



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

دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية NiO

رسالة مقدمة الى
مجلس كلية العلوم-جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

من قبل
أسامة زيد عبد

بإشراف

د. سامي سلمان جواد
مدرس

أسعد أحمد كامل
أستاذ مساعد

1433هـ

2012 م



سورة يوسف
الآية 76

الإهداء

أهدي بحثي هذا إلى :

من يركع له ما في السموات والأرض ----- الله عز وجل

خير خلق الله----- محمد(صلى الله عليه وآله وصحبه وسلم)

من أوصى بهم الله في كتابه العزيز----- والدي

أساتذتي في قسم الفيزياء- كلية العلوم - جامعة ديالى

أخواني وأحبائي وكافة الأهل والأصدقاء

شكر وتقدير

لا يسعني وأنا اقدم بحثي هذا إلا أن اتقدم بالحمد والشكر إلى الباري عزّ وجل على توفيقه لي لاكمال البحث.

كما اتقدم بجزيل الشكر وفائق الاحترام إلى الاستاذين الفاضلين الدكتور سامي سلمان جواد والأستاذ أسعد أحمد كامل لاقتراحهما مشروع البحث ولما ابدوه من توجيهات قيمة ورعاية علمية مستمرة ومتواصلة طوال مراحل انجاز البحث ألا أن قلّمي قد يعجز عن الشكر امام عطائهم.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور نادر فاضل حبوبي/ الجامعة المستنصرية/ كلية التربية/ قسم الفيزياء الذي لم ينقطع في توجيهاته القيمة المستمرة والذي له الفضل الأكبر في أنجاز هذا البحث بعد العون من الله عز وجل , والى عميد كلية العلوم الدكتور تحسين حسين مبارك ورئيس قسم الفيزياء الدكتور صباح أنور سلمان ومقرر الدراسات العليا الأستاذ مازن كريم والى الأستاذ خضير عباس/ الجامعة المستنصرية/ كلية التربية/ قسم الفيزياء والى طالب الماجستير محمود موفق.

واخيراً اتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كل من مد لي يد العون والمساعدة من اساتذة وطلبة وخاصة زملائي طلبة الدراسات العليا والى الدكتور زياد طارق لما قدمه لي من آراء نافعة وملاحظات قيمة متمنيا له دوام الموفقية والنجاح .

أسامة

البحوث المقبولة للنشر

1- تأثير السمك على الانتقالات الألكترونية لأغشية NiO المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري, الذي نشر في وقائع المؤتمر العلمي الثالث لكلية العلوم- جامعة ديالى والذي عقد للفترة 2012/5/7-6, حسب كتاب مجلة ديالى للعلوم الصرفة المرقم 294 بتاريخ 2012/6/5.

2- تأثير السمك على الثوابت البصرية لأغشية NiO المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري, حسب كتاب مجلة ديالى للعلوم الصرفة المرقم 361 بتاريخ 2012/9/2.

اقرار الأساتذة المشرفين على الأطروحة

نشهدُ ان إعداد هذه الأطروحة الموسومة (دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية NiO) قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في (علوم الفيزياء) للطالب (أسامة زيد عبد سلطان).

التوقيع:	التوقيع :
الاسم : د. سامي سلمان جواد	الاسم : أسعد احمد كامل
المرتبة العلمية: مدرس	المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: 2012 / /	التاريخ: 2012 / /

توصية رئيس قسم الفيزياء

إشارة الى التوصية المقدمة من الاستاذين المشرفين أُحيل هذه الرسالة على لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع:
الاسم: د. صباح انور سلمان
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: 2012 / /

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه, نشهد بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة "دراسة الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (NiO)" من قبل الطالب (أسامة زيد عبد سلطان) وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء, وبعد إجراء المناقشة وجدت اللجنة أن الرسالة مستوفية لمتطلبات نيل الشهادة المذكورة, وعليه توصي اللجنة بقبول الرسالة بتقدير (إمتياز).

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. رعد محمد صالح الحداد

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة بغداد/ كلية العلوم

التاريخ: 2012 / /

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. صلاح قدوري هزاع

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: الجامعة المستنصرية/ كلية التربية

التاريخ: 2012 / /

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. صباح أنور سلمان

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2012 / /

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: د. سامي سلمان جواد

المرتبة العلمية: مدرس

العنوان: الجامعة المستنصرية/ كلية التربية

التاريخ: 2012 / /

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: أ.م. أسعد أحمد كامل

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2012 / /

مصادقة عمادة كلية العلوم

أصادق على ماجاء بقرار اللجنة أعلاه

التوقيع:

الاسم: د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2012 / /

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير السمك على الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية (NiO) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري , أذ كان سمك الأغشية المحضرة هي nm (140, 180, 240, 280, 330) مرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (400 °C) . أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل أن هذه الأغشية متعددة التبلور عدا الغشاء ذي السمك (140 nm) فكان عشوائيا, أما الاتجاه السائد للأغشية ذات السمك (180,240,280)nm فهو (200) في حين كان الاتجاه السائد للغشاء ذي السمك (330 nm) هو (111), أما نتائج مجهر القوى الذرية (AFM) فقد أظهرت أن معدل خشونة السطوح للأغشية المحضرة يقل مع زيادة السمك وكذلك الحال مع قيم جذر مربع المعدل (RMS). أشتملت دراسة الخواص البصرية على قياس طيفي الامتصاصية والنفاذية للأغشية المحضرة لمدى الأطوال الموجية (300-900)nm, وجد أن الامتصاصية تزداد بينما تقل النفاذية بزيادة سمك الأغشية المحضرة, ووجد أيضا أن الانعكاسية تزداد بزيادة السمك. تم حساب قيم فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح أذ كانت تتراوح من eV (3.52 - 3.72), أذ أنها تقل بزيادة سمك الغشاء, كما درس تأثير السمك على معامل الانكسار, معامل الخمود, معامل الأمتصاص, ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي, والتوصيلية الضوئية, وجد أن قيم هذه المعلمات تزداد بزيادة سمك الغشاء المحضر.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	الفقرة
--------	---------	--------

	صفحة العنوان	
	الآية القرآنية	
	الإهداء	
	إقرار المشرف	
	إقرار لجنة المناقشة	
	شكر وتقدير	
	الخلاصة	
	قائمة المحتويات	
	قائمة الجداول	
	قائمة الاشكال	
	قائمة الرموز	
9 - 1	الفصل الأول - مقدمة عامة	
1	المقدمة	1-1
2	التحلل الكيميائي الحراري	2-1
3	خصائص مادة الأغشية	3-1
5	الدراسات السابقة	4-1
9	الهدف من الدراسة	5-1
42-10	الفصل الثاني - الجزء النظري	
10	المقدمة	1-2
10	أشباه الموصلات	2-2
13	مراحل نمو الأغشية الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل	3-2

	الكيميائي الحراري	
16	النمو الحبيبي	4-2
18	العوامل المؤثرة على الحجم الحبيبي	5-2
18	العيوب في المواد البلورية	6-2
20	حيود الأشعة السينية	7-2
23	حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية	8-2
24	الخواص البصرية لأشباه الموصلات البلورية	9-2
25	العوامل التركيبية	10-2
26	النفذية	11-2
28	الانعكاسية	12-2
30	حافة الأمتصاص الأساسية	13-2
32	معامل الأمتصاص	14-2
34	الانتقالات الألكترونية	15-2
37	معامل الانكسار	16-2
37	معامل الخمود	17-2
38	ثابت العزل الكهربائي	18-2
40	التوصيلية الضوئية	19-2
40	تركيب مجهر القوة الذرية	20-2
51-43	الفصل الثالث - الجزء العملي	
43	المقدمة	1-3
43	طرائق تحضير الاغشية الرقيقة	2-3

43	طريقة التحلل الكيميائي الحراري	3-3
43	منظومة الترسيب	4-3
46	تحضير الأغشية الرقيقة	5-3
48	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة	6-3
49	ترسيب الأغشية الرقيقة	7-3
49	قياس سمك الأغشية الرقيقة	8-3
50	الخصائص التركيبية	9-3
51	القياسات البصرية	10-3
76-52	الفصل الرابع - النتائج والمناقشة والأستنتاج	
52	المقدمة	1-4
52	الفحوصات التركيبية	2-4
63	الخواص البصرية	3-4
75	الأستنتاجات	
76	المشاريع المستقبلية	
84-77	المصادر	

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	الفقرة
58	مواقع القمم لأغشية أكسيد النيكل	1-4
59	المسافة بين المستويات البلورية وثابت الشبكة	2-4
60	قيم عامل التشكيل, معدل الحجم الحبيبي وكثافة الأنخلاعات لأغشية أكسيد النيكل وبأسماء مختلفة	3-4
61	الفحص بمجهر القوى الذرية لأغشية أكسيد النيكل	4-4
70	قيم فجوة الطاقة البصرية وطاقة ذبول أورباخ لجميع الأغشية المحضرة	5-4

الصفحة	الشكل	الرقم
4	التركيب البلوري المكعب لأغشية NiO	1-1
11	مدى التوصيلية - المقاومة النوعية لبعض المواد	1-2
13	حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة	2-2
15	عملية ترسيب لقطرات مختلفة الأحجام	3-2
16	انتقال الحدود الحبيبية الى مركز التقوس	4-2
17	النمو الحبيبي	5-2
20	بعض أنواع العيوب البلورية	6-2
20	التشخيص بالأشعة السينية	7-2
21	المستويات البلورية وقانون براك	8-2
22	حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بأشكال مختلفة	9-2
23	نمط حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل	10-2

24	تكوين حزم الطاقة في المواد البلورية	11-2
27	طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل في ضغوط جزئية مختلفة	12-2
28	طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بأسماك مختلفة	13-2
29	الانعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل عند الترسيب وبعد التلدين	14-2
30	حافة الأمتصاص الأساسية في أشباه الموصلات	15-2
32	الأمتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل	16-2
34	معامل الأمتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل	17-2
35	أنواع الانتقالات الألكترونية	18-2
36	قيم فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون	19-2
37	معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل	20-2
38	معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل عند الترسيب وبعد التلدين	21-2

39	ثابت العزل الحقيقي كدالة للتردد لأغشية أكسيد النيكل	22-2
40	ثابت العزل الحقيقي كدالة للتردد لأغشية أكسيد النيكل	23-2
42	مجهر القوى الذرية (AFM)	24-2
44	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	1-3
45	مخطط توضيحي لجهاز الترسيب (الرش)	2-3
53	مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء NiO بسمك 140nm	1-4
54	مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء NiO بسمك 180nm	2-4
55	مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء NiO بسمك 240nm	3-4
56	مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء NiO بسمك 280nm	4-4
57	مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء NiO بسمك 330nm	5-4
62	الفحص بمجهر القوة الذرية لأغشية أكسيد النيكل ولأسمالك مختلفة	6-4
63	النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل	7-4
65	الأنعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل	8-4

66	الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	9-4
67	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية اوكسيد النيكل	10-4
68	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لأغشية أوكسيد النيكل ولأسمك مختلفة	11-4
69	لوغارتم معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون الساقط لأغشية أوكسيد النيكل ولأسمك مختلفة	12-4
70	معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	13-4
71	معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	14-4
72	الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	15-4
73	الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	16-4
74	التوصيلية الضوئية كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النيكل	17-4

قائمة الرموز

الوحدات	المعنى	الرمز
	الامتصاصية	A
	الانعكاسية	R
	الجزء الحقيقي لثابت العزل المعقد	ϵ_1
	الجزء الخيالي لثابت العزل المعقد	ϵ_2
g/ mol	الوزن الجزيئي	w_t
Å	الطول الموجي	λ
Å	المسافة بين المستويات البلورية	d_{hkl}
	النفاذية	T
1/ s	التوصيلية الضوئية	σ
Hz	التردد	ν
g	وزن المادة	w
degree	زاوية براك	θ_B
cm ³	حجم المادة	v
eV	طاقة الفونون	E_{ph}
eV	طاقة الفوتون	$h\nu$
meV	طاقة ذبول أوريباخ	ΔE_t
cm ⁻²	كثافة الانخلاعات	δ
g/ cm ³	كثافة مادة الغشاء	ρ

cm ²	مساحة الغشاء	<i>s</i>
	معاملات ميلر	<i>hkl</i>
cm ⁻¹	معامل الأمتصاص	α
	معامل الانكسار	<i>n</i>
	معامل الانكسار المعقد	<i>N_o</i>
	معامل الخمود	<i>K</i>
nm	معدل الحجم الحبيبي	<i>D_{av}</i>
nm	سمك الغشاء	<i>t</i>
m/s	سرعة الضوء في الفراغ	<i>c</i>
	عامل التشكيل	<i>Tc</i>
	عدد الأنعكاسات في نمط الحيود	<i>M</i>
m ⁻²	عدد البلورات لوحددة المساحة	<i>N</i>
radian	عرض المنحني لمنتصف القمة	<i>B</i>
eV	فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح	<i>E_g</i>
g	فرق الوزن	Δw
1/s	رتبة الانعكاس	<i>n_r</i>
	شدة الضوء المقاسة	<i>I</i>
	شدة الضوء القياسية في بطاقة JCPDS	<i>I_o</i>
Hz	تردد العتبة	<i>v_o</i>

	ثابت العزل المعقد	ε
Å	ثابت الشبكة	a
J.s	ثابت بلانك	h
	ثابت يعتمد على طبيعة المادة	P

اقرار الأساتذة المشرفين على الأطروحة

نشهدُ ان إعداد هذه الأطروحة الموسومة (دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية NiO) قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في (علوم الفيزياء) للطالب (أسامة زيد عبد).

التوقيع:

الاسم: د. سامي سلمان جواد

المرتبة العلمية: مدرس

التاريخ: 2012 / /

التوقيع :

الاسم: أسعد احمد كامل

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2012 / /

توصية رئيس قسم الفيزياء

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

التوقيع:

الاسم: د. صباح انور سلمان

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2012 / /

الفصل

الأول

مقدمة علمة

**CHAPTER
ONE**

الفصل
الثاني

الجانب النظري

**CHAPTER
TWO**

الفصل

الثالث

الجانب العملي

**CHAPTER
THREE**

الفصل

الرابع

النتائج والمناقشة
والاستنتاجات

**CHAPTER
FOUR**

المصادر

المصادر

REFERENCES

1-1 المقدمة Introduction :-

تعد فيزياء الأغشية الرقيقة واحدة من الفروع المهمة في فيزياء الحالة الصلبة التي تتعامل مع أغشية ذات سمك قليل جدا يتراوح بين عشرات النانومترات وبضعة مايكرونات [1, 2], وترسب على مواد صلبة تعرف بالقواعد (Substrate) تعتمد على طبيعة الدراسة, ومن هذه المواد الزجاجيات بأنواعها والسليكون وبعض الاملاح والمعادن والبوليمرات [3].

أسهمت تقنية الأغشية الرقيقة اسهاما كبيرا في دراسة اشباه الموصلات والتي بدا الاهتمام فيها منذ اوائل القرن التاسع عشر [4], واعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكيميائية التي تختلف عن خواص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) [5], ولأغشية الرقيقة تطبيقات عملية كثيرة يمكن ان نذكر منها ما يأتي:-

1- التطبيقات الالكترونية Electronic Applications :-

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

2- التطبيقات البصرية Optical Applications :-

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

ان التطور الحاصل في مجال الأغشية الرقيقة ادى الى تنوع البحوث التي تعنى بدراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الأغشية, وقد اسهمت الطرائق الحديثة في تحضير أغشية رقيقة ذات مواصفات على درجة عالية من النقاوة والدقة والسيطرة تعتمد على سمك الغشاء وتجانسه مما يتطلب منظومات واجهزة دقيقة ومعقدة تحتاج الى تكاليف باهضة, كل ذلك ادى الى البحث عن طرائق تكون فيها كلفة التحضير منخفضة وبأجهزة اقل تعقيدا, علما أن الأغشية المحضرة بهذه

الطرائق قد تكون اقل جودة وكفاءة مقارنة بالأغشية المحضرة باستخدام الطرائق المتطورة، ومع ذلك بالامكان تحضير أغشية ذات مواصفات جيدة يمكن الاستفادة منها في تطبيقات عملية مهمة في مجالات متعددة، وقد تم اختيار طريقة التحلل الكيميائي الحراري في بحثنا الحالي.

2-1 التحلل الكيميائي الحراري Chemical Spray Pyrolysis :-

تحضر الأغشية الرقيقة بهذه الطريقة عن طريق رش محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على قاعدة ساخنة بدرجة حرارة مناسبة تكون اقل من درجة حرارة تطاير المادة، ويتكون الغشاء بالتفاعل الكيميائي بين المادة ودرجة الحرارة، ويمكن التحكم بسمك الغشاء عن طريق السيطرة على مدة الترسيب وعدد الرشاشات، وتمتاز الأغشية المحضرة بهذه الطريقة بالتصاقها القوي مع القاعدة، وعلى الرغم من أن الأغشية المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري قد لا تكون بصفاتها العامة كذلك المحضرة باستخدام طريقة التبخير الحراري مثلا، الا انها يمكن ان تستخدم في تطبيقات الطاقة الشمسية وتصنيع الخلايا الضوئية والكواشف.

وتمتاز هذه الطريقة عن طرائق التحضير الاخرى بما ياتي [8, 9] :

1- بساطة وقلة تكاليف الاجهزة المصنعة والمستخدمه لتحضير الأغشية مقارنة بتكاليف الاجهزة المستخدمة في الطرائق الاخرى.

2- يمكن تحضير أغشية رقيقة ذات تجانس مقبول وبمساحات واسعة .

3- يمكن تحضير أغشية رقيقة لمواد معينة او مزيج من المواد او تشويب المواد للحصول على أغشية ذات مواصفات منتخبة، ان الحصول على غشاء مكون من مزج مادتين او اكثر قد يصعب الحصول عليه باستخدام الطرائق الاخرى .

4- تعد هذه الطريقة ملائمة لتحضير أغشية رقيقة لمركبات ذات مواد يتعذر تحضيرها بالطرائق الاخرى وهي مناسبة لتحضير أغشية العديد من المركبات لا سيما الاكاسيد والكبريتات.

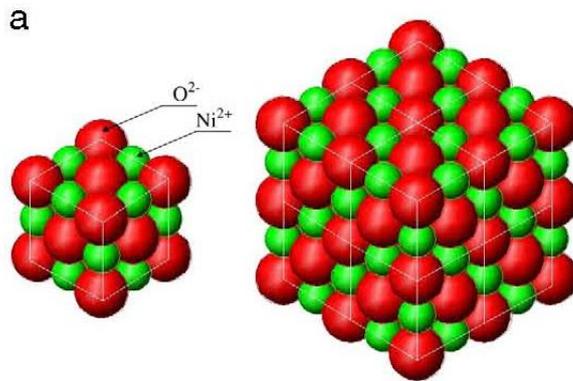
5- تستخدم هذه الطريقة في تطبيقات عدة تحتاج الى النقاوة العالية ولا تعتمد كثيرا على التجانس العالي في طبيعة الغشاء مثل المجمعات الشمسية.

3-1 اوكسيد النيكل (NiO):-

1-3-1 خصائص أغشية (NiO):-

يمكن الحصول على اوكسيد النيكل (NiO) على شكل مسحوق بلوري اما اخضر او اسود ذو كثافة (6.67 g/cm^3) ووزن جزيئي (842.87 g/mol) ودرجة انصهار ($^{\circ}\text{C}$) [10] (1984).

ان أغشية (NiO) ذات تركيب بلوري مكعب (Cubic) متمركز الأوجه وهي تشابه تركيب كلوريد الصوديوم (NaCl) البلوري, إذ ان (Ni) ذو تكافؤ (2) والاكسجين (-2), وتعد هذه الأغشية مهمة كونها دخلت في كثير من التطبيقات الفيزيائية بسبب خصائصها البصرية والكهربائية المتميزة مثلا في تطبيقات المواد ضدودة الفيرومغناطيسية وفي شاشات العرض والمتحسسات والأجزاء المهمة التي تدخل في تصنيع الليزرزات والمرشحات والطلاءات غير العاكسة وكثير من التطبيقات الأخرى, وتكون توصيليتها من النوع الموجب (P-type) [12,11], والشكل (1-1) يوضح التركيب البلوري المكعب لأغشية أوكسيد النيكل.



الشكل (1-1) التركيب البلوري المكعب لأغشية أكسيد النيكل [13]:

a - تركيب أكسيد النيكل في ثلاثة أبعاد.

b - تركيب أكسيد النيكل في بعدين (Stoichiometric).

c - تركيب أكسيد النيكل في بعدين (Non- stoichiometric).

1-3-2 طرق تحضير أغشية (NiO):-

تعددت طرائق تحضير أغشية أكسيد النيكل أذ قسمت الى قسمين:-

1- طرائق فيزيائية (كطريقة التبخير الحراري في الفراغ (Vacuum Evaporation) وطريقة

الترديد (Sputtering), وطريقة التبخير بالحزمة الألكترونية (Electron Beam)

(Evaporation).

2- طرائق كيميائية كطريقة الترسيب الكهربائي (Electriccal Deposition) طريقة ترسيب

بخار العنصر كيميائيا (Chemical Vapor Deposition), وطريقة التحلل الكيميائي

الحراري (Chemical Spray Pyrolysis), وطريقة الترسيب بالمحلول الغروي (Sol gel) [15] 13-].

1-3-3 استخدامات أغشية (NiO):-

يستخدم اوكسيد النيكل في كثير من التطبيقات الأخرى اهمها [10- 13]:

- 1- في صناعة الخزف الكهربية مثل الثرمستورات.
- 2- في اصباغ النظارات والخزف والترجيح.
- 3- اقطاب كهربية في الاجهزة البصرية والالكترونية.
- 4- في إنتاج السبائك وصناعة السيراميك, وقد فاز العالم الفيزيائي (شارل أدوراغيوم) في جائزة نوبل لعام 1920 لدوره في إنتاج سبائك النيكل الصلب.
- 5- في بطارية نيكل الحديد والمعروفة أيضا ببطارية أديسون وهي مكونة من خلايا الوقود والكثير من أملاح النيكل والمواد المحفزة, وقد تم في الآونة الأخيرة استخدام النيكل لجعل البطاريات قابلة لإعادة الشحن.

1-4 الدراسات السابقة :-

درس الباحثون (*Patil et al.*) سنة (2002) امكانية تحضير أغشية (NiO) بطريقة التريذ, إذ درست الخصائص التركيبية باستعمال حيود الأشعة السينية (X-Ray diffraction) وحسبت فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح, إذ وجد بأن فجوة الطاقة تتناقص من (3.58eV) الى (3.4eV), بالإضافة الى قياس نوع توصيلية الغشاء عن طريق تأثير هول فكانت من نوع (p-type) [15].

كما درس الباحث (*Hao-long chene et al.*) سنة (2006) تأثير السمك على الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية أوكسيد النيكل النقية المحضرة بطريقة التريذ الماكنيتروني وبوجود غاز الأوكسجين إذ وجد أن فجوة الطاقة البصرية تتناقص بزيادة السمك وأن الاتجاه السائد لغشاء أوكسيد النيكل هو (111) عندما تكون القواعد غير ساخنة ويصبح الاتجاه (200) عند تسخين القواعد عند (400 °C) [16].

كما أجرى الباحث (Ezema et al.) سنة (2007) دراسة عن الخصائص البصرية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، إذ تم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح حيث تراوحت بين eV ($2.10 - 3.90$) وبأسمك مختلفة تراوحت ما بين $(0.061-0.364)\mu m$ وجد بأن نفاذية الأغشية المحضرة لمدى الأطوال الموجية للضوء المرئي تراوحت بين (50%) الى (90%) [17].

كما درس الباحث (Puvashothaman et al.) سنة (2008) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التزديد، إذ أظهرت دراسة حيود الأشعة السينية بأن هذه الأغشية متعددة التبلور وأن الاتجاه السائد لهذه الأغشية هو (200)، أما الدراسة البصرية فبينت أن طبيعة الانتقال هو إنتقال مباشر وأن قيمة فجوة الطاقة $(3.6eV)$ [18].

كما درس الباحث (Srivastave et al.) سنة (2008) إمكانية تحضير أغشية أكسيد النيكل بواسطة الطلاء بالبرم واستخدام محلول بوليمري على قواعد زجاجية، وأوضحت نتائج حيود الأشعة السينية بأن الأغشية المحضرة كانت متعددة التبلور ومن النوع المكعب، وهو يشبه تركيب كلوريد الصوديوم (NaCl) وباتجاه سائد (111)، أما النتائج البصرية فبينت بأن النفاذية عالية جدا تتراوح بين (80%-95%) عند مدى الأطوال الموجية $(400-800) nm$ ، وأن قيمة فجوة الطاقة البصرية (E_g) تتناقص بزيادة درجة الحرارة والتركيز المولاري، بينما كانت أكبر قيمة لفجوة الطاقة عند نسبة التبلور القليلة [19].

كما درس الباحث (Mohammad Ibrahim) سنة (2009) الخصائص الكهروكيميائية والكهروبصرية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بواسطة التبخير بالحزمة الإلكترونية (electron beam evaporation)، إذ أظهرت دراسة حيود الأشعة السينية بأن هذه الأغشية متعددة التبلور، أما النتائج البصرية فقد بينت بأن قيمة فجوة الطاقة لهذه الأغشية (6 eV) وطبيعة الانتقال الإلكتروني مباشر مسموح [20].

كما تمكن الباحث (Igwe et al.) سنة (2009) من إجراء دراسة لمعرفة تأثير التلدين الحراري لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد

زجاجية بدرجات حرارة (100,150,200,250,300°C)، أوضحت الدراسة بأن قيمة فجوة الطاقة تتراوح بين (1.9 - 4.4) eV وأن معامل الانكسار (Refractive Index) يتراوح بين (1.0 - 3.00) ولأسماك مختلفة تتراوح بين (0.12 - 14 μm) [21].

كما قام (Mendoza et al.) سنة (2009) بتحضير أغشية أكسيد النيكل بأستعمال طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي والترديد، أوضحت الدراسة بأن هذه الأغشية ذات أمتصاص عالي في المنطقة المرئية مع نقصان درجة التبلور عند درجة حرارة (300 °C) نتيجة الفراغات الناتجة عن ذرات (Ni)، وعند التلدين بدرجات حرارة عالية تم إزالة هذه الفراغات وبالتالي تحسين خصائص الأغشية من ناحيتي النفاذية والتبلورية [22].

كما تمكن الباحث (Saadati et al.) سنة (2010) من الحصول على أغشية أكسيد النيكل (NiO) وبأسماك مختلفة تراوحت بين (285 - 645) nm والتي رسبت بأستعمال التبخير بالحزمة الألكترونية عند درجة حرارة الغرفة وعلى قواعد زجاجية، تم تشخيص التركيب النانوي للغشاء بأستعمال حيود الأشعة السينية (XRD) ومجهر القوة الذرية (AFM)، أوضحت النتائج بأن أغشية (NiO) ذات اتجاه سائد (200) والتي تزداد مع زيادة سمك الغشاء بالإضافة الى أن التبلور الذي تم إيجاده بأستعماله (XRD) والحجم الحبيبي بواسطة (AFM) وجد أنها تزداد بزيادة سمك الغشاء أيضا وأن طيف النفاذية البصرية لأغشية (NiO) قد تم قياسه عند الأطوال الموجية (340-850) nm، وأن المعلمات البصرية لهذه الأغشية أثبتت بأن هذه الأغشية ذات تركيب متجانس [11].

كما درس الباحث (Romero et al.) سنة (2010) إمكانية تحضير أغشية أكسيد النيكل النانوية التركيب بطريقة التحلل الكيميائي الحراري عند الضغط الجوي الأعتيادي بعد ترسيبها على قواعد من الزجاج وبوجود محلول خلاص النيكل المائية، أوضحت النتائج تغير كبير في تشكيل السطح اعتمادا على درجة حرارة الترسيب والتركيز المولاري للمحلول، فعند درجة حرارة (350 °C) كانت الأغشية بشكل نسيج شبكي ثم تصبح على شكل ألياف نانوية (nanofibers) عند زيادة السمك، وبينت الفحوصات التركيبية أن هذه الأغشية مكونة من حبيبات متصلة

وحجمها تقريبا (100 nm) وكذلك أظهرت فحوصات (XRD), أن الأغشية متعددة التبلور أما القياسات البصرية فقد بينت بأن فجوة الطاقة تقل من (4.3eV) الى (3.65eV) [23].

كما حضر الباحث (Mallikarjuna) سنة (2011) أغشية أوكسيد النيكل ذات الأسماك المختلفة على قواعد زجاجية بأستعمال طريقة التريذ وبوجود الأوكسجين النقي وعند قدرة تريذ مقدارها (150W) ودرجة حرارة ترسيب (250°C), أذ درست الخواص التركيبية كدالة لتغير السمك بأستعمال تقنية حيود الأشعة السينية , حيث أظهرت الدراسة ظهور المستوي (200) وكذلك ظهور مستويات أخرى مثل (220) عند السمك (350 nm), وبينت القياسات أيضا أن قيمة فجوة الطاقة بحدود (3.82eV) ونفاذية بصرية تقدر بـ (60%) عند السمك (350 nm) [24].

