد دراسة الخواص البصرية لأشباه الموصلات ذات أهمية كبيرة لكونها تزودنا بالكثير من المعلومات عن نوعية الانتقالات الإلكترونية التي تحدث في المادة وعن قيمة فجوة الطاقة البصرية وقيم الثوابت البصرية الأخرى، إذ تشترك جميع أشباه الموصلات بسمة مميزة وهي الزيادة السريعة في الامتصاص عندما تصبح طاقة الإشعاع الممتص مساوية تقريباً إلى فجوة الطاقة التي تفصل حزمة التكافؤ عن حزمة التوصيل، والتي تدعى بحافة الامتصاص الأساسية (Fundamental absorption edge) [84,59] فعند سقوط شعاع من ضوء أحادي اللون عمودياً على مقطع من سطح شبه موصل فإن جزءاً من هذا الشعاع سينعكس وينفذ الجزء المتبقي، وهذا النافذ قد يواجه عملية امتصاص أيضاً بحيث يبقى المجموع الجبري لهذه الأجزاء مساوياً لقيمة الواحد [85]، وحسب العلاقة الآتية:

$$R+T+A=1 \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

اذ ان : R: الانعكاسية. T: النفاذية. A: الامتصاصية.

إن نسبة امتصاص الضوء تتناسب طردياً مع شدة الضوء الساقط عند طول موجي معين، وهذه الظاهرة الفيزيائية شائعة الحدوث وتؤدي إلى اضمحلال في شدة الضوء أسياً عند مروره خلال شبه الموصل، ويعبر عنها رياضياً على النحو الآتي [86,54] :

$$I_T = I_0 e^{(-\alpha t)} \quad \dots\dots\dots (10-2)$$

اذ ان : I_T : شدة الضوء النافذ

I_0 : شدة الضوء الساقط

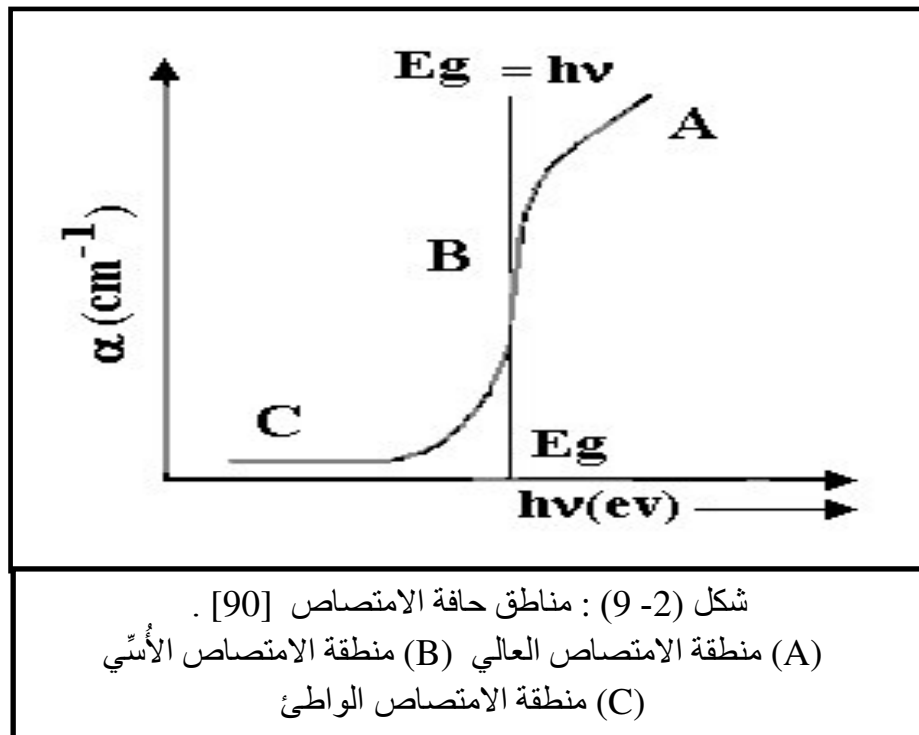
α : معامل الامتصاص

t : (سمك الغشاء) المسافة التي يقطعها الضوء

إن النسبة بين الشدة النافذة إلى الشدة الساقطة (I_T/I_0) تقل مع زيادة سمك المادة (t) كما في المعادلة أعلاه. وتعتمد الخواص البصرية لأغشية أشباه الموصلات على طريقة وظروف التحضير من معدل ترسيب ودرجة حرارة الأساس وتلدين وغيرها، إذ إن أي تغيير في هذه الظروف يؤدي إلى انحراف حافة الامتصاص إلى طاقات أعلى أو أوطأ [87].

(1-7-2) حافة الامتصاص الأساسية Fundamental Absorption Edge

تُعرف حافة الامتصاص الأساسية بأنها الزيادة السريعة الحاصلة في الامتصاص عندما تكون طاقة الإشعاع الممتص مساوية تقريباً لفجوة الطاقة البصرية، وعليه فإنَّ حافة الامتصاص الأساسية تمثل أقل فرقاً في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل، وتُعد عملية الامتصاص الأساسية من أهم عمليات الامتصاص داخل المادة، إذ يتم فيها انتقال الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل بامتصاص فوتون من الإشعاع الساقط على المادة، إنَّ طاقة الفوتون الممتص يجب أن تكون أكبر أو مساوية لقيمة فجوة الطاقة لتلك المادة [89,88]. يمتاز الامتصاص لأشباه الموصلات بثلاث مناطق متميزة يوضحها الشكل (2-9) الذي يبين العلاقة بين معامل الامتصاص (α) وطاقة الفوتون ($h\nu$) [90].



ومن خلال الشكل (2-9)، يتضح أنَّ منطقة الامتصاص في أشباه الموصلات تقسم إلى ثلاثة مناطق متميزة، وهذه المناطق هي:

High Absorption Region

(2-1-7-1) منطقة الامتصاص العالي

تمتاز هذه المنطقة بمعامل امتصاص عالٍ تكون قيمته ($\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$)، وتحدث الانتقالات بين المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، والمعادلة المستخدمة في هذه المنطقة هي [61] :

$$\alpha h\nu = P (h\nu - E_g)^r \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

إذ إن :

P : ثابت يعتمد على طبيعة المادة. E_g : فجوة الطاقة.

r : معامل أُسّي يعتمد على طبيعة الانتقال.

Exponential Absorption Region

(2-1-7-2) منطقة الامتصاص الأسّي

في هذه المنطقة تتراوح قيمة معامل الامتصاص (α) بين ($1 < \alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$) إذ إن حافة الامتصاص تزداد أُسّيًا، وذلك نتيجة حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص تمتد لبضعة إلكترون فولت، وهذه الحافة تدعى بحافة أورباخ (Urbach Edge)، والمعادلة المستخدمة في هذه المنطقة هي :

$$\alpha = D \exp (h\nu/\Delta E_U) \quad \dots\dots\dots (12-2)$$

إذ إن :

D : ثابت التناسب.

ΔE_U : عرض الذيل للحالات الموضعية في منطقة فجوة الطاقة (طاقة ذيل أورباخ)، وتساوي مقلوب الميل للمستقيم الناتج من رسم العلاقة البيانية بين ($\ln \alpha$)، وطاقة الفوتون ($h\nu$)، وتتناسب عكسيًا مع فجوة الطاقة [91].

أي أن الانتقالات في منطقة الامتصاص الأسّي تحدث من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الموضعية في حزمة التوصيل، وكذلك من المستويات الموضعية في قمة حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في قعر حزمة التوصيل [92].

Low Absorption Region

(2-1-7-2) منطقة الامتصاص الواطئ

تمثل هذه المنطقة الانتقالات الألكترونية بين الذبول داخل فجوة الطاقة، اذ يكون هناك امتصاص ضعيف بمقدار معامل الامتصاص صغير جداً ($\alpha < 1 \text{ cm}^{-1}$)، اذ تعتمد هذه المنطقة من مناطق الامتصاص على طبيعة المادة من ناحية الترسيب [90].

Electronic Transitions

(2-7-2) الانتقالات الألكترونية

هنالك نوعان من الانتقالات الألكترونية في أشباه الموصلات وهي الانتقالات المباشرة (Direct)، وغير المباشرة (Indirect)، اعتماداً على موقع أعلى نقطة في قمة حزمة التكافؤ، وأدنى نقطة في قعر حزمة التوصيل [93].

Direct Transitions

(1-2-7-2) الانتقالات المباشرة

في أشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة (Direct-Band Gap) هنالك نوعان من الانتقالات الألكترونية، فعندما ينتقل الإلكترون من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (k-Space) ضمن الشرط ($\Delta k=0$) [94]، سيصاحب هذا الانتقال تفاعل بين الفوتون الساقط والإلكترون حزمة التكافؤ فقط بحيث يكون كل من قانوني حفظ الطاقة والزخم محفوظين [84]، وكما في الصيغة الآتية:

$$E_f - E_i = h\nu \quad \dots\dots\dots (13-2)$$

$$\vec{k}_f - \vec{k}_i = \vec{q} \quad \dots\dots\dots (14-2)$$

إذ إن :

E_f, E_i : الطاقة الابتدائية والنهائية للإلكترون في كل من حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي.

$h\nu$: طاقة الفوتون الممتص.

$\vec{k}_f, \vec{k}_i$: متجه الموجة الابتدائي والنهائي للإلكترون في كل من حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي.

$\vec{q}$: متجه الموجة للفوتون الممتص .

ولكون متجه الموجة للفوتون الممتص صغيراً جداً مقارنة مع متجه الإلكترون فإنه يُهمل وبذلك تصبح العلاقة أعلاه على النحو الآتي:

$$\vec{k}_f = \vec{k}_i \quad \dots\dots\dots(15-2)$$

وهذا النوع من الانتقال يسمى بالانتقال المباشر المسموح (Direct Allowed Transition). وعندما يكون انتقال الإلكترون من المناطق المجاورة لمناطق الانتقال المباشر المسموح مع بقاء شرط عدم تغير قيمة متجه الموجة (k) عندها يسمى هذا الانتقال بالانتقال المباشر الممنوع (Direct Forbidden Transition)، وفي هذا النوع من أشباه الموصلات تُعطى معادلة الامتصاص بالعلاقة الآتية [86,95]:

$$\alpha h\nu = \alpha E = P (h\nu - E_g)^r \quad \dots\dots\dots(16-2)$$

إذ إن :

E_g : فجوة الطاقة للانتقال المباشر.

E : طاقة الفوتون الساقط.

ومن هنا فإن المعادلة (16-2) تُحدد نوعية الانتقال في أشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة، فعندما تكون قيمة (r) مساوية إلى ($1/2$) يكون الانتقال مباشراً مسموحاً، وعندما تكون ($3/2$) يكون الانتقال مباشراً ممنوعاً [96].

Indirect Transitions

(2-2-7-2) الانتقالات غير المباشرة

يحصل الانتقال غير المباشر للإلكترونات عند عدم تطابق طاقتي قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجة (k)، بحيث يكون الانتقال بين نقطة في حزمة التكافؤ وأية نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية وبذلك ستكون قيمة متجه الموجة ($\Delta k \neq 0$) [94,84]، إن هذا الانتقال يصاحبه تغير في زخم البلورة وهذا التغير في زخم البلورة يعوض من قبل الشبكة أما عن طريق أمتصاص فونون أو أنبعائه لأجل تحقيق قانون حفظ الطاقة والزخم، وتدعى أشباه الموصلات التي تمتلك هذه الانتقالات بأشباه الموصلات ذات الفجوة غير المباشرة (Indirect-Band Gap) وفيها تعطى معادلة الامتصاص بالعلاقة الآتية [97,1]:

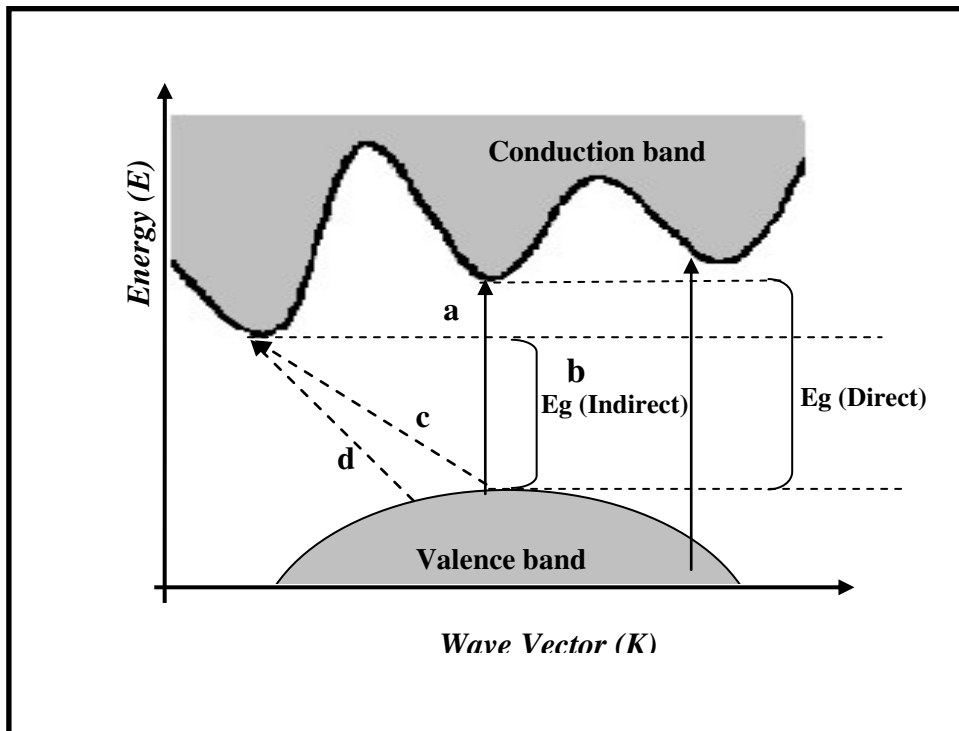
$$\alpha h\nu = \alpha E = P'(h\nu - E'_g \pm E_p)^r \quad \dots\dots\dots(17-2)$$

إذ إن:

E'_g : فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر. P' : ثابت

$(+E_p)$: عملية امتصاص فونون. $(-E_p)$: عملية انبعاث فونون.

وهذه الانتقالات على نوعين أيضاً، فالنوع الأول يكون عندما ينتقل الإلكترون بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية ويسمى عندها بالانتقال غير المباشر المسموح (Indirect Allowed Transitions) والذي عنده تكون قيمة (r) في المعادلة (17-2) مساوية إلى (2)، أما النوع الثاني فيكون عندما ينتقل الإلكترون من المناطق المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أوطأ نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية ويسمى بالانتقال غير المباشر الممنوع (Indirect Forbidden Transitions) وقيمة (r) عنده مساوية إلى (3) في المعادلة (17-2)، وتكون عملية الانبعاث أو الامتصاص في هذه الانتقالات معتمدة على درجة الحرارة عكس ما هو عليه في الانتقالات المباشرة [70,59]، والشكل (10-2) يبين أنواع الانتقالات الإلكترونية المباشرة وغير المباشرة [98].



الشكل (10-2) أنواع الانتقالات الإلكترونية [98].

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| (a) إنتقال مباشر مسموح | (b) إنتقال مباشر ممنوع |
| (c) إنتقال غير مباشر مسموح | (d) إنتقال غير مباشر ممنوع |

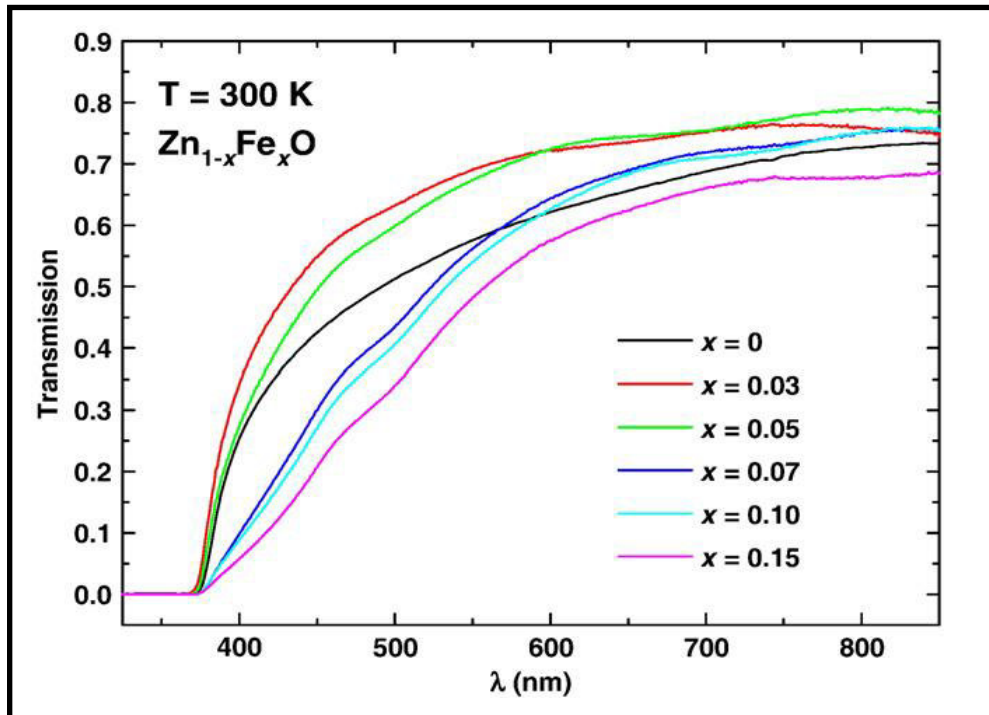
Transmittance

(3-7-2) النفاذية (T)

تمثل النفاذية شدة الأشعة النافذة (I_T) من الغشاء الرقيق الى شدة الأشعة الساقطة عليه (I_0) وتعطى بالعلاقة الآتية [72]:

$$T = \frac{I_T}{I_0} \dots\dots\dots (18-2)$$

ويبين الشكل (11-2) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) المرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة ($450^\circ C$) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري [44].



الشكل (11-2): النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري [44]

Absorbance

(4-7-2) الامتصاصية (A)

يمكن تعريف الامتصاصية (A) على أنها شدة الأشعة الممتصة (I_A) خلال الغشاء إلى شدة الأشعة الساقطة عليه (I_0) والمتمثلة بالمعادلة [99]:

$$A = \frac{I_A}{I_0} \dots\dots\dots (19-2)$$

اذ أن: I_A : شدة الأشعة الممتصة.

تتمثل علاقة النفاذية مع الامتصاصية بالعلاقة الآتية [100]:

$$A = \log_{10} \left(\frac{1}{T} \right) \quad (20-2)$$

$$T = e^{-2.303A} \quad (21-2)$$

The Optical Constants

(5-7-2) الثوابت البصرية

Absorption Coefficient

(1-5-7-2) معامل الامتصاص (α)

يعرف معامل الامتصاص بأنه قياس لنسبة الخسارة في الضوء من الحزمة الساقطة مباشرة خلال سمك معين [100]. فالامتصاص يمثل النقصان الحاصل في طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي عند دخوله لوسط معين [85]. ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون الساقط وعلى خواص شبه الموصل [64].

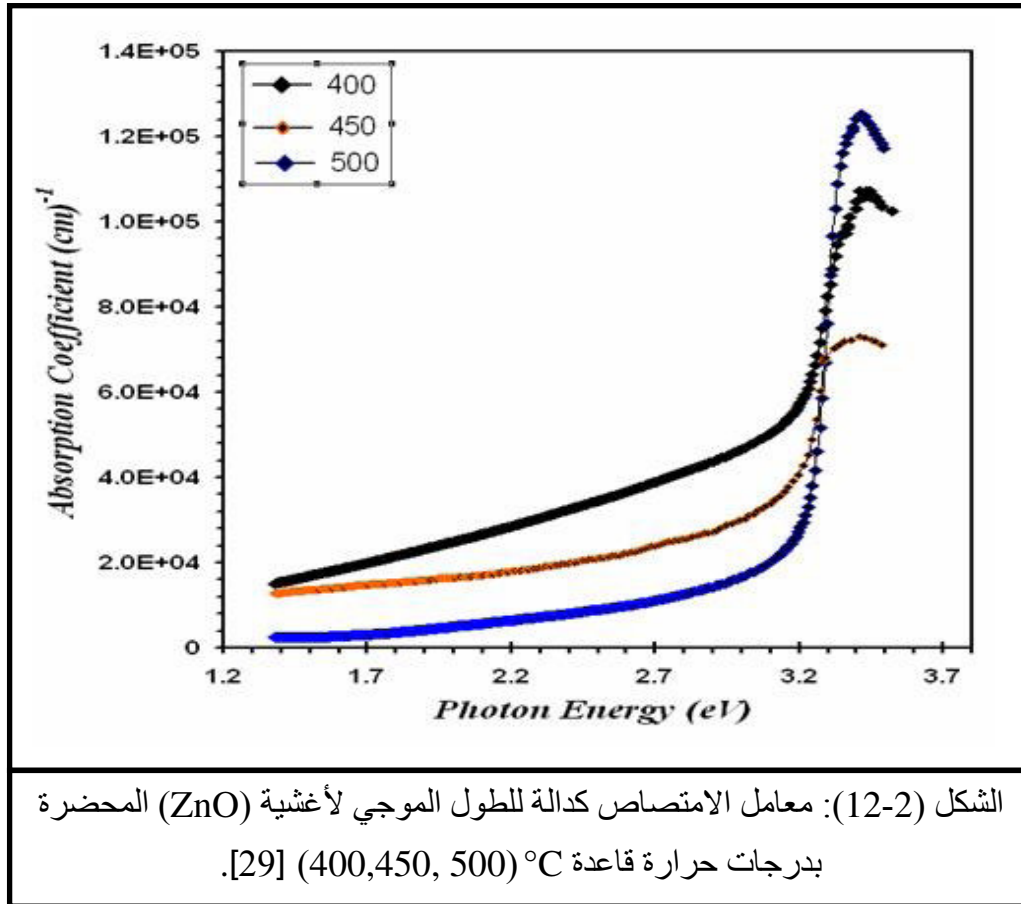
إنَّ تحديد قيمة معامل الامتصاص يساعد على معرفة طبيعة الانتقالات الالكترونية فإذا كانت قيمة (α) عالية، أي أنَّ ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$)، فذلك يعني احتمالية حدوث انتقال الكتروني مباشر، في حين تدل قيمة (α) القليلة، أي أنَّ ($\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$) على احتمالية حدوث انتقال الكتروني غير مباشر، وكذلك فإنَّ قيمة معامل الامتصاص تدل على قابلية مادة الغشاء لامتصاص طاقة الإشعاع الساقط. ويمكن حساب قيمة معامل الامتصاص من المعادلة (10-2) وبعد اجراء بعض التبسيطات الرياضية عليها و على النحو الآتي [101]:

$$\alpha t = 2.303 \log (I_T/I_0) \quad (22-2)$$

إذ إنَّ المقدار $[\log (I_T/I_0)]$ يمثل امتصاصية مادة الغشاء، وإنَّ شدة الأشعة الساقطة تتناقص بشكل أُسِّي ($e^{-\alpha t}$) خلال المادة، إذ إنَّ (α) هي معامل الامتصاص والذي يمثل نسبة التناقص في طاقة الإشعاع خلال المادة [102]، وبذلك يمكن كتابة المعادلة (22-2) بالشكل الآتي:

$$\alpha = 2.303 A/t \quad (23-2)$$

والشكل (12-2) يبين معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) المرسبة بدرجات حرارة القاعدة °C (400, 450, 500) [29].



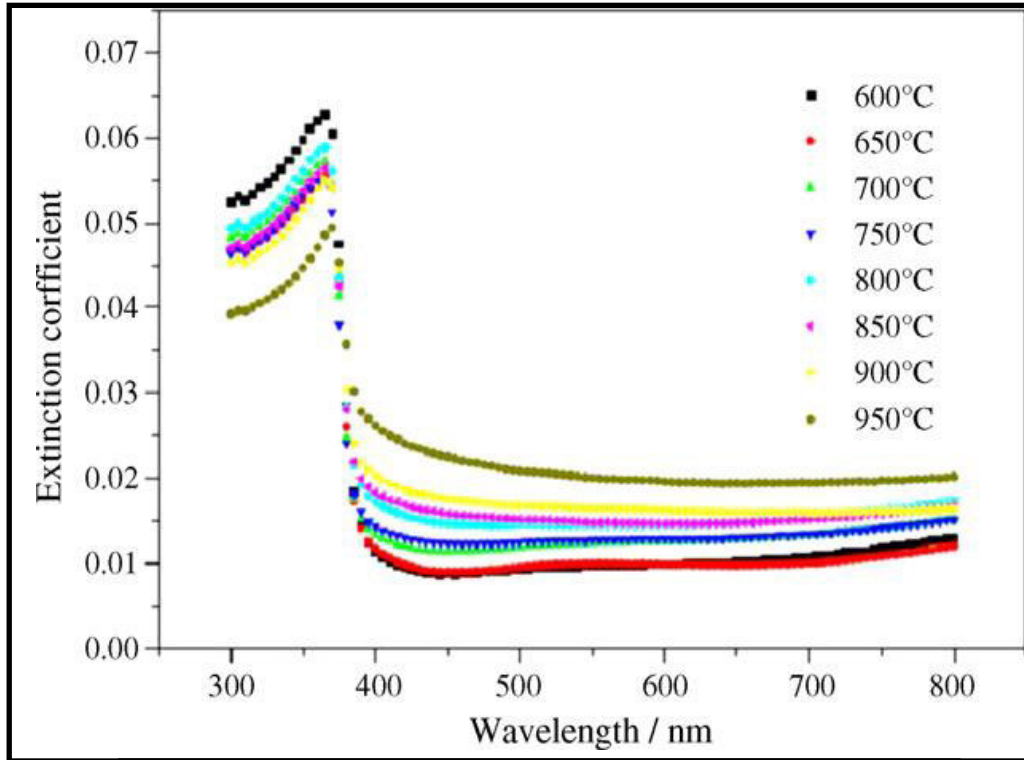
Extinction Coefficient

(2-5-7-2) معامل الخمود (k_o)

يمثل معامل الخمود كمية الطاقة الممتصة في المادة أي الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية، أي الفقدان من الطاقة بسبب التفاعل بين الموجة والمادة وغيرها من العوامل التي تسبب الفقدان في طاقة الموجة، ويمثل معامل الخمود الجزء الخيالي من معامل الانكسار، ويمكن حساب معامل الخمود من العلاقة الآتية [104,103]:

$$k_o = (\alpha \lambda / 4 \pi) \dots\dots\dots (24-2)$$

والشكل (13-2) يبين معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) المبلنة بدرجات حرارية مختلفة [40].



الشكل (2-13): معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) الملدنة بدرجات حرارية مختلفة [40].

Optical Conductivity

(3-5-7-2) التوصيلية البصرية (σ)

تعرف التوصيلية البصرية بأنها ظاهرة حصول زيادة في عدد حاملات الشحنة (الإلكترونات أو الفجوات) نتيجة سقوط حزمة ضوئية على شبه موصل، ويمكن إيجاد التوصيلية البصرية وفق العلاقة الاتية [105]:

$$\sigma = \alpha n_0 c / 4\pi \quad \dots\dots\dots (25-2)$$

إذ إن:

n_0 : معامل الانكسار

c : سرعة الضوء

الفصل الثالث

الجزء العملي

(1-3) المقدمة

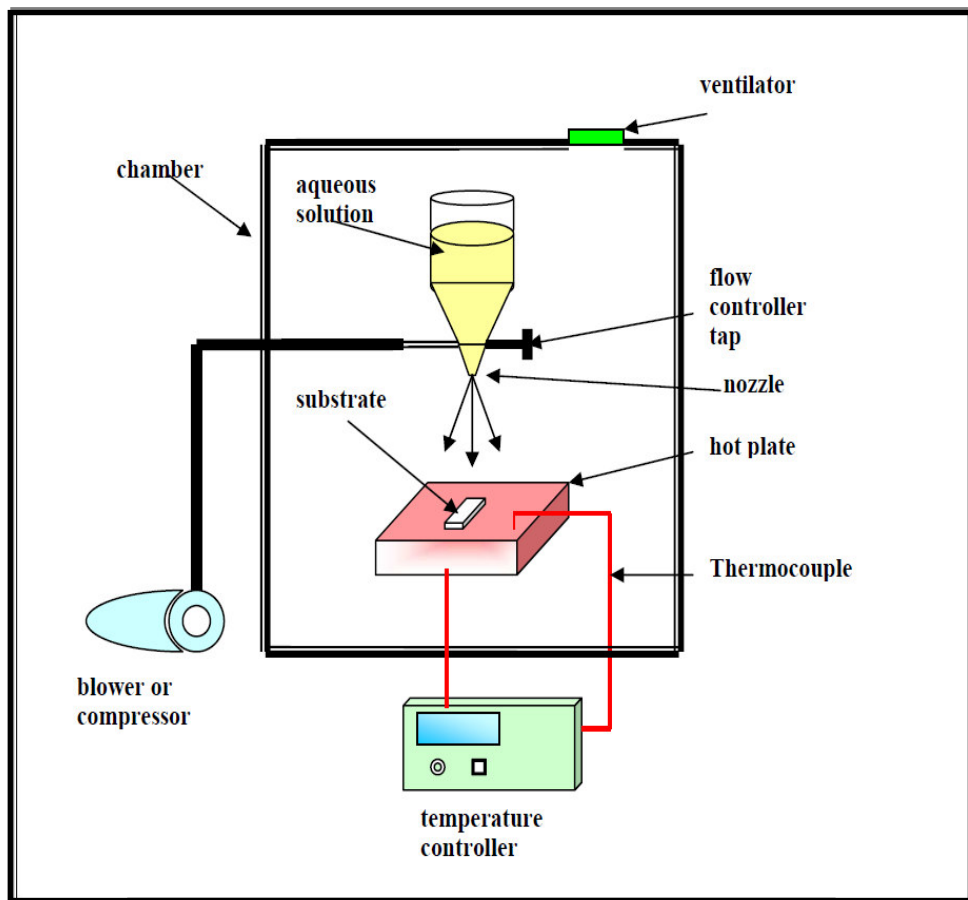
Introduction

يتضمن هذا الفصل وصفاً تفصيلياً لمنظومة التحلل الكيميائي الحراري المستخدمة، والخطوات المعتمدة لتحضير أغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6 \text{ and } 0.8)$ وبدرجات حرارة مختلفة $(350, 400, 450)^\circ\text{C}$ غير الملدنة والملدنة بدرجات حرارة $(450, 500)^\circ\text{C}$ ، وأهم العوامل المؤثرة في تحضيرها، فضلاً عن طريقة قياس سمك الأغشية المحضرة، والتعرف على الأجهزة المستخدمة في إجراء القياسات التركيبية والبصرية.