كما حضر الباحث (Bakry et al.) سنة (2011) أغشية أوكسيد النيكل المتبلورة وغير المتبلورة بأستعمال طريقة التحلل الكيميائي الحراري, أذ رسبت هذه الأغشية على قواعد من الزجاج وعند درجات حرارة مختلفة تراوحت ما بين ($225 - 350^{\circ}\text{C}$), وقد تم فحص التركيب البلوري لهذه الأغشية بأستعمال تقنية حيود الأشعة السينية ومجهر القوة الذرية (AFM), فعند درجة حرارة (225°C) كانت الأغشية عشوائية (غير متجانسة), أما عند الدرجات الأعلى من (275°C) فكان الغشاء متجانس وذو تركيب مكعب [12].

كما تمكن الباحث (Raut et al.) سنة (2011) وبنجاح من أستعمال طريقة الترسيب بالمحلول الغروي للحصول على أغشية أوكسيد النيكل النانوية التركيب, أذ أظهر التلدين بدرجات حرارة ($400-700^{\circ}\text{C}$) تغير في الخواص التركيبية والكهربائية والبصرية, وأظهرت الفحوصات التركيبية (XRD) و (AFM) أن هذه الأغشية متبلورة وأن فحوصات السطح بينت أيضا وجود الحبيبات النانوية مع وجود المستويات العشوائية, وأن هناك نقصان بقيمة فجوة الطاقة من (47) $3.86-3\text{eV}$ بعد التلدين $^{\circ}\text{C}$ ($400-700$), وهذا يدل على تحسن الخصائص البصرية نتيجة التلدين [25].

و درس الباحث (*Balu et al.*) سنة (2012) إمكانية تحضير أغشية أكسيد النيكل النانوية التركيب المرسبة على قواعد زجاجية وعند درجة حرارة (350°C), وقد بينت نتائج حيود الأشعة السينية أن هذه الأغشية متعددة التبلور ومن النوع المكعب, أما القياسات البصرية فقد بينت أن الأمتصاصية تزداد بزيادة طاقة الفوتون وطبيعة الانتقال غير مباشر [26].

1-5 الهدف من الدراسة :-

تهدف الدراسة الحالية الى تحضير أغشية أكسيد النيكل بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية وبأسمك مختلفة (140, 180, 240, 280, 330) nm. تم دراسة الخصائص التركيبية المتمثلة بحساب المسافة بين المستويات البلورية, ثابت الشبكة, عامل التشكيل, معدل الحجم الحبيبي, كثافة الإنخلاعات, وعدد البلورات لوحدة المساحة, كذلك دراسة الخصائص البصرية المتمثلة بالانعكاسية, النفاذية, والإمتصاصية وإجراء الحسابات لمعرفة قيمة معامل الأمتصاص لغرض تحديد طبيعة الانتقال الألكتروني وقيم فجوة الطاقة البصرية. تم دراسة الثوابت البصرية المتمثلة بمعامل الانكسار, معامل الخمود, ثابت العزل بجزيئه الحقيقي والخيالي والتوصيلية الضوئية لغرض إمكانية تحديد المجالات التطبيقية التي يمكن إستعمال أكسيد النيكل فيها.

2-1 المقدمة:

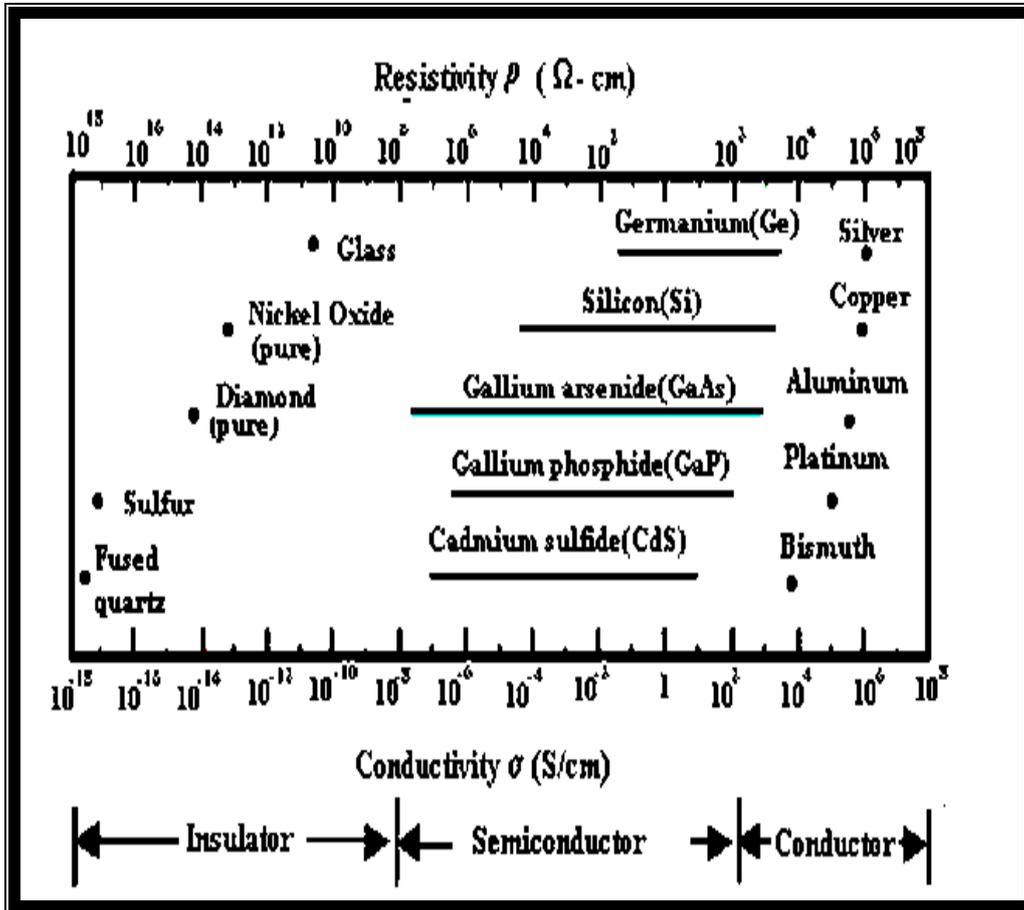
يتضمن هذا الفصل الجانب النظري لموضوع البحث الحالي, حيث يشمل المفاهيم النظرية والعلاقات الرياضية التي أتمدت لتفسير ما تم التوصل إليه من نتائج في هذا البحث.

2-2 أشباه الموصلات Semiconductors:-

تصنف المواد الصلبة بشكل عام من حيث توصيليتها الكهربائية الى ثلاثة أصناف وهي: الموصلات (Conductors), أشباه الموصلات (Semiconductors) والعوازل (Insulator). إن شبه الموصل النقي يصبح موصلاً عند رفع درجة حرارته إذ تحفز الكترونات حرارياً لعبور فجوة الطاقة الممنوعة، بينما يصبح شبه الموصل عازلاً عند اقتراب درجة حرارته من الصفر المطلق إذ يتعذر تحفز الكترونات حرارياً [27]. تمتلك أشباه الموصلات عدداً من الخواص تجعلها في غاية الأهمية في التطبيقات العلمية, ومن تلك الخواص [28]:

- 1- مقاومتها ذات معامل حراري سالب (Negative Thermal Coefficient) مما يؤدي إلى زيادة توصيليته الكهربائية بزيادة درجة الحرارة, وتعتبر هذه الصفة من الصفات التي تميزه عن المواد الموصلة.
- 2- لشبه الموصل توصيلية كهربائية موجبة (p-type), فضلاً عن توصيلية كهربائية سالبة (n-type).
- 3- يمتاز شبه الموصل بحساسيته الشديدة عند احتوائه على شوائب أو إحداث بعض العيوب فيه, إن مثل هذه الشوائب أو العيوب قد تؤدي إلى زيادة توصيليته والى ظهور نوع واحد من حاملات الشحنة مما يؤدي إلى تناقص أو اختفاء النوع الآخر.
- 4- يظهر شبه الموصل النقي توصيلية كهربائية ذاتية (Intrinsic) ولا يظهر ذلك عند درجات الحرارة الواطئة.

5- يظهر حساسية للضوء عند تعرضه له، وذلك من خلال الظاهرة الكهروضوئية أو من خلال التغير في مقاومته، والشكل (1-2) يبين مدى التوصيلية والمقاومة النوعية لبعض المواد العازلة وشبه الموصله والموصله [29].



الشكل (1-2) مدى التوصيلية - المقاومة النوعية لبعض المواد [29].

تقسم أشباه الموصلات حسب تركيبها البلوري الى:-

1- أشباه الموصلات البلورية (Crystalline Semiconductors):

وتقسم الى:-

أ- أشباه الموصلات أحادية التبلور (Single Crystal Semiconductor):

هي عبارة عن مجموعة من الذرات المتجمعة والمرتببة بشكل دوري مكونة تشكيلة بثلاثة ابعاد ولهذا فهي تمتلك نوعاً من التماثل (Symmetry) [30], ويمكن عدُّ تركيبها ناتجاً عن

تكرار نموذج هندسي يدعى بوحدة الخلية (Unit Cell)، إذ يمتاز تركيبها بالترتيب المنتظم الدوري ذي المدى الطويل (Long range order) [31].

ب- أشباه الموصلات متعددة التبلور **Polycrystalline Semiconductors**:

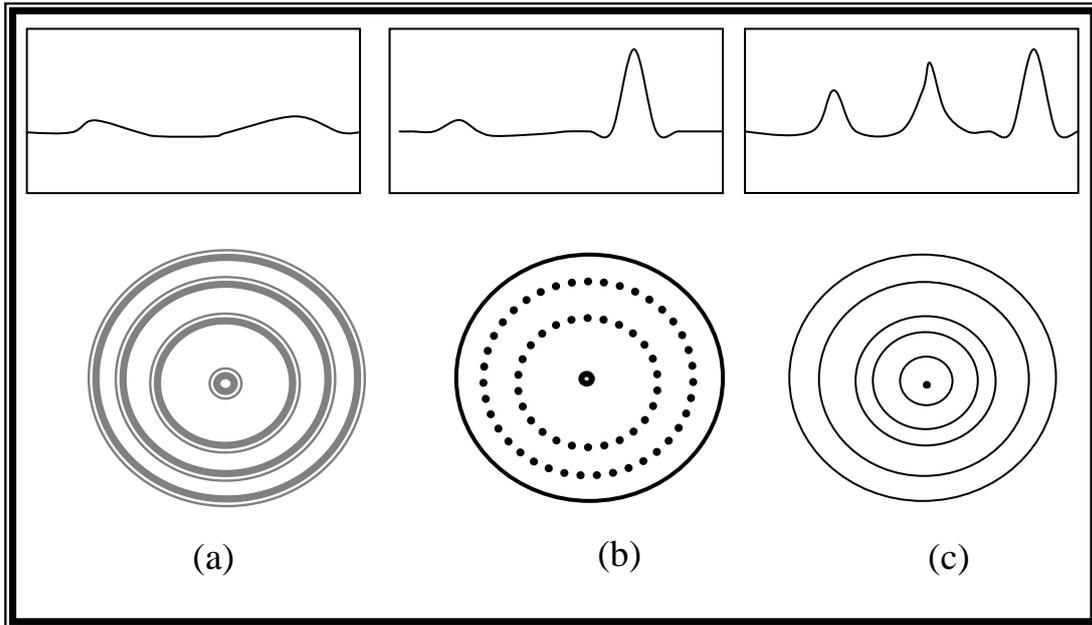
هي المواد التي لايمتد فيها النمط الهندسي ليشغل كل أجزاء المادة بل يتوقف عند حدود داخل البلورة تدعى حدود الحبيبات، وهي تتكون من العديد من البلورات الصغيرة تسمى الحبيبات وكل حبيبة تتكون من الاف من وحدات الخلية [32].

2- أشباه الموصلات العشوائية **Amorphous Semiconductors** -:

هي المواد التي يغلب على ذراتها ترتيب المدى القصير، إذ تترتب الذرات بشكل عشوائي والترتيب الذري في اي مقطع معين منها يبدو مختلفا عن الترتيب الذري في مقطع اخر، وبذلك لايمكن اعتبار ترتيبها يمثل تكرارا لوحدة الخلية، وهذا الترتيب لايعزى الى وجود تكسر في الاواصر الداخلية بل هو خاص بتركيب ذرات المادة.

ان الحد الفاصل بين المواد العشوائية والبلورية هي النقطة الحرجة لحاجز الطاقة المقاسة بالمقياس الذري او المجهرى، فعند تسليط كمية من الطاقة كافية لتغيير حاجز الطاقة تتحول المادة من العشوائية الى البلورية [33].

ومن دراسة انماط الحيود الناتجة عن تشتت الاشعة السينية من المواد، يمكن تمييز اشباه الموصلات البلورية من العشوائية، إذ ان نمط الحيود يكون على شكل نقاط مضيئة حادة في المواد احادية التبلور كما في الشكل (2b-2) وعلى شكل حلقات رفيعة ذات اضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز في المواد متعددة التبلور كما في الشكل (2c-2) وعلى شكل حلقات عريضة ضعيفة الاضاءة ومتحدة المركز كما في الشكل (2a-2) وان حدة اضاءتها تخفت تدريجياً وتختفي سريعاً مع زيادة زاوية الحيود للمواد العشوائية [34, 35].



الشكل (2-2) حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية رقيقة [36]:

(a) عشوائية. (b) متبلور. (c) متعدد التبلور.

2-3 مراحل نمو الأغشية الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري:

أن الخطوات الأساسية لآلية نمو الأغشية الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري تختلف عن آلية تكوين الأغشية الرقيقة بالطرائق الأخرى مثل التبخير الحراري في الفراغ والترسيب الكهربائي والترديد وغيرها من الطرائق الأخرى إذ أنها تعتمد على التحلل الكيميائي عند سطح القاعدة ويتبعها حصول بعض العمليات مثل أكسدة النواتج المتفككة وإنماء الطبقات المطلوبة للمادة [37, 38].

ان الانتقال الأنموذجي للقطرة نحو القاعدة هو عندما تصل القطرة في اللحظة التي يكون فيها المذيب قد تبخر بالكامل ومن الناحية العملية لا يمكن الحصول على أحجام قطرات متساوية إذ أن حجم القطرات يؤدي دوراً كبيراً في تحقيق أفضل عملية ترسيب، ومع ذلك لا يمكن الحصول على الحجم المرغوب بنجاح كبير، كما ان السلوك الحراري للقطرات يعتمد على كتلتها، والشكل (2-3) يوضح حالات الترسيب اعتماداً على حجم القطرات المتكونة لها [38, 39].

العملية A:

تكون القطرات كبيرة بحيث ان الحرارة الممتصة من الوسط المحيط لن تكون كافية لتبخير المحلول بالكامل عند سقوطه باتجاه القاعدة وبمجرد وصول القطرات إلى القاعدة فان المحلول يتبخر تاركاً الراسب صلباً، وفي أثناء التبخير يتبدد جزء من الحرارة فتتخفص درجة حرارة القاعدة عند هذه النقطة، ويصبح السطح خشناً ومن ثم يكون الغشاء المتكون غير متجانس مما يقلل نفاذية الأغشية المحضرة ويؤثر في خصائصها التركيبية والبصرية والكهربائية [40].

العملية B:

تجف القطرات قبل وصولها إلى القاعدة، وبذلك تتبخر بعض الدقائق وهذا التبخر الموضعي للدقائق، وكمية الحرارة المتبددة اقل مما عليه في العملية A.

العملية C:

تتضمن عمليات ترسيب البخار الكيميائي الكلاسيكي (The Classical Chemical Vapor Deposition Process) ، التي تؤدي إلى افضل خواص للأغشية المكونة، وفي هذه المرحلة يتبخر المحلول عند اقرب نقطة للقاعدة، وقبل وصول الدقائق يكون الوقت كافياً لارتفاع درجة الحرارة إلى درجة حرارة الوسط اذ تتبخر او تتسامى (Sublimes) ويحدث تفاعل غير متجانس يتضمن ما يأتي [41, 42]:

1-انتشار الجزيئات المتفاعلة على السطح.

2-التصاق جزيئة واحدة او عدة جزيئات عند السطح.

3-انتشار سطحي واعادة اتحاد مع الشبيكة ومن ثم انتشار الجزيئات الناتجة الى حيز البخار.

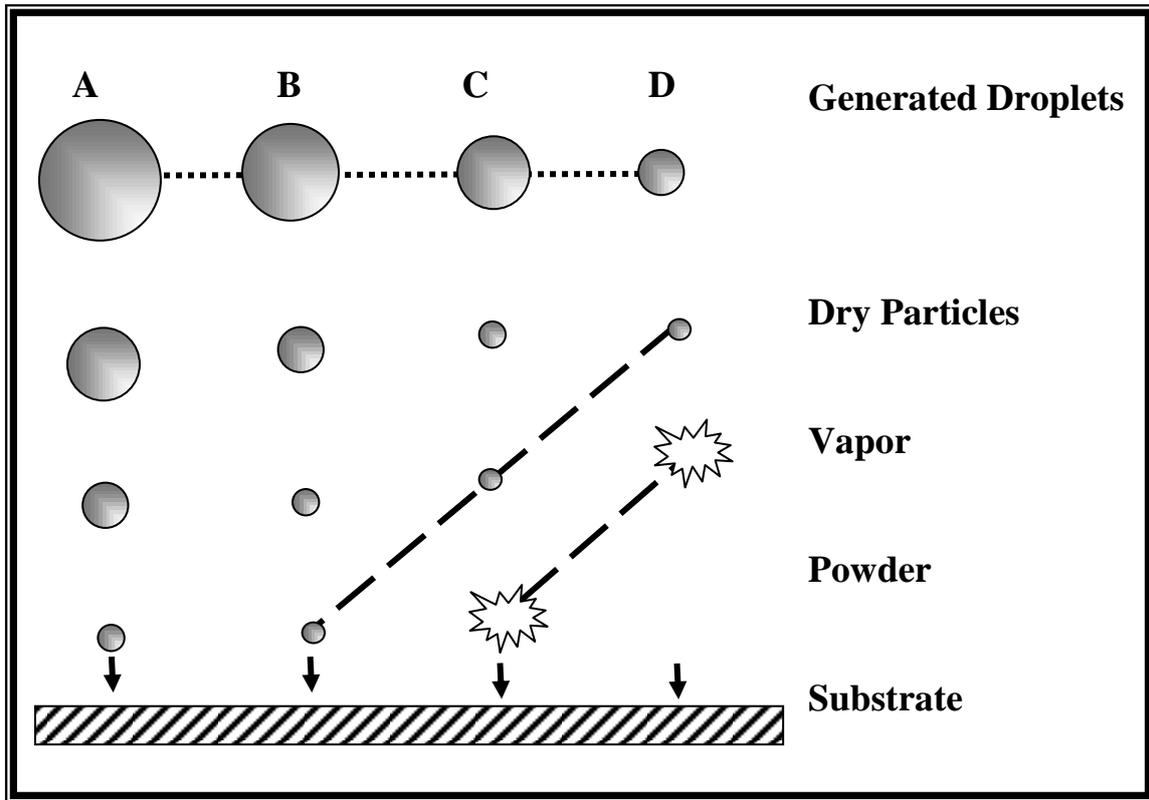
العملية D:

تمثل سلوك القطرات الصغيرة، وفيها يتبخر المحلول بصورة كاملة بعيداً عن القاعدة وتصبح الدقائق بلورات صغيرة تكون راسباً اشبه بالمسحوق يعكر الغشاء ويقلل من نفاذية المادة ولذلك فإن التفاعل الكيميائي في هذه الحالة يكون اسرع مما عليه في الحالات السابقة

يتضح من خلال العرض السابق أن أنسب الظروف لتكوين غشاء بمواصفات جيدة تكون عند حجم القطرات المبين في العملية (C)، وعملياً لا يمكن تأكيد الظروف الدقيقة لهذه

العملية، فضلاً عن حدوث انتقال من التفاعل المتجانس إلى التفاعل غير المتجانس لعدم وجود حجم محدد للقطرات.

ان خصائص الأغشية فضلاً عن تأثرها بحجم القطرات فأنها تتأثر بطبيعة ودرجة حرارة القاعدة اذ ان انخفاض درجة حرارة القاعدة يتم بالابتعاد عن الحالة (C) الى الحالة (A) و(B).

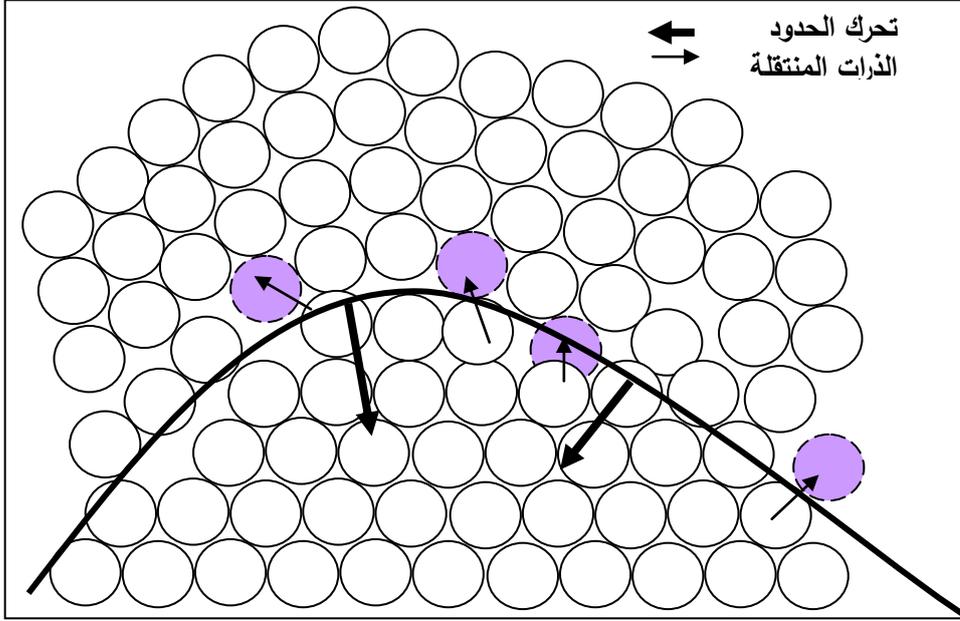


الشكل (2-3) عملية ترسيب لقطرات مختلفة الاحجام [42].

4-2 النمو الحبيبي Grain growth :-

تنتقل الذرات عبر حدود الحبيبية كما تنتقل داخل البلورات وفي كلا الاتجاهين ويكون انتقال الذرات عبر جدار الحدود الحبيبية متوازناً اي ان عدد الذرات التي تعبر الجدار في احدى الاتجاهات يكون مساوياً لعدد الذرات التي تعبره في الاتجاه المعاكس. اما حين يكون الجدار مقوساً فتكون هناك منطقتين حول القوس، احدهما مقعرة (Concave) والآخرى محدبة (Convex). اما المنطقة المقعرة فتكون اكثر رسماً بالذرات مما عليه المنطقة المحدبة [43], لذا

فان عدد الذرات في المنطقة المقعرة يكون اكثرمن الذرات المجاورة وبالتالي فان طاقتها اقل مما للذرة في المنطقة المحدبة كما موضح في الشكل (2-4) وبالتالي فان انتقال الذرات عبر الحدود الحبيبية ليس متساوياً.

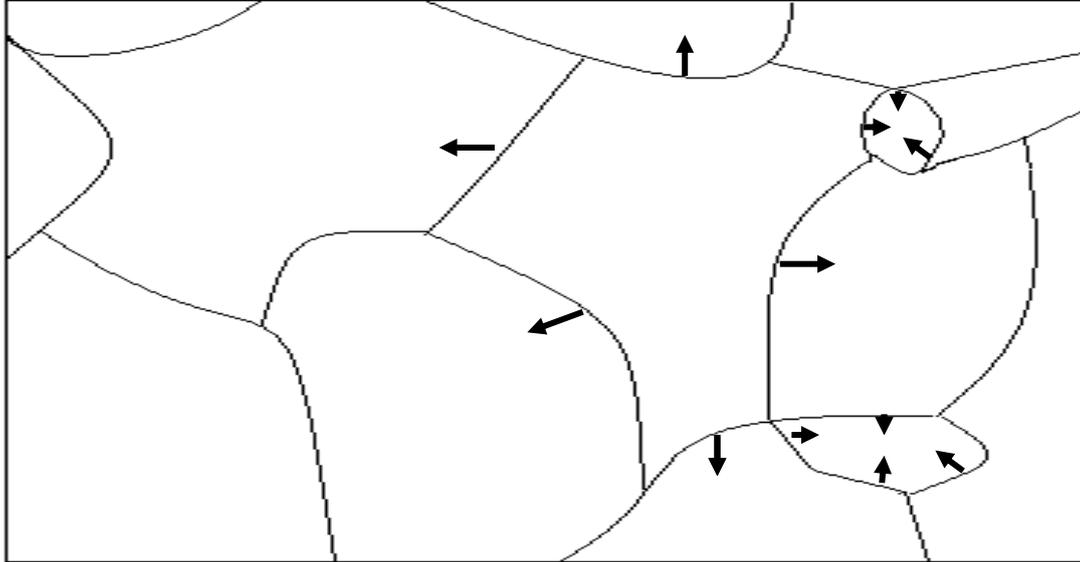


الشكل (2-4) انتقال الحدود الحبيبية الى مركز التقوس [44]

تنتج عملية انتقال الذرات عبر الحدود الحبيبية بهذه الطريقة اي انتقال الحدود نفسها في اتجاه مركز التقوس (Center of Curvature) [44], وتكون القوة الموجهة (Driving Force) لهذا الانتقال الذي هو تقليل مساحة الحدود الحبيبية وطاقة الذرات في التركيب البلوري ككل ونتيجة لهذا تنكمش الحدود نحو مركز التقوس [45], ولما كانت للحبيبات الصغيرة مساحات ذات تحذب عال نسبة للحبيبات الكبيرة لذا فان الحبيبات الكبيرة سوف تتوسع على حساب تلاشي الحبيبات الصغيرة كما في الشكل (2-5) وتسمى هذه العملية بالنمو الحبيبي (Grain growth) [46].

ان جميع المواد البلورية الفلزية منها واللافلزية تخضع لخاصية النمو الحبيبي هذه، فزيادة درجة الحرارة يزداد النمو الحبيبي اذ ان الانتقال الانتشاري للذرات يتناسب اسياً مع درجة الحرارة

المطلقة. لذا نجد ان ازدياد سرعة النمو الحبيبي اكبر في الابعاد والتي تصل اليها الحبيبات في درجة الحرارة العالية.



الشكل (5-2) النمو الحبيبي [46]

اما تقليل درجة الحرارة بعد نمو الحبيبات فيقلل من سرعة النمو الحبيبي ولكن لايعكس العملية ابدأ. ان نمو البلورات هو نمو تلقائي ويعزى سبب ذلك الى ميل المعدن لتقليل طاقته الحرة الى اقل قدر ممكن لان ذلك يؤدي الى زيادة استقراره ويكون ذلك النمو على حساب البلورات الصغيرة حيث تكون البلورات الكبيرة اكثر استقراراً من وجهة نظر الديناميكا الحرارية [47].

5-2 العوامل المؤثرة على الحجم الحبيبي :

يمكن تحديد اهم العوامل المؤثرة على حجم الحبيبية:-

1-درجة الحرارة: ان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة عدد مرات اعادة التبلور والسرعة الخطية لنمو البلورات الجديدة مما يؤدي الى زيادة حجوم الحبيبات الى ان تصل الحد الذي تقف فيه عن النمو وذلك بسبب اقتراب حجم الحبيبة من سمك العينة [48].

2-مدة التلدين: هناك علاقة بين درجة الحرارة وحجم الحبيبة عند ثبوت زمن الابقاء في الفرن حيث يتبين ان زيادة مدة التلدين تعني زيادة حجم الحبيبة بعد عملية اعادة التبلور [48].

3-تأثير الشوائب: في حالة وجود شوائب يؤثر التركيب الكيميائي على حجم الحبيبة، حيث تشكل الشوائب مراكز أنوية جاهزة تستقطب الذرات اليها مما يؤدي الى نشوء عدد كبير من الحبيبات صغيرة الحجم [49].

2-6 العيوب في المواد البلورية :-

في البلورة المثالية (الخالية من العيوب) تنتظم ذرات المادة في كل الاتجاهات بدون ظهور اي خلل في تسلسلها، الا انه لا توجد في الحقيقة بلورة خالية من العيوب، لذلك يعد اي انحراف أو اختلال في بلورة ما عن شبكتها الدورية المثالية أو تركيبها المثالي عيباً أو خللاً (Defect or Imperfection) لتلك البلورة أو بمعنى عدم الاستمرار أو الانقطاع (Discontinuity) في تشكيلة (Pattern) ذرات أو ايونات البلورة، ولذلك تدل كلمة عيب أو خلل في بلورة ما على كسر أو شذوذية - عدم انتظام (Irregularity) في التركيب البلوري [51, 50].

وتكون جميع البلورات الحقيقية تقريباً غير تامة اي انها ذات عيوب وهذه العيوب تتكون في اثناء عملية الأنماء البلوري، إن تخليص البلورات كلياً من الشوائب والعيوب مستحيلاً، غير ان تقليص عيوبها اصبح ممكناً باستعمال طرائق فعالة في التنقية وانماء البلورات، ومهما يكن الامر فإن عيوب البلورة في بعض الحالات يكون مرغوباً فيه جداً كما هو الحال عند التطعيم (Doping) بذرات غريبة أو شوائب (Impurities)، وقد تكون تلك الذرات الغريبة مانحة اي

واهبية لإلكترون (Donor) أو متقبلة لإلكترون (Acceptor) وكلتا الحالتين تعدان ضروريتين بالنسبة لعمل بعض النبائط الالكترونية كالدايود والترانزستور وغير ذلك [53, 52].

وبذلك فان التحكم في كثير من الخواص المهمة للبلورة يعتمد على طبيعة تركيب البلورة فضلاً عن العيوب التي بداخلها ولتمثيل ذلك [54]:

1- تُنسب التوصيلية لبعض البلورات شبه الموصلة، وبصورة كاملة الى تركيز الشوائب الكيميائية فيها.

2- ان انخفاض درجة حرارة بلورة ما يعتمد على وجود عيوب في تركيبها البلوري.

3- ان التآلق أو الضيائية (Luminescence) لبلورة ما يرتبط بصورة عامة مع وجود شوائب داخلها.

4- ان الالوان التي تميز البلورات عن بعضها تُعزى الى عيوبها التركيبية.

وبصورة عامة يمكن اجمال العيوب البلورية في عدة اشكال، من اهمها [55]:

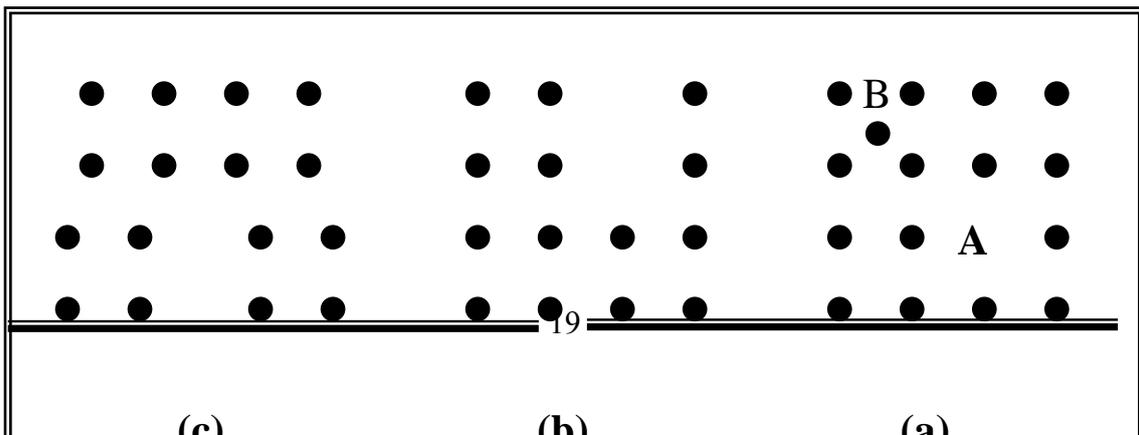
1- غياب ذرة من موقعها، وبذلك تترك وراءها شاغراً في البلورة، الشكل (2a-6) عند النقطة A.

2- احتلال ذرة لموقع غير مخصص لها بين الذرات، الشكل (2a-6) عند النقطة B.

3- من الممكن غياب سلسلة طويلة من الذرات الشكل (2b-6) وفي هذه الحالة تعيد الذرات ترتيب نفسها بالاسلوب الذي يقلل تشويه البلورة اذ تزحف الذرات لسد الفجوة المتولدة الشكل (2c-6)

(2)، والذي تبدو فيه الذرات عند حافتي البلورة وكأنها قد زحفت عن مكانها الاصلي.

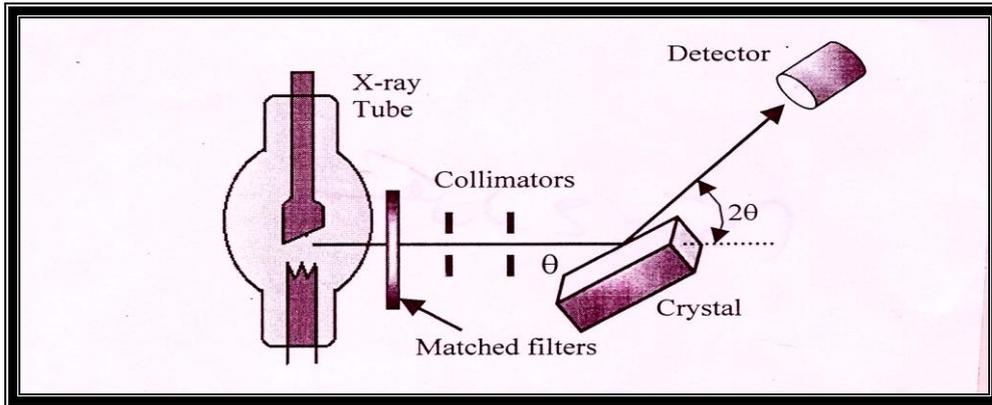
4- وجود ذرات شائبة في البلورة.



الشكل (6-2) بعض أنواع العيوب البلورية [55].

7-2 حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction :-

عند تسليط اشعة سينية ذات طول موجي احادي لمدى من الزوايا على سطح الغشاء سوف تظهر قمم نتيجة لانعكاسات براك عن سطوح البلورة المتوازية والشكل (7-2) يوضح تشخيصا بالاشعة السينية.



الشكل (7-2) التشخيص بالاشعة السينية [56].

وقد تمكن العالم الإنكليزي (W. L. Bragg) من استنتاج قانونه المبني على أساس أن الفرق في المسار بين شعاعين يساوي مضاعفات الطول الموجي, ويبين الشكل (8-2) الانعكاس الذي يحدث نتيجة سقوط الاشعة السينية على البلورة, ويكتب قانون براك في الصورة الآتية [57]:

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

حيث ان:

θ_B : زاوية براك.

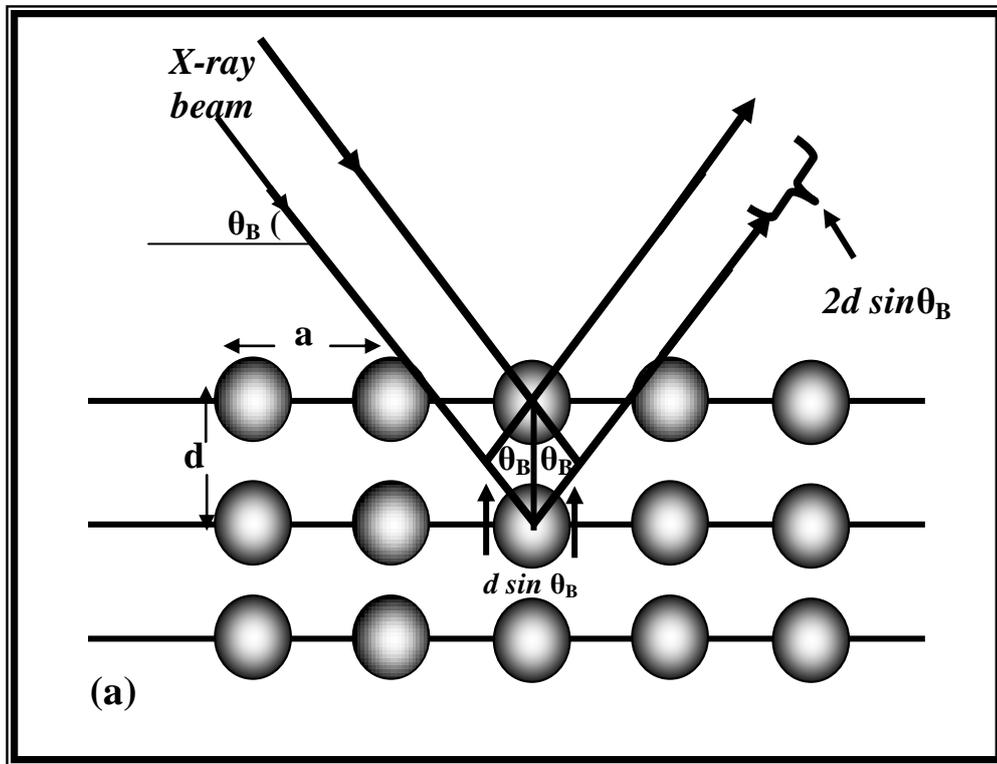
λ : الطول الموجي.

n_r : عدد صحيح يسمى رتبة الانعكاس ($n = 1, 2, 3, \dots$).

d_{hkl} : المسافة البينية بين مستويين متجاورين.

يحدث انعكاس براك (Bragg's Reflection) فقط عندما يكون الطول الموجي (λ) للأشعة المستخدمة الساقطة والمنعكسة من مستوٍ ما له إحداثيات ميلر أصغر أو مساوٍ لضعف المسافة البينية (d_{hkl}) بين مستويين متعاقبين في البلورة ، أي أن شرط براك للانعكاس هو [58]:

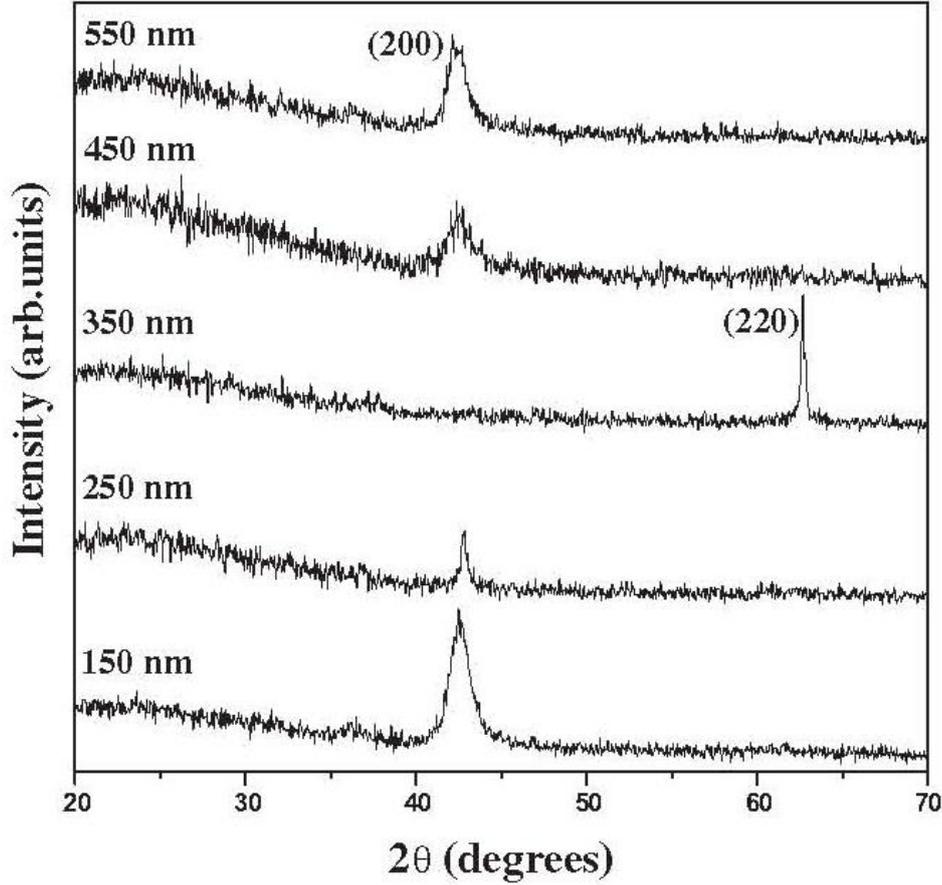
$$\lambda \leq 2d_{hkl} \dots\dots\dots(2-2)$$



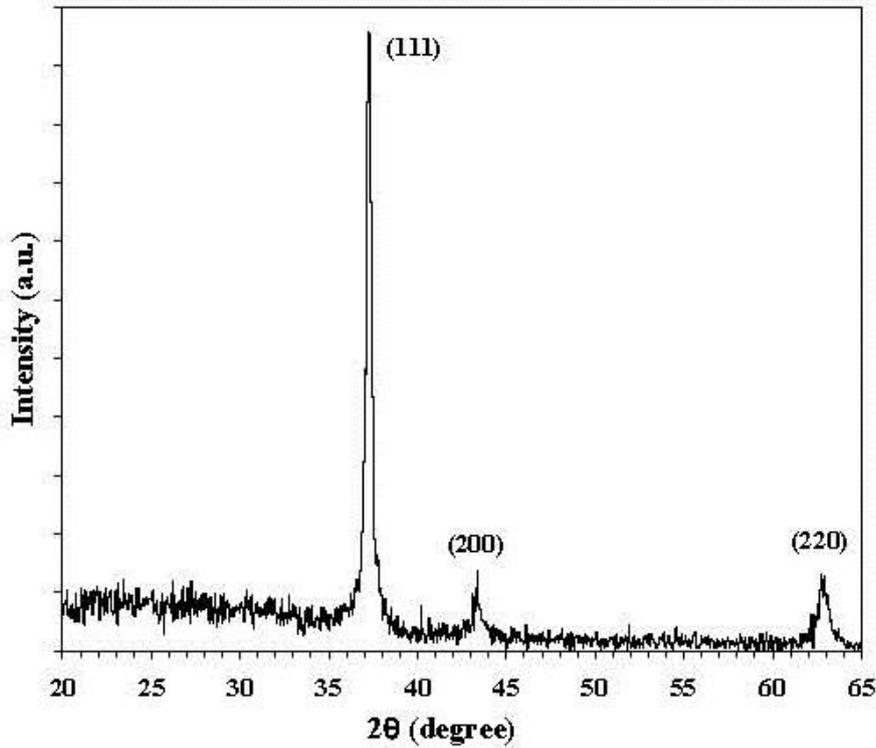
الشكل (8-2) المستويات البلورية وقانون براك [59].

يبين الشكل (9-2) نمط حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة على قواعد زجاجية بأستعمال طريقة التريذ، ويلاحظ تأثير السمك على نمط حيود الأشعة السينية، فعند السمك (150 nm) يكون التركيب متبلورا ويقل تبلورا عند السمك (250 nm) أما عند السمك

(350 nm) فيلاحظ أن الأتجاه السائد هو (220), أما عند السمك (450 nm) فيكون التركيب متعدد التبلور, ويلاحظ الأتجاه السائد (200) عند السمك (550nm) [24].



الشكل (9-2) حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بأسمك مختلفة [24].
 أما الشكل (10-2) فيبين نمط حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة على قواعد زجاجية بطريقة التبخير بالحرمة الألكترونية, إذ كانت طبيعة الأغشية متعددة التبلور كما لوحظ أن الأتجاه السائد هو (111) [60].

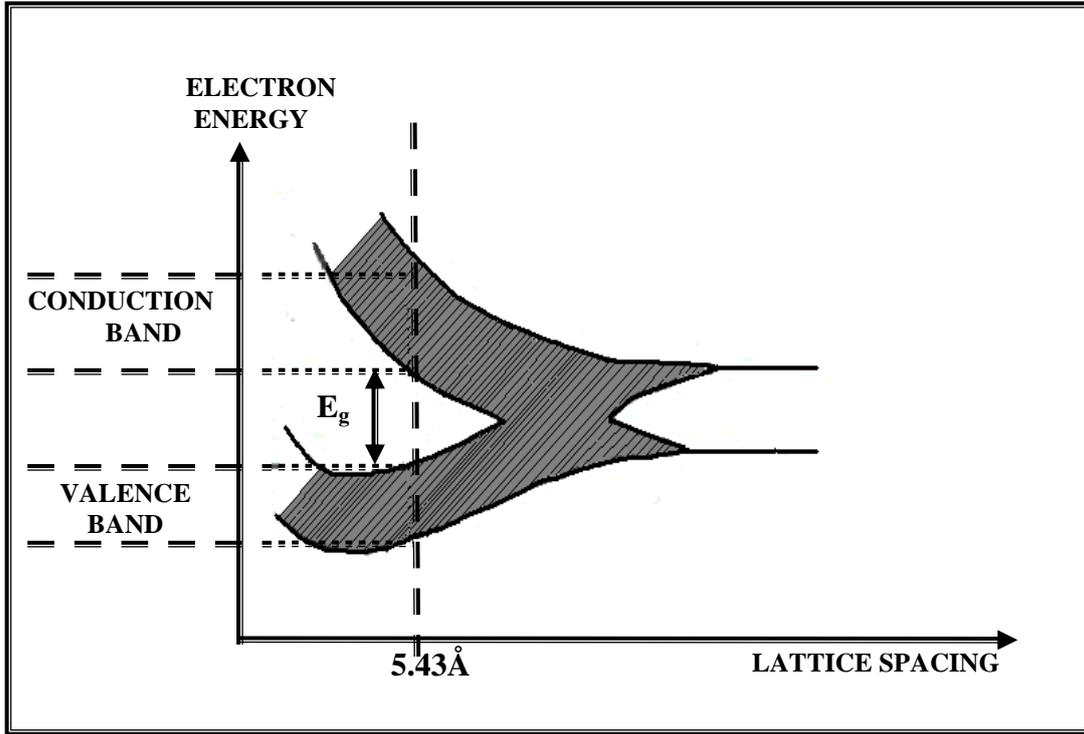


الشكل (10-2) نمط حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد النيكل [60].

8-2 حزم الطاقة البصرية في أشباه الموصلات البلورية

: Energy optical bands in crystalline semiconductor

لقد أمكن تفسير بنية الطاقة الحزمية للمواد الصلبة باستخدام ميكانيك الكم، لنفترض وجود ذرات مرتبة بشكل دوري منتظم وكل ذرة تحتوي على أكثر من إلكترون، فإذا كانت الذرات بعيدة فإن الإلكترونات في الذرات المتجاورة لا تتفاعل وسوف تشغل مستويات طاقة منفصلة، أما إذا قربت الذرات سوية فإن الإلكترونات الأبعد سوف تتفاعل أولاً، لذلك فإن مستوى الطاقة المنفصل ينشطر إلى حزمة من الطاقات المسموحة، وإذا استمرت الذرات بالاقتراب سوية فإن الإلكترونات المتجاورة ستبدأ بالتفاعل وأيضاً تنشطر إلى حزمة من الطاقات المسموحة. وأخيراً إذا أصبحت الذرات قريبة بشكل كاف فإن الإلكترونات الأعمق سوف تتفاعل إلى حد أن مستوى الطاقة ينشطر ليكون حزمة من الطاقات المسموحة، وعندما تصل الذرات إلى مسافة الاتزان الذري عندها تتكون لدينا حزم من الطاقات المسموحة، والتي فيها الإلكترونات مشغولة بشكل منفصل بواسطة حزم من الطاقات الممنوعة، هذا الانشطار لحزمة الطاقة وتكوين حزم مسموحة وممنوعة موضح في الشكل (11-2) [61].



الشكل (11-2) تكوين حزم الطاقة في المواد البلورية [62].

9-2 الخواص البصرية لأشباه الموصلات البلورية

:Optical Properties of Crystalline Semiconductors

تكون حزمة التكافؤ في شبه الموصل المثالي مملوءة تماماً وحزمة التوصيل فارغة تماماً، والالكترونات لا تستطيع الانتقال الى حزمة التوصيل من حزمة التكافؤ ذاتياً. وعند تسليط ضوء طاقة فوتوناته ($h\nu$) يستطيع ان يهيج الالكترونات وينقلها من حزمة التكافؤ (V. B) (Valence Band) الى حزمة التوصيل (C.B) (Conduction Band)، وبعد امتصاصها لطاقة الفوتونات الساقطة عليها محدثة بذلك توصيلاً ضوئياً [63]. وان طاقة الفوتونات الساقطة يجب ان تكون مساوية او اكبر من فجوة الطاقة الممنوعة (E_g) أي ان $(h\nu \geq E_g)$ وعندما تكون (E_g) مساوية لـ ($h\nu_0$) فان ($\nu_0 = E_g / h$)، حيث يدعى (ν_0) بتردد العتبة، اما عندما تكون طاقة الفوتون الممتص اكبر من فجوة الطاقة فان عملية الانتقال

سوف تتم وتنبدد الطاقة الاضافية ($h\nu - E_g$) على شكل حرارة، اما عندما تكون طاقة الفوتون الساقط اقل من فجوة الطاقة فان الفوتون لا يمتص بل ينفذ الى شبه الموصل [64, 65].

2-10 الخصائص التركيبية :-

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

تحسب المسافة بين المستويات البلورية (d_{hkl}) باستخدام قانون براك وبموجب العلاقة (1-2).

2- ثابت الشبكة (a) Lattice Constants :-

يحسب ثابت الشبكة بالنسبة للتركيب المكعب بموجب العلاقة الآتية [66]:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + \ell^2}} \dots\dots\dots(3-2)$$

اذ ان (hkl) : تمثل معاملات ميلر.

3- عامل التشكيل (Tc) Texture Coefficient :-

يمكن وصف التوجيه التفضيلي لمستوي البلورة hkl في الأغشية متعددة التبلور من علاقة (Joseph and Manoj) [67]:

$$Tc = \frac{I / I_o}{\frac{1}{M} \sum I / I_o} \dots\dots\dots(4-2)$$

إذ ان :

I : الشدة المقاسة.

I_o : الشدة القياسية الموجودة في بطاقة (JCPDS).

M : تمثل عدد الانعكاسات في نمط حيود الأشعة السينية.

4- معدل الحجم الحبيبي Average grain size (D_{av}):-

يحسب معدل الحجم الحبيبي من علاقة شيرر [68]:

$$D_{av} = \frac{0.9\lambda}{B \cos \theta_B} \dots\dots\dots(5-2)$$

إذ إن B : هي عرض المنحنى لمنتصف القمة.

λ : يمثل الطول الموجي للحزمة الساقطة.

5- كثافة الانخلاعات Dislocation Density (D):-

يمثل كثافة الأنخلاع عدد خطوط الأنخلاع التي تقطع وحدة مساحة في تلك البلورة، وهي

تمثل النسبة بين الطول الكلي لجميع خطوط الأنخلاع وحجم البلورة، وتحسب كثافة الأنخلاعات

بأستخدام علاقة (Williamson and Smallmans) [69]:

$$\delta = \frac{1}{D_{av}^2} \dots\dots\dots(6-2)$$

6- عدد البلورات Number of crystals (N):

يمكن حساب عدد البلورات لوحدة المساحة من العلاقة الآتية [28]:

$$N = t / D_{av}^3 \dots\dots\dots(7-2)$$

أذ أن:

N : عدد البلورات لوحدة المساحة.

t : السمك.

2-11 النفاذية Transmittance (T):-

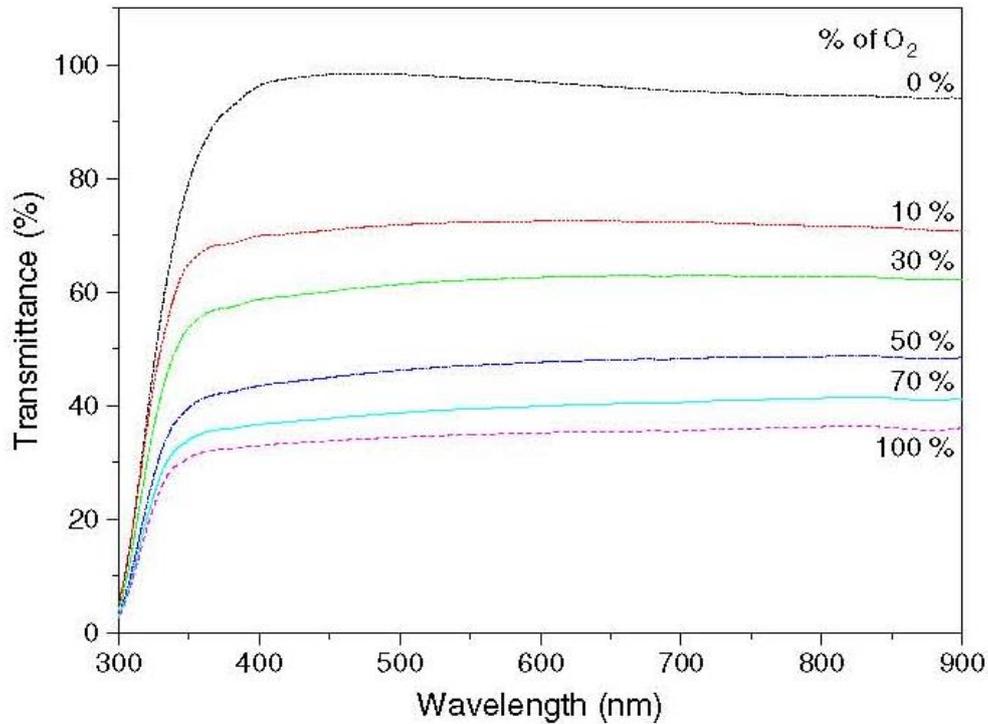
تعرف النفاذية بأنها النسبة بين شدة الشعاع النافذ وشدة الشعاع الساقط على السطح،

ويرمز للنفاذية بالرمز (T)، وترتبط بالانعكاسية والامتصاصية وفقاً لقانون حفظ الزخم بالعلاقة

الآتية [14]:

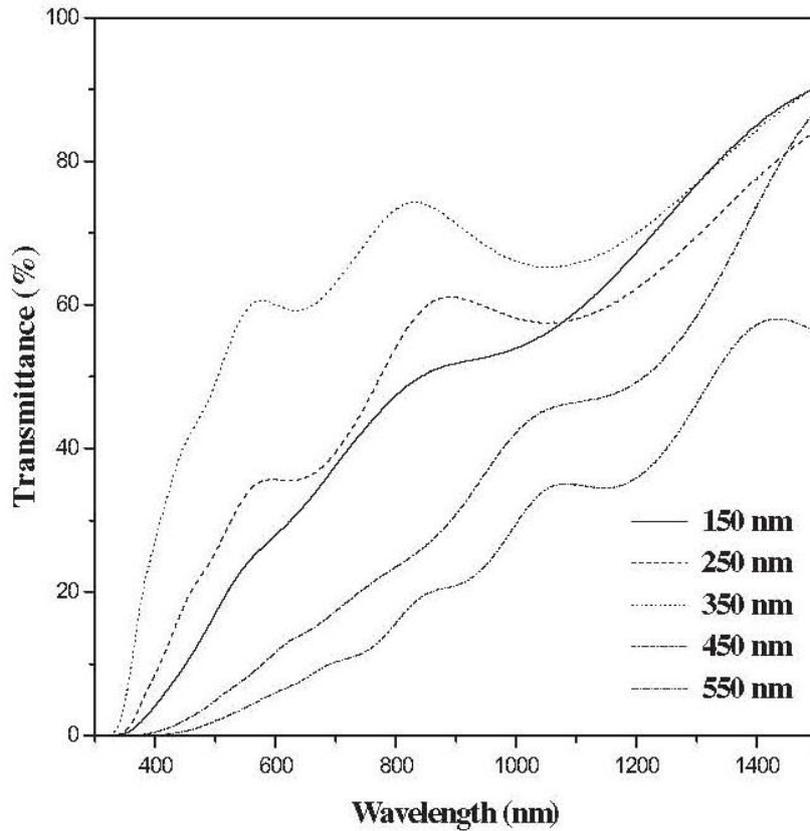
$$R + T + A = 1 \dots\dots\dots(8-2)$$

والشكل (12-2) يبين طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل مختلفة السمك والمحضرة بطريقة التريز بالتردد الراديوي، ويلاحظ بأن النفاذية في المنطقة المرئية أكبر من 90% ولكنها تتناقص عند الأقتراب من طيف الأشعة فوق البنفسجية [70].



الشكل (12-2) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية
أكسيد النيكل في ضغوط جزئية مختلفة [70].

أما الشكل (13-2) فيوضح طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل المحضرة باستعمال طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي، ومن الشكل يتضح بأن هذه الأغشية تبدو شفافة في المنطقة المرئية وفي منطقة الأشعة تحت الحمراء وأعلى نفاذية بصرية لها كانت أعلى من 90% [70].



الشكل (2-13) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية
أوكسيد النيكل المحضرة بأسمك مختلفة [70].

2-12 الأنعكاسية Reflectance (R):

تعرف الانعكاسية بأنها النسبة بين شدة الشعاع المنعكس اثناء سقوط حزمة ضوئية ذو طول موجي معين على سطح ما إلى شدة الشعاع الساقط.

بالنسبة للشعاع الساقط عمودياً على السطح فإن تأثير الانعكاس على شدة الشعاع المنعكس

يعطى بالعلاقة الآتية [71]:

$$R = \frac{(n - 1)^2 + k^2}{(n + 1)^2 + k^2} \dots\dots\dots(9 - 2)$$

اذ ان:

n : معامل الانكسار.

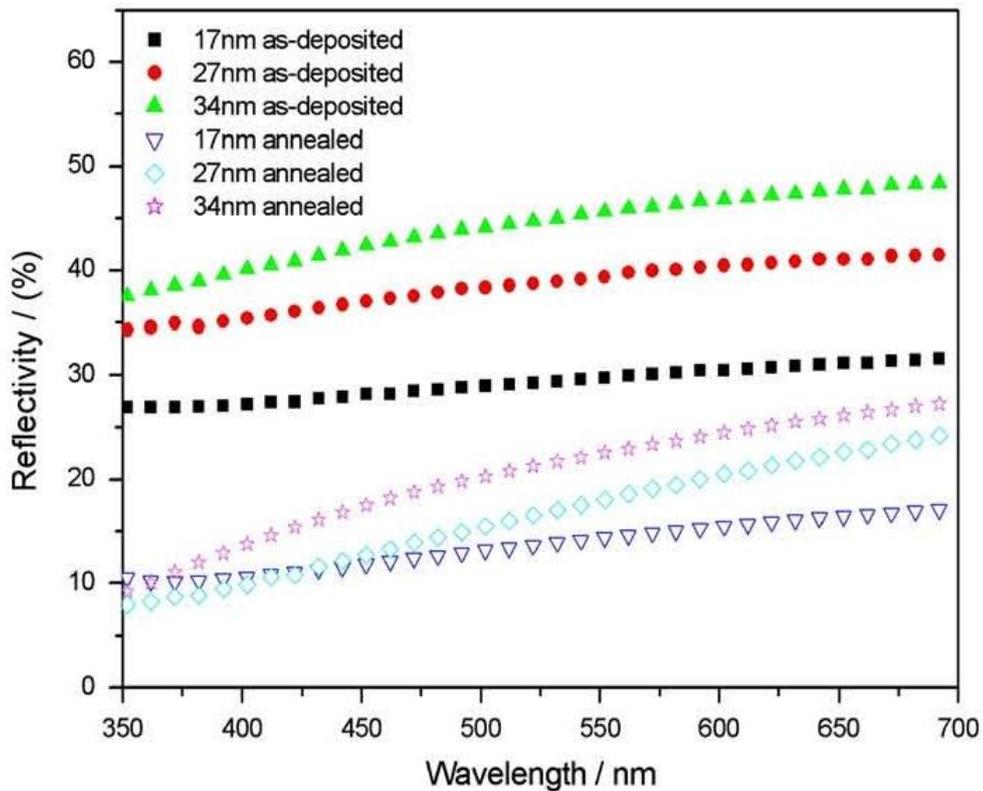
k : معامل الخمود.