(2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري

Chemical Spray Pyrolysis System

تتألف منظومة التحلل الكيميائي الحراري من عدة أجهزة بسيطة، معظمها مصنوع محلياً، يمكن من خلالها تحضير أغشية رقيقة على قواعد مختلفة والشكل (1-3) يبين المنظومة مع أجزائها، وتتكون هذه المنظومة من:

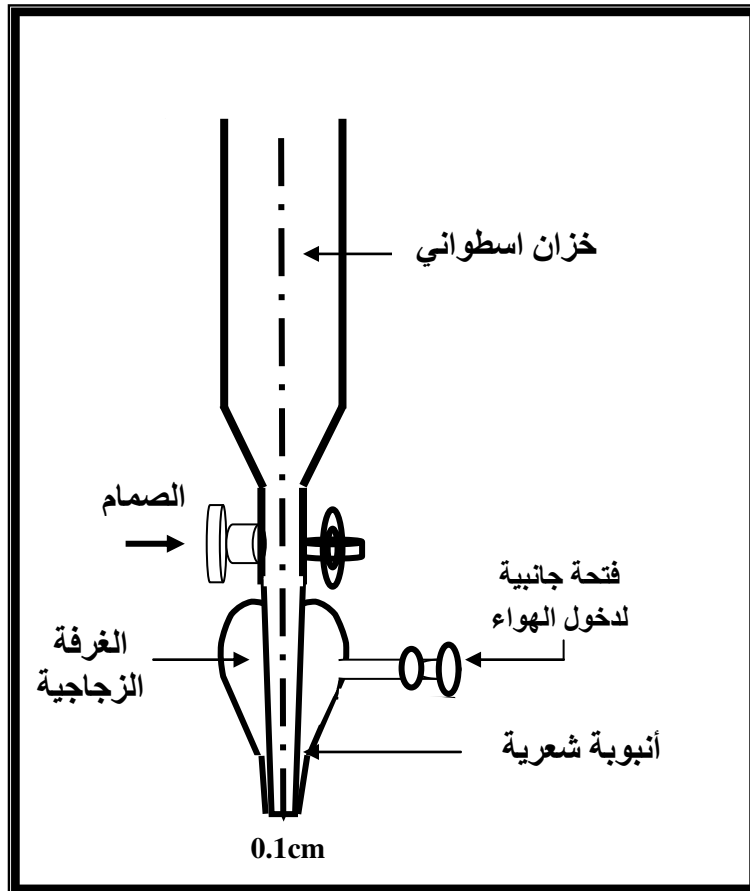


الشكل (1-3): منظومة التحلل الكيميائي الحراري.

Sprayer Nozzle

1- جهاز الرش

يمثل الجزء الأساس في عملية الترسيب وهو مصنع محلياً من الزجاج الاعتيادي ويتألف من أنبوب أسطواني يتسع تقريباً لـ (100 ml) توضع فيه المحاليل المراد تحضير الأغشية منها، وهو متصل بصمام يتم من خلاله التحكم بمقدار السائل المناسب منه إلى الأنبوبة الشعرية الموجودة في أسفله، وقطرها حوالي (1 mm) وبطول (60 mm)، تحيط بها غرفة زجاجية مغلقة من الأعلى ومفتوحة من الأسفل ومصممة بحيث إن فتحتها تحيط بفتحة الأنبوبة الشعرية بالمستوى نفسه. وتزود هذه الغرفة الهوائية بفتحة جانبية لدخول الهواء المضغوط إذ يخرج من الفتحة السفلى لها محيطاً بجوانب فتحة الأنبوبة الشعرية كافة فيمتزج المحلول الخارج مع الهواء المضغوط ويكون بشكل رذاذ متناهٍ في الصغر، ويكون هذا الرذاذ على شكل مخروط رأسه عند الأنبوبة الشعرية وقاعدته إلى الأسفل باتجاه المسخن. ويبلغ طول جهاز الرش ككل حوالي (20 cm) والموضح في الشكل (2-3). وهذا الجهاز يثبت بواسطة ماسك على حامل معدني لضبط المسافة بين جهاز الرش وسطح المسخن الكهربائي.



الشكل (2-3): جهاز الرش.

Air Pump

2- مضخة الهواء

تم استخدام مضخة هواء للسيطرة على الهواء الداخل إلى جهاز الرش، بحيث تعمل على دفع الهواء المضغوط داخل الغرفة الزجاجية عن طريق الفتحة الجانبية الموجودة في الغرفة الزجاجية، من خلال ارتباط المضخة مع جهاز الرش عن طريق أنبوب مطاطي، مما يؤدي إلى دفع المحلول النازل من الأنبوبة الشعرية على سطح القاعدة الزجاجية بشكل رذاذ.

Electrical Heater

3- المُسخِّن الكهربائي

يستخدم المسخن الكهربائي لرفع درجة حرارة القاعدة الزجاجية إلى درجة الحرارة اللازمة لإجراء عملية الترسيب، والمسخن المستخدم هو من صنع محلي ويربط معه على التوالي مجزأ الجهد (Potential Divider) يستعمل للسيطرة على درجة حرارة القاعدة من خلال التحكم بمقدار الجهد الواصل إلى السخان، ومن الجدير بالذكر إنَّ القاعدة الزجاجية يجب أن توضع على المُسخِّن الكهربائي قبل تسخينه، إذ إن وضع القاعدة الزجاجية على المُسخِّن الكهربائي وهو ساخن قد يؤدي إلى تكسر القاعدة الزجاجية.

Thermocouple

4- المزودج الحراري

استخدم مزودج حراري من نوع (NiCr-Ni) لقياس درجة حرارة السخان والقاعدة الزجاجية، يتكون المزودج من مجس حراري حساس يوضع على سطح المُسخِّن الكهربائي ويتصل بعدد رقمي (Digital Counter) لقياس درجة حرارة السطح مقدرة بالدرجة المئوية.

Preparation of Thin Films

(3-3) تحضير الأغشية الرقيقة

(1-3-3) تهيئة قواعد الترسيب :

لقد استخدمت قواعد من الزجاج الاعتيادي بأبعاد $(2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2)$ وبسمك (0.1 cm) ، تم تنظيف القواعد الزجاجية للتخلص من الشوائب أو المواد العالقة عليها لأن وجود هذه الشوائب يؤثر في خواص الأغشية المحضرة، لتكون جاهزة للاستعمال قبل البدء بعملية الترسيب وذلك باتباع الخطوات الآتية:

1- تغسل القواعد جيداً بالماء الجاري للتخلص من العوالق الناتجة عن العوامل الجوية.

- 2- تغسل القواعد بالماء المقطر جيداً، إذ توضع في دورق يحتوي على الماء المقطر ويوضع في جهاز (Ultrasonic Cleaner) لمدة (10 min).
- 3- تغمر القواعد الزجاجية في وعاء يحوي على الأسيتون النقي (نقاوته 99%) لإزالة أية آثار دهنية أو عوالق متبقية على سطحها ويوضع في جهاز (Ultrasonic Cleaner) لمدة (10 min).
- 4- توضع القواعد الزجاجية في الفرن الكهربائي حتى تجف تماماً.

(2-3-3) تحضير محاليل مادة الاغشية

لتحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (ZnO) تم استخدام مادة خلات الخارصين المائية $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ والمجهزة من شركة (Scharlau)، وهي مادة بشكل مسحوق أبيض اللون ذات وزن جزيئي (219.49 g/mol).

حضر المحلول بدرجة حرارة الغرفة بتركيز (0.1M) وذلك بإذابة (2.1949 g) من مادة خلات الخارصين في (100 ml) ماء مقطر، وللحصول على الوزن المراد إذابته ضمن العيارية السابقة استخدمت العلاقة الآتية [106] :

$$M_o = \frac{W_t}{M_{Wt}} \times \frac{1000}{V} \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

اذ إن :

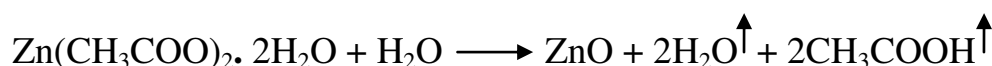
M_o : التركيز المولاري (mol/l).

W_t : الوزن المطلوب اذابته (g).

M_{Wt} : الوزن الجزيئي للمادة (g/mol).

V : حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الاذابة (ml).

ولضمان الذوبان التام يستخدم خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) ثم يترك المحلول لفترة زمنية مناسبة للتأكد من عدم وجود أي رواسب والتأكد من ذوبان المادة بالماء المقطر بشكل تام وبعد إكمال عملية الإذابة يتم الحصول على محلول (ZnO) العديم اللون، وبعد ترديد المحلول على القواعد الزجاجية الساخنة وبفعل عملية التحلل الكيميائي الحراري نحصل على غشاء (ZnO) على وفق المعادلة الكيميائية الآتية:



ولتحضير أغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) استخدمت مادة ثلاثي كلوريد الحديد والتي صيغتها الكيميائية ($FeCl_3$)، ووزنها الجزيئي (162.21 g/mol)، إذ تم تحضير المحلول بدرجة حرارة الغرفة بتركيز ($0.1M$) وذلك بإذابة (1.6221 g) من مادة ثلاثي كلوريد الحديد في (100 ml) ماء مقطر وباستخدام الخلاط المغناطيسي للحصول على محلول جيد التجانس، وباستخدام المعادلة نفسها اعلاه تم حساب وزن المادة اللازم لعملية التحضير.

وبعدها يتم اضافة محلول ثلاثي كلوريد الحديد إلى محلول خلات الخارصين وبالنسب الحجمية المطلوبة ويتم تحريك المحلول جيداً بواسطة الخلاط المغناطيسي لضمان عملية التجانس الجيد. والجدول (1-3) يبين النسب الحجمية لمحاليل المواد المستخدمة في تحضير أغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$).

الجدول (1-3) : النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة في تحضير الاغشية.

محلول اسيتات الخارصين $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ml	محلول كلوريد الحديد $(FeCl_3)$ ml	$(Zn_{1-x}Fe_xO)$
100	0	x=0
80	20	x=0.2
60	40	x=0.4
40	60	x=0.6
20	80	x=0.8

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

هناك عوامل عدة تؤثر في تجانس الاغشية المحضرة فيجب مراعاتها في اثناء عملية تحضير الاغشية، ومن اهمها :

Substrate Temperature

1- درجة حرارة القاعدة

إن لدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على تجانس الأغشية المرسبة وتماسكها وفي نوعية مادة الغشاء المرسب، إذ وجد إن انخفاض أو ارتفاع درجة حرارة القاعدة يؤثر كثيراً في طبيعة التفاعل الكيميائي الحاصل عليها والذي يستمد حرارته منها وبالتالي فإنه يؤثر على طبيعة المادة الناتجة بعد التفاعل. وتم ترسيب اغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) على قواعد زجاجية وبدرجات حرارة مختلفة ($350, 400, 450$) °C.

Vertical Distance

2- المسافة العمودية

ونقصد بها المسافة العمودية من نهاية الانبوبة الشعرية الى سطح القاعدة الزجاجية، ومن خلال التجارب حصلنا على أفضل نتيجة عند ارتفاع $(29 \pm 1 \text{ cm})$ إذ إن زيادة هذه المسافة يؤدي الى تطاير رذاذ المحلول بعيداً عن سطح القاعدة، أما تقليل هذه المسافة فإنه يؤدي الى تجمع رذاذ المحلول في بقعة واحدة.

Rate of Spray

3- معدل الرش

يُعد معدل الرش من العوامل المهمة التي تتحكم في تجانس الغشاء إذ إن زيادة معدل الرش بشكل كبير يؤدي إلى تشوه الغشاء وكسر القاعدة، وتقليل معدل الرش يؤدي إلى صعوبة الحصول على غشاء متجانس في زمن قليل. ويمكن التحكم بمعدل الرش من خلال الصمام الموجود في جهاز الرش ووجد إن أفضل معدل رش في هذه التجربة هو (2.5 ml/min) .

Time of Spray

4- زمن الرش

إن عملية رش المحلول على القواعد الزجاجية لا تتم دفعة واحدة تجنباً لبرودة القواعد ولكي تعود الى درجة حرارتها الاصلية، ومن ثم نضمن حصول إنماء بلوري للمادة المرسبة، وفي هذه الدراسة تم رش المحلول لمدة (10 sec) تعقبها مدة توقف قدرها (2 min) وتعاد هذه العملية مرات عدة للحصول على الغشاء المطلوب.

Air Pressure

6- ضغط الهواء

يُعد ضغط الهواء ذا أهمية كبيرة من الناحية العملية لعملية الترسيب، إذ إن الضغط المناسب يجعل المحلول يخرج من الانبوبة الشعرية بشكل قطرات صغيرة جداً (رذاذ) حتى لا يتسبب في برودة القاعدة الزجاجية وتكسرها وللحصول على غشاء متجانس للمادة المحضرة، إذ كان أفضل ضغط في دراستنا الحالية هو (10^5 N/m^2) .

Thin Films Deposition

(4-3-3) ترسيب الأغشية الرقيقة

توضع القواعد الزجاجية على المسخن الكهربائي حتى تصل إلى درجة الحرارة المطلوبة ويرش المحلول لمدة (10 sec) تعقبها فترة توقف لمدة (2 min) كي تعود القواعد الزجاجية إلى درجة حرارتها مرة ثانية ثم يستأنف الرش لفترة أخرى حتى الوصول إلى السُمك المطلوب تحضيره، تنظم كمية المحلول المتدفق وتدور القواعد الزجاجية في أثناء عملية الرش للحصول على أفضل تجانس للغشاء، وبعد إنتهاء عملية الرش يغلق السخان الكهربائي وتترك القواعد الزجاجية فوقه حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة للسماح للأغشية المحضرة إكمال عملية الأكسدة والإنماء البلوري وعدم تكسر القواعد الزجاجية بسبب اختلاف درجات الحرارة.

(4-3) قياس سمك الأغشية الرقيقة

Thin Films Thickness Measurement

يُعد سمك الغشاء الرقيق من العوامل المهمة لأنه يدخل في تحديد الخواص الفيزيائية للغشاء، وفي دراستنا الحالية تم استخدام الطريقة الوزنية (Gravimetric Method) إذ يتم وزن القاعدة الزجاجية قبل الترسيب وذلك باستخدام ميزان الكتروني حساس من نوع (Mettler AE-160) ذي حساسية (10^{-4} g)، ويكون الوزن قبل الترسيب (w_1)، وبعد إتمام عملية الترسيب يعاد وزنها مرة ثانية فيكون (w_2)، ويكون فرق الوزن (Δw) عبارة عن وزن مادة الغشاء المترسبة على القاعدة، ويتم حساب سمك الغشاء (t) باستخدام المعادلة الآتية [4]:

$$t = (\Delta w / \rho \cdot S) \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

إذ أن:

S : مساحة الغشاء (cm^2).

ρ : كثافة مادة الغشاء (g/cm^3).

اما في حالة الأغشية المشوبة او المكونة من مزيج فيراعى نسب المواد المضافة وكثافتها اذ إن (ρ_{total}) تمثل كثافة جميع المواد الداخلة في تركيب الغشاء ،والعلاقة الآتية تبين طريقة حساب الكثافة الكلية:

الكثافة الكلية (ρ_{total}) = (كثافة مادة (ZnO) × نسبته في المحلول) + (كثافة مادة (Fe_2O_3) × نسبته في المحلول)

Thin Films Annealing

(5-3) تليدين الاغشية الرقيقة

يطلق على عملية تعريض الغشاء الرقيق الى درجة حرارة معينة ولمدة زمنية محددة بالتليدين او المعاملة الحرارية، وتجري غالباً بالفراغ او بوجود غاز معين أو بالهواء على وفق الحاجة. ان عملية التليدين تساعد في التقليل من العيوب البلورية، اذ انها تمنح الذرات الطاقة الحركية اللازمة لاعادة ترتيب نفسها في الشبكة البلورية واعادة تنظيم التركيب البلوري للمادة. ان عملية التليدين تختلف في تأثيراتها على المادة وفقاً لنوع المادة المدنة وظروف التليدين من درجة حرارة ونوع الغاز المحيط وزمن التليدين. و تُستعمل احياناً لتحويل غشاء رقيق مكون من عدة مواد أو مادة واحدة من الحالة العشوائية الى الحالة المتبلورة. وتم اجراء المعاملة الحرارية في دراستنا الحالية بأستخدام فرن كهربائي تصل درجة حرارته الى (800 °C) حيث تم تليدين الاغشية بدرجات حرارة مختلفة (450,500) °C ولمدة زمنية مقدارها ساعتان وبوجود الهواء.

Structural Measurements

(6-3) القياسات التركيبية

X- Ray Diffraction Measurements

(1-6-3) قياسات حيود الاشعة السينية

تم التعرف على طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة كافة باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية، وتم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية ذي المواصفات الآتية:

Type : XRD-6000, SHIMADZU

Target : Cu

Wavelength : 1.5406 Å

Speed : 5 deg/min

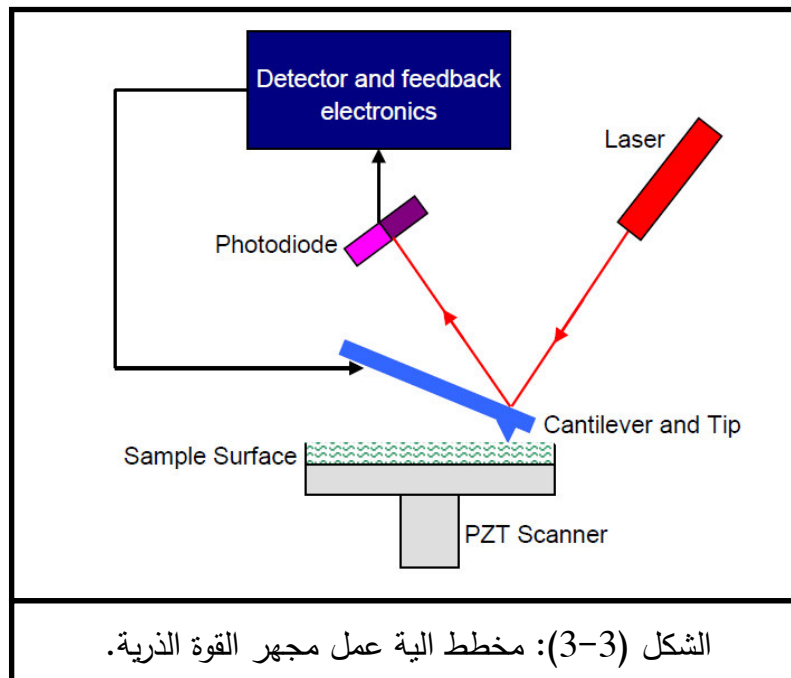
Voltage : 40 kV

Current : 20 mA

Range (2θ) : (20 – 60) deg

(2-6-3) قياسات مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscopy Measurements

يعد (AFM) أحد أنواع مجاهر المجس الماسح (Scanning Probe Microscopy) (SPM) ويتألف مجهر القوة الذرية من ذراع (Cantilever) في نهايته المجس (Probe) مكون من رأس حاد يعرف بـ (Tip) وهو الجزء الادق في المجس المسؤول عن فحص أسطح العينات، وكذلك يحتوي على قاعدة قابلة للحركة على وفق مبدأ (Piezoelectric) وتقوم هذه القاعدة بتحريك سطح العينة تحت المجس في جميع الاتجاهات مما يمكن المجس من مسح سطح العينة في جميع الاتجاهات، فعندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة وتؤدي هذه القوة إلى انحراف الذراع ويخضع هذا الانحراف لقانون هوك، وقد تكون القوة المتبادلة من نوع قوة فاندرفالز، قوة ميكانيكية أو غيرها من أنواع القوى، وتبعاً لنوعية مكونات سطح العينة وتضاريس سطحها تتغير القوة المتولدة بين سطح العينة ورأس المجس التي بدورها تغير من إنحراف الذراع، هذا التغير يتم رصده بواسطة شعاع ليزر دقيق ينعكس من قمة الذراع وذلك بتسجيل التغير في حركة هذا الشعاع على كاشف ضوئي حساس جداً ويتم معالجة هذه الاشارات المرسله من الكاشف الضوئي في وحدة المعالجة المركزية لإنتاج صور ثلاثية الابعاد لسطح العينة والشكل (3-3) يوضح الية عمل مجهر القوة الذرية. ويزودنا المجهر بمعلومات في غاية الدقة عن خشونة السطح ومعدلها (RMS) (Root Mean Square) فضلاً عن عشرات التحليلات الإحصائية [109-107]. وفي دراستنا الحالية تم استخدام مجهر من نوع (AA3000) المجهز من شركة (Angstrom Advanced Inc.) والمبين بالشكل (3-4).





الشكل (3-4): مجهر القوة الذرية (AFM).

Optical Measurements

(7-3) القياسات البصرية

اشتملت القياسات البصرية على قياس طيفي الامتصاصية (Absorbance)، والنفاذية (Transmittance) لمدى الأطوال الموجية (350–900) nm وذلك باستعمال مطياف (UV-1650 UV-Visible Recording Spectrophotometer) المجهز من شركة (SHIMADZU) اليابانية، اذ تم إجراء القياسات البصرية وللأغشية المحضرة كافة في هذا البحث.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Introduction

(1-4) المقدمة

يتضمن هذا الفصل نتائج القياسات التركيبية والبصرية لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ وتأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية وتأثير درجة حرارة القاعدة على الخصائص البصرية للأغشية المحضرة وتحليل النتائج في ضوء المتغيرات ومناقشتها.

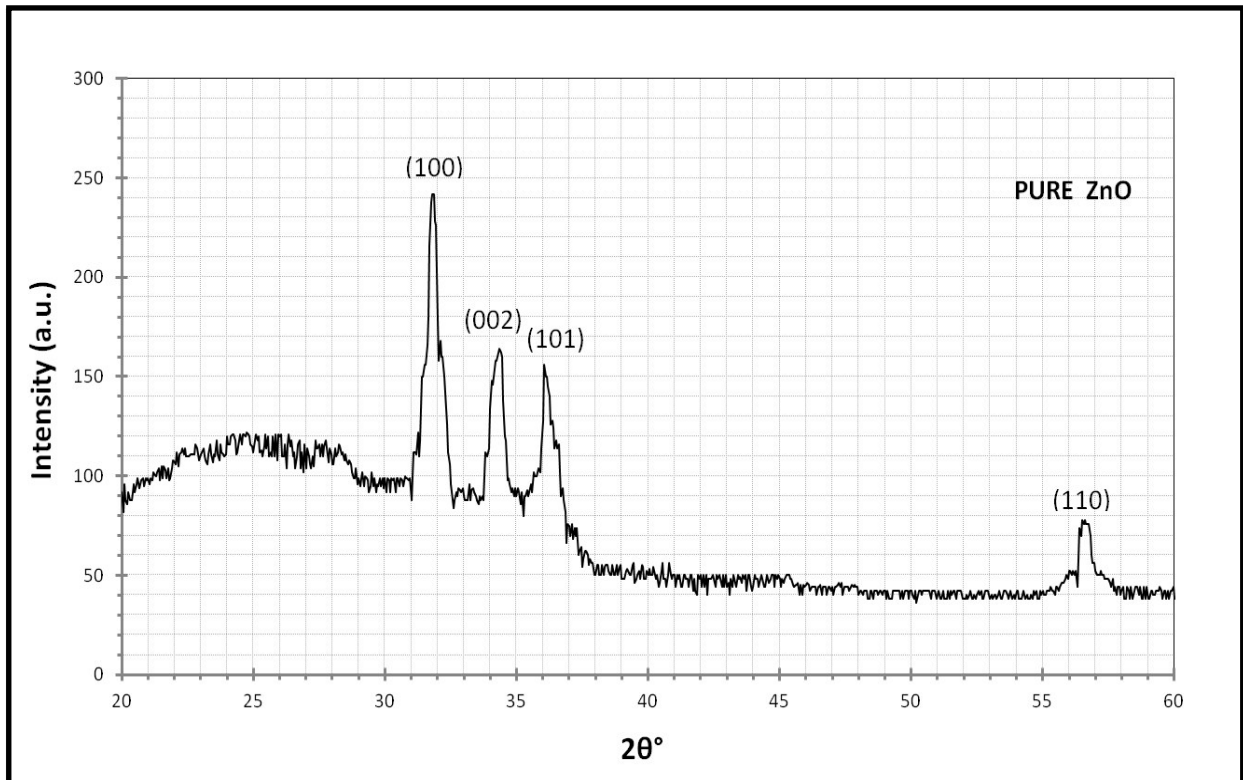
Results of Structural Measurements

(2-4) نتائج القياسات التركيبية

X-Ray Diffraction

(1-2-4) حيود الأشعة السينية

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) لغشاء أكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوب (النقي) المحضر بدرجة حرارة (400°C) والموضحة بالشكل (1-4) ان الغشاء يمتلك تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع السداسي المتراس (Hexagonal wurtzite)، وهذا يتفق مع نتائج الدراسات [47,43,35]، اذ بين مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء (ZnO) غير المشوب ظهور عدة قمم وعند مقارنة مواقع وشدة القمم والمسافة البينية بين المستويات مع بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) المرقمة (36-1451) نجد ان النتائج متقاربة الى حدٍ ما وكما موضحة بالجدول (1-4).



الشكل (1-4): حيود الأشعة السينية لغشاء (ZnO) غير المشوب.

الجدول (1-4) : مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات في بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) ولغشاء أكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوب.

Sample	2θ (degree)	d_{hkl} (Å)	I	hkl
ZnO (JCPDS) (36-1451)	31.769	2.8143	57	100
	34.421	2.6033	44	002
	36.252	2.4759	100	101
	47.538	1.9111	23	102
	56.602	1.6247	32	110
ZnO (Pure)	31.8541	2.8070	100	100
	34.3051	2.6119	57	002
	36.1909	2.4800	48	101
	56.5880	1.62512	28	110

وتم حساب ثابتي الشبكة (a_0) و (c_0) لغشاء أكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوب باستخدام العلاقة (2-3)، فقد وجد إن قيمة ثابتي الشبكة مقارنة بقيمتها في بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) وكما موضحة بالجدول (3-4)، وتم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) باستخدام علاقة (Scherrer) (2-4) وتم حساب المطاوعة المايكروية (S) من العلاقة (2-6)، وكثافة الانخلاعات (δ) من العلاقة (2-7) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0) من العلاقة (2-8)، وتم حساب عامل التشكيل (Tc) لغشاء أكسيد الخارصين (ZnO) النقي وباستخدام العلاقة (2-5) إذ يصف الاتجاه التفضيلي لمستوي التبلور داخل البلورة في الاغشية متعددة التبلور، إذ اظهرت قيمة عامل التشكيل ان اعلى قيمة هي للمستوي (100) إذ تبين ان النمو السائد بهذا الاتجاه، وكما موضحة بالجدول (2-4).