وعند $k \cong 0$ فإن:

$$R = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} \dots\dots\dots(10-2)$$

وفي حالة $(n = 0)$ فإن $(R = 1)$ عندها يكون شبه الموصل عاكساً كلياً.

والشكل (14-2) يوضح الأنعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري عند الترسيب وبعد التلدين, إذ لوحظ أن الأنعكاسية تزداد زيادة تدريجية بطيئة بزيادة الطول الموجي عند الترسيب وبعد التلدين. [72]



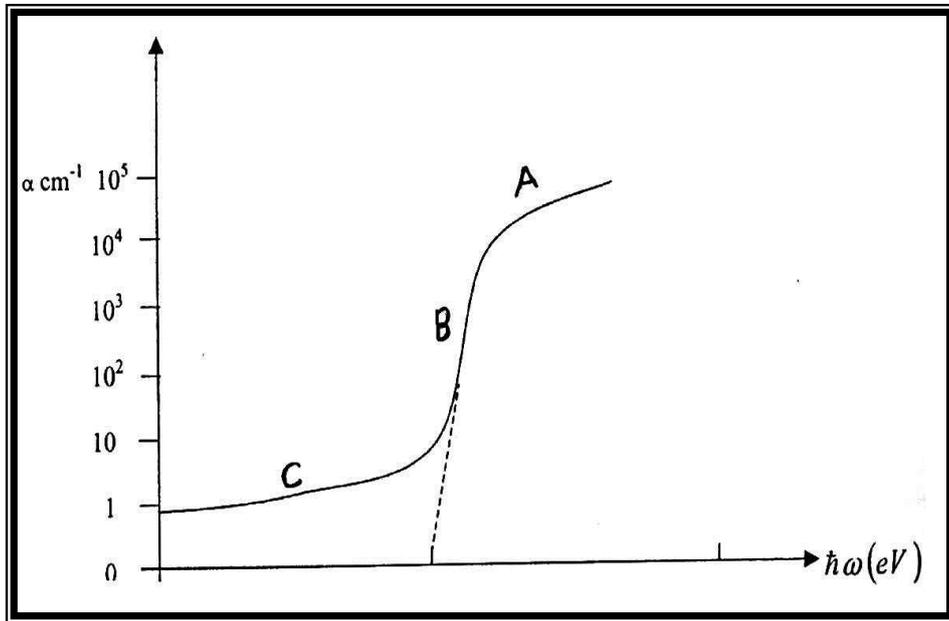
الشكل (14-2) الأنعكاسية كداله للطول الموجي لاغشيه اوكسيد النيكل عند الترسيب وبعد

التلدين [72].

2-13 حافة الأمتصاص الأساسية Fundamental Absorption Edge:

تعرف حافة الامتصاص الأساسية بأنها الزيادة السريعة الحاصلة في الامتصاص عندما تكون طاقة الإشعاع الممتصة مساوية تقريباً لفجوة لطاقة ، وعليه فان حافة الامتصاص الأساسية تمثل أقل فرقاً في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ ووطاً نقطة في حزمة التوصيل [74, 73].

ويمكن تقسيم مناطق الامتصاص إلى ثلاثة مناطق مميزة وكما في الشكل (2-15)،



الشكل (2-15) حافة الامتصاص الاساسية في أشباه الموصلات [74].

(A) منطقة الأمتصاص العالي (B) منطقة الأمتصاص الأسي (C) منطقة الأمتصاص الواطئ. وهذه المناطق هي:

A- منطقة الامتصاص العالي (High Absorption Region):-

في هذه المنطقة يكون $(\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1})$, وتحدث الانتقالات بين المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، والمعادلة المستخدمة في هذه المنطقة هي [75].

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

اذ ان :

P : ثابت يعتمد على طبيعة المادة.

الأس (r) هي قيمة تعتمد على طبيعة الانتقال.

يمكن إعادة كتابة المعادلة (2-11) عندما تكون قيمة الثابت ($r = 1/2$) بالشكل الآتي:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g)^{1/2} \dots\dots\dots (12-2)$$

بتربيع الطرفين

$$(\alpha h\nu)^2 = (\alpha E)^2 = P^2 (h\nu - E_g) \dots\dots\dots (13-2)$$

وعندما تكون

$$(\alpha h\nu)^2 = 0 \dots\dots\dots (14-2)$$

فأن

$$E_g = h\nu \dots\dots\dots (15-2)$$

B- منطقة الامتصاص الأسي Exponential Absorption Region :-

في هذه المنطقة تكون $(1 < \alpha < 10^4) \text{ cm}^{-1}$ اذ ان حافة الامتصاص تزداد أسياً، وذلك نتيجة حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص تمتد لبضعة الكتلون فولت، وهذه الحافة تدعى بحافة أورباخ (Urbach edge) ، والمعادلة المستخدمة في هذه المنطقة هي:

$$\alpha = D \exp(h\nu/\Delta E_t) \dots\dots\dots (16-2)$$

اذ أن

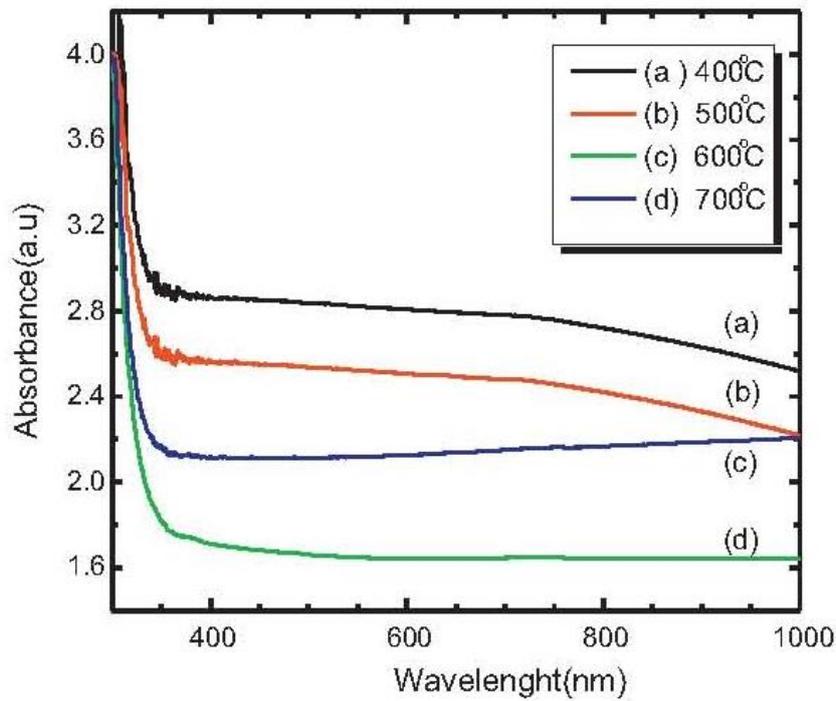
ΔE_t : عرض الذبول للحالات الموضعية في منطقة الفجوة الممنوعة، وتعطى الطاقة (ΔE_t) بمقلوب ميل المستقيم [76].

أي أن الانتقالات في منطقة الامتصاص الاسي 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 [77].

C- منطقة الامتصاص الواطئ Low Absorption Region :-

في هذه المنطقة تكون ($\alpha < 1cm^{-1}$) وتعزى إلى الانتقالات بين المستويات في الذيلين داخل الحزمة ويلاحظ في هذا الجزء ذيل امتصاص (Absorption Tail) ومن الصعب دراسته نظراً للمستوى الواطئ من الامتصاص [78].

والشكل (2-16) يوضح طيف الأمتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة الترسيب بالمحلول الغروي [79].



الشكل (2-16) الأمتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

2-14 معامل الأمتصاص Absorption Coefficient :-

يعرف معامل الامتصاص بأنه نسبة النقص الحاصل في فيض طاقة الإشعاع بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجه داخل الوسط [63], ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وعلى خواص شبه الموصل, فعند سقوط حزمة ضوئية على غشاء رقيق فإن جزءاً منها سينعكس وجزءاً ينفذ وجزءاً تمتصه مادة الغشاء, وتعتمد كمية كل من الطاقة المنعكسة والنافذة والممتصة على طبيعة كل من الطاقة المنعكسة والنافذة بينما تعتمد الطاقة

المتنصة على طبيعة مادة الغشاء الرقيق وسطحه والطول الموجي للحزمة الضوئية الساقطة [80], ان معظم الفوتونات المتنصة (63%) تحدث عند المسافة $(1/\alpha)$ والتي تدعى عمق الاختراق (Penetration depth) [81].

إن تحديد قيمة معامل الامتصاص يساعد على معرفة طبيعة الانتقالات الالكترونية فإذا كانت قيمة (α) عالية, أي ان $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$ فذلك يعني احتمالية حدوث انتقال الكتروني مباشر, في حين تدل قيمة (α) القليلة, أي $(\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1})$, على احتمالية حدوث انتقال الكتروني غير مباشر [82].

ومن القانون الخاص بامتصاص الاشعاع (قانون لامبرت) تكون العلاقة بين شدة الضوء الساقط (I) وشدة الضوء النافذ (I_0) كما في المعادلة الآتية:

$$I = I_0 e^{(-\alpha t)} \dots\dots\dots (17-2)$$

اذ ان:

α : دالة للطول الموجي وتعرف بمعامل الامتصاص وتقاس بوحدات (cm^{-1}) .

وبعد تبسيط المعادلة السابقة نحصل على:

$$\alpha t = -2.303 \text{ Log } \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots (18-2)$$

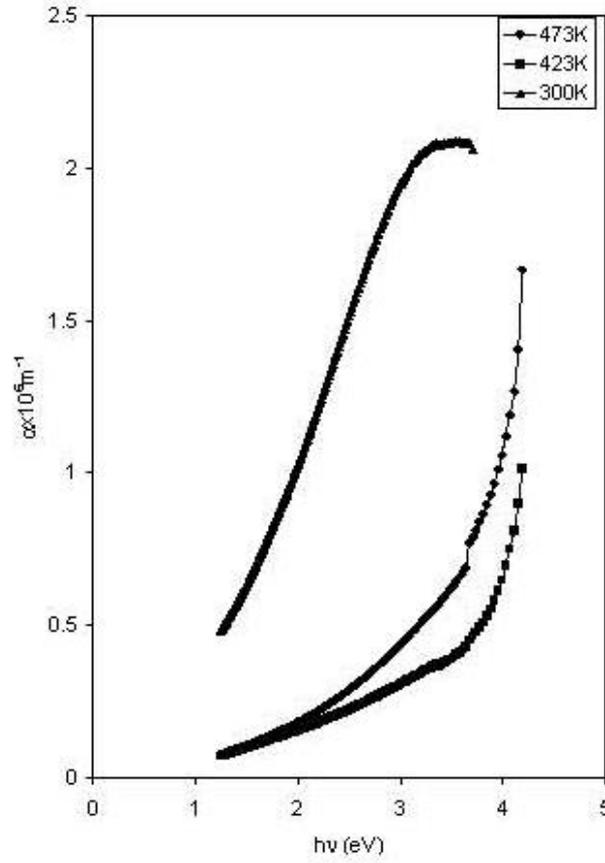
أذ ان المقدار $(\text{Log } \frac{I_0}{I})$ يمثل A وهو امتصاصية الغشاء الرقيق، وان شدة الاشعة

الساقطة تتناقص بشكل اسي خلال المادة $(e^{-\alpha t})$ ، وان α تمثل معامل الامتصاص والذي يمثل نسبة التناقص في طاقة الاشعاع خلال المادة [83].

وبذلك يمكن كتابة المعادلة (18-2) بالشكل الآتي:

$$\alpha = 2.303 \ A/t \dots\dots\dots (19-2)$$

والشكل (17-2) يوضح معامل الأمتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وبدرجات حرارة مختلفة, اذ لوحظ أن قيمة معامل الأمتصاص تقل كلما قلت طاقة الفوتون [84].



الشكل (2-17) معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل [84].

2-15-15 الانتقالات الإلكترونية Electronic Transitions :-

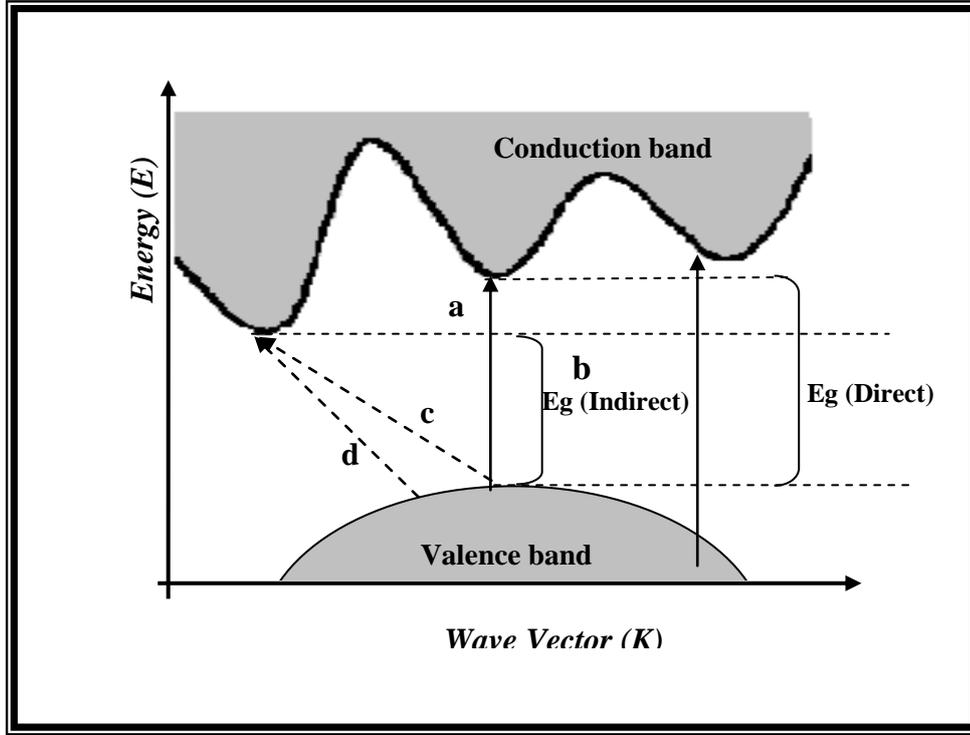
هناك نوعان من الانتقالات الإلكترونية، وهي الانتقالات المباشرة والانتقالات غير المباشرة.

2-15-15-1 الانتقالات الإلكترونية المباشرة Direct Electronic Transitions

ويكون فيها قعر حزمة التوصيل وقمة حزمة التكافؤ عند نفس النقطة في فضاء (\mathbf{k}) وفي هذه الحالة سوف يظهر الامتصاص عند ($h\nu = E_g$) وهذا النوع يحدث دون ($\Delta\mathbf{k}=0$)، تغيير ملحوظ في الزخم، وهناك نوعان من الانتقالات المباشرة، فعند حدوث الانتقال بين أعلى وأوطأ نقطة لحزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي فإنه يسمى الانتقال المباشر المسموح ($\text{Direct Allowed Transition}$)، أما عند حدوث الانتقالات بين النقاط المجاورة لأعلى وأوطأ نقطة فإنه يسمى الانتقال المباشر الممنوع ($\text{Direct Forbidden Transition}$).

ومعامل الامتصاص لهذا النوع من الانتقالات يمكن حسابه من المعادلة (2-11).

فإذا كان $(r = 1/2)$ يكون الانتقال مباشراً مسموحاً، أما إذا كان $(r = 3/2)$ فإن الانتقال يكون مباشراً ممنوعاً، كما في الشكل (18-2) [62].



الشكل (18-2) أنواع الانتقالات الإلكترونية [64]

- (a) انتقال مباشر مسموح. (b) انتقال مباشر ممنوع.
(c) انتقال غير مباشر مسموح. (d) انتقال غير مباشر ممنوع.

2-15-2- الانتقالات غير المباشرة Indirect Transitions:-

في الانتقالات البصرية الإلكترونية غير المباشرة يكون قعر حزمة التوصيل وقمة حزمة التكافؤ في مناطق مختلفة لفضاء (\mathbf{k}) ، وهذا النوع من الانتقالات يحدث بمساعدة الفونون من اجل حفظ الزخم (Conservation of Momentum) الناتج عن تغير متجه الموجه (Wave Vector) للإلكترون، وهناك نوعان من الانتقالات غير المباشرة، فعندما تكون الانتقالات بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ واطوا نقطة من حزمة التوصيل والموجودة في مناطق مختلفة لفضاء (\mathbf{k}) فإنه يسمى الانتقال غير المباشر المسموح، أما إذا كان الانتقال بين

نقاط مجاورة لأعلى واطماً نقطة في حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل فإنه يسمى الانتقال غير المباشر الممنوع [63]، كما في الشكل (2-16).

يمكن الحصول على معامل الامتصاص لهذا النوع من الانتقالات من المعادلة الآتية [85]:

$$\alpha h\nu = p(h\nu - E_g \pm E_{ph})^r \dots\dots\dots (20-2)$$

اذ ان:

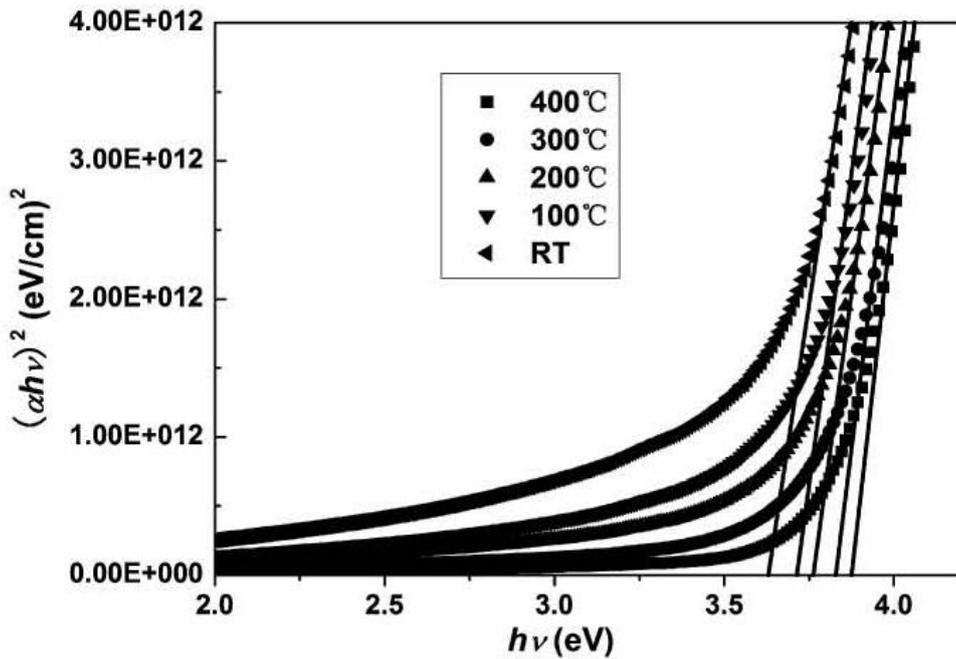
r: تساوي (2) في الانتقالات غير المباشرة المسموحة، و r تساوي (3) في الانتقالات غير المباشرة الممنوعة.

$$\alpha h\nu = P (h\nu - E_g + Eph)^r$$

E_{ph}: طاقة الفونون المساعد.

(+): امتصاص الفونون، (-): انبعاث الفونون.

والشكل (2-19) يبين قيم فجوة الطاقة البصرية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التريز بالتردد الراديوي بالتلدين [86].



الشكل (2-19) قيم فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون [86].

16-2 معامل الانكسار Refractive Index (n) :-

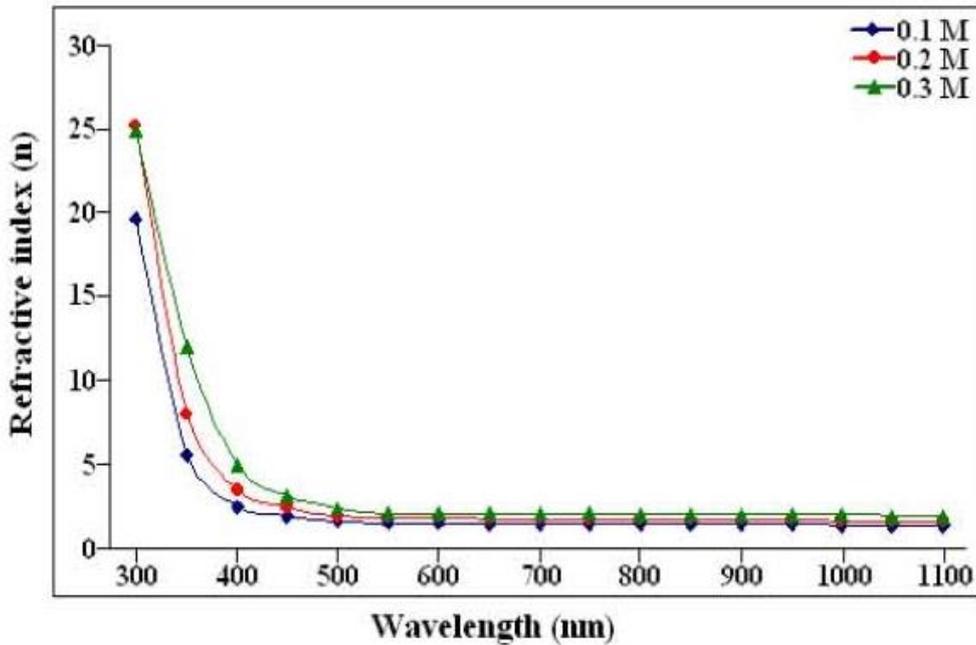
يعرف معامل الانكسار بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفضاء الحر (الفراغ) إلى سرعته في الوسط (ν) وهو الجزء الحقيقي من معامل الانكسار المعقد (N_o) [58].

يمكن حساب معامل الأنكسار من العلاقة الآتية [51]:

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \dots\dots\dots(21-2)$$

والشكل (20-2) يبين تأثير معامل الأنكسار بتغير الطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل، إذ

يلحظ من الشكل أن معامل الأنكسار يقل بزيادة الطول الموجي وبتراكيز مولارية مختلفة [87]



الشكل (20-2) معامل الأنكسار كدالة للطول الموجي

لأغشية أكسيد النيكل وبتراكيز مختلفة [87].

17-2 معامل الخمود Extinction Coefficient (K):-

يسمى الجزء الخيالي من معامل الأنكسار المعقد بـ (معامل الخمود K)، والذي يعرف على أنه الخمود الحاصل في الموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة أو كمية الطاقة الممتصة في المادة [88]، ويعطى معامل الخمود بالعلاقة الآتية:-

$$N_o = n - iK \dots\dots\dots(22-2)$$

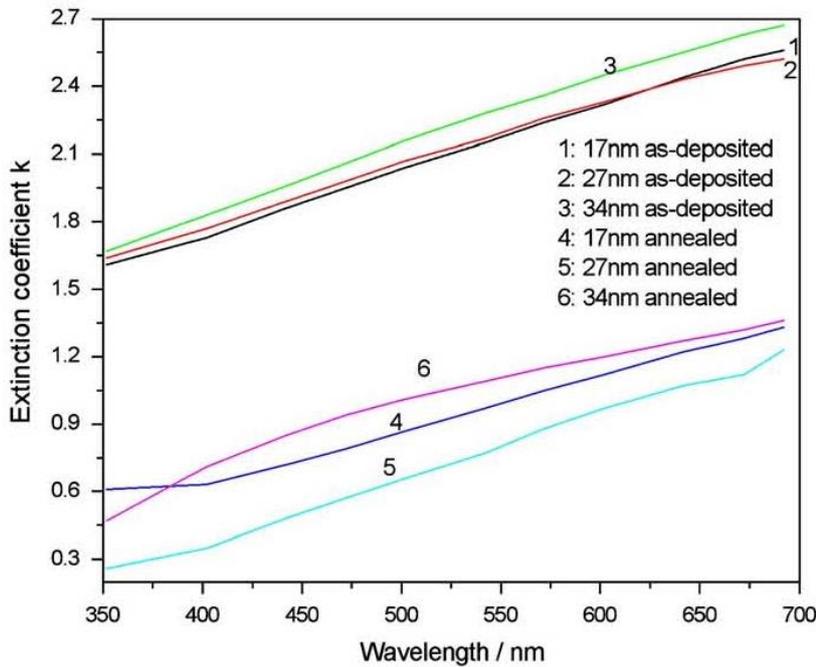
N_o:معامل الأنكسار المعقد.

n :معامل الانكسار.

تم حساب معامل الخمود للأغشية المحضرة باستخدام العلاقة الآتية [89]:

$$K = \alpha\lambda/4\pi \dots\dots\dots (23-2)$$

ويلاحظ من العلاقة (23-2) أن معامل الخمود (k) يرتبط بمعامل الامتصاص (α).
والشكل (21-2) يبين العلاقة بين معامل الخمود وسمك أغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري, إذ لوحظ أن معامل الخمود يتغير بتغير السمك عند الترسيب وبعد التلدين [72].



الشكل (21-2) معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل عند الترسيب وبعد التلدين [72].

18-2 ثابت العزل Dielectric Constant (ϵ):-

إن الاستقطاب الحاصل لشحنات مادة الوسط نتيجة امتصاص هذه الشحنات طاقة الحزمة الضوئية الساقطة عليها يدعى بثابت العزل المعقد للوسط (ϵ) ويعطى وفقاً للعلاقة الآتية [90, 91]:

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2 \dots\dots\dots (24-2)$$

اذ ان:

ϵ : ثابت العزل المعقد.

ϵ_1 : الجزء الحقيقي لثابت العزل.

ϵ_2 : الجزء الخيالي لثابت العزل.

ويرتبط ثابت العزل المعقد مع معامل الانكسار المعقد بالعلاقة الآتية:

$$\epsilon = N_o^2 \dots\dots\dots(25-2)$$

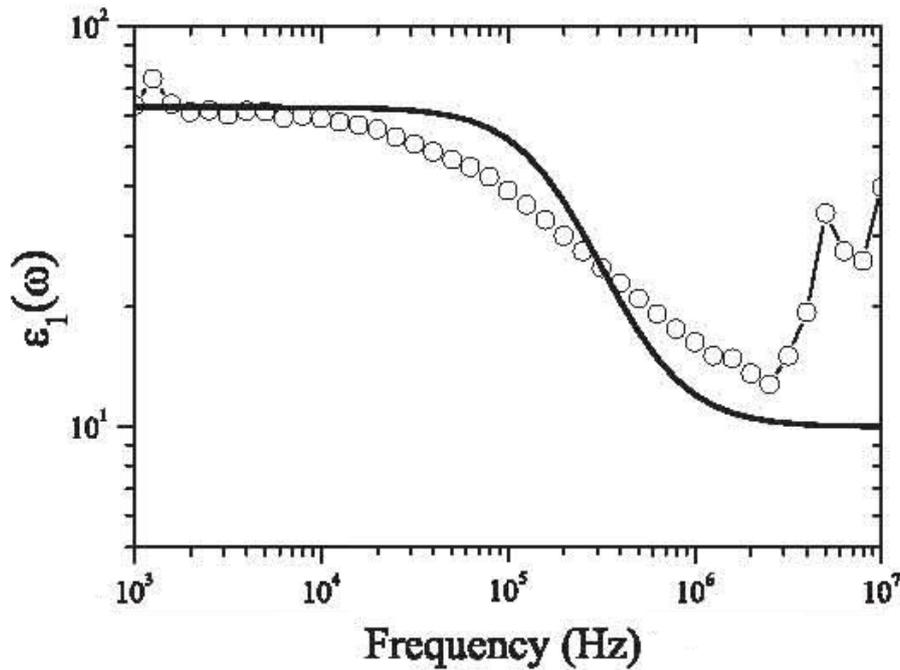
$$\epsilon_1 - i\epsilon_2 = (n - ik)^2 \dots\dots\dots (26-2)$$

يمكن كتابة الجزء الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل بالشكل الآتي :

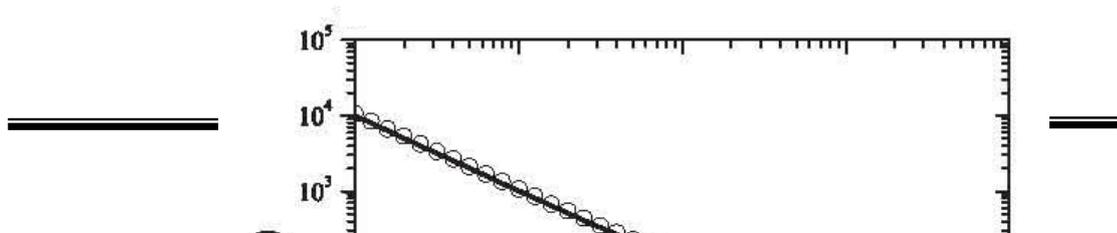
$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 \dots\dots\dots (27-2)$$

$$\epsilon_2 = 2nk \dots\dots\dots (28-2)$$

والشكلان (22-2) و(23-2) يبينان العلاقة بين ثابت العزل بجزئيه الحقيقي والخيالي مع التردد لأغشية أوكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري [92].



الشكل(22-2) ثابت العزل الحقيقي كدالة للتردد لأغشية أوكسيد النيكل [92]



الشكل (2-23) ثابت العزل الخيالي كدالة للتردد لأغشية أكسيد النيكل [92].

2-19 التوصيلية الضوئية Photo Conductivity :-

استخدمت العلاقة الاتية في هذه الدراسة لحساب التوصيلية الضوئية [93, 94].

$$\sigma = \alpha mc/4\pi \dots\dots\dots (29-2)$$

اذ ان:

c : هو سرعة الضوء في الفراغ.

2-20 مجهر القوة الذرية (AFM) :-

يتركب مجهر القوة الذرية من ذراع (Cantilever) في نهايته مجس (Prope) مكون من رأس حاد يعرف بـ (tip) يستخدم لمسح سطح العينة, إذ يصنع الذراع من مادة السليكون أو نتريد السليكون بنصف قطر في حدود بضعة نانومترات, وعندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي هذه القوة الى انحراف في الذراع بناء على قوة هوك, وقد تكون القوة المتبادلة قوة ميكانيكية أو قوة فاندرفالز أو قوة كهروستاتيكية أو قوة مغناطيسية أو قوة رابطة كيميائية أو غيرها من أنواع القوة وفقا لنوع السطح الذي يتم دراسته, كما يمكن دراسة العديد من أنواع هذه القوة باستخدام مجسات خاصة وعندها يسمى المجهر بأسمها

(Magnetic Force

مثل مجهر القوة المغناطيسية

Scanning Thermal

(MFM) Microscope) أو مجهرالمسح الحراري

(STM) (Microscope) أو غيره، وفي كل هذه المجاهر تحدث القوة المتبادلة باختلاف أنواعها أنحراف في ذراع مجهر القوة الذرية، ويقاس هذا الانحراف بواسطة أنحراف شعاع ليزر عن مرآة مثبتة على ذراع المجهر وشعاع الليزر المنعكس يرصد على مصفوفة خطية من الدايبودات الضوئية (Photodiodes)، وهناك طرق أخرى لقياس الانحراف مثل مقياس التداخل الضوئي (Interferometry optical) أو باستخدام بيزوألكترنك أو مجس سعة كهربائية، وحسب طريقة الانحراف يتم تصميم ذراع المجهر، فمثلا لو كانت طريقة القياس تعتمد على الكهرباء الأنضغاطية (piezoelectric) فإن الذراع تصنع من مواد (piezoelectric)، ولكن تعتبر طريقة قياس الانحراف بشعاع الليزر الطريقة الأدق والأكثر استخداما، إذا تم مسح المجس عند ارتفاع معين من سطح العينة فقد يكون هناك خطورة من سطح المجس بأن يصطدم بالسطح، ولتجنب حدوث هذا الاصطدام يتم استخدام تغذية عكسية للتحكم في المسافة بين المجس وسطح العينة لتحاظ على الدقة المتبادلة بينهما ثابتة، ويتم تثبيت العينة على قاعدة من مادة (piezoelectric) تحرك العينة في الاتجاه (Z) للحفاظ على قيمة ثابتة للقوة المتبادلة بين المجس وسطح العينة وكذلك تحريك العينة في البعدين (X, Y)، وهناك أنواع أخرى من مجهات القوة الذرية تستخدم 3 بلورات (piezoelectric) بحيث كل بلورة مسؤولة عن اتجاه من اتجاهات الحركة الثلاثة، وفي التصاميم الحديثة يتم تثبيت الذراع على ماسح (Piezoelectric) أفقي في حين يتم تحريك العينة فقط في الاتجاهين (X, Y)، وفي النهاية نحصل على خريطة لمساحة تمثل طبوغرافيا سطح العينة، يمكن تشغيل مجهر القوة الذرية (AFM) بعدة أنماط تشغيل وهذا حسب الاستخدام المطلوب ونوع الفحص المراد، وبشكل عام يمكن تقسيم أنماط التشغيل الى نوعين هما نمط التشغيل الأستاتيكي أو نمط الأتصال والنوع الثاني هو نمط التشغيل الديناميكي أو نمط عدم الأتصال [95]، والشكل (2-24) يبين تركيب مجهر القوة الذرية (AFM).



الشكل (24-2) مجهر القوة الذرية (AFM) [95].

1-3 المقدمة :-

في هذا الفصل نتطرق الى كيفية تحضير الأغشية الرقيقة وأعطاء وصفا موجزا للاجهزة المستخدمة في تحضيرها, كما يتضمن الفصل ذكر المحاليل المستخدمة في التحضير والعوامل المؤثرة في تجانس الأغشية, وقياس السمك واجراء الفحوصات البصرية والتركيبية.

3-2 طرائق تحضير الأغشية الرقيقة:-

تعددت طرائق تحضير الأغشية الرقيقة بزيادة التطور العلمي والتكنولوجي وتطورت وتعددت الاجهزة المستخدمة في تحضيرها, وازدادت تبعا لذلك كلفة التحضير والتي تشكل عائقا كبيرا امام الحصول على الأغشية الرقيقة وبكلفة اقتصادية مقبولة, ولكل طريقة من طرائق تحضير الأغشية مميزاتا الخاصة من حيث الدقة في تحديد سمك وتجانس الغشاء والتي تؤدي الغرض المطلوب منها.

3-3 طريقة التحلل الكيميائي الحراري:-

اعتمدت هذه الطريقة في بحثنا الحالي, حيث يتم تحضير الأغشية الرقيقة برش محلول المادة التي يراد تحضير الغشاء منها على قواعد ساخنة الى درجة حرارة معينة اقل من درجة تطاير المادة ويتكون الغشاء بالتفاعل الكيميائي على القاعدة [96].

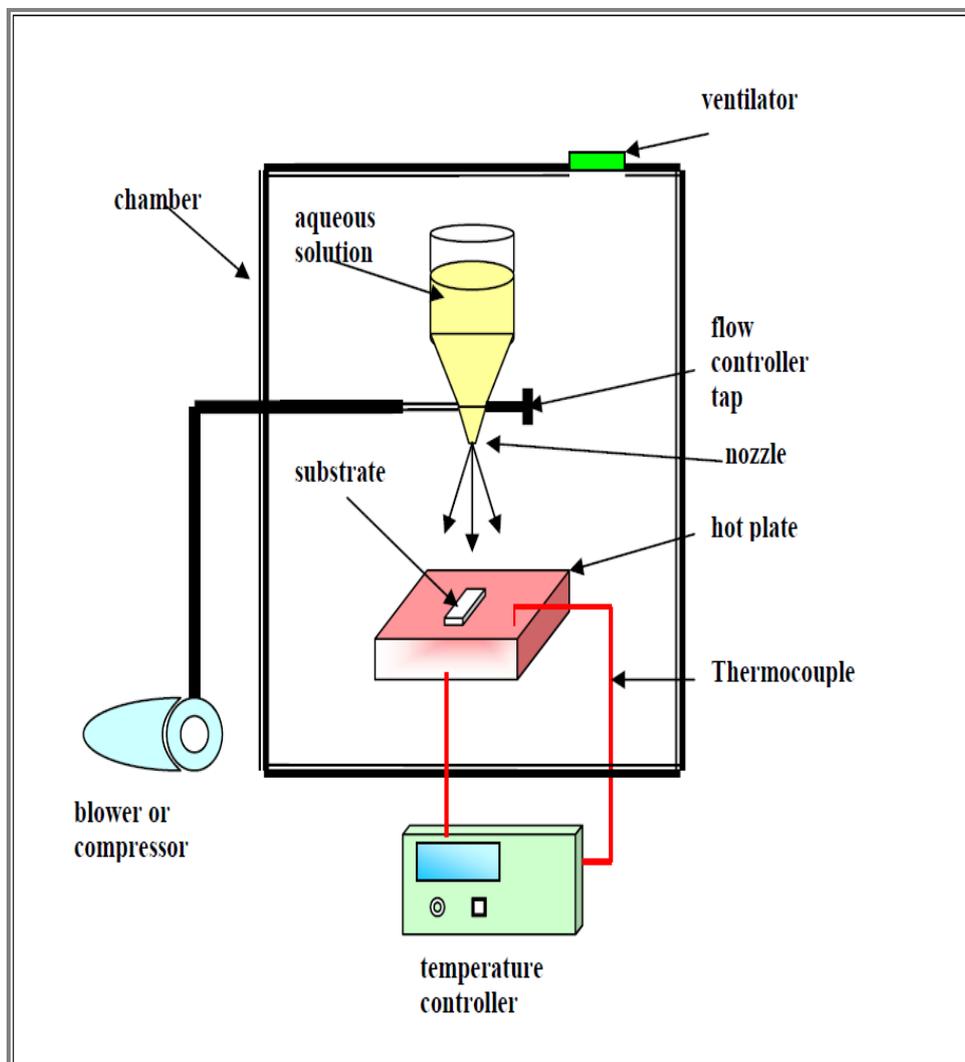
3-4 منظومة الترسيب:-

الشكل (1-3) يوضح منظومة الترسيب التي استعملت لتحضير الأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل (NiO), وتتكون هذه المنظومة من الاجزاء الآتية:-

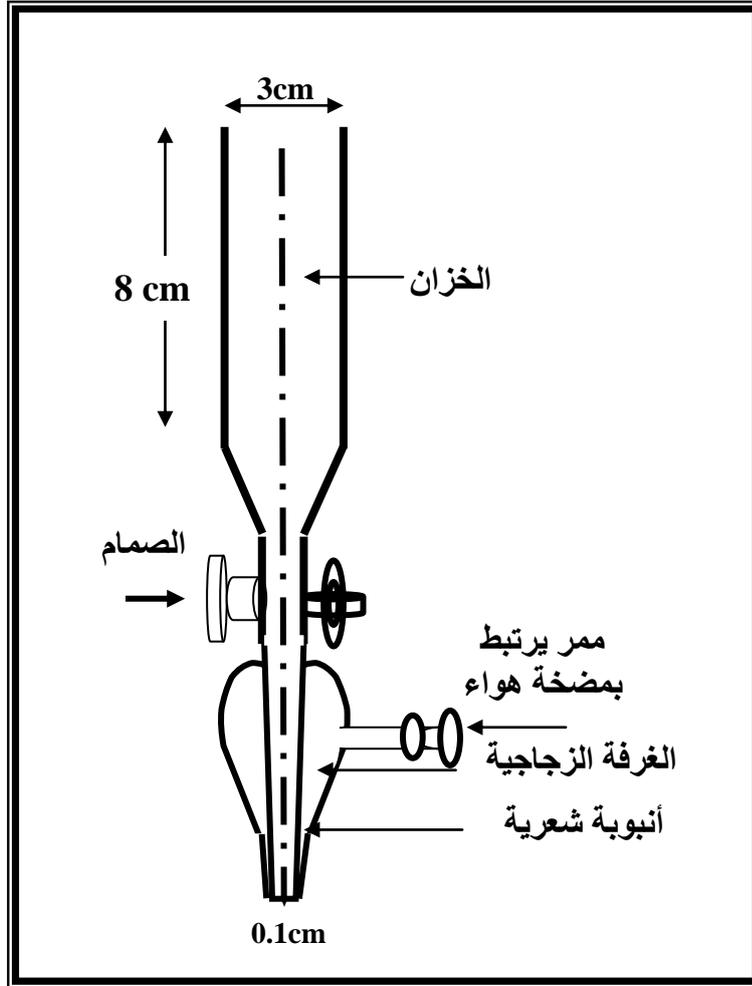
1- جهاز الرش (Sprayer Nozzle):-

هو جهاز مصنوع محليا من الزجاج الاعتيادي, ويتكون من خزان زجاجي بسعة (100 ml) مفتوح من الاعلى بفتحة نصف قطرها (1.5cm) وارتفاعه (8cm) توضع فيه المواد المراد رشها وهذا الخزان متصل من الاسفل بصمام الغرض منه التحكم بكمية المحلول النازل الى انبوبة شعيرية قطرها (0.1cm) وطولها (6cm), تحيط هذه الانبوبة غرفة زجاجية منتفخة ذات شكل مخروطي مغلقة من جهة الصمام ومفتوحة من الاسفل تحيط بفتحة الانبوبة الشعيرية

وفتحتي الانبوبة الشعرية والانبوبة المنتفخة عند نفس المستوى، وتحتوي الغرفة الزجاجية على فتحة جانبية تسمح بمرور الهواء المضغوط داخلها الذي يعمل على تخلخل الضغط داخل الغرفة الزجاجية ومن ثم تحويل القطرة النازلة من الانبوبة الشعرية الى رذاذ مخروطي الشكل باتجاه القاعدة المراد ترسيب الأغشية عليها، (الشكل 3-2) يبين مخططا توضيحيا لجهاز الرش، ومن العوامل المهمة التي يجب مراعاتها في تصميم الجهاز، الدقة في ان تكون نهاية الانبوبة الشعرية في منتصف نهاية الغرفة الزجاجية، وكذلك يكون سطحها الداخلي خاليا من الخدوش والتكسرات [97].



الشكل (3-1) منظومة الترسيب الكيميائي الحراري.



الشكل (2-3) مخطط توضيحي لجهاز الرش.

2- السخان الكهربائي (Electrical Heater):-

يتم استخدام سخان كهربائي لغرض التحكم بدرجة حرارة القاعدة الزجاجية المراد ترسيب المادة عليها بشكل غشاء، في هذه الدراسة تم استخدام سخان كهربائي يعمل بمدى حراري يتراوح بين (500-600° C) دائري الشكل متوسط قطره (15cm).

3- المزدوج الحراري (Thermocouple):-

استخدم مزدوج حراري من نوع (Ni Cr -Ni) مجهز من شركة (phywe) الألمانية لقياس درجة حرارة السخان والقاعدة الزجاجية، حيث يتكون المزدوج من مجس حراري حساس يوضع على سطح القاعدة ويتصل بعدد رقمي (Digital Counter) يبين درجة حرارة السطح مقدرة بالتدريج المئوي.

4- مضخة الهواء (Air pump):-

تم استخدام مضخة هواء للسيطرة على الهواء الداخلى الى جهاز الرش من النوع (Geblase) مجهزة من شركة (Phywe) الالمانية, حيث يعمل بدفع هواء مضغوط داخل الغرفة الزجاجية عن طريق الفتحة الجانبية الموجودة في الغرفة الزجاجية, وذلك من خلال ارتباط المضخة مع جهاز الرش عن طريق انبوب مطاطي, مما يؤدي الى دفع المحلول النازل من الانبوبة الشعرية على سطح القاعدة الزجاجية بشكل رذاذ دقيق.

5- الميزان الالكتروني (Electronic Balance):-

يستخدم الميزان الالكتروني لمعرفة وزن القواعد قبل وبعد الترسيب, وتصل حساسية الميزان الى (10^{-4} g) وهو من نوع (Mettler AE-160).

3-5 تحضير الأغشية الرقيقة :-

1- تهيئة القواعد الزجاجية :-

القواعد الزجاجية المستخدمة مصنوعة من الزجاج ذات سمك (0.1cm) ومساحتها ²) (2.55 x 2.55cm) مجهزة من (China National Machinery), تمر عملية تنظيف القواعد الزجاجية بمراحل عدة لضمان دقة التنظيف وما لذلك من اثر بالغ الاهمية في تركيب مادة الغشاء المحضر, لان وجود الشوائب على سطح القاعدة يؤثر سلبا على دقة القياسات, وهذه المراحل هي:-

1- غسل القواعد الزجاجية بعد مسكها بملقط خاص وغسلها بالماء العادي وباستخدام الحمام فوق الصوتي لتنظيف الزجاج.

2- غسل القواعد الزجاجية بالماء المقطر جيدا.

3- تغمر القواعد الزجاجية في وعاء يحتوي على الاسيتون او الايثانول ذات نقاوة (99.99%) لازالة اي آثار على القاعدة.

4- تجفف القواعد الزجاجية باستخدام الفرن الكهربائي وبدرجة (C 100°) ولمدة ساعتين (2h).

2- تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (NiO) الرقيقة:-

حضرت أغشية (NiO) النقية من محلول اسيتات النيكل الرباعية (4H₂O) .
 وهي مادة صلبة ذات لون اخضر وزنها الجزيئي (248.87g/mol) وكتافتها (6.67g/cm³), لتحضير محلول تركيزه المولاري (0.1) يجب ان نعرف وزن اسيتات النيكل الواجب خلطها في (100 ml) من الماء المقطر, ولمعرفة ذلك نستخدم العلاقة الآتية:-

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

اذ ان:

M: التركيز المولاري ويساوي 0.1.

W_t: وزن مادة أسيتات النيكل.

M_{wt}: الوزن الجزيئي لأسيتات النيكل.

V: حجم الماء المقطر ويساوي (100 ml).

نجد ان وزن اسيتات النيكل الواجب اذابتها في(100ml) من الماء المقطر هو(2.488g) للحصول على محلول تركيزه المولاري (0.1M), ولضمان الذوبان التام يستخدم خلط مغناطيسي (Magnetic stirrer) لخلط المحلول لمدة ساعة للتأكد من عدم وجود رواسب, يوضع هذا المحلول في خزان جهاز الرش ويسمح له بالتدفق بسرعة معينة وبفعل ضغط الهواء الذي يمر عبر الغرفة الزجاجية سيتحول الى رذاذ يسقط على القاعدة الزجاجية, وبتأثير حرارة القاعدة الزجاجية يتبخر الماء وتترسب مادة اوكسيد النيكل على القاعدة الزجاجية وتكون ذات لون اسود لنحصل على أغشية NiO وفق المعادلة الكيميائية الآتية:-



وان الأغشية الناتجة مستقرة وذات قوة التصاق عالية.

3-6 العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة

Parameters affect the preparation of thin film

هناك عوامل عدة يجب مراعاتها اثناء تحضير الأغشية هي:-

1- معدل الترسيب **Sprayer Rate**:-

يؤثر معدل الترسيب في تجانس الغشاء, اذ وجد أن أفضل معدل ترسيب نحصل منه على أغشية متجانسة هو (5ml /min), ويتم التحكم بهذا المعدل عن طريق الصمام الموجود في جهاز الترسيب.

2- ضغط غاز التذرية **Pressure of carrier gas**:-

يجب أن يكون ضغط الغاز المضغوط داخل الغرفة الزجاجية بشكل يجعل المحلول على شكل رذاذ دقيق حتى لا يتسبب في برودة القاعدة الزجاجية وتكسرها, اذ تم تثبيت ضغط الغاز داخل الغرفة الزجاجية في جهاز الرش عند تحضير الغشاء نحو (5pa) للحصول على غشاء متجانس للمادة المحضرة.

3- درجة حرارة القاعدة **Substrate Temperature**:-

للحصول على التفاعل الجيد والمطلوب تسخن القواعد الزجاجية المراد ترسيب الأغشية عليها بواسطة المسخن الكهربائي لمدة (20-30 min) حيث يقوم بهذا الدور (متحسس لدرجة الحرارة وجهاز السيطرة لدرجة الحرارة) قبل البدء بعملية الرش, حيث وجد عمليا أن درجة الحرارة الملائمة للحصول على أغشية متجانسة للأغشية المحضرة كافة (400 °C).

4- ارتفاع جهاز الترسيب **Height of spray nozzle**:-

يقصد به المسافة العمودية بين القاعدة الزجاجية ونهاية الأنبوبة الشعرية, وقد وجد أن أفضل غشاء متجانس نحصل عليه عند ارتفاع (29±1cm) تقريبا, ويكون رذاذ المحلول غير متجمع في بقعة واحدة وغير متطاير بعيدا عن القاعدة الزجاجية.

5- زمن الترسيب **Time of sprayer**:-

ان زمن الترسيب المستخدم هو (7sec) فقط تجنباً للتبريد المفاجئ للقواعد الذي يؤدي الى تشققات في القاعدة الزجاجية, ويعقب الترسيب فترة توقف لمدة (2min) لضمان عودة درجة حرارة القاعدة الى قيمتها الأصلية, وتكرر هذه العملية عدة مرات الى حين الحصول على السمك المطلوب.

3-7 ترسيب الأغشية الرقيقة Thin Film Deposition :-

توضع القواعد الزجاجية على السخان الكهربائي ويفتح السخان حتى تصل الى درجة حرارة (400°C) ثم يرش المحلول لمدة (7sec) تعقبها فترة توقف لمدة (2min) كي تعود القواعد الزجاجية الى درجة حرارة القاعدة (400°C) ثم يستأنف الرش لفترة أخرى حتى الوصول الى السمك المطلوب تحضيره، ويتم تدوير القواعد الزجاجية في اثناء عملية الرش للحصول على أفضل تجانس للغشاء، وبعد انتهاء عملية الرش يغلق السخان الكهربائي وتترك القواعد الزجاجية فوqe حتى تصل الى درجة حرارة الغرفة للسماح للأغشية المحضرة اكمال عملية الأكسدة والنماء البلوري وعدم تكسر القواعد الزجاجية بسبب إختلاف درجات الحرارة.

3-8 قياس سمك الأغشية الرقيقة

Thickness measurement of thin films

3-8-1 الطريقة الوزنية Weight method :-

استخدم في بحثنا الطريقة الوزنية لمعرفة سمك الأغشية، اذ تم وزن القاعدة الزجاجية النظيفة بعد غسلها بالماء المقطر أولاً ثم وضعها في الكحول (الأيثانول) أو الأسيتون ثم تجفف باستخدام ورق ترشيح، وتوزن باستخدام ميزان إلكتروني حساس من نوع (Mettler AE-160) ذو حساسية (g 10⁻⁴) ، فيكون الوزن قبل الترسيب (W₁)، وبعد اتمام عملية الترسيب يعاد وزنها مرة ثانية فيكون (W₂) ويكون فرق الوزن (Δw) عبارة عن مادة الغشاء المترسبة على القاعدة، ويتم حساب سمك الغشاء (t) باستخدام المعادلة :-

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

إذ ان:

Δw: فرق الوزن (g).

ρ: كثافة مادة الغشاء (g/cm³).

s: مساحة الغشاء (cm²).

وقد وجد أن نسبة الخطأ في طريقة القياس هي (40%).

3-9 الخصائص التركيبية Structure properties :-**3-9-1 تقنية حيود الأشعة السينية X-Ray diffraction :-**

تم التعرف على طبيعة التركيب البلوري للمادة والتأكد من نوعها بأستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (XRD).

وقد تم أستخدام جهاز حيود الأشعة السينية وبالمواصفات الآتية :-

TYPE: PHILIPS PW 1840

TARGET: Cu K α

WAVE LENGTH: 1.54 Å

SPEED: 5°/ min

VOLTAGE: 40 KV

CURRENT: 30mA

RANGE (2 θ): 20°-60°

3-9-2 مجهر القوى الذرية (AFM) Atomic Force Microscope

تمت عملية فحص الأغشية المحضرة باستخدام مجهر القوة الذرية من النوع (AAA3000) والمجهز من شركة (Angstrom Advanced Inc.)، حيث اجريت كافة الفحوصات في ظروف المختبر الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة.

3-10 القياسات البصرية Optical Measurements :-

أشتملت القياسات البصرية على قياس الأمتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) لمدى الأطوال الموجية (300-900) nm بأستخدام مطياف (UV-Visible Recording Spectrophotometer UV-165A) المجهز من شركة (Shimadzu) اليابانية، ولغرض اجراء القياسات أعلاه تم وضع قاعدة زجاجية نظيفة في شباك المرجع من نفس الزجاج المستخدم في تحضير الأغشية، بعد ذلك وضعت القاعدة المرسب عليها الغشاء في شباك المصدر وثبتت القاعدتان تثبيتا جيدا في مكانها ومن ثم تصفير الجهاز قبل

البدء بقراءة الأمتصاصية والنفاذية, وفي الدراسة الحالية تم قياس جميع الأغشية المحضرة وبأسماك مختلفة (140, 180, 240, 280, 330) nm.

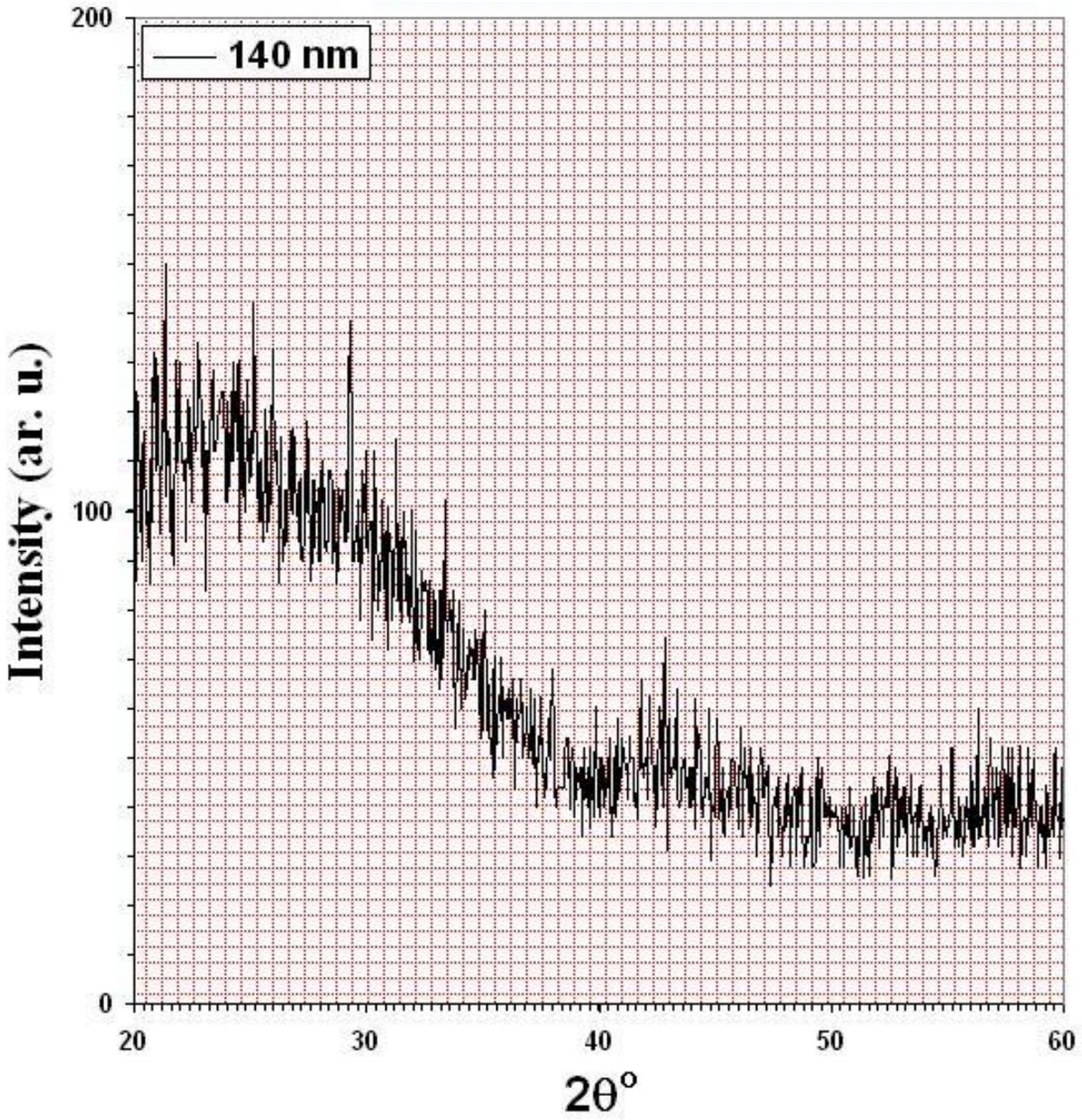
1-4 المقدمة :-

يتضمن هذا الفصل عرض نتائج الفحوصات التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد النيكل ذات السمك nm (140, 180, 240, 280, 330) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وتحليلها ومناقشتها, بالإضافة الى الأشكال البيانية التي تم التوصل إليها من خلال المعادلات الرياضية.