الجدول (2-4) : قيم بعض المعلمات التركيبية لغشاء (ZnO) غير المشوب.

hkl		(100)		(002)
2θ (deg)		31.8541		34.3051
FWHM (Radian)		0.00887		0.01338
D _{av} (nm)		16.2		10.8
Tc		1.59		1.17
δ × 10 ¹¹ (cm ⁻²)		3.7870		8.5040
N _o ×10 ¹³ (cm ⁻²)		1.3305		4.4764
Strain (S)		1.6740		
Lattice Constants	a _o (Å)	3.2413	a _o (Å) (JCPDS)	3.249
	c _o (Å)	5.2941	c _o (Å) (JCPDS)	5.206

وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية (Zn_{0.8}Fe_{0.2}O) غير المملنة والمملنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h) والموضحة بالأشكال (2-4)، (3-4)، (4-4) أن الأغشية غير المملنة والمملنة تمتلك تركيباً متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع السداسي المتراص (Hexagonal wurtzite) إذ بين مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء (Zn_{0.8}Fe_{0.2}O) غير المملن ظهور عدة قمم لأوكسيد الخارصين (ZnO) وحسب بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) وهذه القمم هي للمستويات (100)، (002)، (101) وبأتجاه سائد (002) ويتضح أيضاً من حيود الأشعة السينية للغشاء ظهور عدة قمم أخرى هي (012)، (104)، (110)، (113) عائدة لأوكسيد الحديد (Fe₂O₃) بحسب بطاقة (JCPDS) لأوكسيد الحديد (Fe₂O₃) المرقمة (33-0664) والموضحة بالجدول (2-4)، ويمكن تفسير ظهور أحد أطوار الحديد بسبب النسبة العالية للحديد (20%) إذ أن ذرات الحديد (Fe) دخلت كذرات استبدالية ضمن النسق البلوري لأوكسيد الخارصين [110,29]، لأن نصف قطر أيون (Fe³⁺) يساوي (0.64 Å) وهو أصغر من نصف قطر أيون (Zn²⁺) الذي قيمته (0.74 Å)، وهذا يتفق مع نتائج الدراسات [36,29].

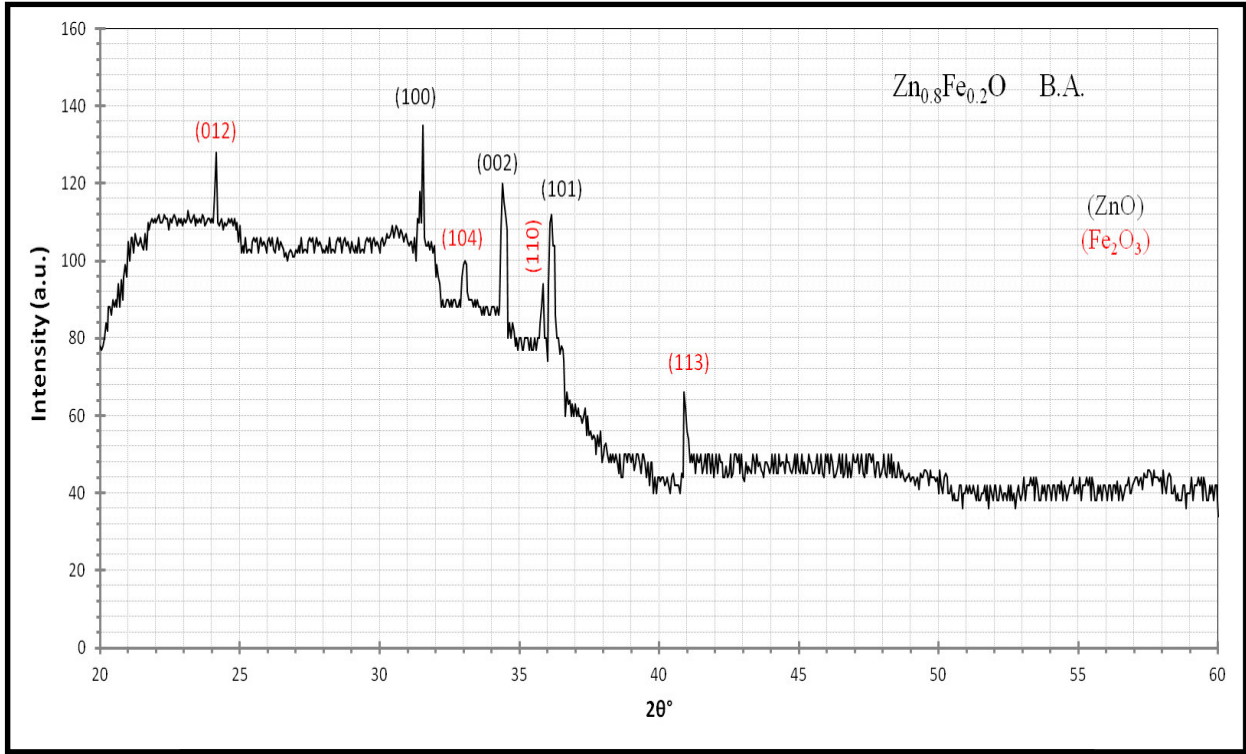
وبعد اجراء عملية التلدين بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h) لأغشية ($\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$) ومن خلال نتائج حيود الاشعة السينية نلاحظ زيادة شدة بعض القمم وهناك ظهور واختفاء لبعض القمم ايضاً، فعند التلدين بدرجة حرارة ($^{\circ}\text{C}$ 450) نلاحظ زيادة في شدة القمم للمستويات (100),(002),(101) العائدة لأوكسيد الخارصين (ZnO) وبأتجاه سائد (002) وبقاء القمم للمستويات (012),(110),(113) العائدة لأوكسيد الحديدك (Fe_2O_3). وبعد عملية التلدين بدرجة حرارة ($^{\circ}\text{C}$ 500) ازدادت شدة القمم لأوكسيد الخارصين (ZnO) مع ظهور قمة اخرى لـ (ZnO) هي للمستوي (102) وبقاء الاتجاه السائد (002) مع ظهور قمتين فقط لـ (Fe_2O_3) هي للمستويات (012),(110). والسبب ان عملية التلدين منحت ذرات المادة طاقة مما ادى الى اعادة ترتيب الذرات في الشبكة، والجدول (4-4) يوضح شدة ومواقع القمم والمسافة البينية للمستويات لأغشية ($\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).

الجدول (4-3) : مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات في بطاقة (JCPDS) لـ (Fe_2O_3).

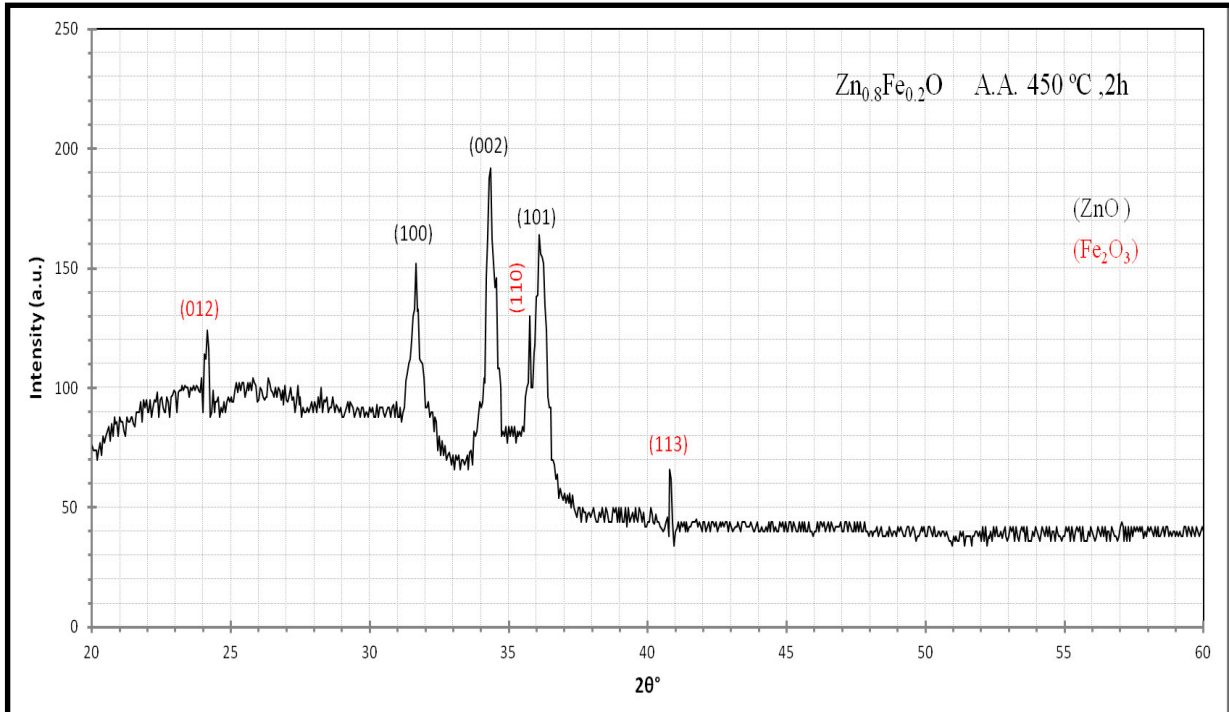
(JCPDS)	2θ (degree)	d_{hkl} (Å)	I	hkl
Fe_2O_3 (33-0664)	24.138	3.6840	30	012
	33.152	2.7000	100	104
	35.611	2.5190	70	110
	39.276	2.2920	3	006
	40.854	2.2070	20	113
	43.518	2.0779	3	202
	49.479	1.8406	40	024
	54.089	1.6941	45	116
	56.150	1.6379	1	211
	57.428	1.6033	5	122
	57.589	1.5992	10	018

الجدول (4-4) : شدة ومواقع القمم والمسافة البينية للمستويات لأغشية ($\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $(450,500)^\circ\text{C}$ لمدة (2h).

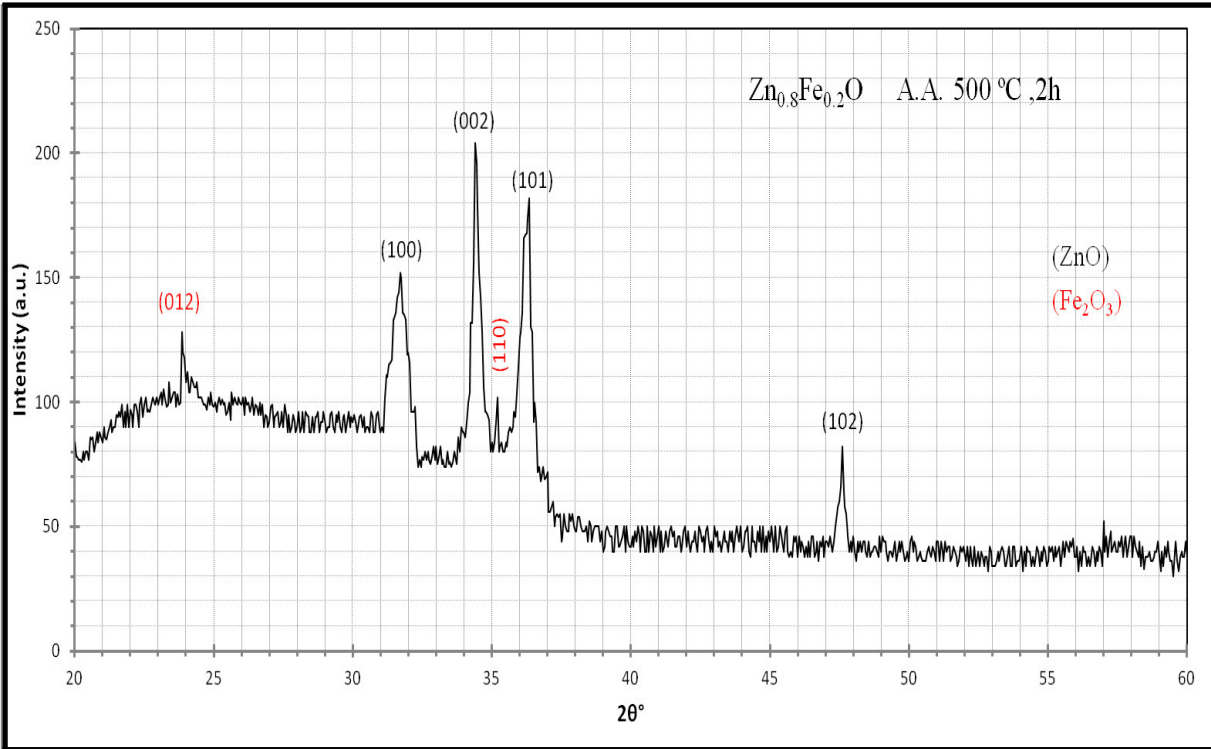
Sample	2θ (degree)	d_{hkl} (Å)	I	hkl	
				ZnO	Fe_2O_3
$\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ B. A.	24.1193	3.68688	40		012
	31.5415	2.83415	56	100	
	33.1238	2.70232	44		104
	34.3885	2.60578	100	002	
	35.7372	2.51047	48		110
	36.1553	2.48239	68	101	
	40.9582	2.20170	32		113
$\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ A.A. 450 °C, 2h	24.1028	3.68937	15		012
	31.6377	2.82579	53	100	
	34.3697	2.60716	100	002	
	35.7372	2.51047	40		110
	36.1868	2.48030	88	101	
	40.8208	2.20880	11		113
$\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ A.A. 500 °C, 2h	23.9863	3.70702	17		012
	31.6747	2.82258	55	100	
	34.4585	2.60065	100	002	
	35.2377	2.54490	31		110
	36.2350	2.47711	90	101	
	47.5327	1.91138	27	102	



الشكل (2-4): حيود الاشعة السينية لغشاء $(Zn_{0.8}Fe_{0.2}O)$ قبل التلدين.



الشكل (3-4): حيود الاشعة السينية لغشاء $(Zn_{0.8}Fe_{0.2}O)$ بعد التلدين بدرجة حرارة (450 °C).



الشكل (4-4): حيود الأشعة السينية لغشاء ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) بعد التلدين بدرجة حرارة ($500\text{ }^{\circ}C$).

وتم حساب ثابتي الشبكة (a_0) و (c_0) لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجاتي الحرارة ($450, 500$) $^{\circ}C$ لمدة ($2h$) باستخدام العلاقة (2-3)، فقد وجد إن قيمة ثابتي الشبكة مقارنة لقيمتها في بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO) ووجد أنهما يتغيران بشكل قليل عن قيمتهما لغشاء (ZnO) النقي بحيث حصلت زيادة في قيمة (a_0) ونقصان في قيمة (c_0) وهذا يؤكد أن نسبة الحديد قد أثرت في التركيب البلوري للغشاء. وتم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) باستخدام علاقة (Scherrer) (2-4) فنجد أن الحجم الحبيبي لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) يزداد بزيادة درجة حرارة التلدين بسبب نقصان قيمة ($FWHM$) وهذا يؤكد زيادة تبلور مادة الأغشية وتقليل العيوب البلورية فيها. كما وتم حساب عامل التشكيل (T_c) باستخدام العلاقة (2-5) ونلاحظ من خلال قيمة (T_c) للأغشية غير الملدنة والملدنة إن المستوي (002) هو السائد لإن قيم (T_c) له أكبر من واحد وللمستويات الأخرى أقل من واحد. وتم حساب المطاوعة المايكروية (S) من العلاقة (2-6). وتم حساب كثافة الانخلاعات (δ) من العلاقة (2-7) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0) من العلاقة (2-8) ونلاحظ أن قيمتهما تقل بزيادة درجة حرارة التلدين وذلك لزيادة الحجم الحبيبي مما يدل على زيادة نسبة التبلور وكما موضحة بالجدول (4-5).

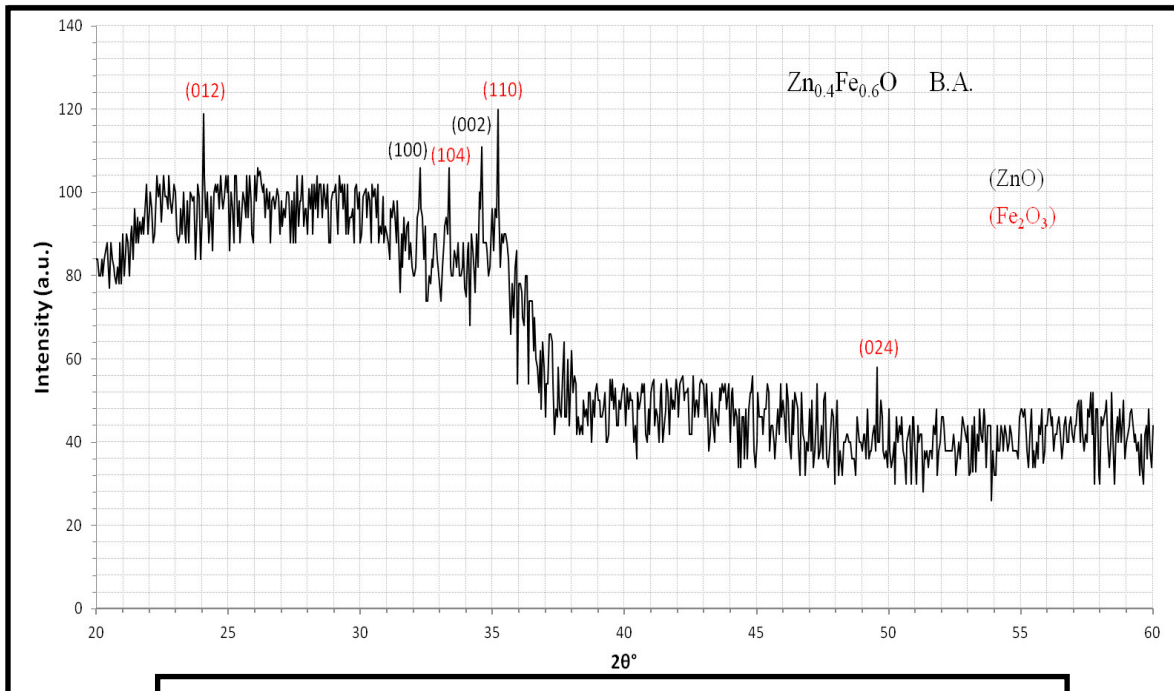
الجدول (4-5) : قيم بعض المعلمات التركيبية لأغشية (Zn_{0.8}Fe_{0.2}O) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h).

Sample		B. A.	A.A. 450 °C	A.A. 500 °C
2θ (deg)	(002)	34.3885	34.3697	34.4585
FWHM (Radian)	(002)	0.00930	0.00719	0.00671
D _{av} (nm)	(002)	15.5	20.1	21.6
Tc	(100)	0.74	0.68	0.69
	(002)	1.73	1.67	1.64
	(101)	0.51	0.64	0.65
δ × 10 ¹¹ (cm ⁻²)	(002)	4.1142	2.4607	2.1392
N _o × 10 ¹³ (cm ⁻²)	(002)	1.6025	0.7413	0.6008
Lattice Constants	a. (Å)	3.2726	3.2629	3.2592
	c. (Å)	5.1444	5.1765	5.1672
Strain (S)		1.2005	0.58459	0.76250

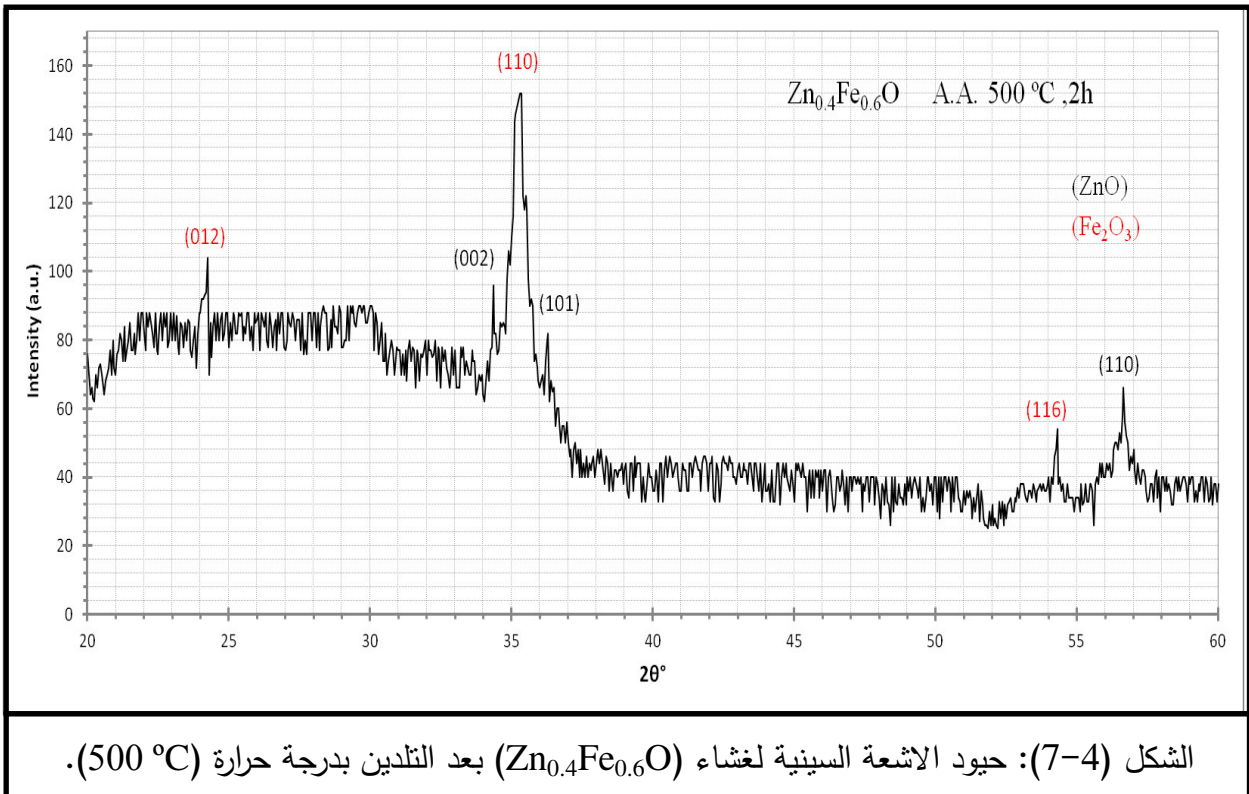
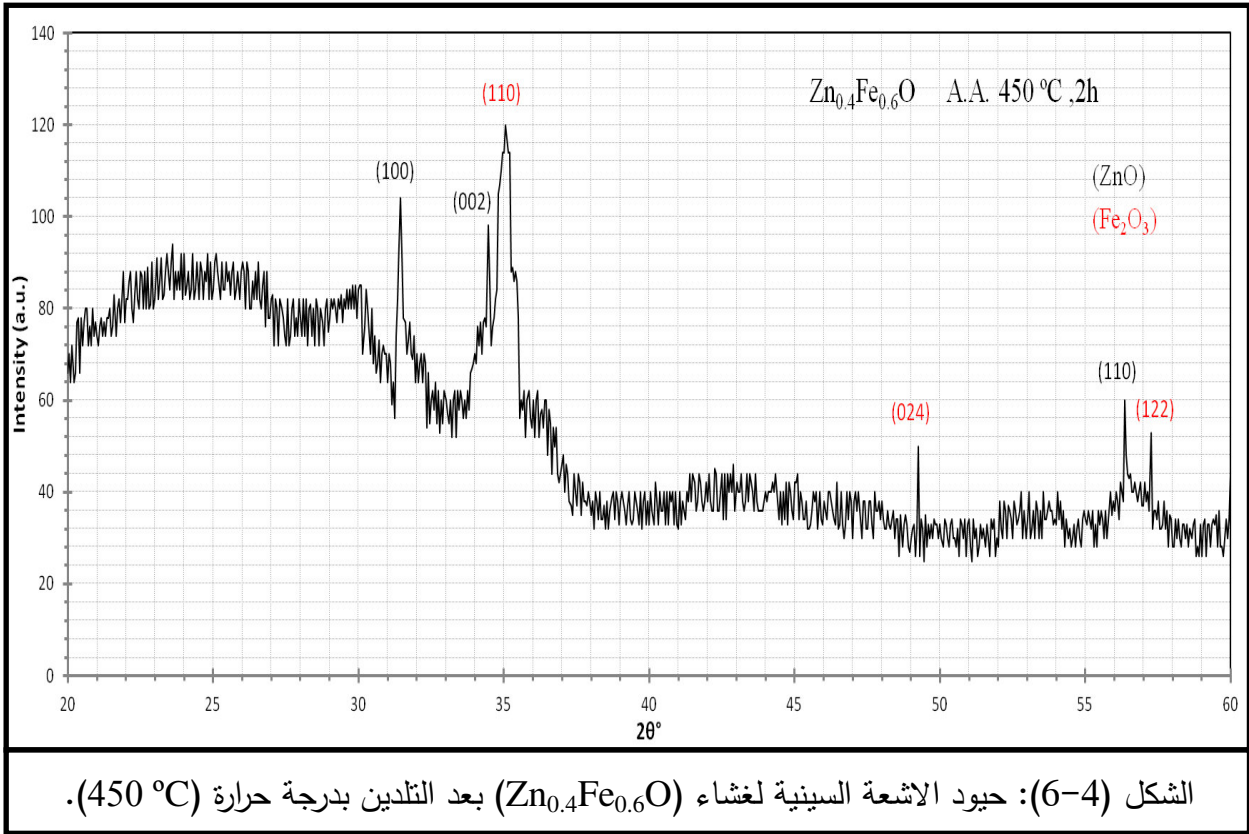
وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h) والموضحة بالاشكال (4-5),(4-6),(4-7) ان الأغشية الملدنة وغير الملدنة تمتلك تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) اذ بين مخطط حيود الاشعة السينية لغشاء (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) غير الملدن ظهور عدة قمم لأوكسيد الحديدك (Fe₂O₃) وحسب بطاقة (JCPDS) لـ (Fe₂O₃) وهذه القمم هي للمستويات (012),(104),(110),(024) وبأتجاه سائد (110) ويتضح ايضاً من حيود الاشعة السينية للغشاء ظهور عدة قمم اخرى هي (100),(002) عائدة لأوكسيد الخارصين (ZnO) بحسب بطاقة (JCPDS) لـ (ZnO). وبعد اجراء عملية التلدين بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h) لأغشية (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) ومن خلال نتائج حيود الاشعة السينية نلاحظ زيادة شدة بعض القمم وهناك ظهور واختفاء لبعض القمم ايضاً، مع بقاء الاتجاه السائد (110). والجدول (4-6) يوضح شدة مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات وقيم (FWHM) لأغشية (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة °C (450,500) لمدة (2h).

الجدول (4-6) : شدة ومواقع القمم والمسافة البينية للمستويات لأغشية $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).

Sample	2θ (degree)	d_{hkl} (Å)	I	hkl	
				ZnO	Fe_2O_3
$\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}$ B. A.	24.0695	3.69440	94		012
	31.2839	2.85624	63	100	
	33.3020	2.68827	63		104
	34.6033	2.59009	88	002	
	35.2044	2.54723	100		110
	49.5909	1.83676	38		024
$\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}$ A.A. 450 $^{\circ}\text{C}$, 2h	31.5664	2.83201	21	100	
	34.1387	2.62427	26	002	
	35.0129	2.56073	100		110
	49.4285	1.84241	9		024
	56.3339	1.63185	24	110	
	57.2253	1.60853	12		122
$\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}$ A.A. 500 $^{\circ}\text{C}$, 2h	24.3024	3.65952	19		012
	34.3885	2.60578	25	002	
	35.2876	2.54142	100		110
	36.2876	2.47370	30	101	
	54.3014	1.68802	11		116
	56.6255	1.62413	26	110	



الشكل (4-5): حيود الاشعة السينية لغشاء $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ قبل التلدين.



وتم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) باستخدام علاقة (Scherrer) (2-4) فنجد ان أغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) ذات حجم حبيبي يتراوح بين nm (8.7-10.4)، وبما ان قيمته واطئة فذلك يرجح وجود حبيبات نانوية ضمن تركيب الأغشية. كما وتم حساب كثافة الانخلاعات (δ) من العلاقة (2-7) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0) من العلاقة (2-8) اذ ان قيمتهما تعتمد على قيمة الحجم الحبيبي وكما موضحة بالجدول (4-7).

الجدول (4-7) : قيم بعض المعلمات التركيبية لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$)

غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).