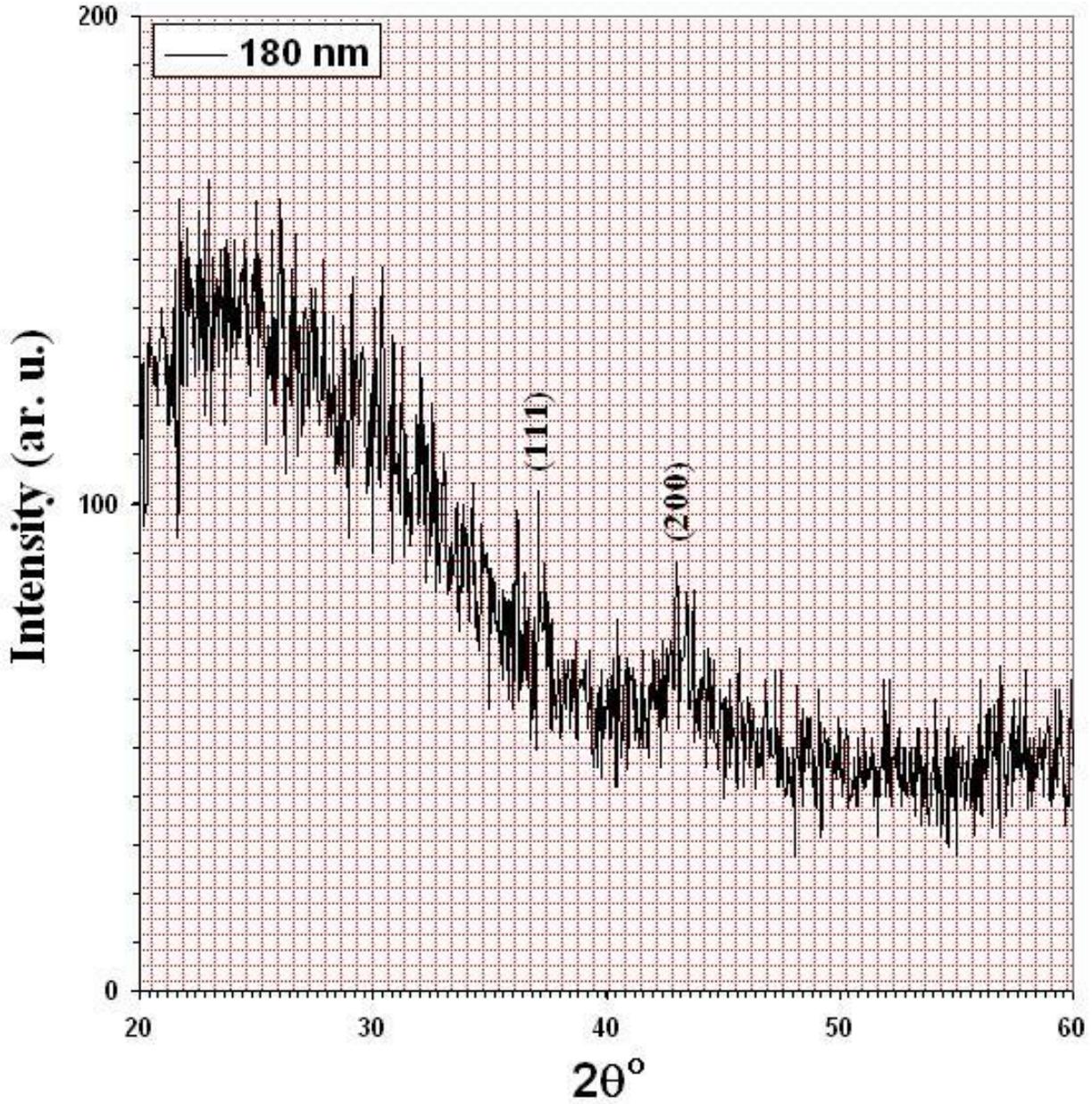
2-4 الفحوصات التركيبية :-

1-2-4 نتائج الفحص بالأشعة السينية (XRD) :-

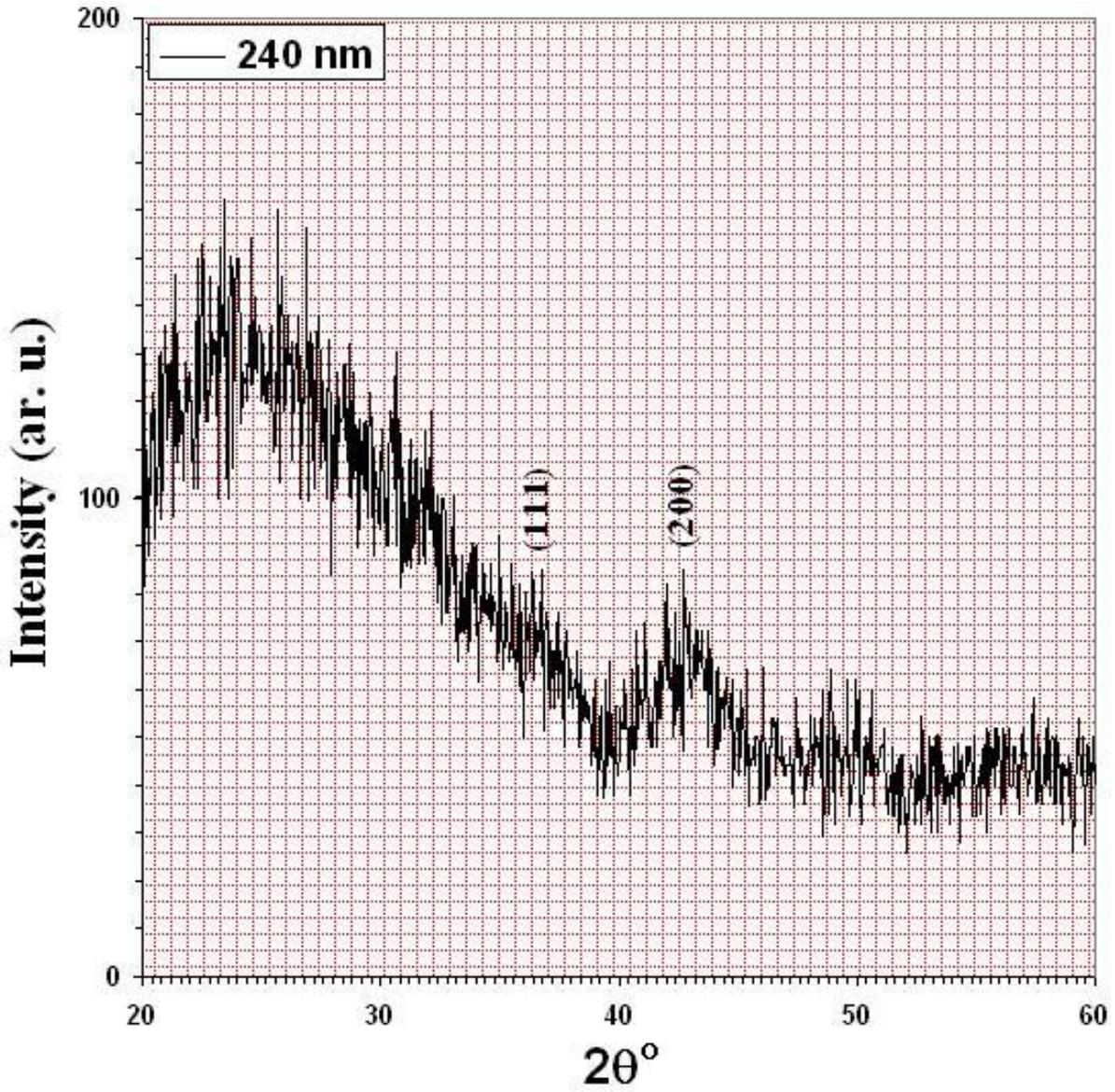
أظهرت نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية أن الأغشية المحضرة ذات السمك المختلف الموضحة في الأشكال (1-4)، (2-4)، (3-4)، (4-4)، (5-4) وللاسمك nm (180, 240, 280, 330) ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب (Cubic), أما بالنسبة للغشاء ذي السمك (140nm) فقد تبين بأنه ذو تركيب عشوائي (Amorphous), وقد كان الاتجاه السائد هو (200) للأغشية ذات السمك nm (180, 240, 280), أما الاتجاه السائد للغشاء ذي السمك (330 nm) هو (111), ان ظهور مستويات مختلفة في بحثنا هذا تتفق مع ما جاء به (Purshothama) وآخرون [18] ومع (Lei Ai) وآخرون [86], ومع (Guziewicz) وآخرون [98], ومع (Motlagh) وآخرون [99].



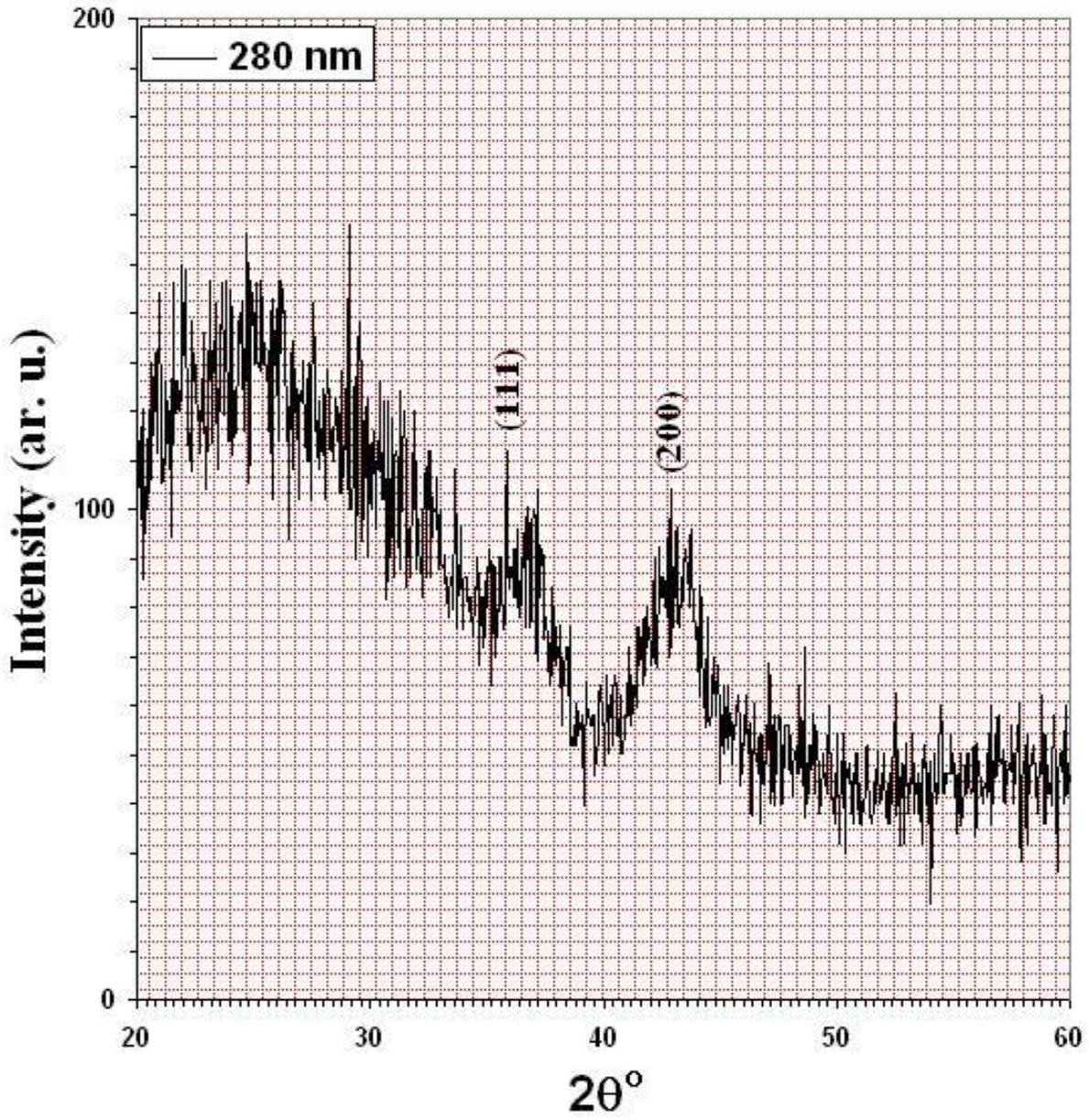
الشكل (1-4) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء أكسيد النيكل بسمك (140 nm).



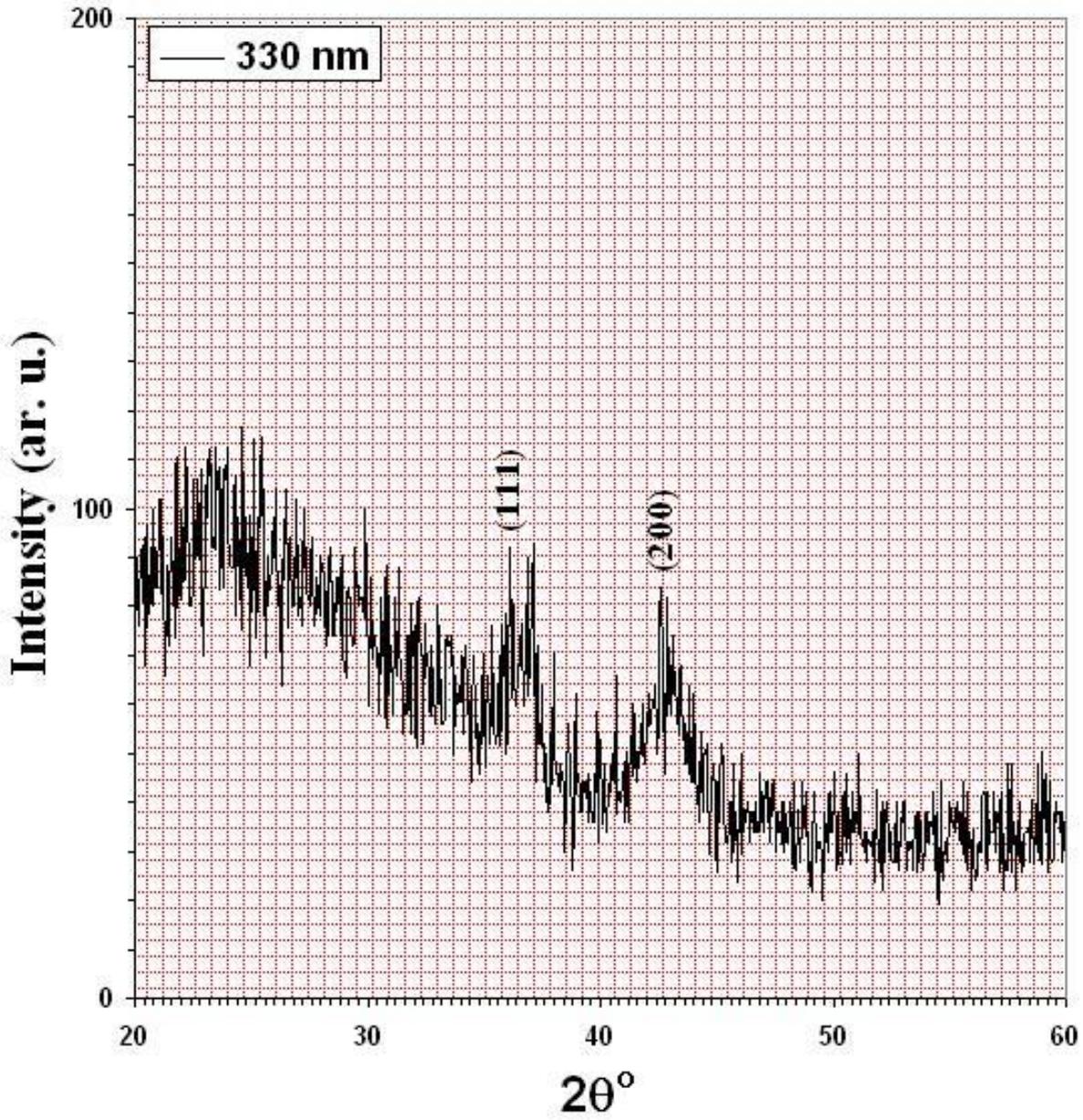
الشكل (2-4) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء أكسيد النيكل بسمك (180nm).



الشكل (3-4) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء أكسيد النيكل بسمك (240 nm).



الشكل (4-4) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء أكسيد النيكل بسمك (280 nm).



الشكل (4-5) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء أكسيد النيكل بسمك (330 nm).

والجدول (1-4) يوضح مواقع القمم والتي تتفق الى حد ما مع بطاقة الفحص القياسية (JCPDS).

جدول (1-4) مواقع القمم لأغشية اوكسيد النيكل

JCPDS								
2θ (deg)	h	k	l	t (nm)	2θ (deg)	h	k	l
43.29	2	2	0	180	43.3874	2	0	0
							1	1
37.28	1	1	1	240	42.8579	2	0	0
							1	1
0				280	43.6815	2	0	0
							1	1
				330		2	0	0
						37.1	1	1

*الخصائص التركيبية:-

1- حساب المسافة بين المستويات البلورية (d):-

تم قياس المسافة بين المستويات البلورية (d) بأستخدام قانون براك ومن العلاقة (1-2) أذ وجد أن المسافة بين المستويات الذرية لأغشية أوكسيد النيكل والمبينة في الجدول (2-4) تتفق الى حد ما مع مثيلاتها في بطاقة (JCPDS).

2- حساب ثابت الشبكة (a):-

حسب ثابت الشبكة (a) بأستخدام العلاقة (2-3), أذ وجد أن قيم ثابت الشبكة تتفق بشكل جيد مع مثيلاتها في بطاقة (JCPDS), وكما موضح في الجدول (2-4).

الجدول (2-4) المسافة بين المستويات البلورية (d) و ثابت الشبكة (a).

				JCPDS			
$a_0 \text{ \AA}$	$(nm) t$	$a_0 \text{ \AA}$	$d \text{ \AA}$	$d \text{ \AA}$	h	k	l
4.1769	180	4.166	2.083	2.088	2	0	0
					1	1	1
240	4.216	4.216	2.108	2.088	2	0	0
					1	1	1
280	4.14	4.14	2.070	2.088	2	0	0
					1	1	1
330	4.193	4.193			2	0	0
			2.421	2.41	1	1	1

حساب

-3

عامل التشكيل (Tc):-

تم حساب عامل التشكيل (Tc) للأغشية المحضرة بأستخدام العلاقة (2-4), وبينت النتائج أن قيم عامل التشكيل تتغير بتغير سمك الغشاء, أذ نلاحظ أن قيم عامل التشكيل لكافة الأغشية المحضرة لاتقل عن الواحد وهذا يعني أن كافة الأغشية المحضرة ذات أتجاه سائد واحد وهو (200) ولا يوجد تغير في الأتجاه السائد مع تغير السمك عدا الغشاء ذي السمك (330nm) فأن الأتجاه السائد له هو (111), وكما موضح في الجدول (3-4).

4- حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}):-

تم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) بأستخدام المعادلة (2-5), وقد وجد أن معدل الحجم الحبيبي يقل بزيادة سمك الغشاء مايدل على إنخفاض نسبة التبلور وكما موضح في الجدول (3-4).

5- حساب كثافة الأنخلاعات (δ):-

تم حساب كثافة الأنخلاعات (δ) بأستخدام المعادلة (2-6), أذ وجد أن كثافة الأنخلاعات تزداد بزيادة سمك الغشاء مما يدل على قلة التجانس ويؤكد على أن نسبة التبلور قد قلت نتيجة لزيادة كثافة الأنخلاعات وكما موضح في الجدول (3-4).

6- حساب عدد البلورات لوحدة المساحة (N):-

تم حساب عدد البلورات لوحدة المساحة بأستخدام المعادلة [2-7], وقد وجد أن عدد البلورات يزداد بزيادة سمك الغشاء المحضر, وكما موضح في الجدول (3-4).

الجدول (3-4) قيم عامل التشكيل, معدل الحجم الحبيبي وكثافة الأنخلاعات لأغشية أوكسيد النيكل وبأسماء مختلفة.

t (nm)	(T_c)	nm D_{av}	(δ) $\times 10^{11}$ /cm ²	(N) $\times 10^{15}$ /m ²
180	1.117	51	0.384	1.356
240	1.639	25	1.6	15.36
280	1.257	16	3.906	68.35
333	1.724	15	4.444	97.77

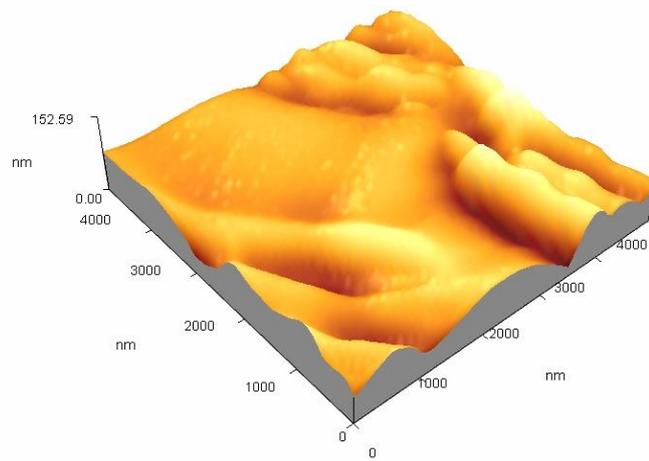
4-2-2 نتائج الفحص بمجهر القوة الذرية (AFM):-

أظهرت نتائج الفحص بمجهر القوة الذرية (AFM) أن معدل خشونة السطوح للأغشية المحضرة يقل مع زيادة السمك كما وأن قيم جذر مربع المعدل (RMS) تقل بزيادة السمك، وبما أن قيم معدل جذر المربع تتناسب طردياً مع قيم معدل الحجم الحبيبي مما يدل على أن نتائج مجهر القوى الذرية تتفق مع نتائج حيود الأشعة السينية، وكما موضح في الجدول (4-4).

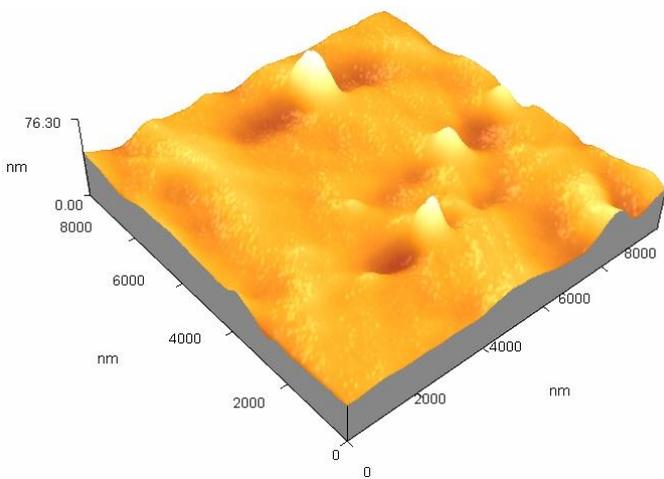
الجدول (4-4) نتائج الفحص بمجهر القوة الذرية (AFM) لأغشية أكسيد النيكل.

Sample	Surface roughness(nm)	RMS (nm)
140	11.3	15.5
180	4.04	5.49
240	2.45	4.73
280	1.26	1.38
330	0.617	0.787

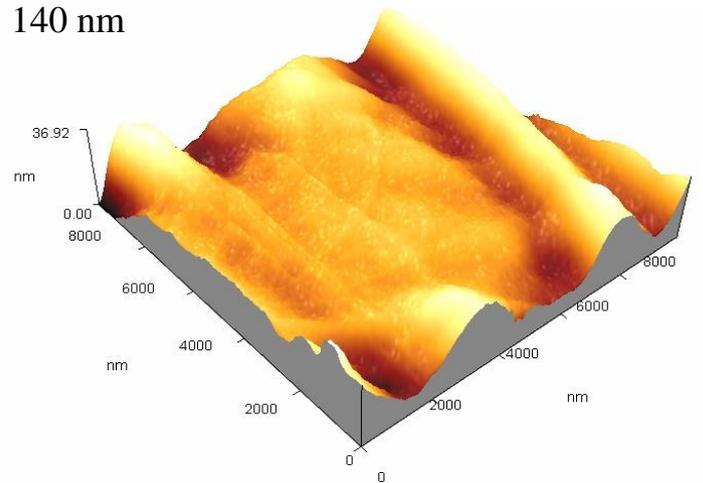
والشكل (6-4) يبين فحوصات مجهر القوى الذرية ولكافة الأغشية المحضرة.



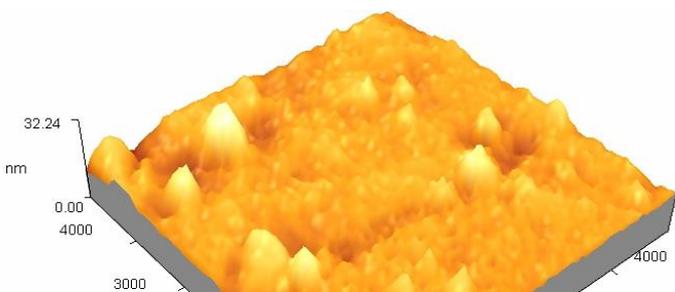
140 nm



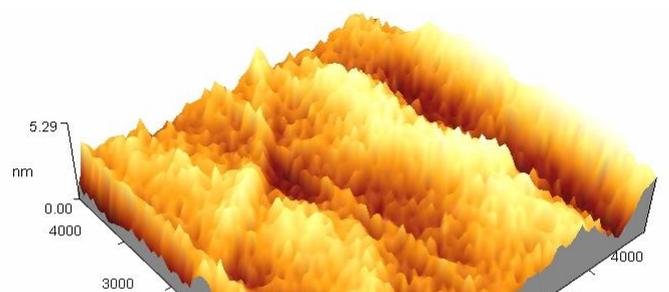
180 nm



240 nm



== 62



1

180nm

240nm

280 nm

330 nm

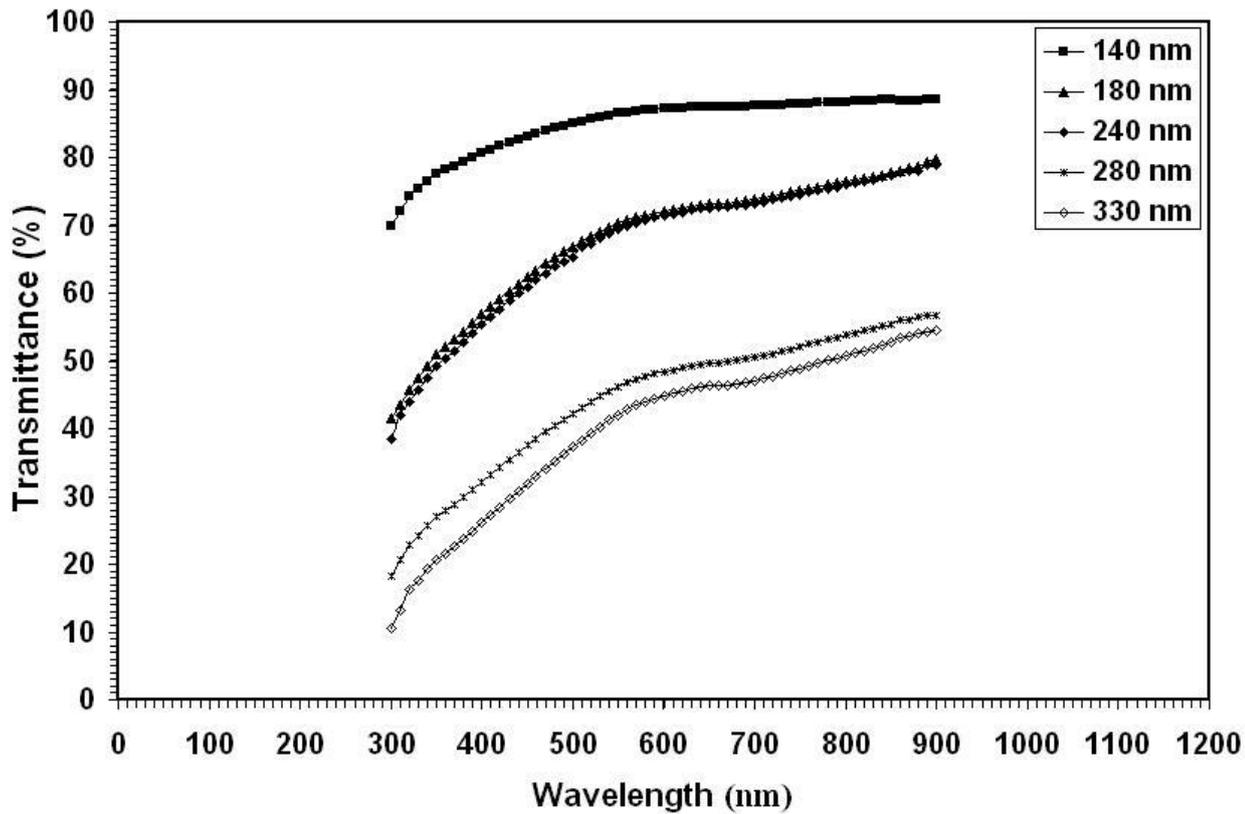
الشكل (4-6) الفحص بمجهر القوة الذرية لأغشية أكسيد النيكل ولأسمك مختلفة.

4-3 الخواص البصرية:-

تضمنت دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد النيكل ذات السُمك المختلف, إذ حسبت قيم النفاذية, الأنعكاسية والأمتصاصية كدالة للطول الموجي وكذلك تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح كدالة لطاقة الفوتون, كما تم حساب قيم الثوابت البصرية مثل: معامل الانكسار, معامل الخمود, معامل الامتصاص, ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي, والتوصيلية الضوئية كدالة للطول الموجي.

4-3-1 النفاذية (T) :-

تم إجراء قياسات النفاذية ضمن مدى الأطوال الموجية nm (300-900) لجميع أغشية اوكسيد النيكل مختلفة السُمك، ورسمت علاقة بيانية للنفاذية كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-7).



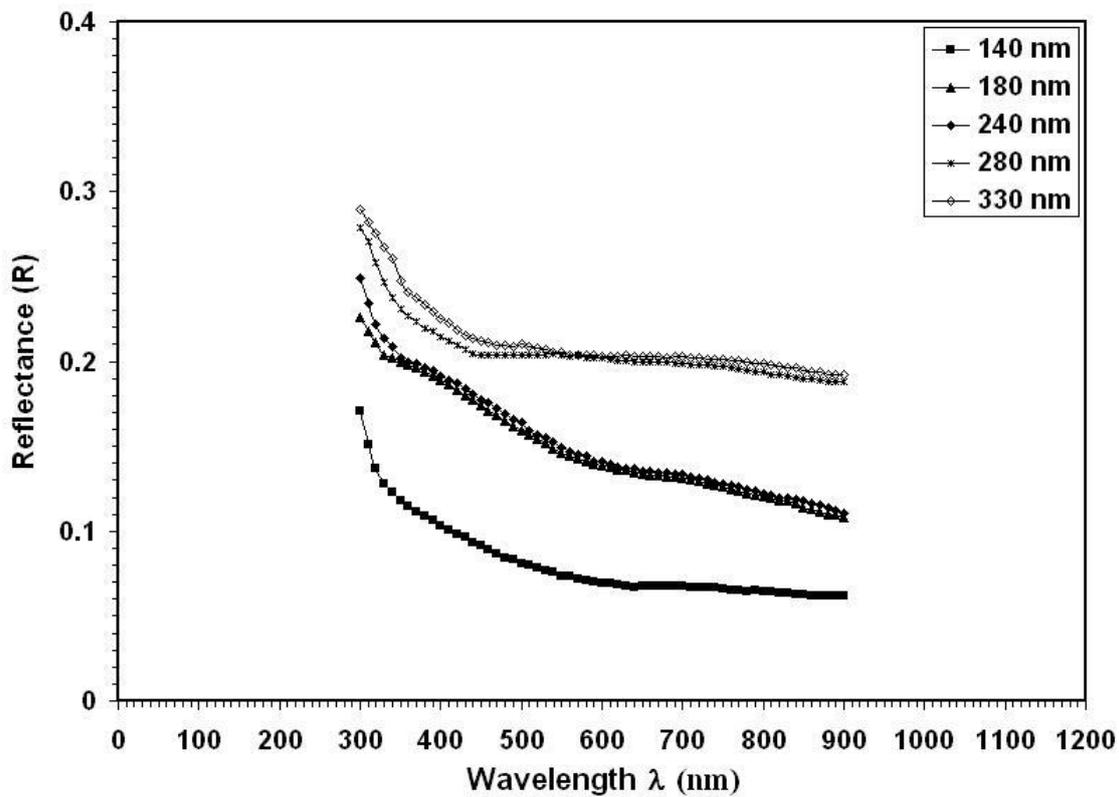
الشكل (7-4) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

وقد بينت النتائج ان النفاذية تزداد تدريجياً تبعاً لزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية اوكسيد النيكل, إذ تبين أن قيم النفاذية تكون أقل مايمكن في منطقة الأطوال الموجية المقابلة لفجوة الطاقة البصرية لكافة الأغشية المحضرة أي في المنطقة فوق البنفسجية من الطيف ضمن المدى (333-352) nm وتبدأ قيم النفاذية بالزيادة تدريجياً مع زيادة قيم الطول الموجي في المنطقة المرئية أي ضمن المدى (400-700)nm ونلاحظ ثبوت قيم النفاذية تقريباً في المنطقة تحت الحمراء. بينما تقل النفاذية بزيادة سُمك الغشاء, وتتفق نتائجنا مع ما جاء به (Saadati) وآخرون [11].

2-3-4- الأنعكاسية (R) :-

تم حساب قيم الانعكاسية لجميع أغشية اوكسيد النيكل مختلفة السُمك باستخدام المعادلة (9-2)، ورسمت علاقة بيانية للانعكاسية كدالة للطول الموجي كما في الشكل (8-4)، وقد بينت النتائج ان الانعكاسية تقل بصورة تدريجية تبعاً لزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية اوكسيد النيكل, إذ لوحظ تشابه منحنى الأنعكاسية لكافة الأغشية المحضرة, وأن الأنعكاسية تكون

أعظم ما يمكن عند قيم الأطوال الموجية المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية والتي تمثل فجوة الطاقة البصرية لكافة الأغشية المحضرة، أي في المنطقة فوق البنفسجية من الطيف ضمن المدى nm (333-352) وتبدأ قيم الانعكاسية بالنقصان تدريجياً مع زيادة الطول الموجي وتستمر بالنقصان في المنطقة المرئية ضمن المدى nm (400-700) والمنطقة تحت الحمراء من الطيف ضمن المدى nm (700-1000). بينما تزداد الانعكاسية تدريجياً بزيادة سُمك الغشاء، ويعود السبب في ذلك الى ان زيادة السُمك قد اثير في طبيعة السطح لمادة الغشاء وغير في طبيعة سطوح الأغشية، وهذه النتائج تتفق مع ما جاء به (Galvan) وآخرون [100].

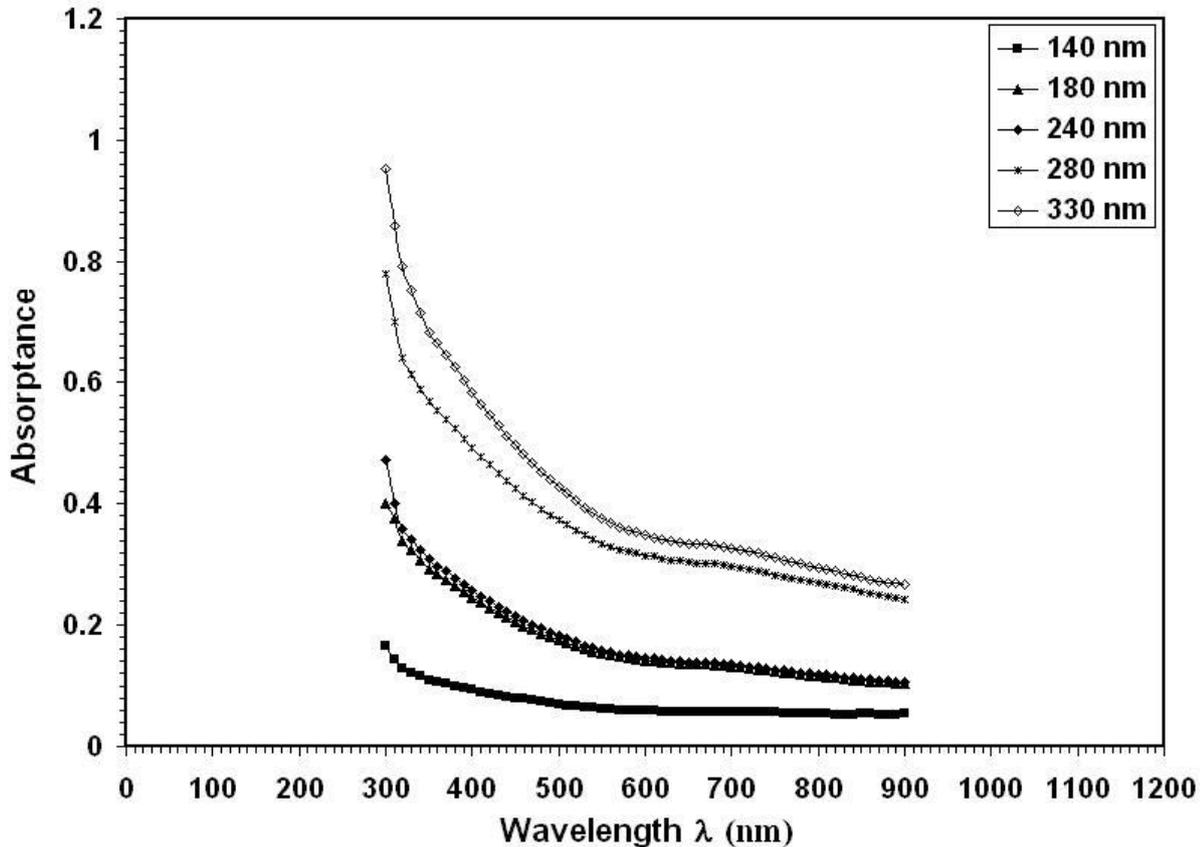


الشكل (4-8) الانعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

3-3-4 الامتصاصية (A):-

تم إجراء قياسات الامتصاصية ضمن مدى الأطوال الموجية nm (300-900) لجميع أغشية أكسيد النيكل مختلفة السُمك، ورسمت علاقة بيانية للامتصاصية كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-9)، وقد أظهرت النتائج ان الامتصاصية تقل بصورة تدريجية تبعاً لزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية أكسيد النيكل، هذا يعني أن الفوتون الساقط لم يستطع أن يهيج

الألكترون وينقله من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل, لأن طاقة الفوتون الساقط أقل من قيمة فجوة الطاقة البصرية لشبه الموصل. بينما تزداد الامتصاصية بصورة تدريجية بزيادة سُمك الغشاء, وتتفق هذه النتائج مع ما جاء به (Ibrahim) وآخرون [20], ومع (Patil) وآخرون [15].

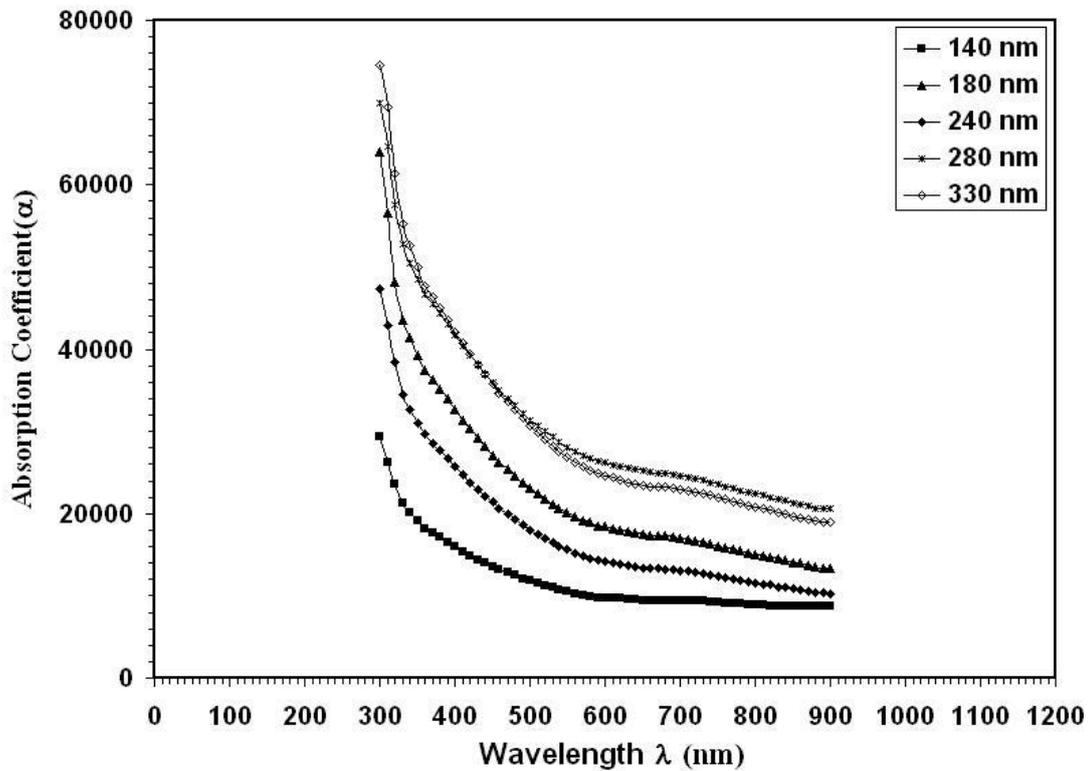


الشكل (9-4) الأمتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-4 معامل الأمتصاص (α) :-

تم حساب قيم معامل الامتصاص لجميع أغشية اوكسيد النيكل مختلفة السُمك باستخدام العلاقة (2-19), ورسمت علاقة بيانية لمعامل الامتصاص كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-10), وقد أظهرت النتائج ان معامل الأمتصاص يقل بزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية اوكسيد النيكل, وقد تبين تشابه منحنى معامل الأمتصاص لكافة الأغشية المحضرة, وأن أعظم قيمة لمعامل الأمتصاص تقع في منطقة الأطوال الموجية المقابلة لفجوة الطاقة البصرية وتقل تدريجيا مع زيادة الأطوال الموجية في المنطقتين المرئية وتحت الحمراء. بينما تزداد قيمة معامل

الامتصاص بزيادة سمك الغشاء, وتبين أن قيم معامل الامتصاص اكبر من (10^4 cm^{-1}) عند الأطوال الموجية القليلة (طاقة الفوتون عالية) مما يرجح حدوث الانتقالات الالكترونية المباشرة, كما بينت النتائج بأن حافة الامتصاص الأساسية تتجه نحو الأطوال الموجية الطويلة [101].



الشكل (10-4) معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-5 الانتقالات الإلكترونية :-

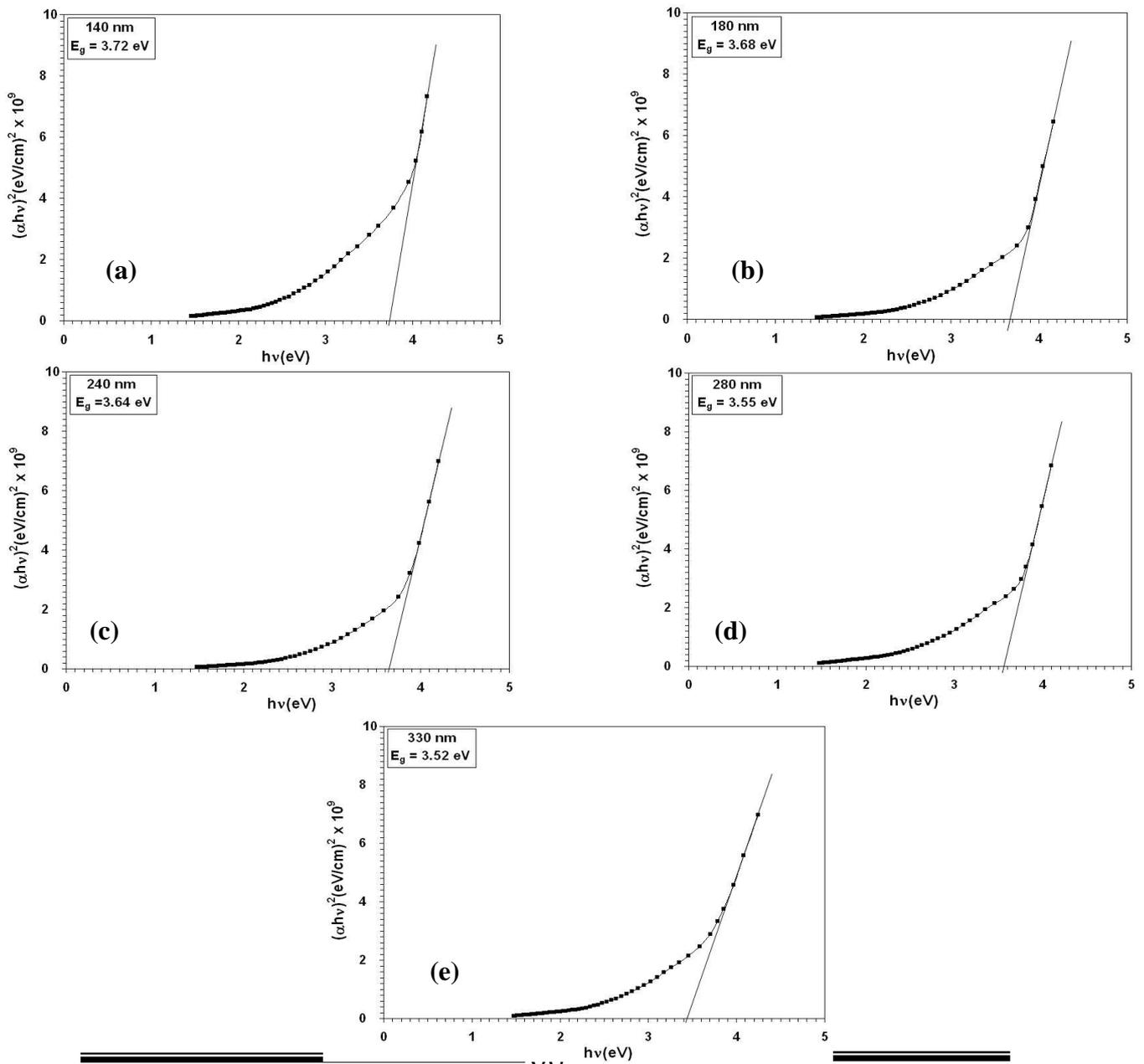
بعد أن تم رسم كافة أنواع الانتقالات وجد بأن الانتقال المباشر هو الوحيد الذي يحتوي على قطعة مستقيمة ضمن المنحني, وإذا امتدت هذه القطعة فأنها تقطع محور السينات في حين لم يحدث ذلك لبقية الانتقالات.

4-3-5-1 حساب قيم فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح :-

تم حساب قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لجميع أغشية أكسيد النيكل باستخدام المعادلة (2-13).

ومن خلال رسم الطرف الايسر من المعادلة (2-13) مع طاقة الفوتون نحصل على قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لأغشية أكسيد النيكل والتي كانت

تتراوح ما بين $(3.52- 3.72)$ eV أي أنها تقل مع زيادة سمك الغشاء المحضر، وكما موضح بالشكل (a,b,c,d,e) 4-11، وان سبب نقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية لأغشية اوكسيد النيكل يعود الى ان معدل الحجم الحبيبي يتناقص بزيادة السمك مما يدل على نقصان تبلور الأغشية وبالتالي نقصان تركيز الحاملات وبذلك تقل فجوة الطاقة البصرية، وكما موضح في الجدول (4-4)، علما أنه في مدى السمك القليل تزداد العيوب مثل الفراغات الأوكسجينية والتي تمثل مصدراً مهماً لحاملات الشحنة وكلما أزداد الحجم الحبيبي تتناقص الفراغات الأوكسجينية وبالتالي تقل كثافة الحاملات، وتتفق هذه النتائج مع ما جاء به (Bakry) وآخرون [12] ومع (Rong) وآخرون [102].

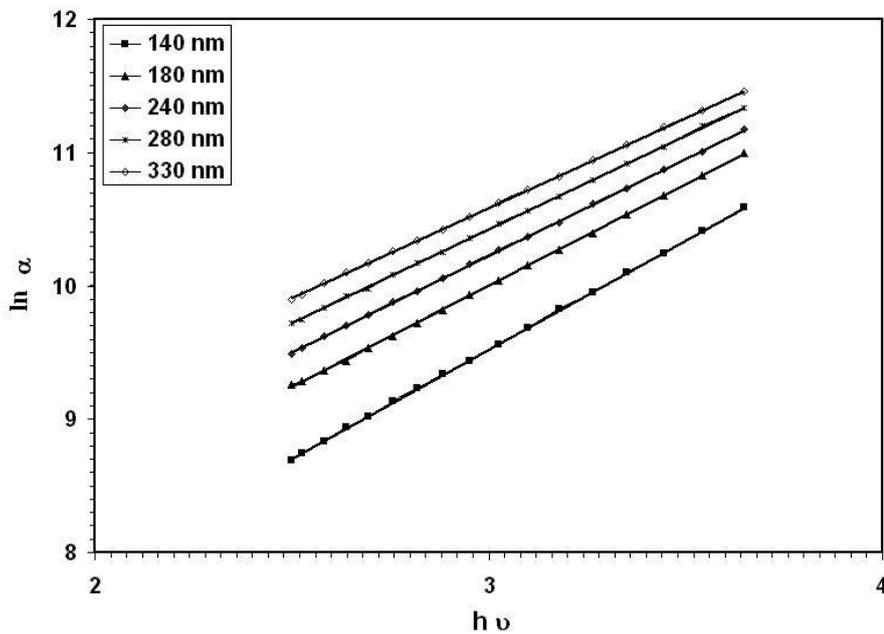


الشكل (4-11) قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر

المسموح لأغشية اوكسيد النيكل ولاسماك مختلفة.

4-3-5-2 حساب قيم طاقة ذبول أورباخ:-

تم حساب طاقة ذبول اورباخ والتي تمثل عرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة البصرية من مقلوب ميل الخطوط الموجودة في الشكل (4-12), أذ وجد أن قيمة طاقة ذبول أورباخ تزداد بزيادة السمك بخلاف قيم فجوة الطاقة البصرية, ان زيادة طاقة ذبول أورباخ تدل على أن عرض المستويات الموضعية قد ازداد بزيادة السمك وتتفق هذه النتائج مع نتائج حيود الأشعة السينية ومع نتائج مجهر القوى الذرية في أن معدل الحجم الحبيبي يقل نتيجة لزيادة السمك, وان نتائج طاقة أورباخ تؤكد بأن عرض الذبول يزداد كلما ازداد السمك, أي أنها تؤدي الى نقصان تبلور المادة.



الشكل (4-12) لوغاريتم معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون الساقط

لأغشية اوكسيد النيكل ولاسماك مختلفة.

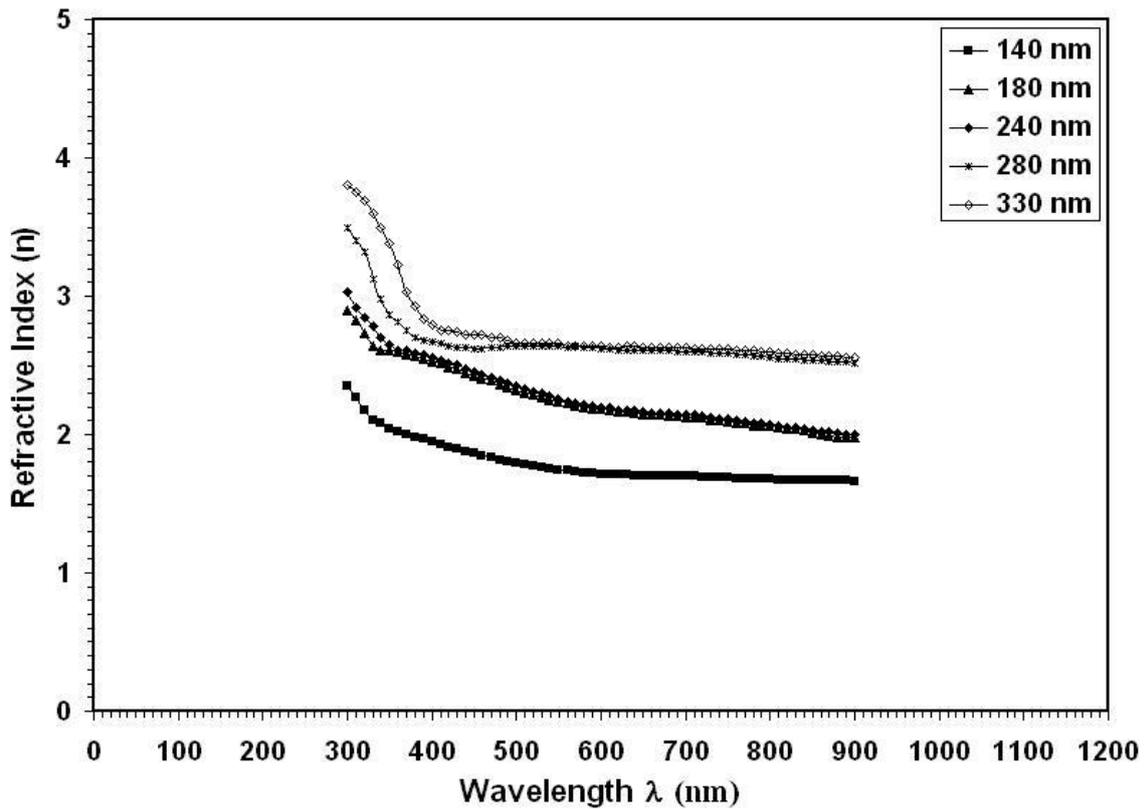
والجدول (5-4) يبين قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح وقيم طاقة ذبول اورياخ لجميع الأغشية المحضرة.

جدول (5-4): قيم فجوة الطاقة البصرية وطاقة ذبول اورياخ لجميع الأغشية المحضرة.

طاقة ذبول اورياخ	الانتقال المباشر المسموح	سمك غشاء (NiO)
ΔE_t (meV)	E_g (eV)	t (nm)
600	3.72	140
650	3.68	180
680	3.64	240
700	3.55	280
730	3.52	330

4-3-6 حساب معامل الانكسار (n):-

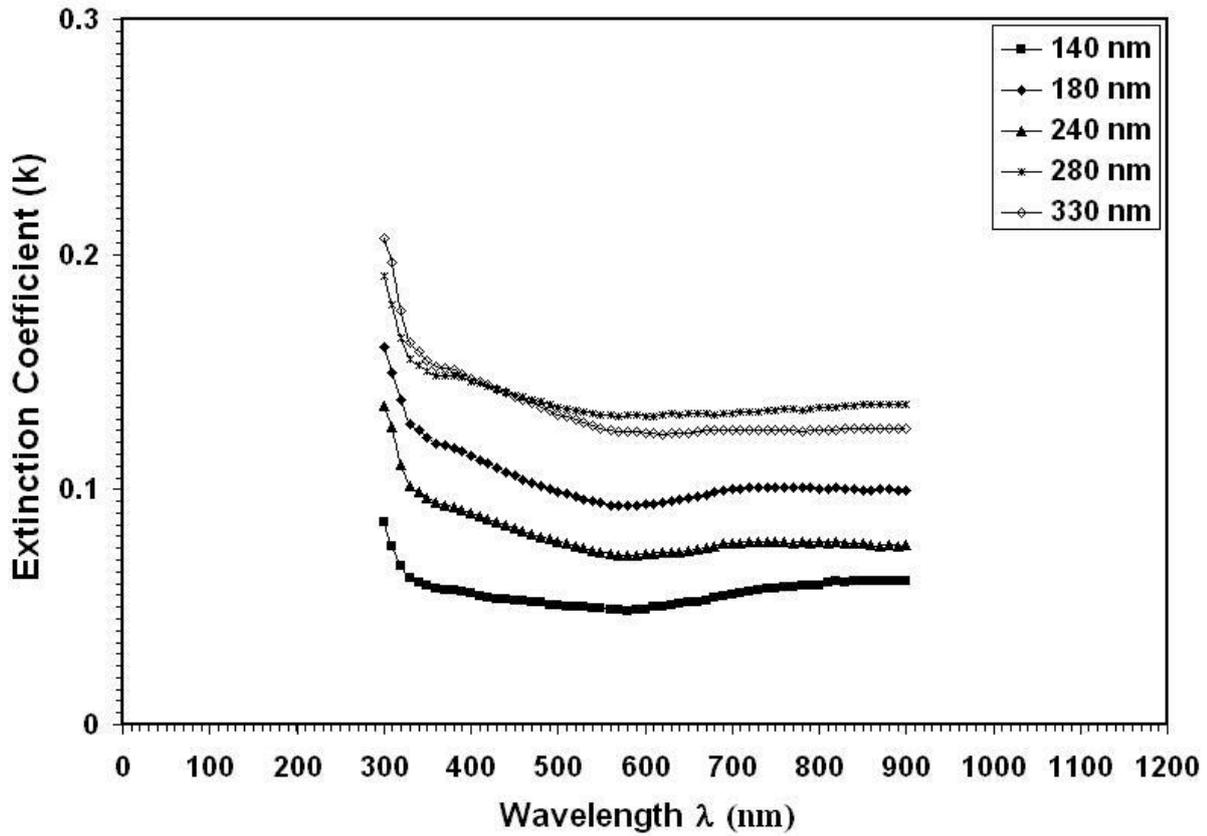
تم حساب قيم معامل الانكسار لجميع أغشية اوكسيد النيكل مختلفة السمك باستخدام المعادلة (2-21), ورُسمت علاقة بيانية لمعامل الانكسار كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-13), وقد أظهرت النتائج ان معامل الانكسار يقل تدريجياً تبعاً لزيادة الطول الموجي, بينما يزداد معامل الانكسار تدريجياً بزيادة سُمك الغشاء.