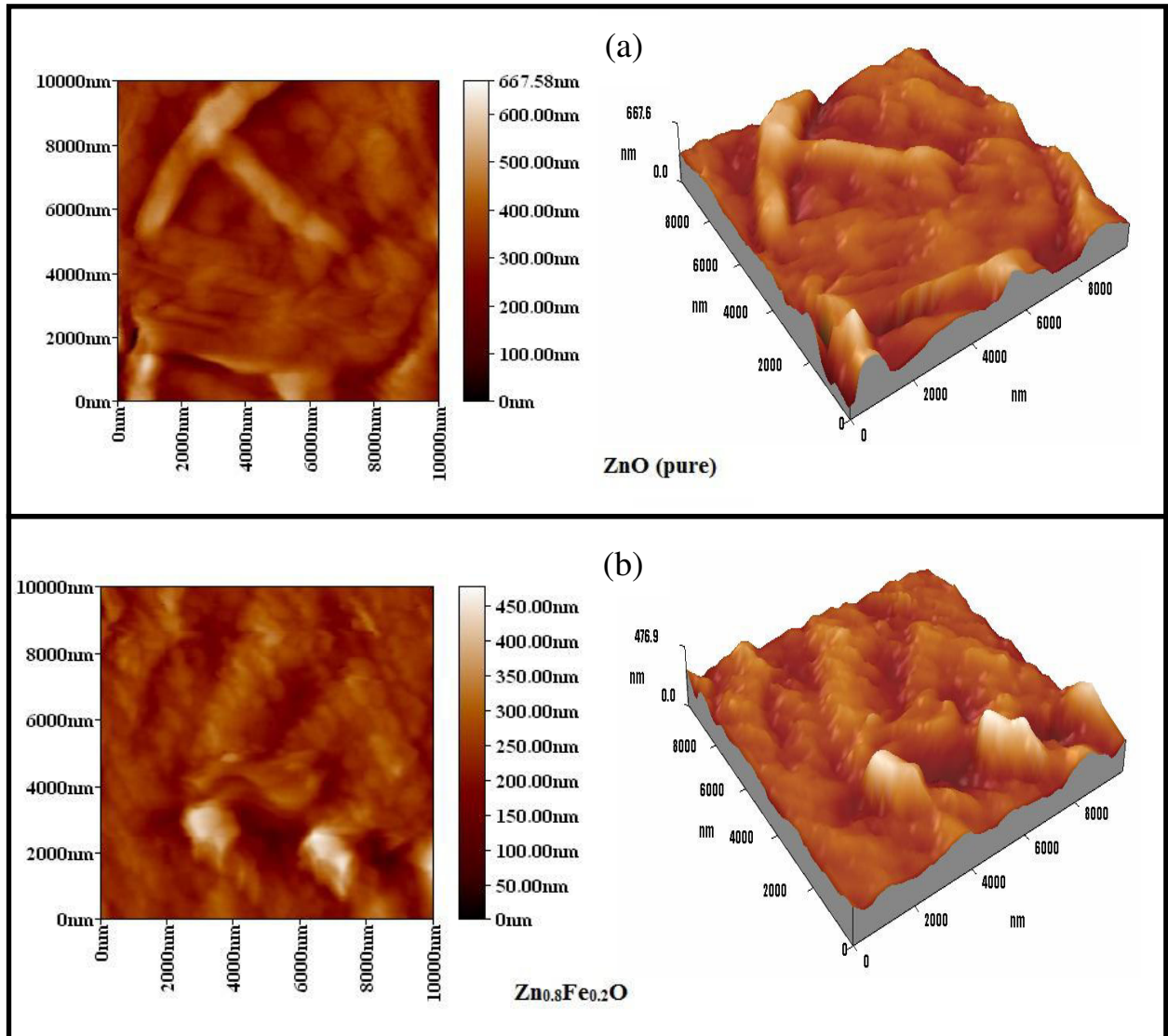
Sample		B. A.	A.A. 450 $^{\circ}C$	A.A. 500 $^{\circ}C$
2 θ (deg)	(110)	35.2044	35.0129	35.2876
FWHM (Radian)	(110)	0.01396	0.01658	0.01396
D_{av} (nm)	(110)	10.4	8.7	10.4
$\delta \times 10^{11}$ (cm $^{-2}$)	(110)	9.2134	13.006	9.2091
$N_0 \times 10^{13}$ (cm $^{-2}$)	(110)	4.7285	7.9307	4.7252

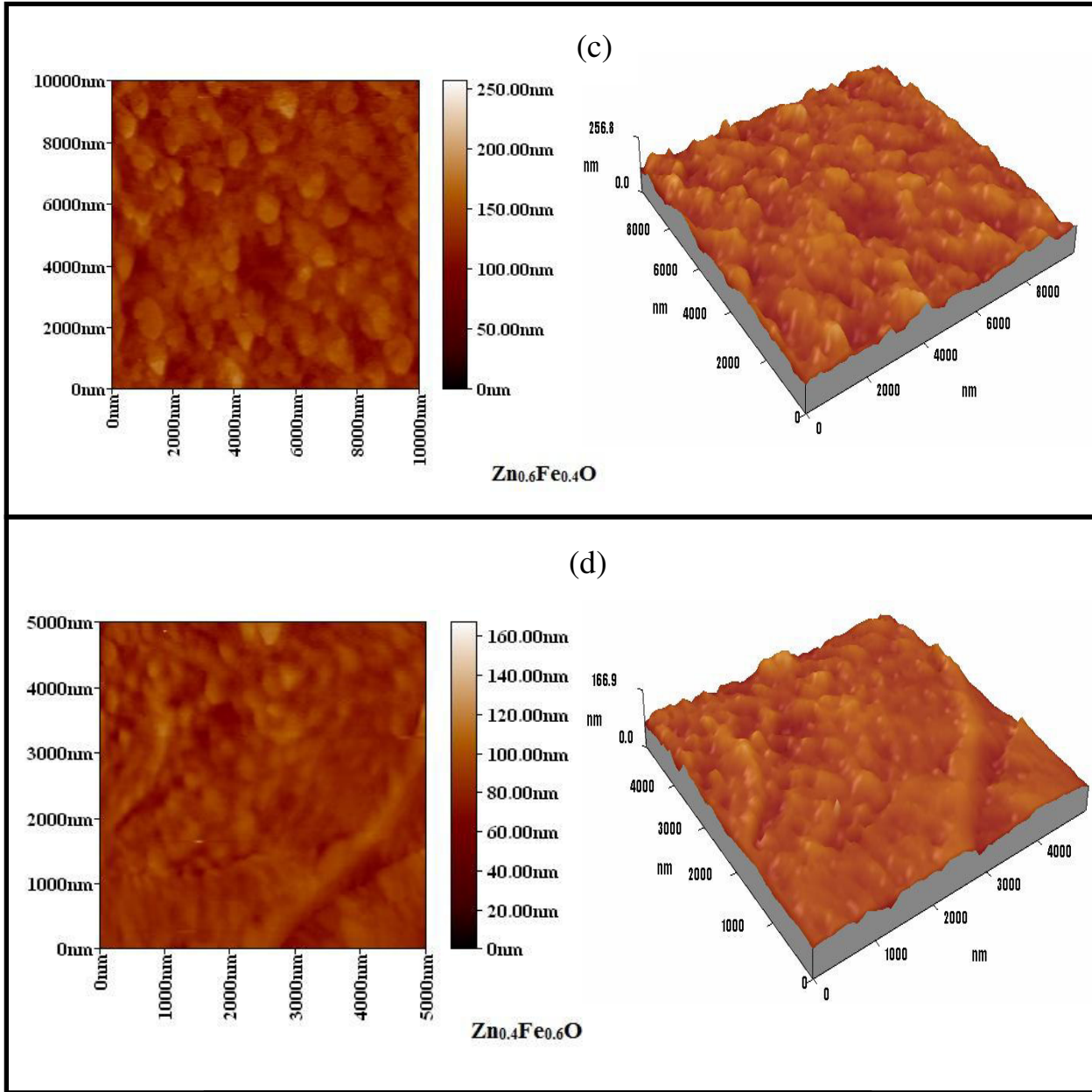
(2-2-4) نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM)

لأجل دراسة طبوغرافية سطوح مواد الأغشية وتأثير تغير نسب المواد الداخلة في تركيب الغشاء تم استعمال مجهر القوة الذرية (AFM) ذي القدرة على تصوير وتحليل هذه السطوح وإعطاء قيم إحصائية دقيقة عن معدل حجم الحبيبات وتوزيعها، وقيم خشونة السطح (Surface Roughness) اعتماداً على الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) (Root Mean Square) فضلاً عن تزويدنا بالكثير من المعلومات المهمة. اذ بينت صور ونتائج قياسات (AFM) تأثير تغيير نسبة الحديد (Fe) الداخلة في تركيب الأغشية، إذ يتضح من عملية المسح بالأبعاد ($10 \times 10 \mu m^2$) لسطوح الأغشية، ان قيم خشونة السطح وقيم (RMS) تقل بزيادة نسبة الحديد (Fe) وكما مبين بالجدول (4-8)، وهذا يدل على نقصان في قيم معدل الحجم الحبيبي للأغشية بزيادة نسبة الحديد (Fe)، وتتفق هذه النتائج مع نتائج حيود الاشعة السينية المتضمنة حساب معدل الحجم الحبيبي، وهذه النتيجة تتفق مع الدراسات [52,36]، والشكل (4-8) يوضح صور ونتائج (AFM) للأغشية المحضرة.

الجدول (4-8): قيم معدل خشونة السطح وقيم (RMS) حسب قياس (AFM) للأغشية المحضرة.

Sample	(RMS) (nm)	Surface Roughness (nm)
ZnO (pure)	66.7	50.9
Zn _{0.8} Fe _{0.2} O	48.9	35.5
Zn _{0.6} Fe _{0.4} O	15	12
Zn _{0.4} Fe _{0.6} O	7.78	6.01





الشكل (4-8) : يوضح صور ونتائج (AFM) للأغشية

(a): ZnO (pure) (b): $\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$
 (c): $\text{Zn}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}$ (d): $\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}$

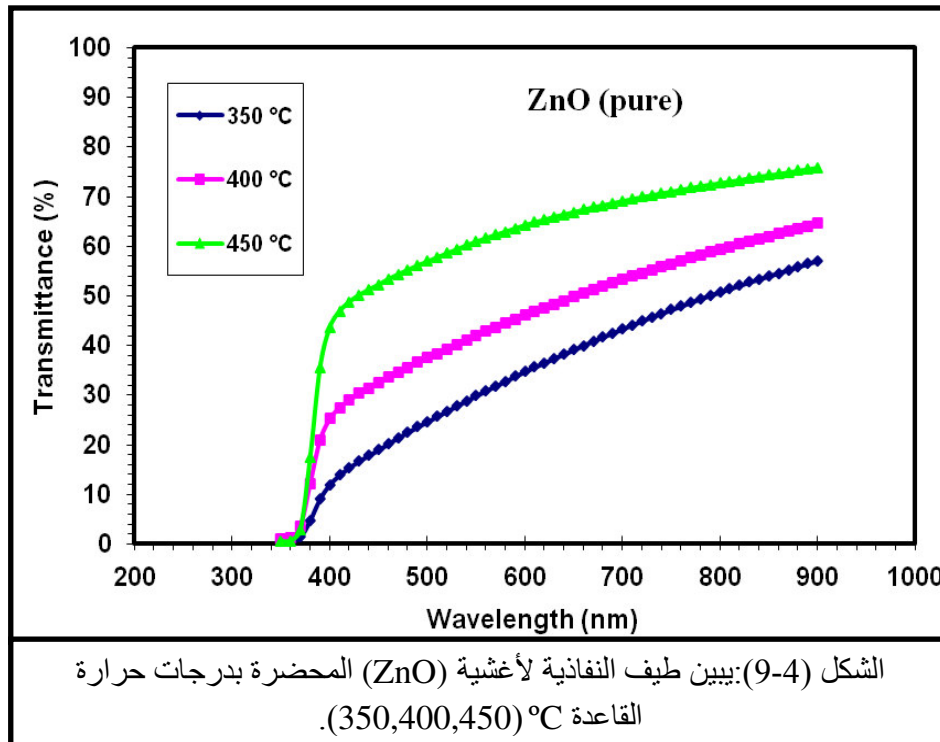
Results of Optical Measurements (3-4) نتائج القياسات البصرية

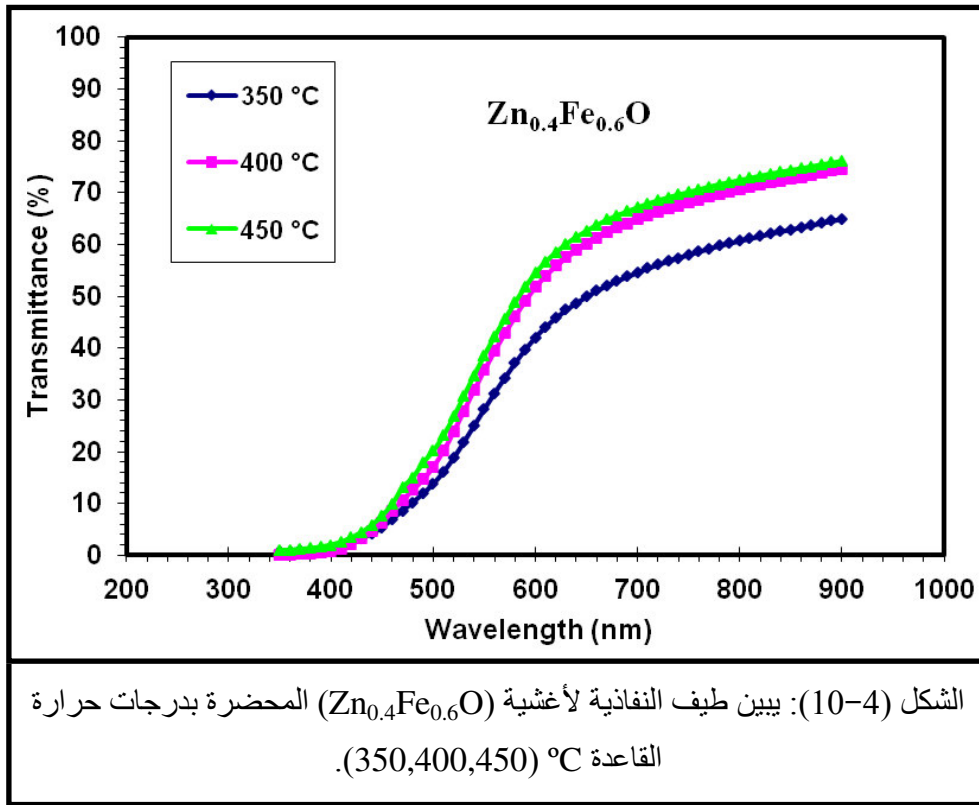
تضمنت الخصائص البصرية دراسة تأثير تغيير درجة حرارة القاعدة $(350, 400, 450) ^\circ\text{C}$ وتأثير تغيير نسب الحديد في $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ وكذلك دراسة تأثير التلدين بدرجتي الحرارة $(450, 500) ^\circ\text{C}$ لمدة (2h) على الخصائص البصرية، اذ تضمنت الخصائص البصرية دراسة طيفي النفاذية (Transmittance) والامتصاصية (Absorbance) للأغشية المحضرة وحساب فجوة الطاقة البصرية وحساب بعض الثوابت البصرية.

Effect of Substrate Temperature (1-3-4) تأثير درجة حرارة القاعدة

Transmittance (1-1-3-4) النفاذية

يوضح الشكل (9-4) والشكل (10-4) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (ZnO) و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $(350, 400, 450) ^\circ\text{C}$ بسمك $(560 \pm 20) \text{ nm}$ ، نلاحظ من الشكلين أن نفاذية الأغشية المحضرة تزداد مع زيادة الطول الموجي، ونلاحظ أيضاً أن النفاذية تزداد بزيادة درجة الحرارة اذ ان اعلى قيمة لها هي (75.8%) عند درجة حرارة $(450 ^\circ\text{C})$ لغشاء (ZnO) وان اعلى قيمة للنفاذية لغشاء $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ بلغت (76%) عند درجة حرارة $(450 ^\circ\text{C})$ ، والسبب بصورة عامة هو أن زيادة درجة الحرارة قد زادت من عملية النمو الحبيبي أي زيادة حجم الحبيبات تدريجياً وبالتالي نقصان الحدود الحبيبية والتي بدورها أدت الى قلة التشتت وزيادة تبلور المادة [112].

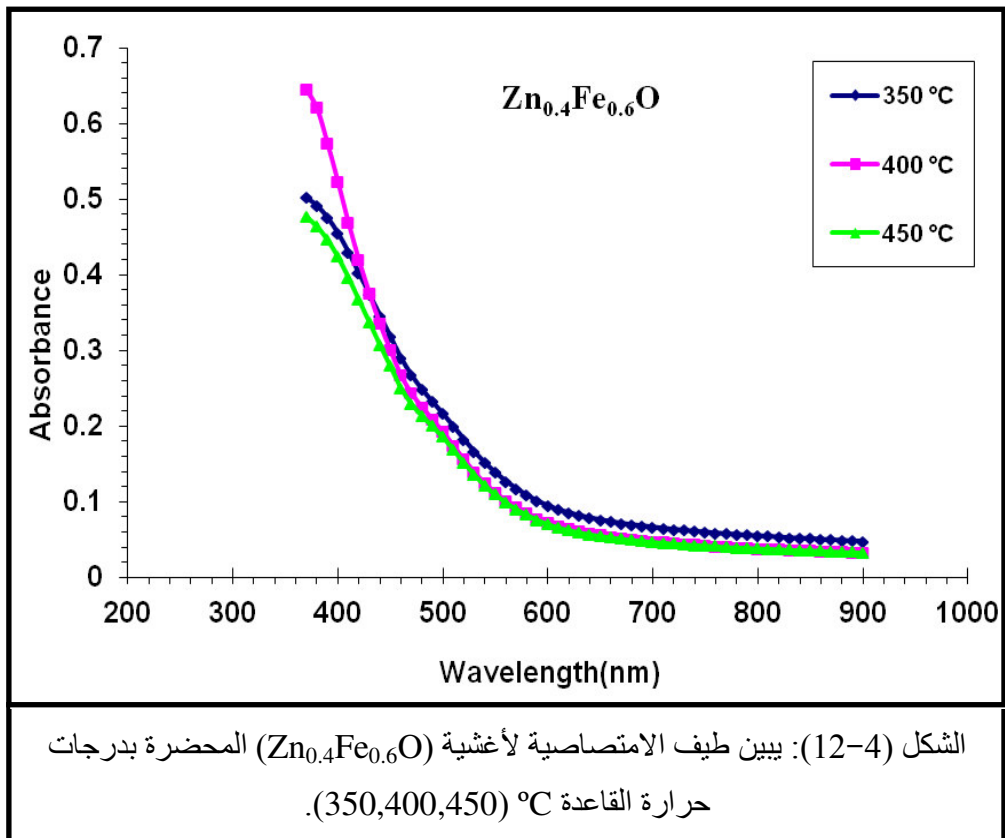
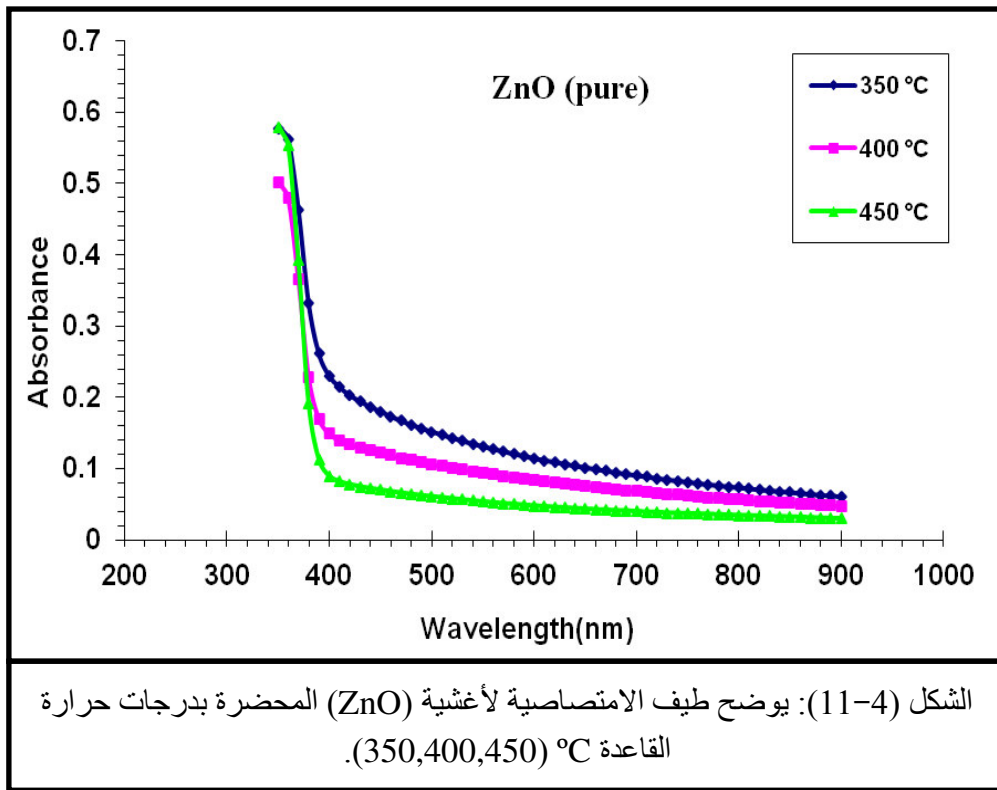




Absorbance

(2-1-3-4) الامتصاصية

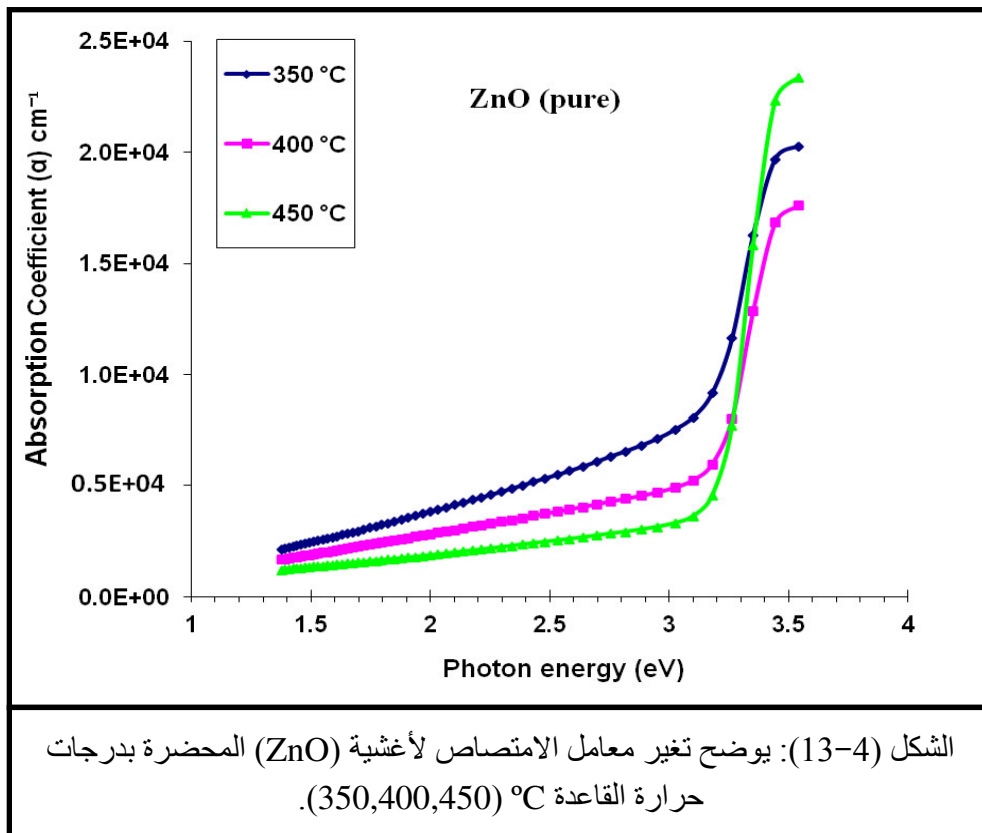
يتضح من خلال طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي المبين بالشكلين (11-4) و (12-4) لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $^{\circ}C$ (350,400,450) ان الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي اذ ان الاغشية تمتلك اعلى قيمة للامتصاصية عند الاطوال الموجية القصيرة وسبب نقصان قيمة الامتصاصية بزيادة الطول الموجي هو قلة طاقات الفوتونات الساقطة وعدم قدرتها على رفع الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل لأن طاقة الفوتونات الساقطة أقل من طاقة فجوة الطاقة البصرية، ونلاحظ ان زيادة درجة حرارة القاعدة أدت الى نقصان في قيم الامتصاصية للأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة.

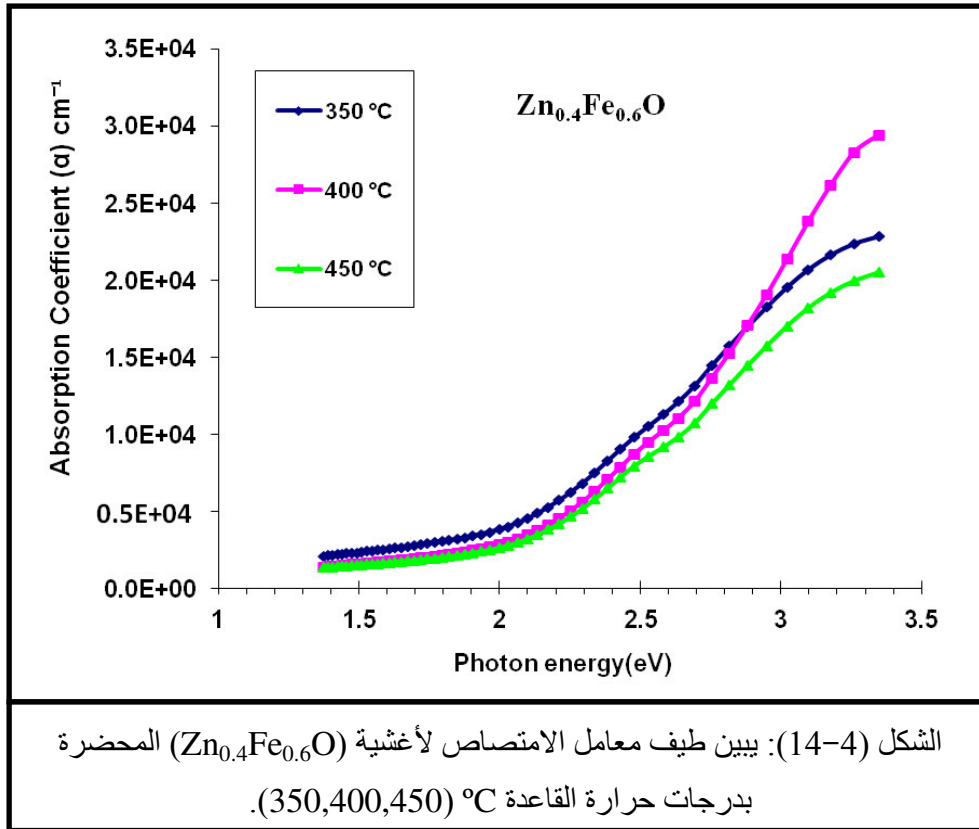


Absorption Coefficient

(3-1-3-4) معامل الامتصاص

تم حساب معامل الامتصاص من المعادلة (23-2) ويوضح الشكل (4-13) والشكل (4-14) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة $(350, 400, 450) ^\circ C$ ، وقد أظهرت النتائج أن معامل الامتصاص يزداد بزيادة طاقة الفوتون ولجميع الأغشية، إذ أن أعظم قيمة لمعامل الامتصاص تكون عند الطاقات الفوتونية العالية، وأن زيادة درجة حرارة القاعدة قد أدت إلى نقصان في قيم معامل الامتصاص للأغشية المحضرة والسبب أن زيادة درجة الحرارة قد ساعدت الذرات لترتيب نفسها بالاتجاه الصحيح مما أدى بدوره إلى كبر حجم الحبيبات وبالتالي تقليل العيوب البلورية وتحسن التركيب البلوري، ونلاحظ كذلك أن قيم معامل الامتصاص عند جميع درجات حرارة القاعدة أكبر من (10^4 cm^{-1}) عند الطاقات الفوتونية العالية مما يرجح حدوث الانتقالات الالكترونية المباشرة [111].





(4-1-3-4) فجوة الطاقة البصرية

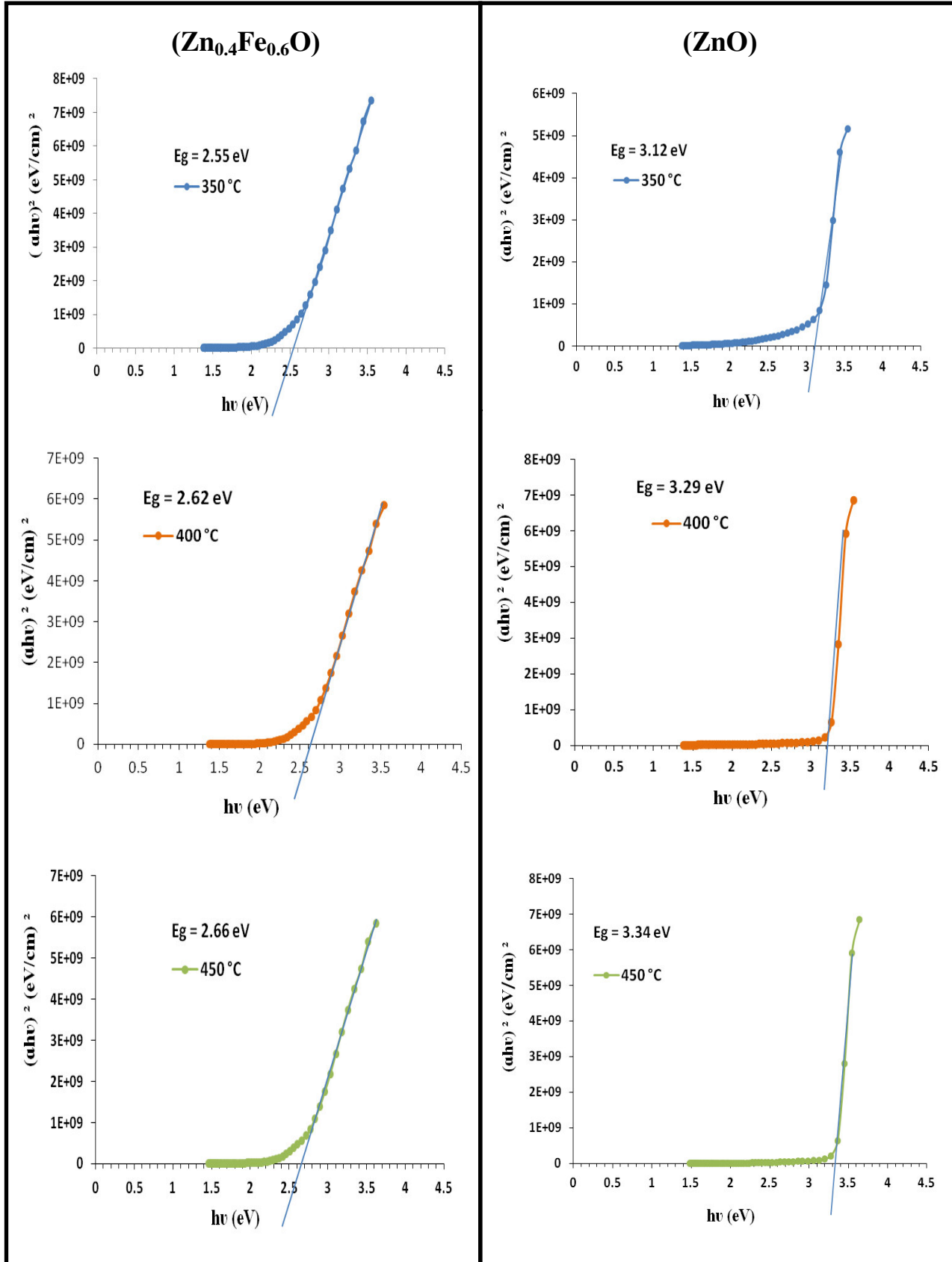
Optical Band Gap

ان أقل طاقة لازمة لنقل الإلكترون من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل تعرف بفجوة الطاقة البصرية، وتم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة 350, 400, 450 °C باستخدام المعادلة (2-16) عندما تكون قيمة الثابت ($r = 1/2$) وذلك من خلال رسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون الساقط ($h\nu$)، ويرسم مماس للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ ، إذ تمثل نقطة التقاطع هذه قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المباشرة المسموحة وكما هو موضح في الشكل (4-15) ويبين الجدول (4-9) قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة قاعدة مختلفة.

ان زيادة درجة حرارة القاعدة ادت الى حصول زيادة في قيمة فجوة الطاقة البصرية، اذ نلاحظ حصول زيادة قليلة في قيمة فجوة الطاقة من (3.12 eV) الى (3.34 eV) بزيادة درجة الحرارة لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) ومن (2.55 eV) الى (2.66 eV) لأغشية (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O)، وتتفق هذه النتيجة مع الدراسة [53]، وسبب الزيادة في قيمة فجوة الطاقة يعود الى زيادة تبلور الغشاء بزيادة درجة الحرارة وبالتالي تقليل العيوب الموضعية داخل فجوة الطاقة [112].

الجدول (4-9) : قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450)°C.

T °C	E_g (eV)	
	(ZnO)	(Zn _{0.4} Fe _{0.6} O)
350	3.12	2.55
400	3.29	2.62
450	3.34	2.66



الشكل (4-15): يوضح فجوة الطاقة البصرية لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة 350, 400, 450 °C.

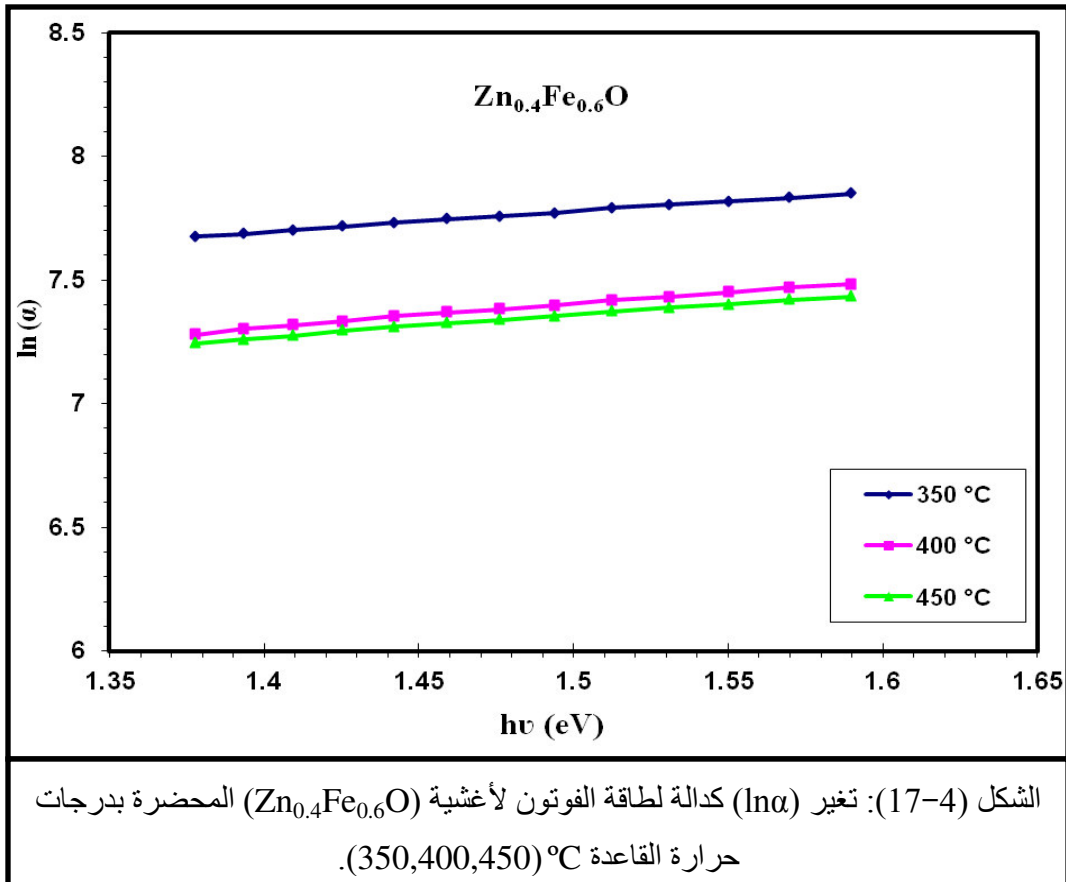
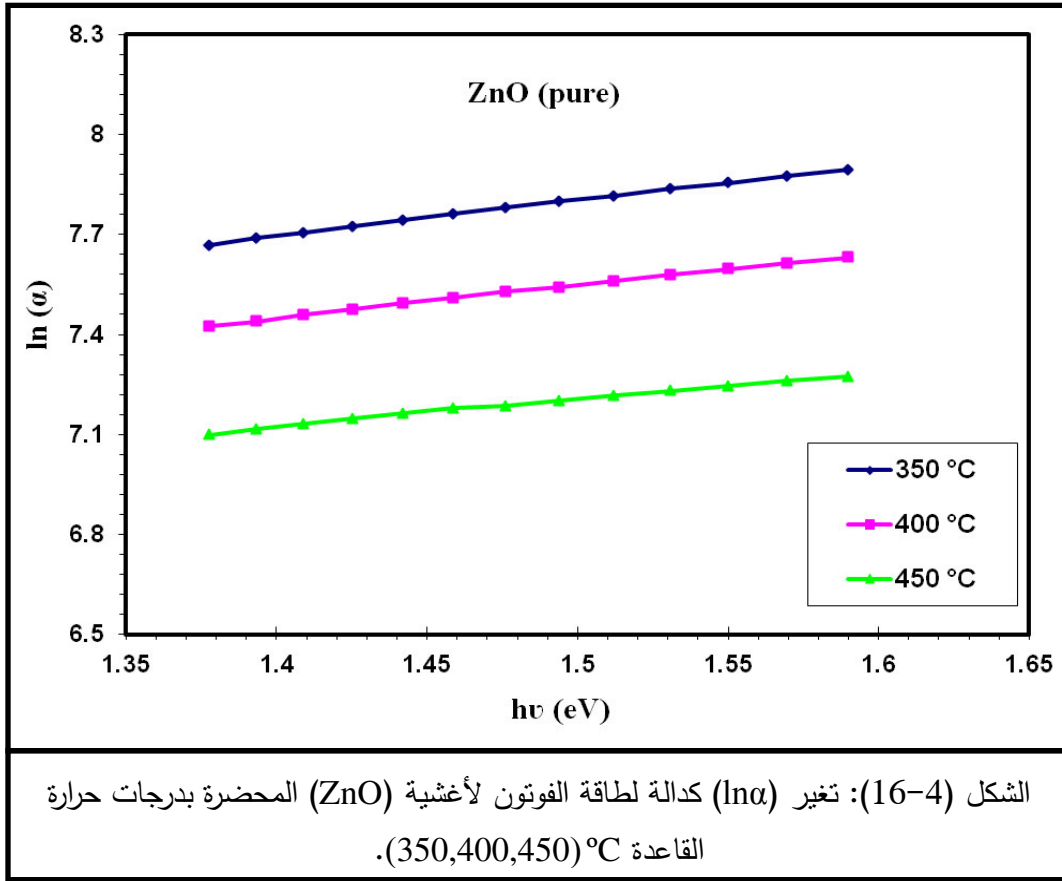
Urbach Tails Energy

(5-1-3-4) طاقة ذبول أورباخ

تم حساب عرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة البصرية أو ما يسمى بطاقة ذبول أورباخ، من المعادلة (2-12)، إذ تم حساب طاقة ذبول أورباخ لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة °C (350,400,450) بأخذ مقلوب قيمة ميل الخط المستقيم للعلاقة البيانية الخطية المرسومة بين $\ln \alpha$ و $h\nu$ وكما مبين في الشكلين (4-16) و (4-17)، إذ نجد ان قيمة طاقة أورباخ تقل بزيادة درجة حرارة القاعدة في الغشاء وهذا يعني ان السلوك البصري لقيمة طاقة ذبول أورباخ يكون معاكساً للسلوك البصري لقيمة طاقة الفجوة البصرية، ويبين الجدول (4-10) قيم طاقة ذبول أورباخ للأغشية المحضرة.

الجدول (4-10): قيم طاقة ذبول أورباخ لأغشية (ZnO) و (Zn_{0.4}Fe_{0.6}O) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة °C (350,400,450).

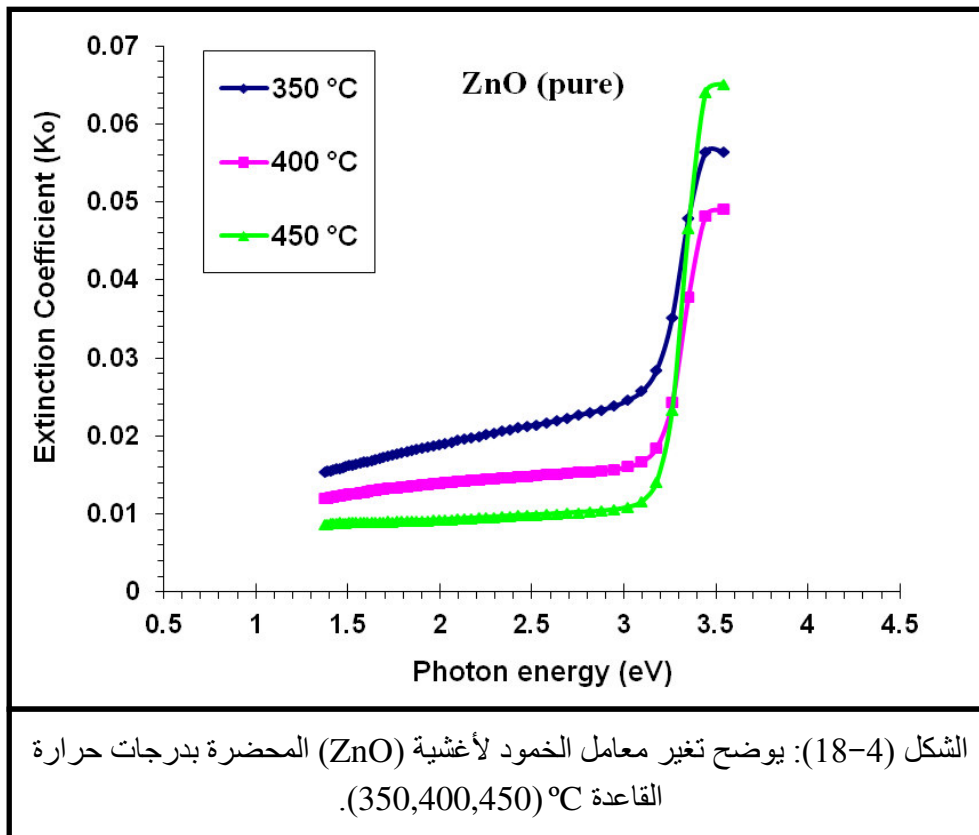
T °C	E _U (meV)	
	(ZnO)	(Zn _{0.4} Fe _{0.6} O)
350	572	842
400	460	723
450	393	670

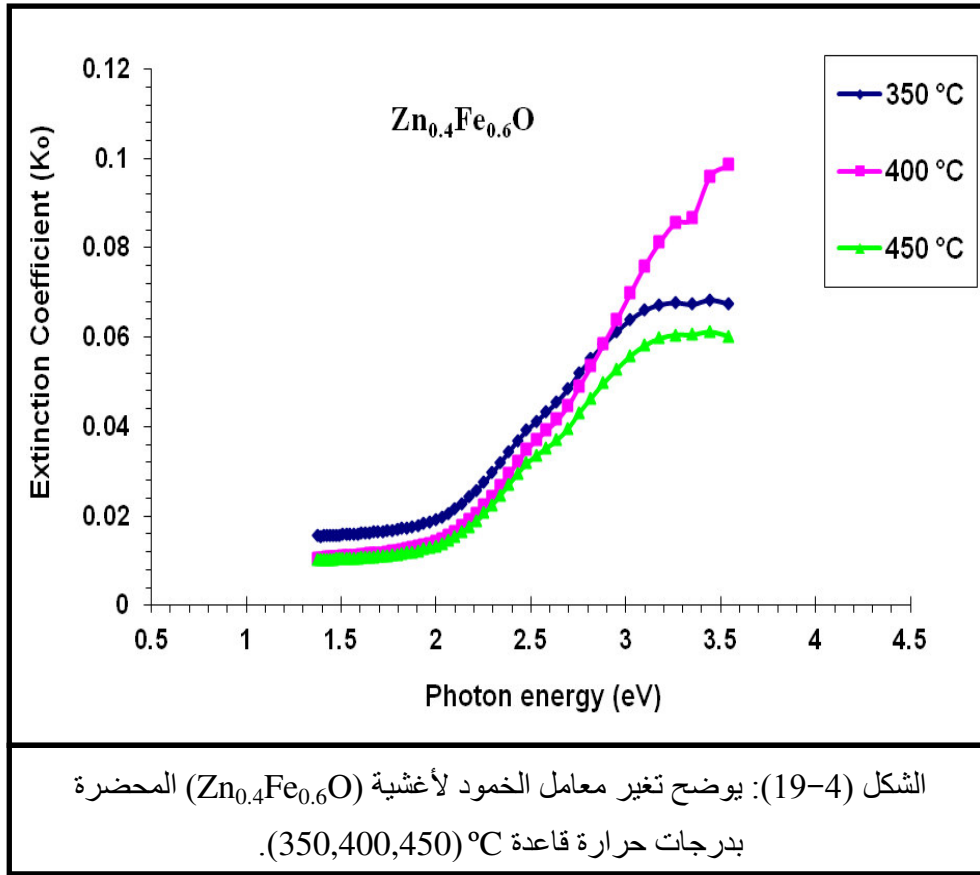


Extinction Coefficient

(6-1-3-4) معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة قاعدة مختلفة اعتماداً على العلاقة (24-2)، اذ يتضح من الشكلين (18-4) و (19-4) تغير معامل الخمود بوصفه دالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة (350,400,450)°C، إذ نلاحظ انه يتزايد تدريجياً بزيادة الطاقة، ثم تعقبها زيادة سريعة عند الطاقات الفوتونية العالية وهذا يدل على أن هناك زيادة في الامتصاصية والتي بدورها أدت الى زيادة معامل الامتصاص وبالتالي زيادة معامل الخمود حسب العلاقة (24-2)، بينما نلاحظ نقصان في قيمة معامل الخمود بزيادة درجة حرارة القاعدة بسبب نقصان قيمة معامل الامتصاص بزيادة درجة حرارة القاعدة.

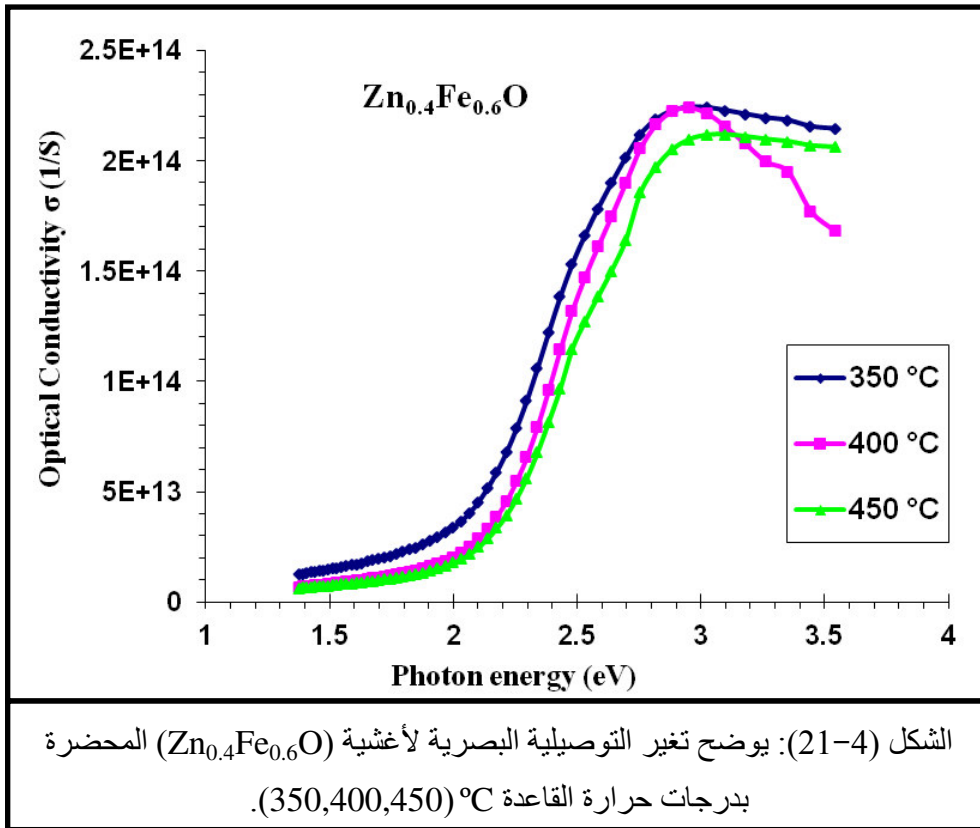
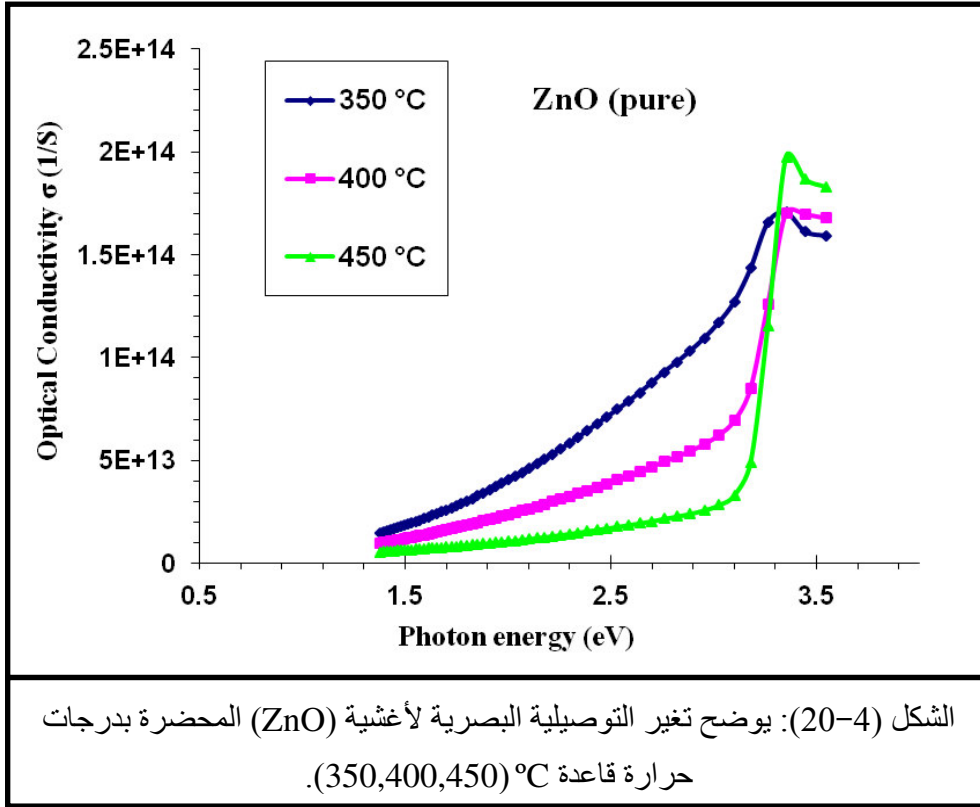




Optical Conductivity

(7-1-3-4) التوصيلية البصرية

تم حساب التوصيلية البصرية اعتماداً على العلاقة (2-25)، ويتضح من الشكلين (4-20) و(4-21) تغير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO) و($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) المحضرة بدرجات حرارة القاعدة 350, 400, 450 °C، اذ نلاحظ ان التوصيلية البصرية تزداد مع زيادة طاقة الفوتون، ونلاحظ ايضاً ان قيمة التوصيلية البصرية تقل مع زيادة درجة حرارة القاعدة لان قيمتها تعتمد على معامل الامتصاص وفقاً للعلاقة المذكورة اعلاه.

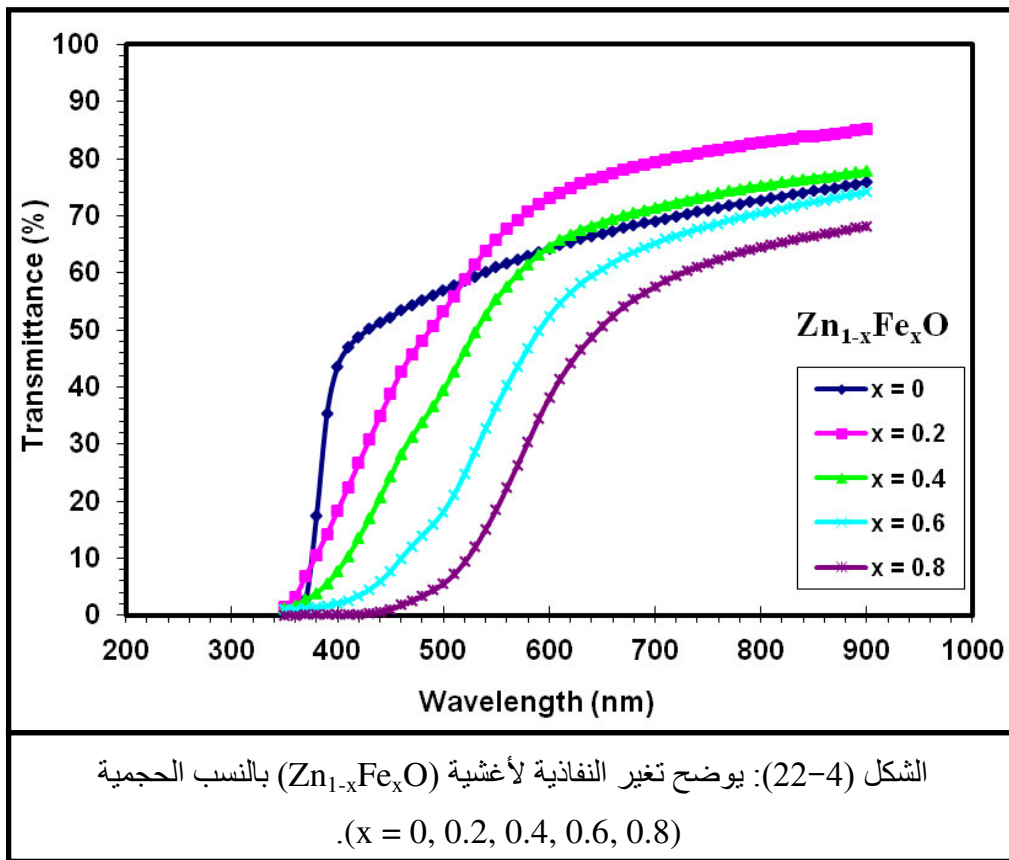


(2-3-4) تأثير تغير نسب (Fe)

Transmittance

(1-2-3-4) النفاذية

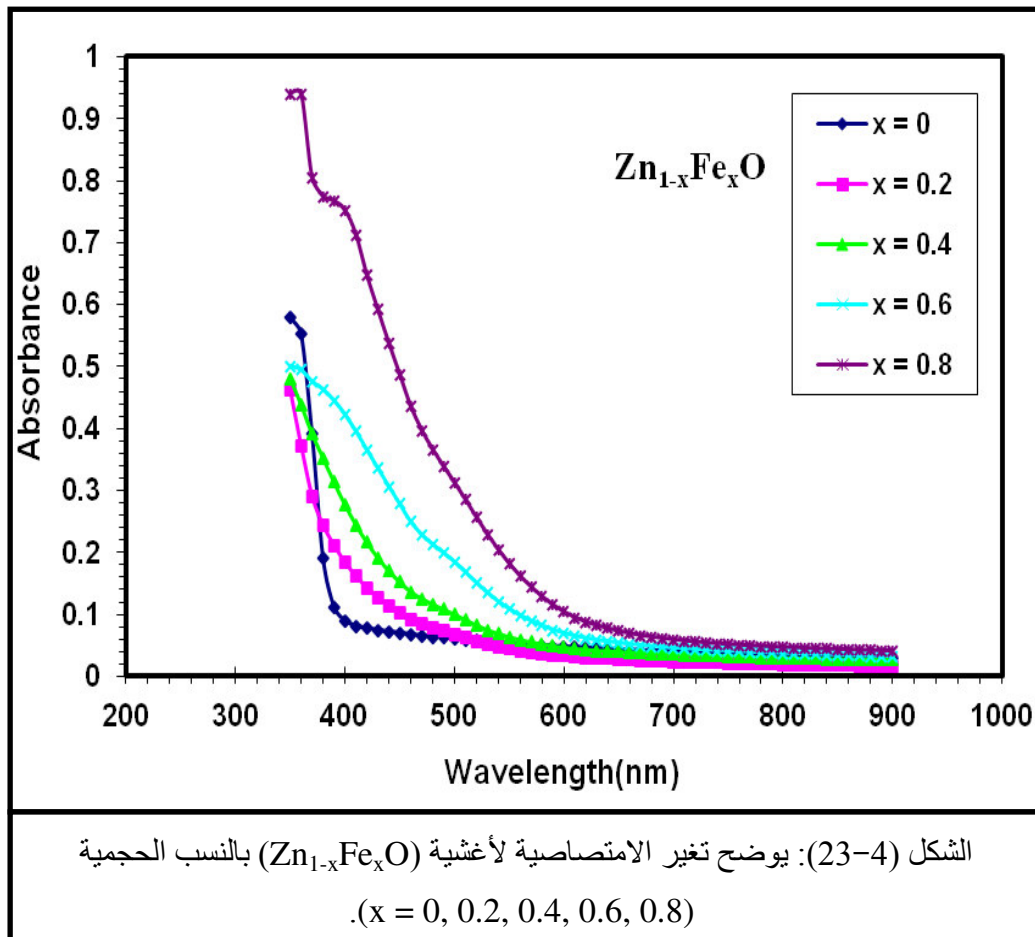
يوضح الشكل (22-4) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) المحضرة بدرجة حرارة القاعدة ($400^\circ C$) وبسمك $(560 \pm 20) nm$ ، نلاحظ من الشكل أن نفاذية الأغشية المحضرة تزداد مع زيادة الطول الموجي، وأن كافة الأغشية المحضرة تمتلك نفاذية عالية في المنطقتين المرئية وتحت الحمراء القريبة ضمن مدى الأطوال الموجية $(600-900) nm$ ، ونلاحظ أيضاً نقصان نفاذية الأغشية بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء ضمن مدى الأطوال الموجية القصيرة والطويلة، وهذه النتيجة تتفق مع الدراسات [52,44]، عدا النسبتين ($x=0.2$) و ($x=0.4$) فإن نفاذيتهما تزداد بالمقارنة مع نفاذية الغشاء عند النسبة ($x=0$) ضمن مدى الأطوال الموجية $(600-900) nm$ ، والسبب هو زيادة المستويات المانحة داخل فجوة الطاقة بالقرب من حزمة التوصيل وبالتالي نقصان فجوة الطاقة بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء .



Absorbance

(2-2-3-4) الامتصاصية

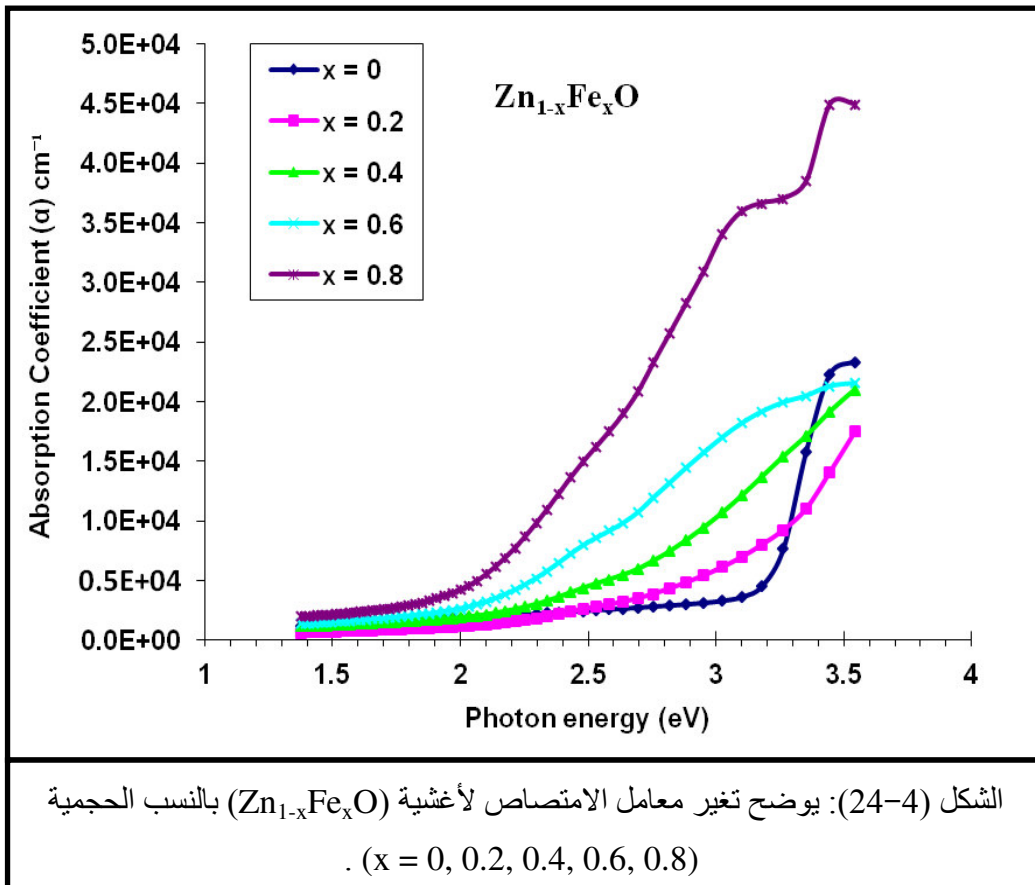
يتضح من خلال طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي المبين بالشكل (4-23) لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ ، ان الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي لجميع الأغشية وهذا يعني أن الفوتون الساقط لم يستطع أن يهيج الإلكترون وينقله من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل لأن طاقة الفوتون الساقط أقل من طاقة فجوة الطاقة البصرية ولهذا فإن الامتصاصية تقل مع زيادة الطول الموجي ونلاحظ أيضاً ان زيادة نسبة (Fe) في الغشاء أدت الى زيادة في قيم الامتصاصية للأغشية المحضرة وخاصة عند مدى الأطوال الموجية القصيرة.



Absorption Coefficient

(3-2-3-4) معامل الامتصاص

تم حساب معامل الامتصاص اعتماداً على المعادلة (23-2) ويوضح الشكل (24-4) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ وقد أظهرت النتائج أن معامل الامتصاص يزداد بزيادة طاقة الفوتون ولجميع الأغشية المحضرة، ونلاحظ أن قيم معامل الامتصاص لجميع النسب أكبر من (10^4 cm^{-1}) عند الطاقات الفوتونية العالية مما يرجح حدوث الانتقالات الإلكترونية المباشرة [111]، ونجد أيضاً أن زيادة نسبة (Fe) في الغشاء قد أدت إلى زيادة في قيم معامل الامتصاص للأغشية المحضرة وسبب ذلك يعود إلى زيادة المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة والتي أدت إلى إمتصاص فوتونات ومن ثم زيادة في قيم معامل الإمتصاص [55].



Optical Band Gap

(4-2-3-4) فجوة الطاقة البصرية

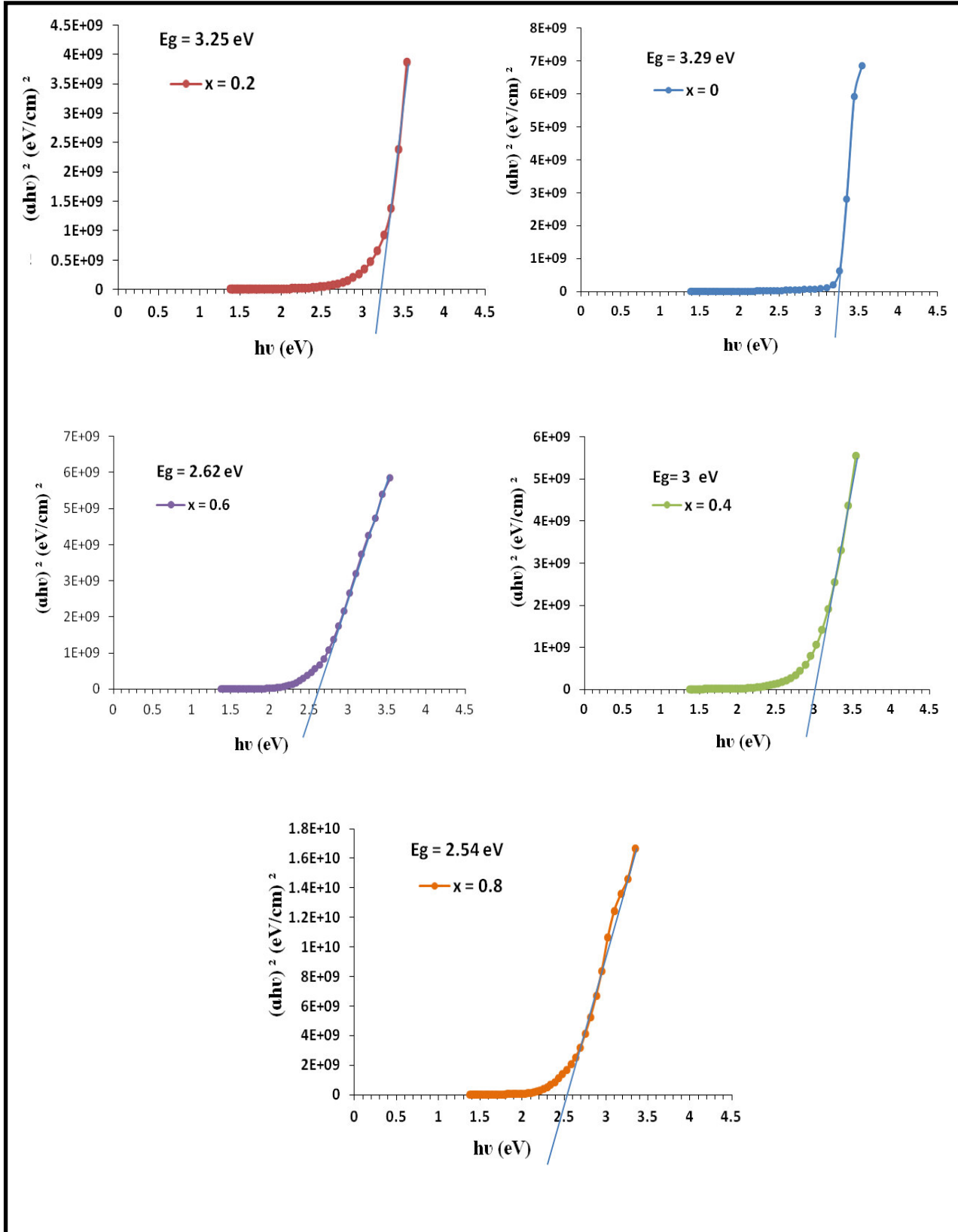
تم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) باستخدام المعادلة (2-16) عندما تكون قيمة الثابت ($r = 1/2$) وذلك من خلال رسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ ، وبرسم مماس للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ ، إذ تمثل نقطة التقاطع هذه قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المباشرة المسموحة وكما هو موضح في الشكل (4-25) ويبين الجدول (4-11) قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$).

ان زيادة نسبة (Fe) في الغشاء أدت الى حصول نقصان في قيمة فجوة الطاقة البصرية، اذ نجد ان قيمة فجوة الطاقة البصرية للنسبة ($x=0$) هي (3.29 eV) وتقل مع زيادة نسبة (Fe) في الغشاء الى ان تصل الى (2.54 eV) عند النسبة ($x=0.8$)، وهذه النتيجة تتفق مع الدراسات [52,51,49,48,44,41]، وسبب نقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية يعود الى تكوين مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة البصرية تعمل على امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الواطئة مما يؤدي إلى نقصان في قيمة فجوة الطاقة البصرية [55].

الجدول (4-11): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية

$(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$).

Sample ($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$)	E_g (eV)
$x = 0$	3.29
$x = 0.2$	3.25
$x = 0.4$	3
$x = 0.6$	2.62
$x = 0.8$	2.54



الشكل (4-25): يوضح فجوة الطاقة البصرية لأغشية $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$.

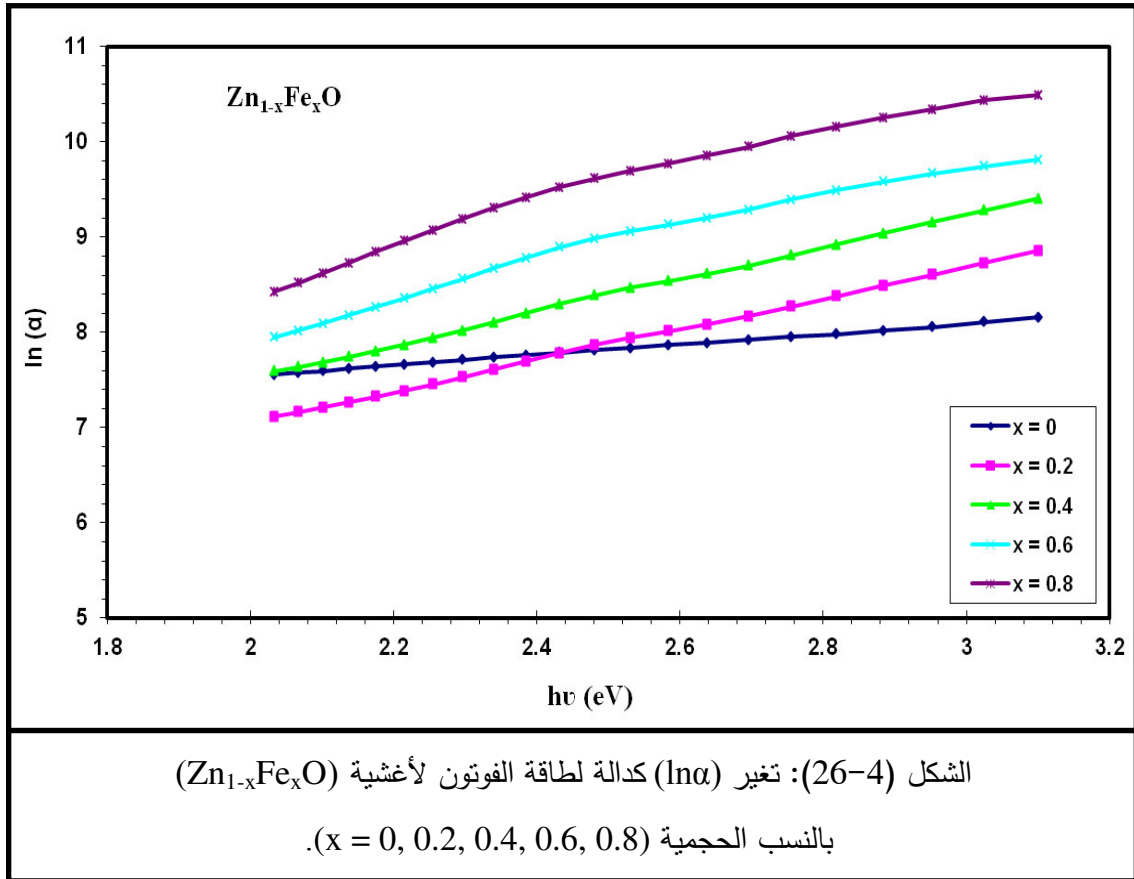
Urbach Tails Energy

(5-2-3-4) طاقة ذيول أورباخ

تم حساب عرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة البصرية أو ما يسمى بطاقة ذيول أورباخ، من المعادلة (12-2)، إذ تم حساب طاقة ذيول أورباخ (ΔE_U) لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) بأخذ مقلوب قيمة ميل الخط المستقيم للعلاقة البيانية الخطية المرسومة بين $(\ln \alpha)$ و $(h\nu)$ وكما مبين في الشكل (4-26)، إذ نجد ان قيمة طاقة أورباخ تزداد بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء وهذا يعني ان السلوك البصري لقيمة طاقة ذيول أورباخ يكون معاكساً للسلوك البصري لقيمة طاقة الفجوة البصرية، ويبين الجدول (4-12) قيم طاقة ذيول أورباخ للأغشية المحضرة.

الجدول (4-12): قيم طاقة ذيول أورباخ لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$).

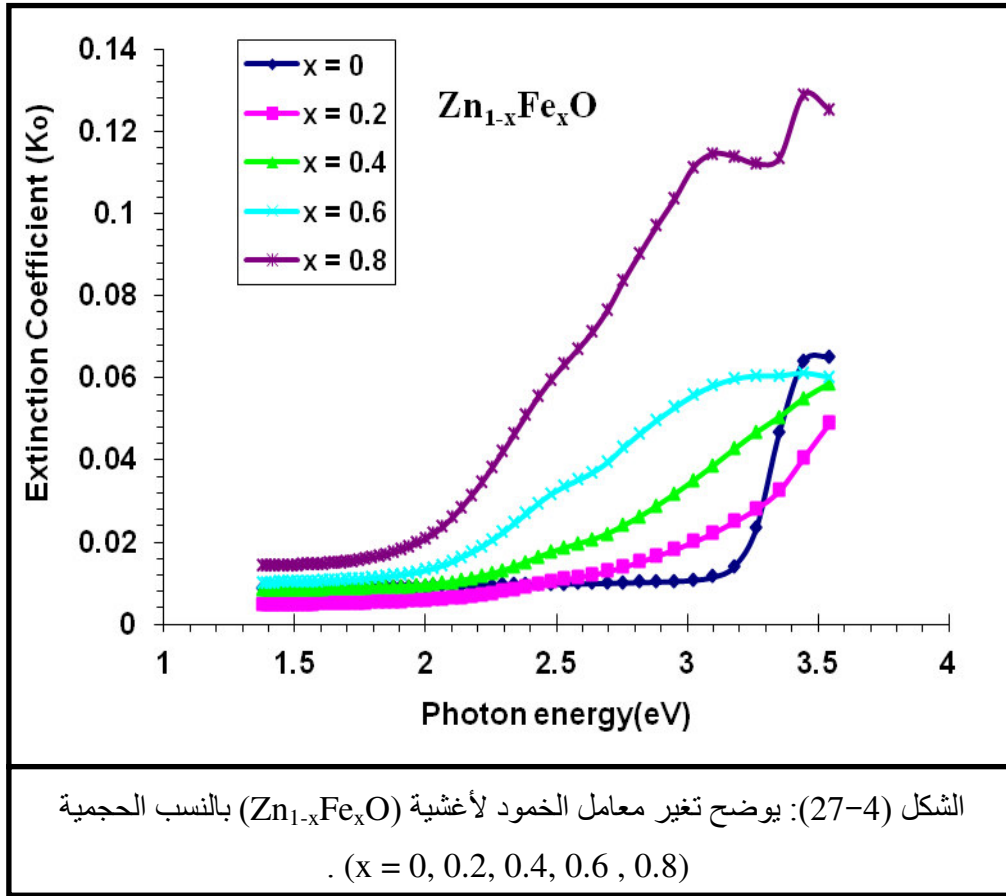
Sample ($Zn_{1-x}Fe_xO$)	E_U (meV)
$x = 0$	460
$x = 0.2$	522
$x = 0.4$	640
$x = 0.6$	723
$x = 0.8$	860



Extinction Coefficient

(6-2-3-4) معامل الخمود

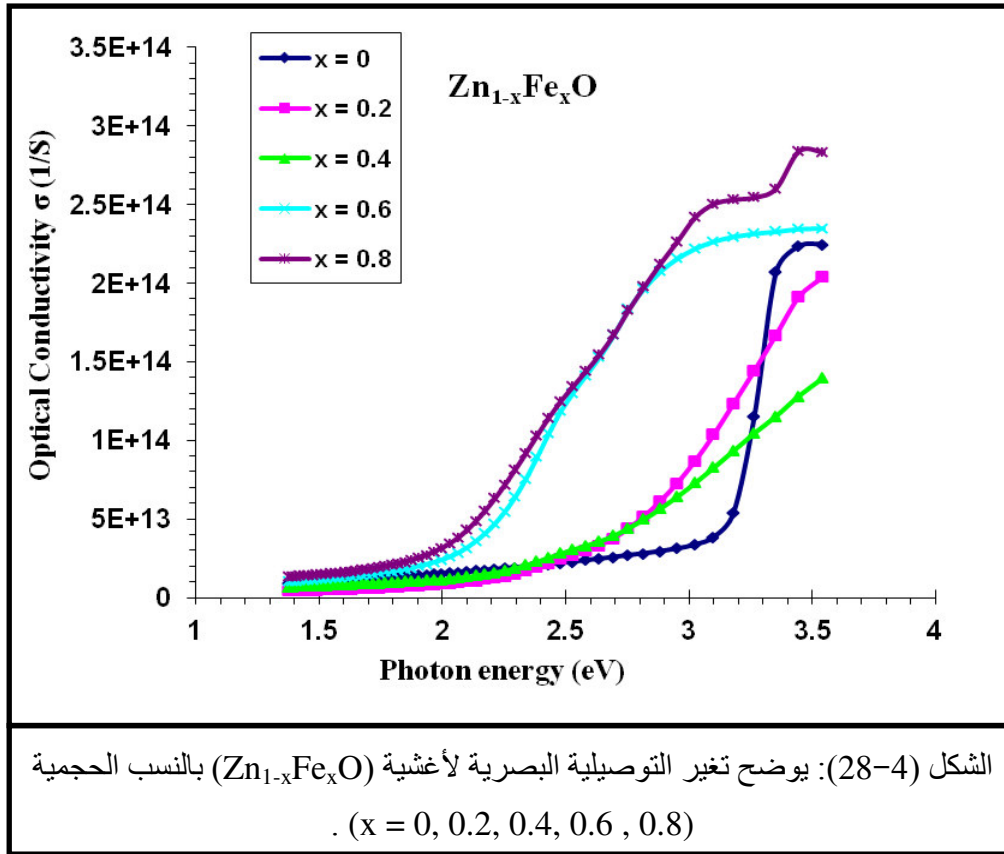
تم حساب معامل الخمود لأغشية $(Zn_{1-x}Fe_xO)$ بالنسب الحجمية $(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ اعتماداً على العلاقة (24-2)، والشكل (27-4) يوضح تغير معامل الخمود بوصفه دالة لطاقة الفوتون، إذ نلاحظ أن قيم معامل الخمود تكون قليلة عند الطاقات الواطئة وبعدها يتزايد تدريجياً بزيادة طاقة الفوتون، بسبب زيادة قيم معامل الامتصاص بزيادة طاقة الفوتون وبحسب العلاقة (24-2)، بينما نلاحظ زيادة في قيمة معامل الخمود بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء، ويعزى سبب هذه الزيادة إلى المستويات الموضعية المتكونة داخل فجوة الطاقة والتي أدت إلى زيادة معامل الامتصاص وبالتالي زيادة معامل الخمود.



Optical Conductivity

(7-2-3-4) التوصيلية البصرية

تم حساب التوصيلية البصرية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) بالنسب الحجمية ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$) اعتماداً على العلاقة (25-2)، ويتضح من الشكل (4-28) تغير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون، اذ نلاحظ ان التوصيلية تزداد مع زيادة طاقة الفوتون، ونلاحظ ايضاً ان قيمة التوصيلية البصرية تزداد بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء لان قيمتها تعتمد على معامل الامتصاص وفقاً للعلاقة (25-2).



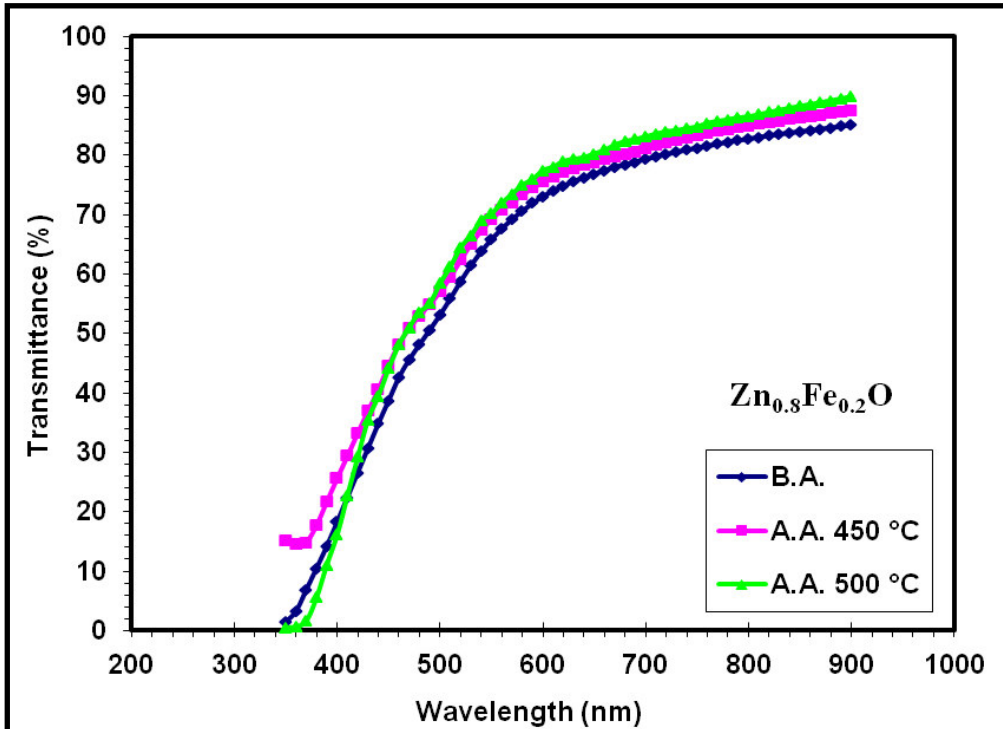
Effect of Annealing

(3-3-4) تأثير التلدين

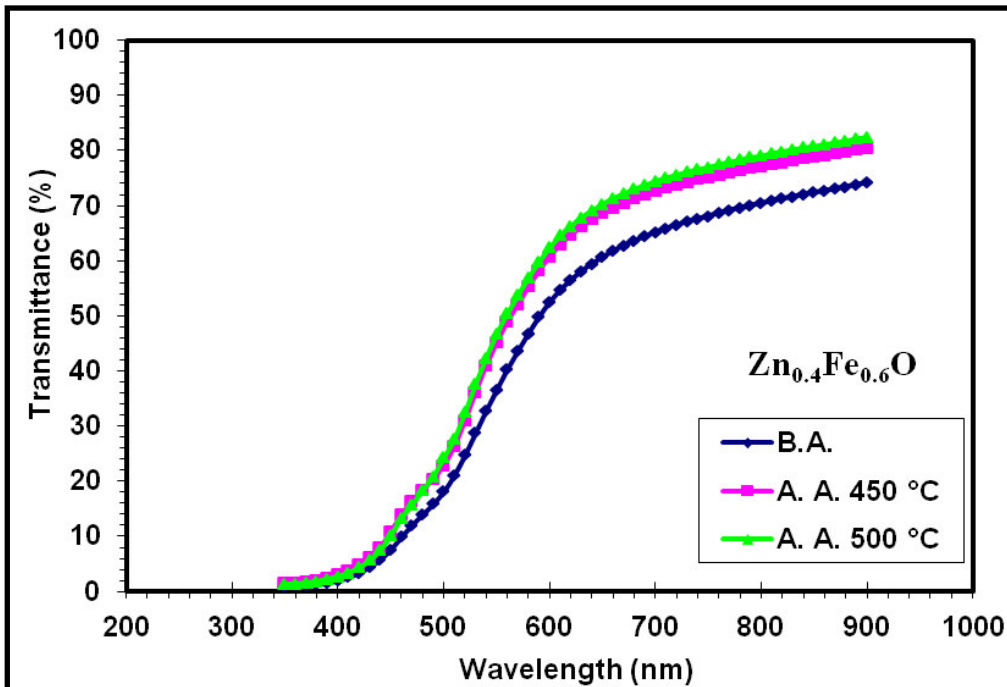
Transmittance

(1-3-3-4) النفاذية

يوضح الشكل (29-4) والشكل (30-4) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية $(Zn_{0.8}Fe_{0.2}O)$ و $(Zn_{0.4}Fe_{0.6}O)$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $450, 500$ °C لمدة (2h) وبسمك (560 ± 20) nm، نلاحظ من الشكلين أن نفاذية الأغشية المحضرة تزداد مع زيادة الطول الموجي لتصل إلى أعلى قيمة لها في المنطقتين المرئية وتحت الحمراء القريبة ضمن مدى الأطوال الموجية $(600-900)$ nm، ونلاحظ أيضاً أن عملية التلدين لم تظهر أي تغير في الشكل العام لمنحنى النفاذية، أما تأثير عملية التلدين على النفاذية فقليل، إذ نلاحظ زيادة قليلة في قيمة النفاذية بزيادة درجة حرارة التلدين بسبب تحسن تركيب المادة بعد التلدين.



الشكل (4-29): يوضح طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).

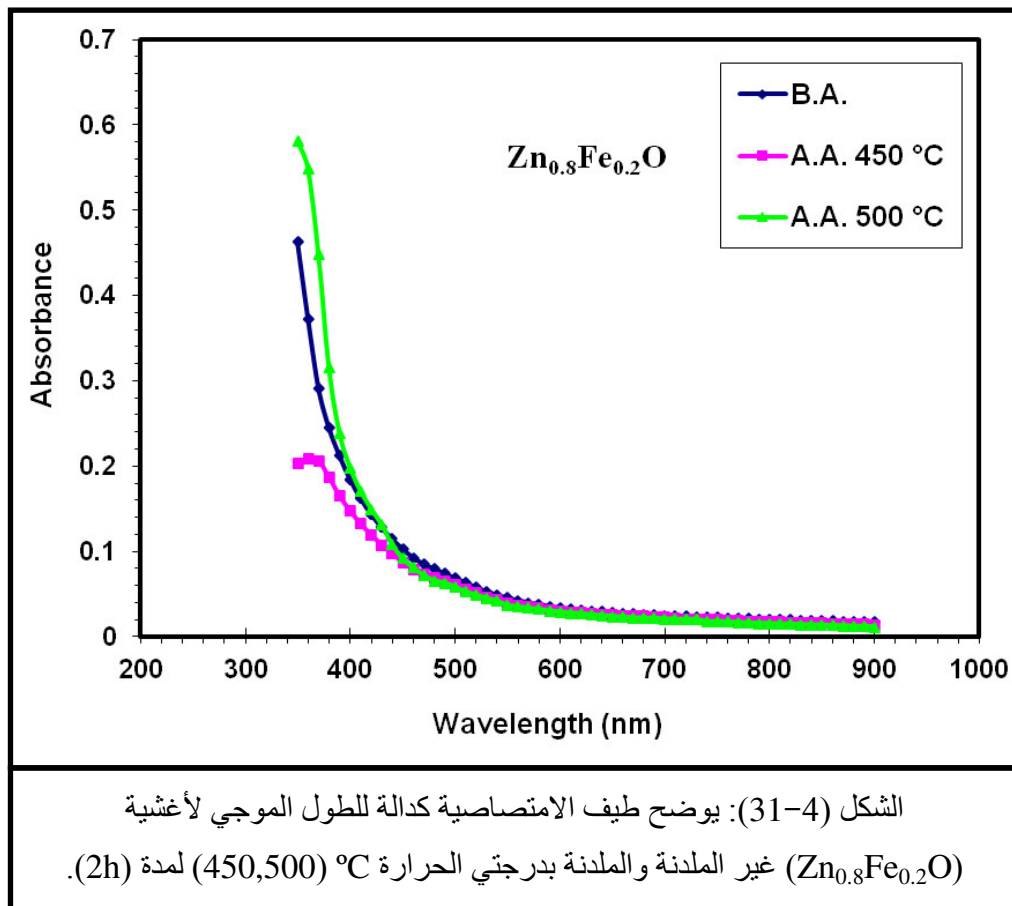


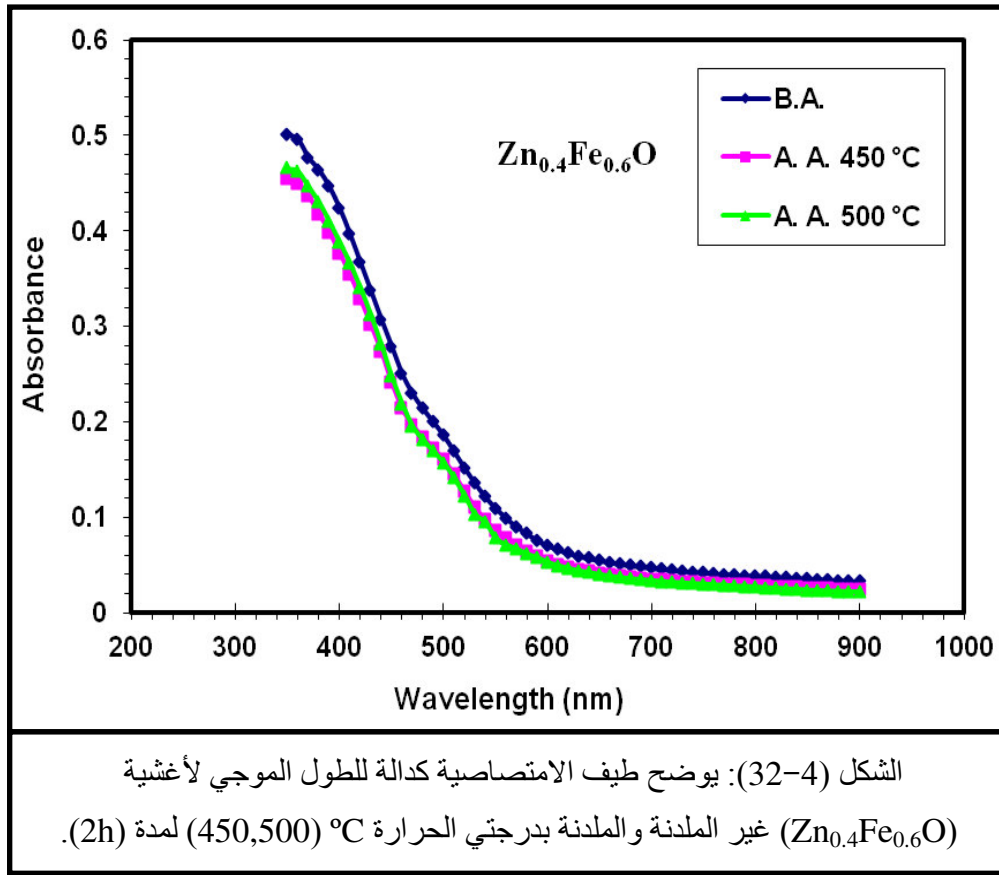
الشكل (4-30): يوضح طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).

Absorbance

(2-3-3-4) الامتصاصية

يتضح من خلال طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي المبين بالشكلين (31-4) و (32-4) لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $(450, 500)^\circ\text{C}$ لمدة (2h)، اذ نلاحظ من الشكلين ان الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي ونلاحظ ايضاً نقصان الامتصاصية بزيادة درجة حرارة التلدين.

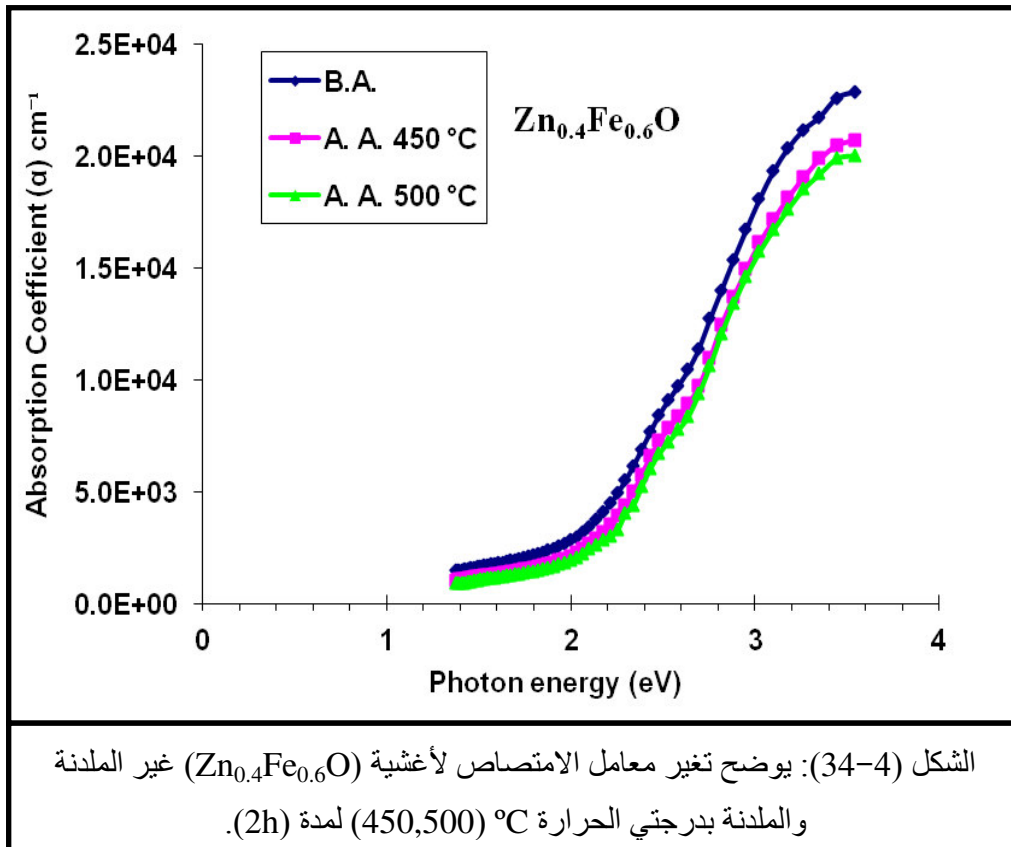
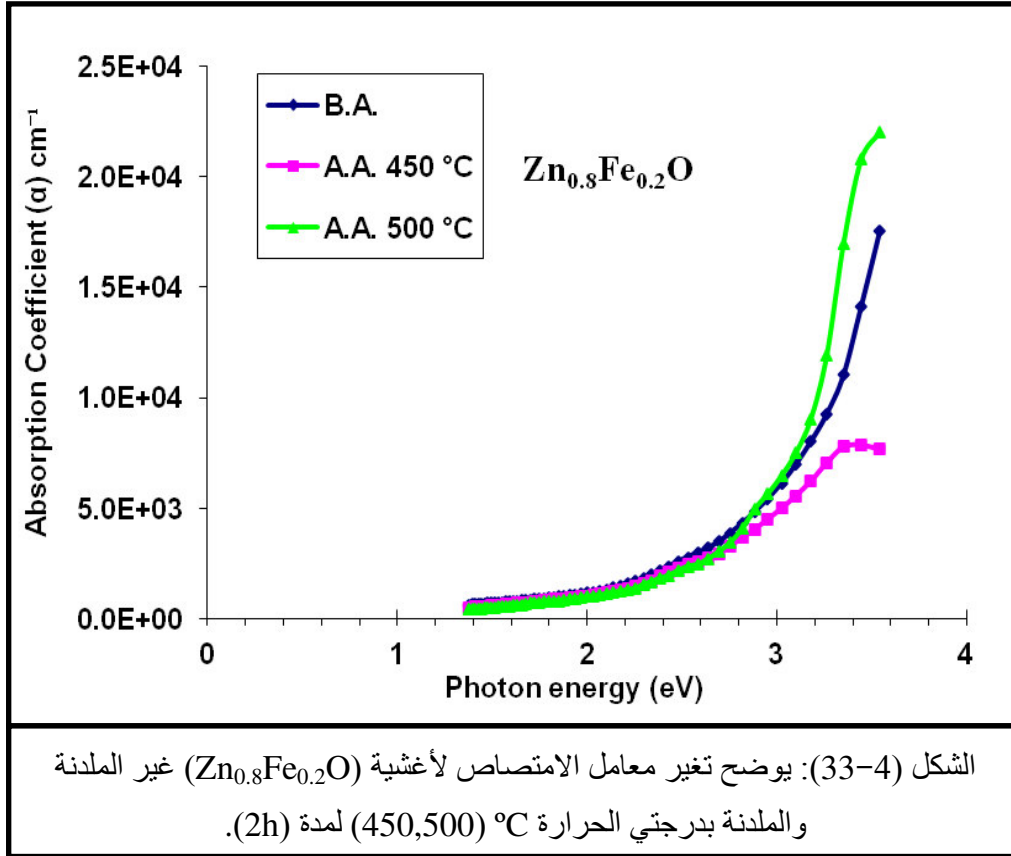




Absorption Coefficient

(3-3-3-4) معامل الامتصاص

تم حساب معامل الامتصاص لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) و ($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h) اعتماداً على المعادلة (2-23) ويوضح الشكل (4-33) والشكل (4-34) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون، وقد أظهرت النتائج أن معامل الامتصاص يزداد بزيادة طاقة الفوتون للأغشية قبل وبعد عملية التلدين، ونلاحظ أيضاً أن قيم معامل الامتصاص لجميع الأغشية ولجميع درجات الحرارة أكبر من (10^4 cm^{-1}) عند الطاقات الفوتونية العالية مما يرجح حدوث الانتقالات الإلكترونية المباشرة [111]. أما بعد إجراء عملية التلدين فقد تبين نقصان قيم معامل الامتصاص بزيادة درجة حرارة التلدين وذلك لأن عملية التلدين تساعد الذرات لترتب نفسها بالاتجاه الصحيح مما يؤدي إلى زيادة حجم الحبيبات وبالتالي التحسن في التركيب البلوري فضلاً عن ذلك إن عملية التلدين تؤدي إلى إزالة العيوب التركيبية وتعمل على تقليل الانخلاعات [112].



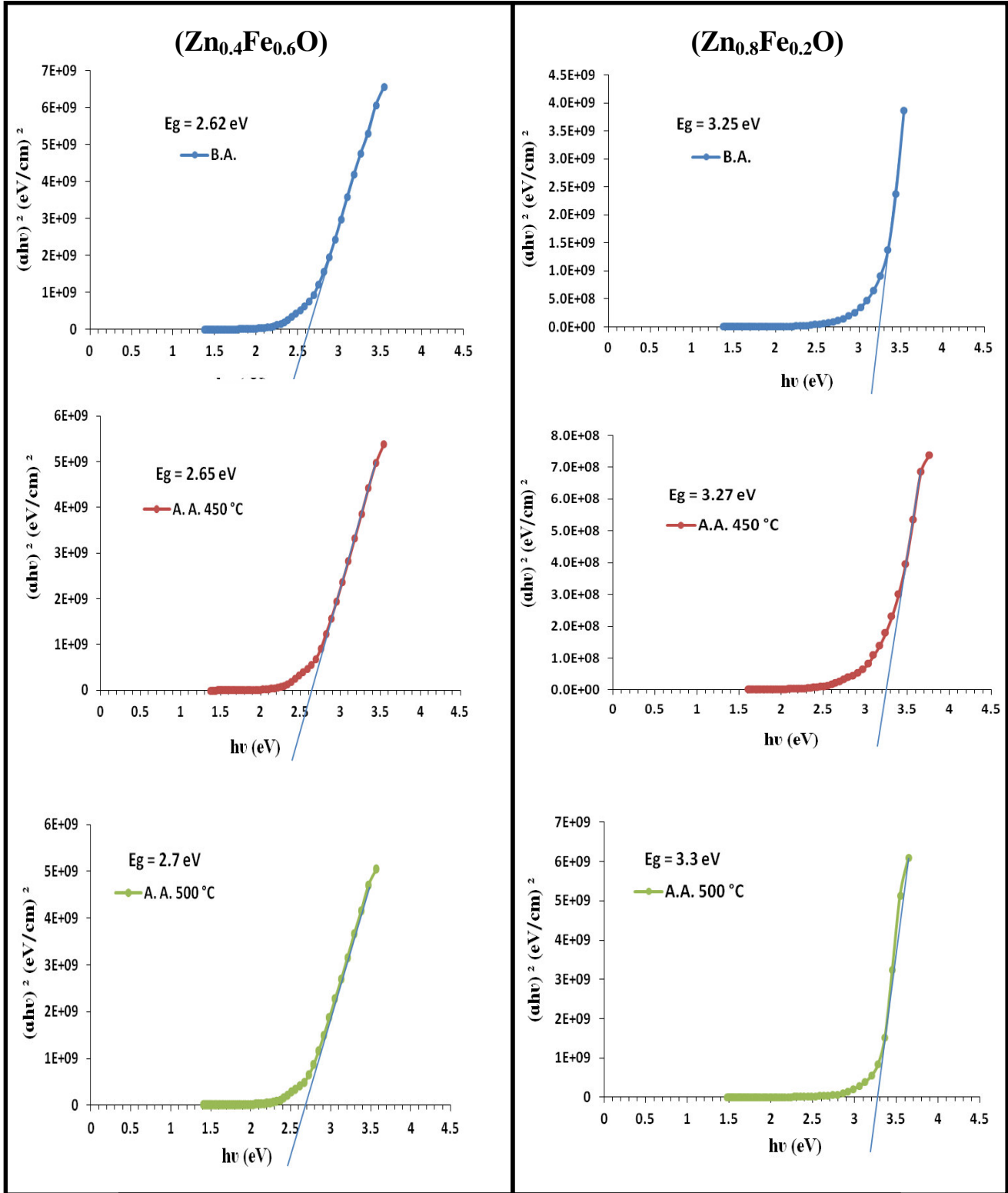
Optical Band Gap

(4-3-3-4) فجوة الطاقة البصرية

تم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h) باستخدام المعادلة (2-16) عندما تكون قيمة الثابت $(r = 1/2)$ برسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ ، ومن امتداد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ ، إذ تمثل نقطة التقاطع هذه قيمة فجوة الطاقة البصرية وكما هو موضح في الشكل (4-35)، إذ أظهرت النتائج المبينة في الجدول (4-13) زيادة قيم فجوة الطاقة البصرية بزيادة درجة حرارة التلدين ويعزى ذلك إلى زيادة تبلور المادة وتقليل العيوب البلورية وبالتالي تقليل عدد المستويات الموضعية الموجودة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل لذلك إزدادت قيم فجوة الطاقة البصرية بزيادة درجة حرارة التلدين، وهذه النتيجة تتفق مع نتائج الدراسات [43,40].

الجدول (4-13) : قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).

Sample	E_g (eV)	
	$(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$	$(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$
B. A.	3.25	2.62
A. A. 450 $^{\circ}\text{C}$, 2h	3.27	2.65
A. A. 500 $^{\circ}\text{C}$, 2h	3.30	2.70



الشكل (4-35): يوضح فجوة الطاقة البصرية لأغشية $\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ و $\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}$ غير المملنة والمملنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).

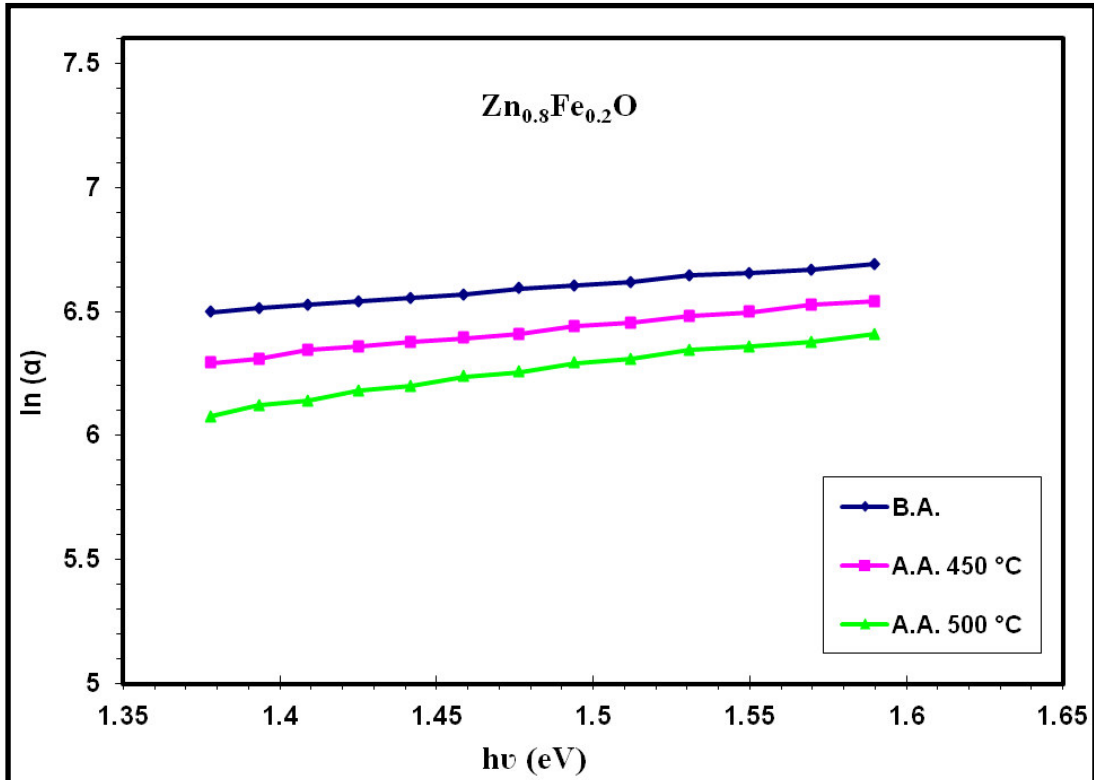
Urbach Tails Energy

(5-3-3-4) طاقة ذبول أورباخ

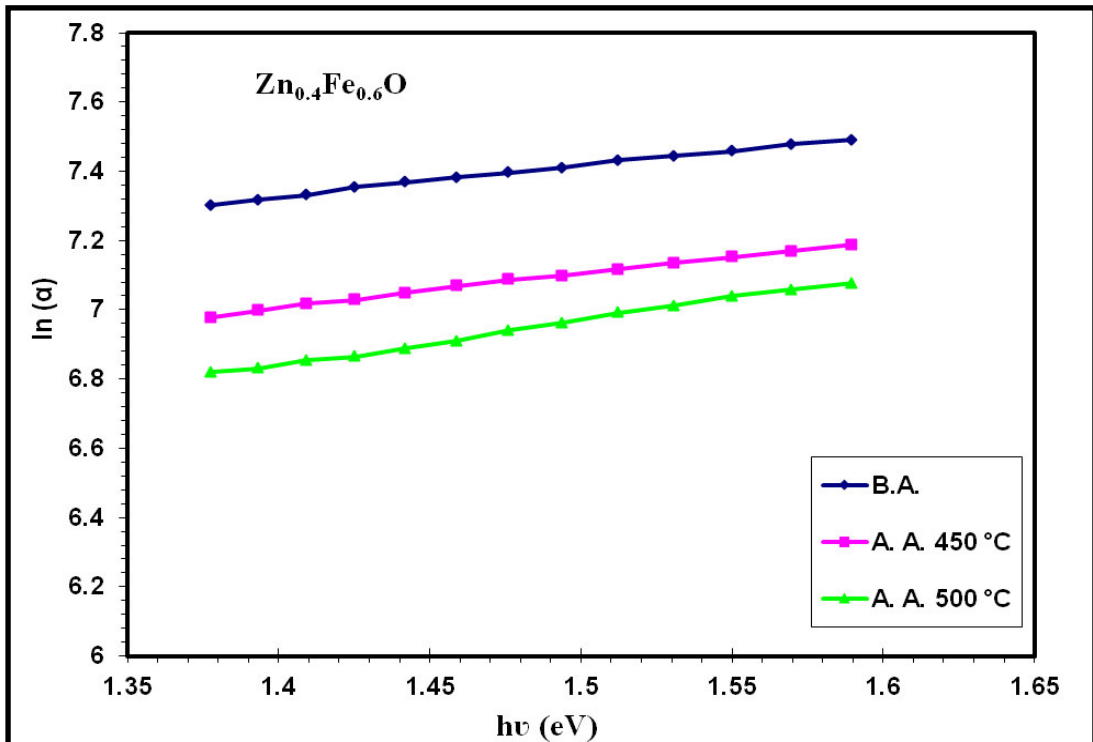
تم حساب عرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة البصرية أو ما يسمى بطاقة ذبول أورباخ، من المعادلة (2-12)، إذ تم حساب طاقة ذبول أورباخ لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجات حرارية مختلفة بأخذ مقلوب قيمة ميل الخط المستقيم للعلاقة البيانية الخطية المرسومة بين $(\ln \alpha)$ و $(h\nu)$ وكما مبين في الشكلين (4-36) و (4-37)، إذ نجد ان قيمة طاقة أورباخ تقل بزيادة درجة حرارة التلدين في الغشاء وهذا يعني ان السلوك البصري لقيمة طاقة ذبول أورباخ يكون معاكساً للسلوك البصري لقيمة طاقة الفجوة البصرية، ويبين الجدول (4-14) قيم طاقة ذبول أورباخ للأغشية المحضرة.

الجدول (4-14): قيم طاقة ذبول أورباخ لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h).

Sample	E_U (meV)	
	$(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$	$(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$
B. A.	522	723
A. A. 450 $^{\circ}\text{C}$, 2h	480	690
A. A. 500 $^{\circ}\text{C}$, 2h	414	650



الشكل (4-36): تغير $\ln(\alpha)$ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(Zn_{0.8}Fe_{0.2}O)$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).

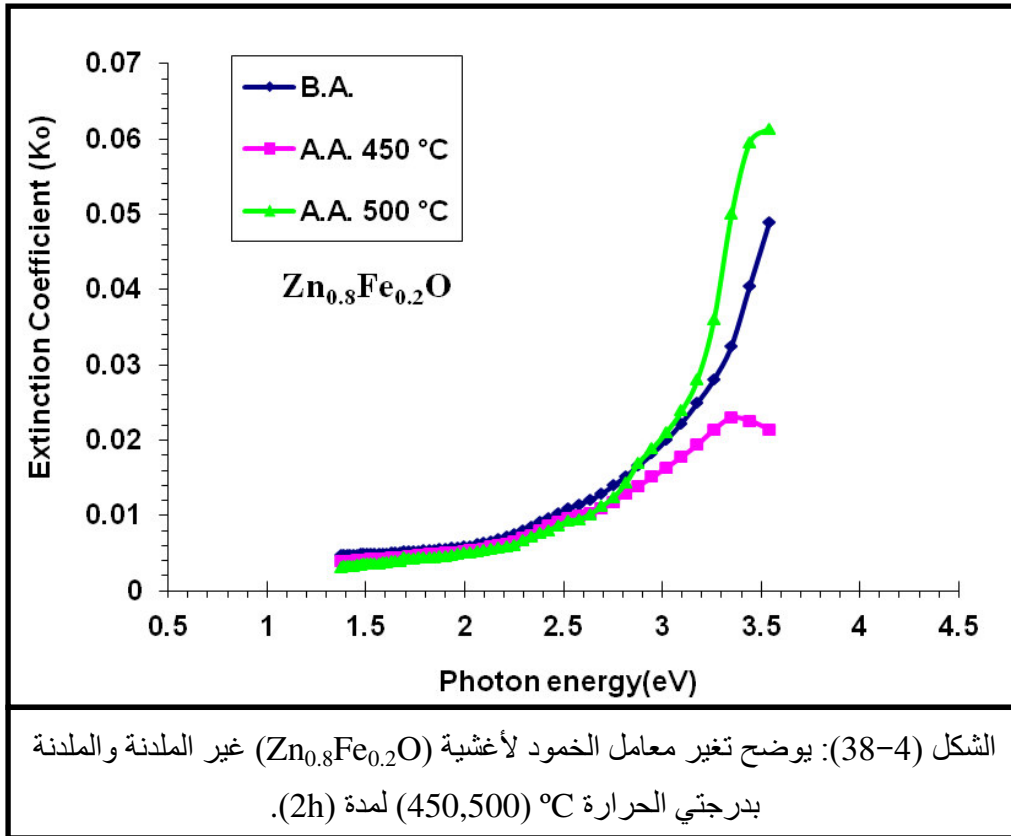


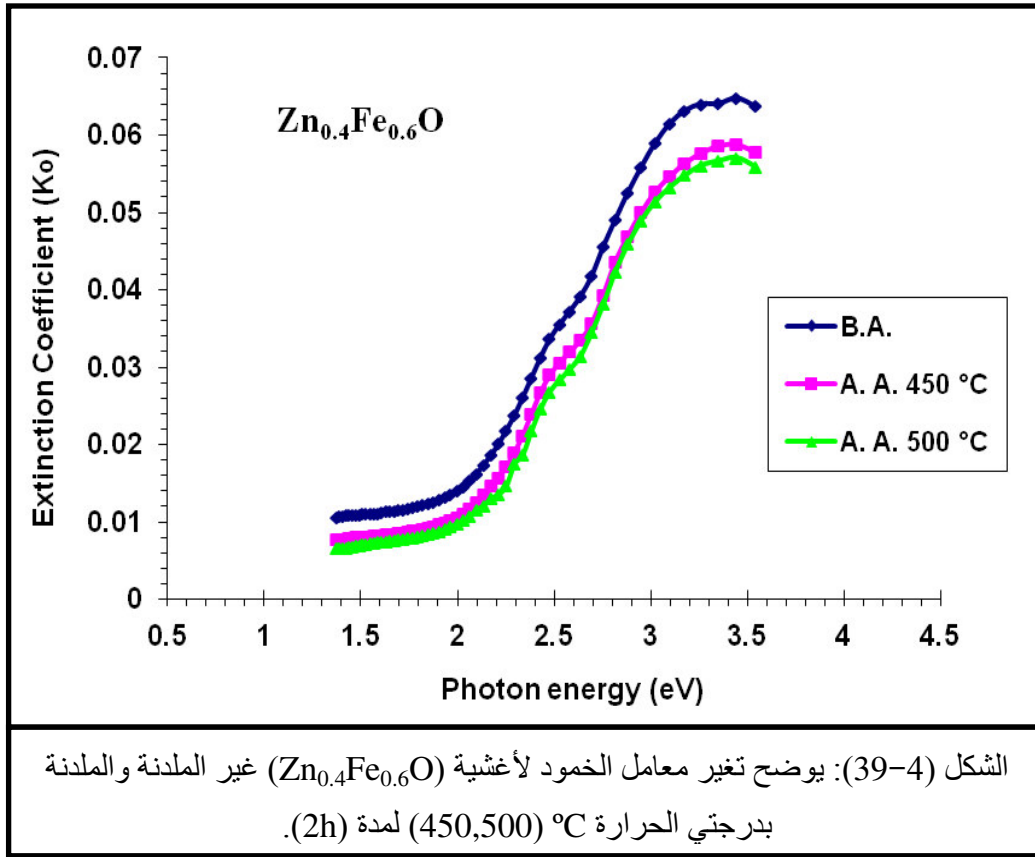
الشكل (4-37): تغير $\ln(\alpha)$ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية $(Zn_{0.4}Fe_{0.6}O)$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h).

Extinction Coefficient

(6-3-3-4) معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود لأغشية $(\text{Zn}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O})$ و $(\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O})$ غير الملدنة والملدنة بدرجتي الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (450,500) لمدة (2h) اعتماداً على العلاقة (2-24)، إذ يتضح من الشكلين (38-4) و (39-4) تغير معامل الخمود بوصفه دالة لطاقة الفوتون، إذ نلاحظ انه يتزايد تدريجياً بزيادة طاقة الفوتون، ثم تعقبها زيادة سريعة عند الطاقات الفوتونية العالية، بينما نلاحظ نقصان في قيمة معامل الخمود بزيادة درجة حرارة التلدين، لان معامل الخمود يسلك سلوك معامل الامتصاص وبحسب العلاقة المذكورة اعلاه.

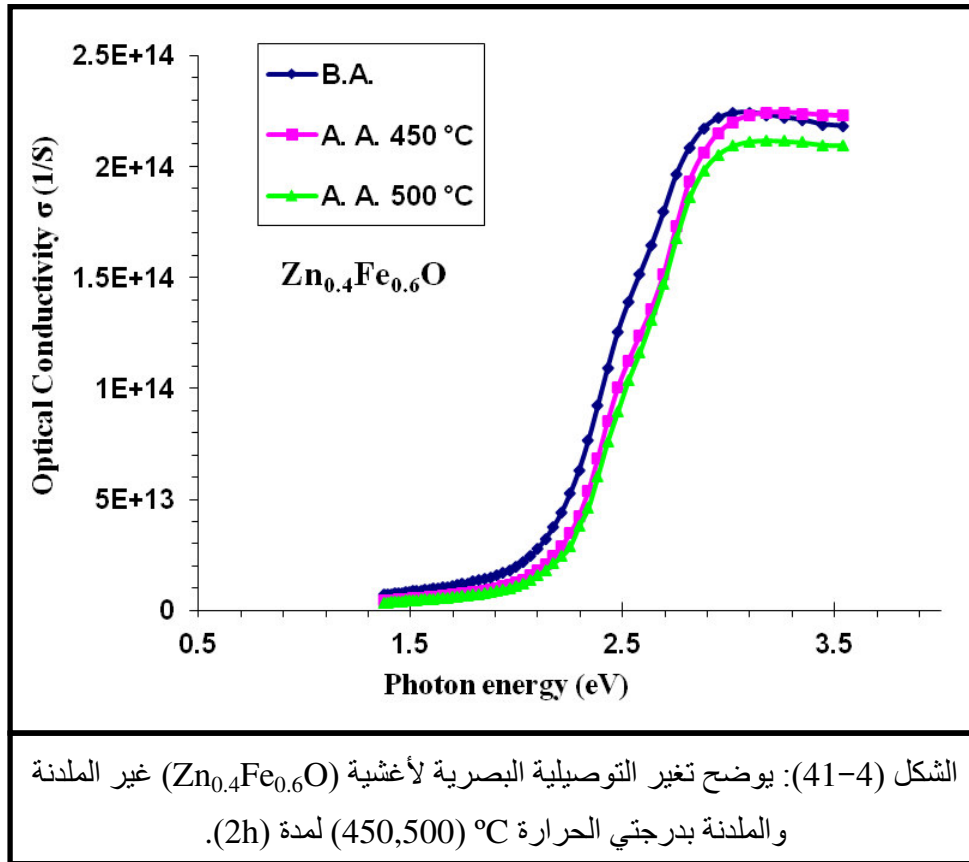
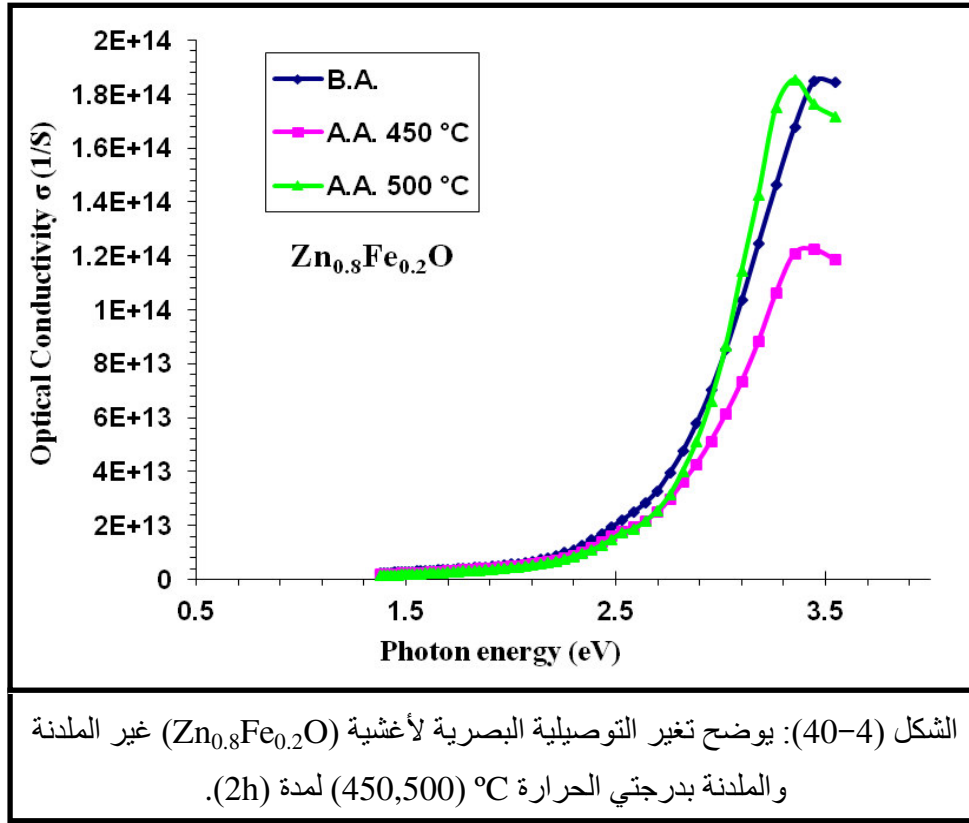




Optical Conductivity

(7-3-3-4) التوصيلية البصرية

تم حساب التوصيلية البصرية اعتماداً على العلاقة (2-25)، ويتضح من الشكلين (4-40) و(4-41) تغير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ($Zn_{0.8}Fe_{0.2}O$) و($Zn_{0.4}Fe_{0.6}O$) غير المملدة والمملدة بدرجتي الحرارة $^{\circ}C$ (450,500) لمدة (2h)، اذ نلاحظ ان التوصيلية البصرية تزداد مع زيادة طاقة الفوتون، ونلاحظ ايضاً نقصان قيمة التوصيلية البصرية بزيادة درجة حرارة التلدين لان قيمتها تعتمد على معامل الامتصاص.



Conclusions

(4-4) الاستنتاجات

- أثبتت الفحوصات التركيبية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري أنها ذات تركيب متعدد التبلور والنسبتين ($x=0$) و ($x=0.2$) ذات تركيب سداسي متراس.
- ان عملية التلدين أدت الى تحسن الحالة البلورية أي زيادة الحجم الحبيبي ونقصان كل من كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات والمطاوعة.
- ان زيادة نسبة (Fe) في الغشاء أدت إلى نقصان خشونة السطح ونقصان قيمة معدل الحجم الحبيبي وبالتالي نقصان درجة التبلور.
- دلت نتائج القياسات البصرية أن نفاذية الأغشية تزداد مع زيادة درجة حرارة القاعدة وتزداد بزيادة درجة حرارة التلدين وان قيمتها تقل بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء.
- دلت نتائج القياسات البصرية على زيادة فجوة الطاقة البصرية للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح بزيادة درجة حرارة القاعدة وزيادتها ايضاً بزيادة درجة حرارة التلدين وان قيمتها تقل بزيادة نسبة (Fe) في الغشاء.
- من خلال طيف النفاذية يتضح ان أعظم نفاذية مستقرة في المنطقة تحت الحمراء القريبة، مما يؤكد أهمية الاغشية المحضرة في التطبيقات الالكتروبصرية.

Future Works

(4-5) المشاريع المستقبلية

- دراسة تأثير تغيير السُمك وزمن التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.
- دراسة الخصائص الكهربائية لأغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.
- تحضير أغشية ($Zn_{1-x}Fe_xO$) الرقيقة بتقنية التبخير الحراري في الفراغ ومقارنة النتائج مع الاغشية المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.

المصادر

- [1] S. M. Sze, "Semiconductors Devices", John Wiley and Sons, Ins, (2002).
- [2] K. L. Chopra, I. Kaur, "Thin Film Device Applications", Plenum press, New York, (1983).
- [3] K. D. Loaver, "Thin Films", Wykoham Publications, London, (1971).
- [4] محمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا، شريف احمد خيرى، "فيزياء الجوامد" مطبعة دار الفكر العربي (2000).
- [5] H. A. Macleod, "Thin Film Optical Fillers", 3rd edition, (2001).
- [6] K. Laurent, B. Q. Wang, D. P. Yu, Y. Leprince-Wang, "Structural and optical properties of electrodeposited ZnO thin films", Thin Solid Films **517**, (2008) 617- 621.
- [7] W. R. Saleh, N. M. Saeed, W. A. Twej, M. Alwan, " Synthesis Sol-Gel Derived Highly Transparent ZnO Thin Films for Optoelectronic Applications", Advances in Materials Physics and Chemistry, **2**, (2012) 11-16.
- [8] J. Ebothé, A. El Hichou, P. Vautrot, M. Addou, "Flow Rate and Interface Roughness Of Zinc Oxide Thin Films Deposition By Spray Pyrolysis Technique", Journal of Applied Physics, **93**, (2003) 632-637.
- [9] I. Giouroudi, J. Kosel, C. Scheffer, "Recent Developments and Patents on Thin Film Technology", Recent Patents on Materials Science, **1**, (2008) 200-208.
- [10] S. H. Jeong, J. W. Lee, S. B. Lee, J. H. Boo, "Deposition of aluminum-doped zinc oxide films by RF magnetron sputtering and study of their structural, electrical and optical properties", Thin solid films, **435**, (2003) 78-82.
- [11] F. Paraguag, W. Estrada, D. R. Acosta, E. Andrade, M. Miki-yoshide, "Growth, structure and optical characterization of high quality ZnO thin

- films obtained by spray pyrolysis", Thin solid films, **350**, (1999) 192-202.
- [12] A. Ashour, M.A. Kaid, N.Z. El-Sayed, A.A. Ibrahim, "Physical properties of ZnO thin films deposited by spray pyrolysis technique", Applied Surface Science, **252**, (2006) 7844-7848.
- [13] D. S. Albin, S. H. Risbud, "Nucleation and growth characteristics of spray pyrolyzed CdS thin films", Thin Solid Films, **147**, (1987) 203-212.
- [14] C. Jagadish, S. Pearton, "Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures", Elsevier Limited, (2006).
- [15] A. Khan, "Synthesis, Characterization and Luminescence Properties of Znic Oxide Nanostructures", Ph.D. Thesis, Ohio University, (2006).
- [16] P. Y. Yu, M. Cardona, "Fundamentals of Semiconductors, Physics and Materials Properties", 4th edition, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, (2010).
- [17] S. S. Shariffudin, M. Salina, S. H. Herman, "Effect of Film Thickness on Structural, Electrical, and Optical Properties of Sol-Gel Deposited Layer-by-layer ZnO Nanoparticles", Transactions on Electrical and Electronic Materials, **13**, (2012) 102-105.
- [18] T. Steiner, "Semiconductor Nanostructures for Optoelectronic Applications", Artech House, Inc. Boston London, (2004).
- [19] K. Takahashi, A. Yoshikawa, A. Sandhu, "Wide Bandgap Semiconductors", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2007).
- [20] J. K. Behera, "Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles", M.Sc. Thesis, National Institute of Technology, India, (2005).
- [21] T. Nakagawa, K. Matsumoto, I. Sakaguchi, M. Uematsu, H. Haneda, N.Ohashi, "Analysis of Indium Diffusion Profiles Based on the Fermi-Level Effect in Single-Crystal Zinc Oxide", Journal Applied Physics, **47**, (2008) 7848-7850.
- [22] A. J. 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).

- [23] M. M. Masis, "Fabrication and Study of ZnO Micro-and Nanostructures", M.Sc. thesis, Wright State University, (2007).
- [24] T. K. Subarmanyam, B. Srinivasulu, S. Ulthnna, "Physical Properties of Zinc Oxide Films Prepared by DC Reactive Magnetron Sputtering at Different Sputtering Pressures", Journal Crystal Research Technology, **35**, (2000) 1193-1202.
- [25] T. M. Hammad, J. K. Salem, R. G. Harrison, "Structure, optical properties and synthesis of Co-doped ZnO superstructures", Applied Nanoscience, **3**, (2013) 133-139.
- [26] M. Dawy, S. K. El-Mahy, E. Abd El Aziz, "Synthesis, Characterization and Electrical Properties of α -Fe₂O₃ Nanoparticle" Australian Journal of Basic and Applied Sciences, **6**, (2012) 55-62.
- [27] B. K. Al-Maiyaly, "Study the Effect of Annealing and Doping by Halogens on the Optical and Electrical Properties of Fe₂O₃ & Co₃O₄ Oxide Films and Their Mixture", Ph.D. Thesis, Baghdad University, (2007).
- [28] H. G. Cha, C. W. Kim, Y. H. Kim, M. H. Jung, E. S. Ji, B. K. Das, J. C. Kim, Y. S. Kang, "Preparation and characterization of α -Fe₂O₃ nanorod-thin film by metal-organic chemical vapor deposition" Thin Solid Films, **517**, (2009) 1853-1856.
- [29] Z. T. Al-Magmaee, "Design and Fabrication Nanostructures growth of (ZnO:Fe) Compound by APCVD Technique and Study Some Physical Properties and Deposition Parameters", Ph.D. Thesis, Baghdad University, (2011).
- [30] C. Aydın , Sh. A. Mansour , Z. A. Alahmed , F. Yakuphanoglu, "Structural and optical characterization of sol–gel derived boron doped Fe₂O₃ nanostructured films", Journal of Sol-Gel Science and Technology, **62**, (2012) 397-403.
- [31] F. G. Eotti, M. Guglielmi, P. Polato, G. D. Soraru, "Preparation and characterization of Fe, Cr and Co oxide films on flat glass from gels" Journal of Non Crystalline Solids, **63**, (1984) 251-259.

- [32] J. A. Glasscock, P. R. Barnes, I. C. Plumb, A. Bendavid, P. J. Martin, "Structural, optical and electrical properties of undoped polycrystalline hematite thin films produced using filtered arc deposition", *Thin Solid Films*, **516**, (2008) 1716-1724.
- [33] K. Nomura, Y. Ujihira, K. Itoh, K. Honda, "Conversion electron mossbauer study of thin film Iron Oxide photoelectrodes ", *Thin Solid Films*, **128**, (1985) 225-230.
- [34] Y. J. Park, K. M. Sobahan, C. K. Hwangbo, "Optical and structural properties of Fe_2O_3 thin films prepared by ion-beam assisted deposition", *Surface & Coatings Technology*, **203**, (2009) 2646-2650.
- [35] 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* , **8**, (2006) 1410-1413.
- [36] Z. C. Chen, L. J. Zhuge, X. M. Wu, Y. D. Meng , "Initial study on the structure and optical properties of $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ films", *Thin Solid Films* , **515**, (2007) 5462-5465.
- [37] U. Alver, T. Kılınç, E. Bacaksız, S. Nezir, "Structure and optical properties of $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ thin films prepared by ultrasonic Spray Pyrolysis", *Materials Science and Engineering B*, **138**, (2007) 74-77.
- [38] S. Mandal, R. K. Singha, A. Dhar, S. K. Ray, "Optical and structural characteristics of ZnO thin films grown by rf magnetron sputtering", *Materials Research Bulletin*, **43**, (2008) 244-250.
- [39] S. Y. Seo, C. H. Kwak, Y. B. Lee, S. H. Kim, "Structural and Magnetic Properties of $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ Thin Films Synthesized by RF Magnetron Sputtering", *Journal of the Korean Physical Society*, **52**, (2008) 805-809.
- [40] S. W. Xue, X. T. Zu, W. L. Zhou, H. X. Deng, X. Xiang, L. Zhang, H. Deng, "Effects of post-thermal annealing on the optical constants of ZnO thin film", *Journal of Alloys and Compounds*, **448**, (2008) 21-26.

- [41] W. Cheng, X. Ma, "Structural, optical and magnetic properties of Fe-doped ZnO", Journal of Physics: Conference Series, **152**, (2009) 012039.
- [42] S. Cho, "Effects of Growth Temperature on the Properties of ZnO Thin Films Grown by Radio-frequency Magnetron Sputtering", Transactions on electrical and electronic materials, **10**, (2009) 185-188.
- [43] C. Periasamy, R. Prakash, P. Chakrabarti, "Effect of post annealing on structural and optical properties of ZnO thin films deposited by vacuum coating technique", Journal of Materials Science: Materials in Electronics, **21**, (2010) 309-315.
- [44] I. Soumahoro, R. Moubaah, G. Schmerber, S. Colis, M. Ait Aouaj, M. Abd-lefdil, N. Hassanain, A. Berrada, A. Dinia, "Structural, optical, and magnetic properties of Fe-doped ZnO films prepared by spray pyrolysis method", Thin Solid Films, **518**, (2010) 4593-4596.
- [45] M. A. García-Lobato, A. Hernández-V, H. M. Hdz-García, A. I. Martínez, M. I. Pech-Canul, "Fe₂O₃ Thin Films Prepared by Ultrasonic Spray Pyrolysis", Materials Science Forum, **644**, (2010) 105-108.
- [46] L. Xu, X. Li, "Influence of Fe-doping on the structural and optical properties of ZnO thin films prepared by sol-gel method", Journal of Crystal Growth, **312**, (2010) 851-855.
- [47] N. Shakti, P. S. Gupta, "Structural and Optical Properties of Sol-gel Prepared ZnO Thin Film", Applied Physics Research, **2**, (2010) 19-28.
- [48] X. C. Wang, W. B. Mi, D. F. Kuang, "Microstructure, magnetic and optical properties of sputtered polycrystalline ZnO films with Fe addition", Applied Surface Science, **256**, (2010) 1930-1935.
- [49] R. Hong, H. Wen, C. Liu, J. Chen, J. Liao, "Dopant concentration dependence of structure, optical, and magnetic properties of ZnO:Fe thin films", Journal of Crystal Growth, **314**, (2011) 30-33.
- [50] M. F. Al-Kuhaili, M. Saleem, S. M. Durrani, "Optical properties of iron oxide (α -Fe₂O₃) thin films deposited by the reactive evaporation of iron", Journal of Alloys and Compounds, **521**, (2012) 178-182.

- [51] C. S. Prajapati, A. Kushwaha, P. P. Sahay, "Influence of Fe doping on the structural, optical and acetone sensing properties of sprayed ZnO thin films", *Materials Research Bulletin*, **48**, (2013) 2687-2695.
- [52] C. C. Lin, S. L. Young, C. Y. Kung, M. C. Jhang, C. H. Lin, M. C. Kao, H. Z. Chen, C. R. Ou, C. C. Cheng, H. H. Lin, "Effect of Fe doping on the microstructure and electrical properties of transparent ZnO nanocrystalline films", *Thin Solid Films*, **529**, (2013) 479-482.
- [53] X. Zhang, S. Ma, F. Li, F. Yang, J. Liu, Q. Zhao, "Effects of substrate temperature on the growth orientation and optical properties of ZnO:Fe films synthesized via magnetron sputtering", *Journal of Alloys and Compounds*, **574**, (2013) 149-154.
- [54] S. S. Al-Rawi, S. J. Shakir, Y. M. Hasan, "Solid State Physics", Publishing of Mosul University Arabic Version, (1990).
- [55] مؤيد جبرائيل يوسف "فيزياء الحالة الصلبة"، مطبعة جامعة بغداد، الجزء الثاني، (1989).
- [56] I. Johansen, R. Arntzen, S. Bergmann, S. Husa, K. A. Ingebrigtsen, J.S. Johannessen, J. S. Sandved "Examples of thin film applications in electronic devices" *Thin Solid Films*, **50**, (1978) 171-185.
- [57] Y. N. Al-Jammal, "Solid State Physics", Al-Mousal University Press, Arabic Version, (1990).
- [58] J. Melsheimer, D. Ziegler, "Thin Tin Oxide films of low Conductivity Prepared By Chemical Vapour Deposition", *Thin solid films*, **109**, (1983) 71-83.
- [59] C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics", John Wiley and Sons Inc., 8th edition, (2005).
- [60] J. H. Werner, R. Dassow, T. J. Rinke, J. R. Köhler, R. B. Bergmann, "From polycrystalline to single crystalline silicon on glass", *Thin Solid Films*, **383**, (2001), 95-100.
- [61] C. M Wolfe, N. Holouyak, G. B. Stillman, "Physical properties of Semiconductor", prentice Hall, New York, (1989).

- [62] B. L. Mattes, "Polycrystalline and Amorphous thin films and devices", Academic Press, (1980).
- [63] J. Kakalios, H. Fritzsche, N. Ibaraki, "Properties of amorphous semiconducting multilayer films" Journal of Non-Crystalline Solids, **66**, (1984) 339-344.
- [64] D. A. Neamen , "Semiconductor Physics and Devices", University of New Mexico, (1992).
- [65] D. E. Polk, "Structural model for amorphous silicon and germanium" Journal of Non-Crystalline Solids, **5**, (1971) 365-376.
- [66] K. Alexander, "X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Material", John wiley and Sons, (1974).
- [67] C. X. Xu, X. W. Sun, B. J. Chen, "Field emission from gallium-doped zinc oxide nanofiber array", Applied Physics Letters, **84**, (2004) 1540-1542.
- [68] B. L. Sharma, R. K. Purohit, "Semiconductor Hetrojunction", Pergamon Press, (1974).
- [69] صبحي سعيد الراوي، "فيزياء الالكترونيات"، مطبعة جامعة الموصل (1987).
- [70] R. A. Smith, "Semiconductors", 2nd edition, Cambridge University Press, London, (1987).
- [71] B. V. Zeghbroeck, "Principles of Semiconductor Devices", (2007).
- [72] S. Ben, "Solid State Electronic Devises", Hall International, Inc, USA, (1990).
- [73] M. K. Jayraj, A. Antony, M. Ramachandran, "Transparent conducting zinc oxide thin film prepared by off-axis Rf magnetron sputtering", Bull Mater Science, **25**, (2002), 227-230.
- [74] B. Li, K. Tao, X. Liu, W. Miao, J. Luo, "Direct structure depth profiling of polycrystalline thin films by X-ray diffraction and its application", Thin Solid Films, **353**, (1999) 56-61.
- [75] B. E. Warren, "X-RAY diffraction" Published by Courier Dover, (1990).

- [76] A. B. Pinto, "Novel ferromagnetic semiconductors: Preparation and characterization of bulk-and thin film samples of Cu-doped ZnO", Ph.D. Thesis, Bayerische Akademie, (2007).
- [77] S. Hussain, "Investigation of Structural and Optical Properties of Nanocrystalline ZnO", Ph.D. Thesis, Linkoping University, (2008).
- [78] P. Mitra, J. Khan, "Chemical deposition of ZnO films from ammonium zincate bath", Materials Chemistry and Physics, **98**, (2006) 279-284.
- [79] R. M. Jr, D. L. Morel, C. S. Ferekides, "Transparent conducting oxide thin films of Cd_2SnO_4 prepared by RF magnetron co-sputtering of the constituent binary oxides", Thin Solid Films, **484**, (2005) 26-33.
- [80] S. S. Shinde, P. S. Shinde, S. M. Pawar, A. V. Moholkar, C. H. Bhosale, K. Y. Rajpure, "Physical properties of transparent and conducting sprayed fluorine doped zinc oxide thin films", Solid State Sciences, **10**, (2008) 1209-1214.
- [81] T. Obata, K. Komeda, T. Nakao, H. Ue, C. Tatsuyama, "Structural characterization of $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ layers grown on Si(001) substrates by molecular beam epitaxy", Journal Applied Physics, **81**, (1997) 199-204.
- [82] S. Ilican, Y. Caglar, M. Caglar, F. Yakuphanoglu, "Structural, optical and electrical properties of F-doped ZnO nanorod semiconductor thin films deposited by sol-gel process", Applied Surface Science, **255**, (2008) 2353-2359.
- [83] M. Dhanam, R. R. Prabhu, P. K. Manoj, "Investigations on chemical bath deposited cadmium selenide thin films", Materials Chemistry and Physics, **107**, (2008) 289-296.
- [84] مارتن أكرين "الخلايا الشمسية"، ترجمة د. يوسف مولود مطبعة جامعة الموصل (1989).
- [85] A. D. Buba, J. S. Adelabu, "Optical and electrical properties of chemically deposited ZnO thin films", The Pacific Journal of Science and Technology, **11**, (2010) 429-434.
- [86] M. A. Omar, "Elementary Solid State Physics", Addison-Wesley Publishing Company, First Printing, (1975).

- [87] J. Tauc, "Amorphous and Liquid Semiconductors", Plenum Press, London, (1974).
- [88] F. Abeles, "Optical Properties of Solids", North-Holland, Publishing Co., (1972).
- [89] R. Inoue, M. Kitagawa, T. Nishigaki, K. Ichino, H. Kobayashi, M. Ohishi, H. Saito, "Optical band gap of $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{S}$ thin films with composition x between 0.14 and 1.0" Journal of Crystal Growth , **184**, (1998), 1076-1080.
- [90] I. H. Khdayer, "Fabrication and studying the photoconducting characteristics of in sb junction with silicon as A single crystal semiconductor", Ph. D Thesis, Baghdad University, (2005).
- [91] N. F. Mott, E. A. Davis, "Electronic Processes in non-Crystalline Materials", 2nd edition, Clarendon Press, (1979).
- [92] J. Tauc, A. Menth, "States in the gap", Journal of Non-Crystalline Solid, **8**, (1972) 569-585.
- [93] J. I. Pankove, "Optical Processes Semiconductors", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, (1971).
- [94] C. A. Hogarth, M. Y. Nadeem, "The optical absorption edge in amorphous thin films of germania and of germania with barium oxide" Physics State Solid, **68**, (1981) 181-184.
- [95] A. R. West, "Basic Solid State Chemistry", John Wiley and Sons, (1999).
- [96] W. R. Saleh, N. M. Saeed, W. A. Twej, M. Alwan " Synthesis Sol-Gel Derived Highly Transparent ZnO Thin Films for Optoelectronic Applications", Advances in Materials Physics and Chemistry, **2**, (2012) 11-16.
- [97] S. O. Kasap, "Principles of Electronic Materials and Devices", 2nd edition, McGraw-Hill, New York, (2002).
- [98] A. Nilens, "Deep Impurity in Semiconductors", Wily-Inter Science Pubication, (1973).

- [99] O. Stenz, "The Physics of Thin Film Optical Spectra", An Introduction, Winzerlaer Str. 10, 07745 Jena, Germany, (2005).
- [100] حسن الشربتي، بتول الخياط، صبحي كمال، "البصرييات الفيزيائية"، جامعة الموصل (1982).
- [101] G. Busch, H. Schade, "Lectures on Solid State Physics", Bergman Press, London, (1976).
- [102] W. C. Dickinson, P. N. Cheremissionoff, "Solar Energy Technology", Handbook Part A, (1980).
- [103] S. Goldsmith, "Filtered vacuum arc deposition of undoped and doped ZnO thin films: Electrical, optical, and structural properties", Surface and Coatings Technology, **201**, (2006) 3993-3999.
- [104] E. I. Ugwn, D.U. Onah, "Optical characteristics of chemical bath deposited CdS thin film characteristics within UV, visible, and NIR radiation", The Pacific Journal of Science and Technology, **8**, (2007) 155-161.
- [105] I. C. Ndukwe, "solution growth characterization and applications of zinc sulphide thin films", solar Energy Materials and solar cells, **40**, (1996) 123-131.
- [106] R. L. Johnson, "Characterization of piezoelectric (ZnO) thin films and the fabrication of piezoelectric micro-cantilevers", M.Sc. Thesis, Iowa state university, Ames, Iowa, (2005).
- [107] F. J. Giessibl, "Advances in atomic force microscopy", Reviews of Modern Physics, **75**, (2003) 949-983.
- [108] A. S. Filonov, I. V. Yaminsky, "Scanning Probe Microscopy Image Processing Software User's Manual FemtoScan", Moscow, Advanced Technologies Center, (2009).
- [109] T. Ando, N. Koder, T. Uchihashi, A. Miyagi, R. Nakakita, H. Yamashita, K. Matada, "High-speed Atomic Force Microscopy for Capturing Dynamic Behavior of Protein Molecules at Work", Journal of Surface Science and Nanotechnology, **3**, (2005) 384-392.

- [110] Z. Bi-Ju, L. Jian-She, Z. Lei, J. Qing, "Optical and Electrical Properties of ZnO/CdO Composite Thin Films Prepared by Pulse Laser Deposition", Chinese Physics Letters, **28**, (2011) 016801.
- [111] M. Taki, "Structural and optical properties of Cadmium Telluride $\text{Cd}_x\text{Te}_{1-x}$ thin film by evaporate technique", International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, **2**, (2013) 413-417.
- [112] R. Sharma, P. K. Shishodia, A. Wakahar, R. M. Mehira "Investigations of highly conducting and transparent Sc doped ZnO films grown by the sol-gel process" Materials Science-Poland, **27**, (2009) 225-237.

Abstract

($\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$) ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6$ and 0.8) Thin films were prepared by Chemical Spray Pyrolysis technique, on glass substrates at different temperatures (350, 400 and 450) °C. The average thickness of the films is (560 ± 20) nm approximately, the effects of annealing with different temperatures (450 and 500) °C for 2h, in addition to the effects of (Fe) concentration on the structural and optical properties of the films were studied, and the effects of the substrate temperature on the optical properties.

The XRD results showed that the films structure is polycrystalline and the ratios ($x = 0$) and ($x = 0.2$) have a (Hexagonal Wurtzite) structure, and the average grain size increases with the increasing of annealing temperature for the ratio ($x=0.2$), but the contrary happen in the increase of (Fe) concentration, and is shown by the (AFM) pictures, where the (RMS) decreases with the increasing of (Fe) concentration.

The optical properties were studied by the measurements of the absorbance and transmittance, we found that the transmittance increases with the increasing of substrate temperature and the optical band gap for the direct allowed electronic transition increases with the increasing of substrate temperature, but the transmittance and the optical band gap decrease with the increasing of (Fe) concentration, but both of them are increasing with the increasing of annealing temperature.

The optical constants (Optical conductivity, Extinction coefficient and Absorption coefficient) were calculated for the films as a function of photon energy.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Diyala University
College of Science



Studying the effect of Annealing on the Structural and Optical Properties of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O})$ Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Method

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

Aws Khawwam Mohammed

Supervised by

**Prof. Dr.
Sabah Anwer Salman**

**Prof. Dr.
Nadir Fadhel Habubi**

1435 A. H.

2014 A. D.