الشكل (4-13) معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-7 حساب معامل الخمود (K):-

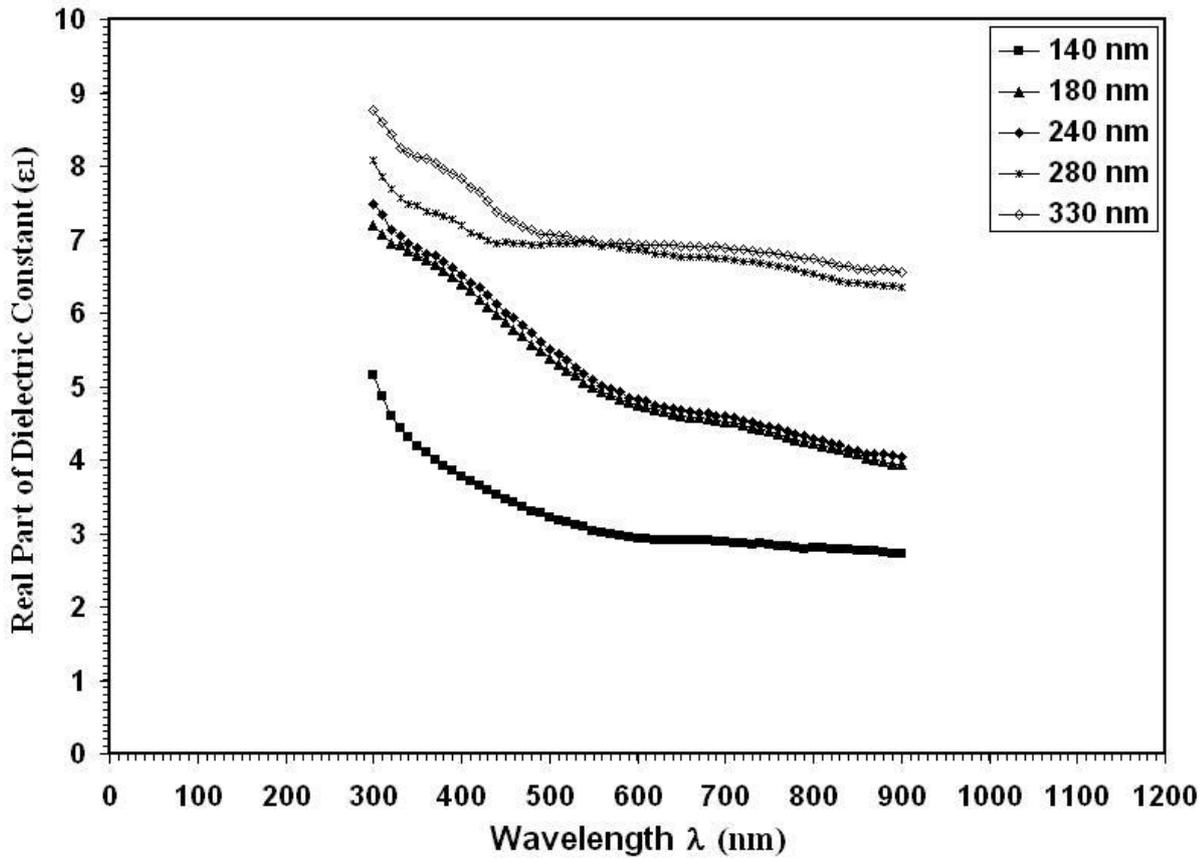
تم حساب قيم معامل الخمود لجميع أغشية أكسيد النيكل مختلفة السمك باستخدام المعادلة (2-23)، ورسمت علاقة بيانية لمعامل الخمود كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-14)، وجد ان معامل الخمود يقل بزيادة الطول الموجي، بينما يزداد بزيادة سمك الغشاء، كذلك نستطيع ملاحظة التشابه في طبيعة منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الامتصاص وتغيرهما مع الطول الموجي، إذ ان هذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص.



الشكل (4-14) معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-8 حساب ثابت العزل الحقيقي (ϵ_1): -

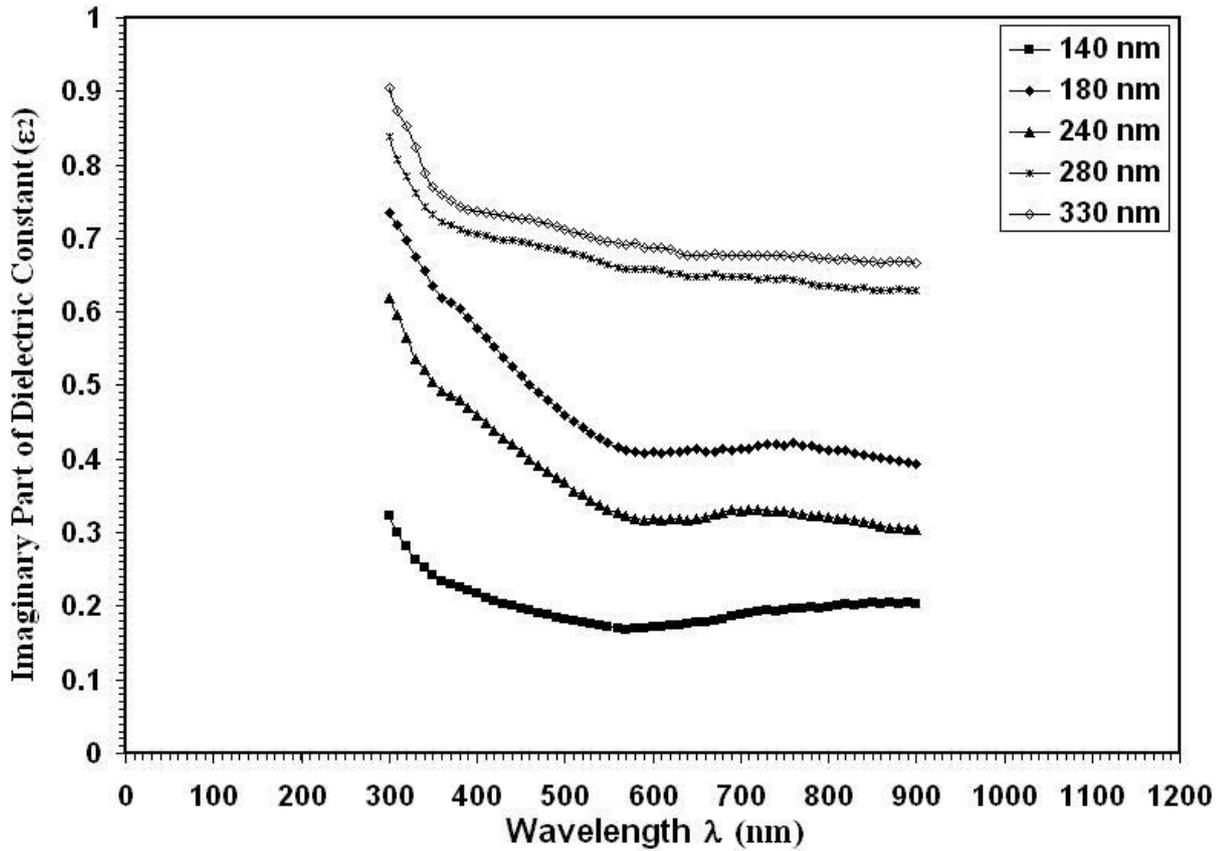
تم حساب قيم ثابت العزل الحقيقي لجميع أغشية أكسيد النيكل مختلفة السمك باستخدام المعادلة (2-27)، ورسمت علاقة بيانية لثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي كما موضح في الشكل (4-15)، وقد أظهرت النتائج ان قيمة ثابت العزل الحقيقي تقل تدريجياً بزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية أكسيد النيكل بينما تزداد بزيادة سمك الغشاء.



الشكل (4-15) الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-9- حساب ثابت العزل الخيالي (ϵ_2):-

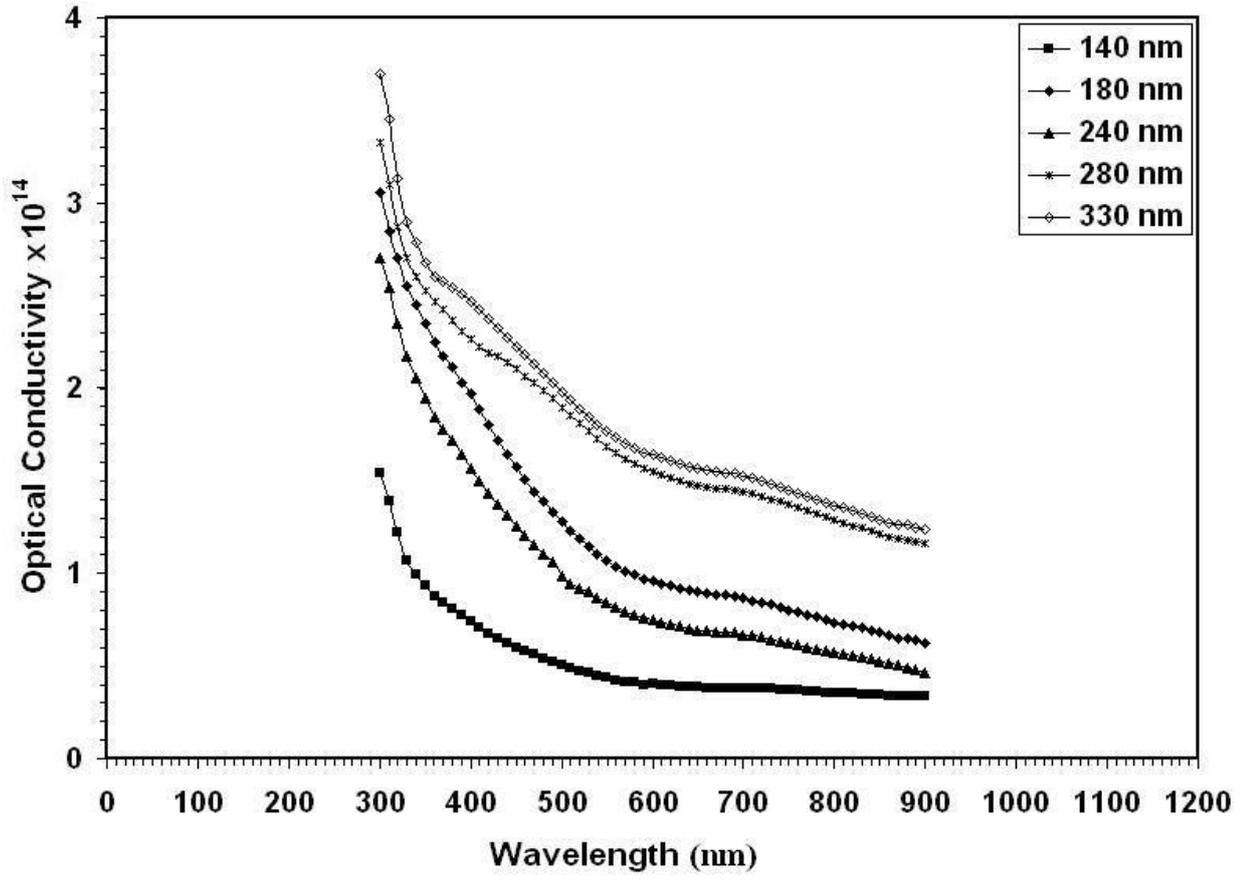
تم حساب قيم ثابت العزل الخيالي لأغشية أكسيد النيكل مختلفة السمك باستخدام المعادلة (2-28), ورُسمت علاقة بيانية لثابت العزل الخيالي كدالة للطول الموجي كما في الشكل (4-16), وقد أظهرت النتائج ان قيمة ثابت العزل الخيالي تقل بصورة تدريجية تبعاً لزيادة الطول الموجي, ونستطيع ملاحظة التشابه في طبيعة تغير الجزء الخيالي لثابت العزل مع منحنى معامل الخمود وتغيرهما مع الطول الموجي, اذ ان هذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم ثابت العزل الخيالي على قيم معامل الخمود.



الشكل (4-16) الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

4-3-10 حساب التوصيلية الضوئية:-

تم حساب قيم التوصيلية الضوئية لأغشية أكسيد النيكل مختلفة السمك باستخدام المعادلة (2-29), ورسمت علاقة بيانية لقيم التوصيلية الضوئية كدالة للطول الموجي كما موضح في الشكل (4-17), وقد أظهرت النتائج ان قيمة التوصيلية الضوئية تقل تدريجياً بزيادة الطول الموجي, بينما تزداد التوصيلية الضوئية بزيادة سمك الغشاء وذلك لأرتباط التوصيلية الضوئية بمعامل الامتصاص.



الشكل (17-4) التوصيلية الضوئية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل.

الاستنتاجات :-

- 1- تبين من نتائج الفحوصات التركيبية لأغشية اوكسيد النيكل المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ولمديات السُمك قيد الدراسة انها ذات تركيب متعدد التبلور عدا الغشاء ذي السمك (140 nm) فكان عشوائيا (Amorphous).
- 2- الأتجاه السائد للأغشية ذات السمك (180,240,280) nm كان (200) في حين الأتجاه السائد للغشاء ذي السمك (330 nm) هو (111).
- 3- تبين ان زيادة معامل الأمتصاص هي زيادة تدريجية بطيئة عند الطاقات الواطئة لذلك يمكن أن تستخدم أغشية أوكسيد النيكل كطلاءات مضادة للأنعكاس ضمن الطاقات الواطئة.
- 4- الأنتقالات الألكترونية الناشئة عن عمليات الأمتصاص الأساسية هي أنتقالات من النوع المباشر المسموح, وهذا يدل على أن الأغشية المحضرة ذات فجوة طاقة مباشرة.
- 5- أن حافة الأمتصاص تكون على شكل منحني, مما يؤكد أن المادة هي متعددة التبلور.
- 6- ان زيادة قيمة معامل الخمود مع زيادة التردد تؤدي الى زيادة قابلية المادة على توهين الأشعة الساقطة عليها.
- 7- ان قلة قابلية المادة على الأستقطاب تؤدي الى نقصان قيمة ثابت العزل الحقيقي للمادة.

المشاريع المستقبلية :-

- 1- دراسة تأثير السُمك على الخصائص الكهربائية لأغشية اوكسيد النيكل.
- 2- دراسة تأثير التشعيع بالأشعاعات المؤينة على خصائص أغشية اوكسيد النيكل.
- 3- دراسة أثر التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد النيكل ذات السُمك المختلف.

REFRENECES

1. O. S. Heavens, "**Thin Film Physics**", John Wiley and Sons Inc, New York,(1973).
2. R. Ueda and J. B. Millin, "**Crystal Growth and Characterization**", Mc Graw-Hill (1975).
3. S.A.Salaman, "**preparation and study of some semiconducting properties of $\text{CuI}(\text{Se}_x\text{T}_{i-x})$ Thin Films**", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustasiriya University, (1998).
4. Sh. M .Ali, "**Theoretical study for the Heterojunctio n-amorphous/p crystalline Silicon**)", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustansiriya University, (1996).
5. K. L. Chopra, "**Thin film phenomena**", Mc Graw-Hill, Inc. Company, New York, (1968).
6. L. Eckortova, "**Physics of Thin Films** ", (Plenum press), (1977).
7. H. G. Rashid, "**Design and optimization of thin films optical filters with applications in the visible and infrared regions**", Ph.D. Thesis, Education College Al-Mustansiriya University, (1996).
8. F. Simonis, M. Derleij,and G. Hoogendorn," **Sol. Energy Mater**" Vol. 1, (1979)25.
9. C. Bellecii, A. Bonanno, M. Camarca, M. Conti, La Rotondo,G.piccini, and R.visentini, IL Nuovo Cimento, Vol. 5c, No.3 (1982) 67.
10. D. Franta, Beatrice Negulescu, Luc Thomas, Pierre Richar and Marcel Guyot,"**Optical properties of NiO thin films prepared by pulsed Laser deposition technique**"Applied surface science,Vol. 244(2005)426.
11. F.Saadaty ,A.R.Grayeli,and H.savaloni,"**Dependence of the optical Properties of NiO thin films of film thickness and nano – structure** " Journal of Theoretical and Applied physics,Vol. 5 (2010) 22.

12. A.M.Bakry and S.A.Mahmoud , "**Effect of substrate Temperature on the optical Dispersion of sprayed Nickel oxide thin films**", University of Hail, (2010).
13. D.Adler ,and J.Feinleib,"**phys**".Rev.B2(1970)3112.
14. K.L.chopra,"**Thin film phenomena**",Mc.Graw-Hill,New York,(1985).
15. P.S.patil,and L.D.kadam,"**Preparation and characterization of spray Nickel oxide(NiO) thin films**",Applied surface science,Vol.199, (2002) 211.
16. Haw-Long chen,Yang –Ming Lu,and weng –sing Hwang,"**Thickness dependence of electrical and optical properties of sputtered Nickel oxide films**" Thin Solid Films,Vol. 514, (2006) 361.
17. F.I.Ezema,A.B.C.Ekwealor,and R.U.Osuji,"**Optical properties of chemical bath deposited nickel oxide (NiO) thin films**", Journal of Optoelectronics Materials and Advanced Vol. 9, No.6, (2007) 1898.
18. K.K.purushothaman,"**Nanostructured NiO based all solid state electronic device**",J Sol-Gel Sci Technol ,Vol.21(2008) 190.
19. Amit kumar srivastava,subhash Thota,and Jitendra,"**preparation,Microstructure and Optical Absorption Behaviour of NiO thin films**"Journal of Nanoscience and Nanotechnology,Vol.8, (2008) 4111.
20. Mohammed Ibrahim,K.R.Murali.V.S.Vidhya. sanjeeviraja,and Jayachandran,"**Structural,Optoelectronic and electrochemical properties of nickel oxide films**"J Mater Sci: Mater Electron, (2009) 953.
21. H.U.Igwe,O.E.Ekpe,and E.I.Ugwu,"**Effects of Thermal Annealing on the optical properties of nickel oxide Thin film prepared by chemical bath deposition Technique**",The Pacific Journal of Science and Technology, Vol.10 No.2,(2009)12.
22. A.Mendoza-Galan.M.A.Vidales-Hurtado,and Lopez-Beltran,"**Comparison of the optical and structural properties of nickel oxide-based thin films obtained by chemical bath and sputtering**",Thin Solid Films,Vol. 517,(2009) 3115.

23. R.Romero,F.Martin,J.R.Ramos-Barrado,D.Leinen,"**Synthesis and characterization of nanostructured nickel oxide thin films prepared with chemical spray pyrolysis**",Thin Solid Films,Vol. 518, (2010) 4499.
24. A.Malikarjuna Reddy, Sivasankar Redd,and sreedhara Reddy,"**Thickness dependent properties of nickel oxide thin films deposited reactive magnetron sputtering**",Vacuum ,Vol.85, (2011) 949.
25. B.T.Raut,S.G.pawar,M.A.chougule,shashwati sen,V.B.patel,"**New proces For synthesis of nickel oxide thin films and their characterization**",Journal of Alloys and Compounds, Vol.509,(2011) 9065.
26. A.R.Ralu,V.S.Nagarethinam,N.Arunkumar,and M."**Nanocrystalline Suganya, NiO thin films prepared by a low cost simplified spray technique using perfume atomizer**",Vol.13,(2012)920.
27. رياض كمال الحكيم، عادل خضير حسين، "اسس الهندسة الالكترونية"، مطبعة وزارة التعليم العالي ، (1980).
28. مؤيد جبرائيل يوسف , "فيزياء الحالة الصلبة", مطبعة جامعة بغداد, الجزء الثاني, (1989).
29. S.M.Sze,"**semiconductors Devices**",John wiley and Sons,(2002).
30. M.N.Makadsi,"**Material Science**",high educating publishing,Baghdad UnIversity, (1990).
31. J.S.Blakmore,"**solid physics**",(Cambridge press,2nd ed.)(1986).
32. S.Ben"**Solid State Electronic Devices**",Hall International Inc,USA, (1990).
33. A.Daved,B.Brain,Schwartz and Martince steele,"**physical properties of phouse Materials**",phenum press,New York.(1980).
34. George,and C.K.Valsala kumari,"Transparent conductive films of thin oxide preparation and properties"solid state communication,Vol.46 ,(1983) 541.
35. T.Carlton and A.Roos,"**Solar Energy Materials**",Vol.10, (1984) 105
36. سامي سلمان جباد(الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية SnO₂) المشوبة بالفلور والمشعة بأشعة كاما),رسالة ماجستير, كلية العلوم للبنات , جامعة بغداد(2005).

37. K.L.Chopra,S.Major and D.K.Pandye,"transparent conductors-astatus Films, Vol.121, (1984) 275.
38. W.siefert"properties of Thin(In₂O₃) and(SnO₂) Films prepared By Corona Spray pyrolysis and a discussion of spray pyrolysis process"Thin Solid Films, Vol.102,(1983) 1.
39. أزهار عناد حسن العقابي , "دراسة بعض الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد النحاس المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري", الجامعة التكنولوجية(2001).
40. جنان حميد سعيد الطائي "تحضير غشاء Cd Te الشبه الموصل بطريقة الرش الكيميائي ودراسة خواصه الفيزيائية المختلفة", رسالة ماجستير قسم العلوم التطبيقية الجامعة التكنولوجية (2002).
41. ياسين كمال جميل, "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد القصدير", رسالة ماجستير/قسم الفيزياء/كلية العلوم/الجامعة المستنصرية .(2006).
42. هبة سعد رشيد فهد, "تحضير أغشية (ZnO) الرقيقة والمشوبة ب(Al) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ودراسة بعض الخواص التركيبية باستخدام تقنيات معالجة الصور, رسالة ماجستير / الجامعة المستنصرية , (2008) .
43. صالح أمين كركجي, وليد محمد صالح, طالب حسين الشريف, "خواص المواد الهندسية", (1990), 103.
44. L.H.Van Vlack,"Elements of materials sciencell"Zmdedn Addison-Wesdey continuos Int, (1964) 46.
45. .H.Van Vlack,"Materials science for engineer", Addison-Wesdey contin-uos Int,P.366,(1970).
46. د. عبد الرزاق أسماعيل "فيزياء المعادن", (1983).
47. أنيوفي كوف,م.ز.اخرون, "المعاملة الحرارية للمعادن والسبائك", ترجمة درأفت القوص (1972), 472.
48. H.E.Hall,"solid state physics",Vol.9 (1987) 118.
49. ايولا حنين, "علم المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن"(1987).
50. صبحي سعيد الراوي, "فيزياء الألكترونيات", مطبعة جامعة الموصل (1980) .
51. C.Kittle,"Introduction to solid state physics",John wiley and son,Inc., 7thEd(1970).
52. S.K.Tewksbury,"semiconductors materials",west Virginia University,(1995).
53. Y.N.Al-Jammal,"solid state physics", Al-Mousul University press,Arabic Version

- ,(1990).
54. M.G.Yousif,"**solid state physics**",1stand 2ndEd., (1987).
 55. مصطفى زغير محمد, "دراسة تأثير التلدين والتشويب بالألمنيوم على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية CdO الرقيقة وتطبيقاتها", رسالة ماجستير, كلية العلوم, الجامعة المستنصرية, (2001).
 56. C.C.Ling, and C.D.Beling, physical Rev. Vol.13 (2001) 64.
 57. D.R.Acosta,E.Zironi,Estrada, and Montoya,"**Materials Research Society Symposium proceedings**",(1997).
 58. S.O.Kasap,"**principles of electronic materials and devices**".Mc Graw- Hill, Higher Education,(2002).
 59. A.Beiser,"**Concepts of Modern physics**"Mc Graw-Hill Kogakysa, LTD,2nd edition(1980).
 60. K.J.Patel,C.J.Panchal,M.S.Desai, and P.K.Mehta,"**Optical and Electrochromic properties of e-beam evaporated nickel oxide thin film**", J.Nano-electron, phys Vol.3(2011)362.
 61. A.N.Donald,"**semiconductor physics and Devices**",Irwin,USA,(1992).
 62. .M.Sze,"**Semiconductors Devises physics and Technology**",Translatedto Arabic by F.G.Hagati and H.A.Ahmed,Baghdad,(1990).
 63. علي فؤاد الأمين, "الخواص البصرية لـ (CdS) و (PbS) ومزيجيهما", رسالة ماجستير, جامعة بغداد, (1996).
 64. متى ناصر مقادسي, "علم المواد", جامعة بغداد, (1990).
 65. Dc.Atamirano,G.Torres,R.Castandew,O.Jimeuz,J.Marques and J.Imenes, Superficies, Vol.13, (2001) 66.
 66. P.Mitra,Khan,"**Materials chemistry and physics**", (2008) 986.
 67. Rajeh kumar,Neeraj khare,Vijay kumar, and Bhalla, Applied Surface Scince, Vol.7 (2008) 254.
 68. R.M.Jr,D.L.Morel,C.S.Ferekides,"**Thin Solid Films**" (2005) 484.
 69. M.G.Sridharan,Sa.K,Narayanclass,D.Mangalaraj and H.chuel lee, Journal of optoelectronic and Advanced Materials, Vol.8,(2005)12.

70. S.C.Chen, and T.Y.Kuo, "**Microstructures, electrical and optical properties of non-stoichiometric p-type nickel oxide films by radio frequency reactive sputtering**", Surface & Coatings Technology, Vol. 205, (2010), 5236.
71. J.I.Pankove, "optical processes in semiconductors", prentice-Hall, N.J, (1971).
72. Y. Zhou, Yongyou Geng, Donghong Gu, Weibing Gu, and Zhi Jiang, "**Effect of film thickness on the optical constants and optical absorption properties of NiO_x thin films**", physics, B, Vol. 405(2010)3875.
73. M.K.Jaaraj, Aldrin Antong and Maojr, Bull Mater Sci., Vol.25(2002)43.
74. J.Singh, "**semiconductors Devices**", (2000).
75. C.Mwolfe, N.Holouyak, and G.B.stillman, "**physical properties of semiconductor**", prentice Hall, New York, (1989).
76. N.F.Mott, and E.A.Davis, "**Electronic processes in non-crystalline Materials**" 2nd ed, Clarendon press, (1979).
77. J.Tauce, J.of Non-Crystalline solid, Vol.8, No.10, (1972)569.
78. K.Segger, "**semiconductors physics**", springer-verlage wien, (1973).
79. V. patil, shailesh pawar, Manik chougule, Prasad Godes, Ratnakar, And Sakhare, Shashwati Sen, "**Effect of Annealing on structural, Morphological Electrical and optical studies of Nickel oxide Thin films**", India, (2011) 35.
80. و داد هنو عباس, "دراسة تأثير المعاملة الحرارية والسمك على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الحديد الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري", رسالة ماجستير, كلية التربية, الجامعة المستنصرية, (2005).
81. B.L.Mattes, and L.Kazmarsk, "**Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices**", 2nd Ed, Academic press, (1980).
82. G.Busch, and H.schade, "**Lectures on solid state physics**", pergaman, Press London, (1976).
83. W. C.Dickinson, and Paul N.cheremisionoff, "**Solar Energy Technology**" andbook part A, 498(1980).

84. F.I.Ezema, A.B.C.Ekwealor and R.U.Osuji, "**Optical properties of chemical bath deposited nickel oxide (NiO_x) thin films**", superficiesy vasio, Vol.21,(2008)6.
85. G.W.Anderson and W.D.Luchrs, J.APP,phys. Vol.38, (1968) 1934.
86. L. Ai, Guojia Fang, Longyan Yuan, chun Li, Qilin zhang, Jun Li, and Xing zhong zhao, "**Influence of substrate temperature on electrical and optical properties of P-type semitransparent conductive nickel oxide thin films deposited by radio frequency sputtering**", Applied surface Science, Vol. 254 (2008) 2401.
87. J.D.Desai, Sun-Ki Min, Kwang-Doeg Jung, and oh-shim Joo, "**Spray Pyrolytic synthesis of large area NiO_x thin films from aqueous nicke asitate solutions**" ,Applied surface science, Vol.253(2006)1783.
88. A.H.Clark, "**Optical properties of polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices**", Edited by Lawrece.L.Kazamerki, Academic press, (1980).
89. R.A.Smith, "**Semiconductors**" 2nd Ed., Cambridge University press, London (1978).
90. R.H.French, H.Mullejans and J.J.Jones, J.Am.Cream.Soc., Vol.81, No.10, (1998) 2549.
91. T.Carlton and A.Roos, "**Solar Energy Materials**", Vol.10, (1984), p.1051.
92. M. G. Kim, S. M. Kim, E. J. Choi, S. E. Moon, J. H. C. Kim, B. H. Park, M. J. Lee, S. Seo, D.H.Seo, S.E. Ahn, and I. K. Yoo, "**Study of transport and dielectric of resistive memory states in NiO thin film**", Japanses Journal of Applied physics, Vol.44, No.42 (2005) 1301.
93. P.Sharma, V.Sharama, and S.C.katial, "**Variation of Optical constants In GE₁₀ SE₆₀ TE₃₀ Thin film**" chalcogenide letters Vol.3, No.10, (2006)37.
94. A.Ezekoye, and C.E.okeke "**optical properties In Pb HgSTernary Thin films Deposited By solution Growth Method**", the pacific Journal of Scince End Technology, Vol.7, No.2 (2006)37.
95. عبد المجيد البلخي, "كيمياء العناصر الانتقالية", جامعة دمشق, (1993).
96. C.Bellecl and A.Bonanno, J.Appl.phys., Vol.15, (1982) 112

97. L.Bahadur, M.Hamdan, J.Fekoening and P.Chartier, Solar Energy Mater, Vol.14, (1986) 107.
98. M. G.,and J. Grochowski, "**Electrical and optical** properties of Nio films deposited by magnetron sputtering", Optica Applicata, Vol. XLI, No. 2, (2011) .
99. M.M.Kashani Motlagh, A.A.Youzbashi and L.Sabaghzadeh, "**Synthesis And characterization of Nickel hydroxide/oxide nanoparticles by th complexation precipitation method**", International Journal of the Physical Sciences Vol.6, (2011) 1471.
- 100 S.R.Bhattachargya, R.N.Gayen, R.paul, A.K.pal, "**Determination of optical constants of thin films transmittance trace**", Thin solid film, Vol.517 (2009) 5530.
- 101 كامران ياسين قادر, "دراسة الخصائص التركيبية وتأثير السمك على الخصائص البصرية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري", رسالة ماجستير, كلية التربية, الجامعة المستنصرية (2008),
- 102 X.Rong, W.Xin, J.Delong, L.Junqiao, and Wang " **Structural Properties of NiO Thin Film**" Chinese Journal of Electronis, Vol.19, No.4, Oct. (2010) 631.

Abstract

In this research , the effect of thickness on the structural and optical properties of (NiO) thin films prepared by chemical spray pyrolysis have been studied . The thickness of the prepared thin films were (140,180,240,280,330) nm , which were deposited on glass substrate at a temperature of (400°C).

XRD analysis revealed That NiO Thin films were polycrystalline except the film whose thickness was 140 nm, while was amorphous. The preferred orientain for the films with (180,240,280)nm was (200) plane while for (330) nm was (111).Either the results of the atomic force microscope revealed that the mean surface roughness for prepared thin films decrease as the thickness increased also with values of Root Mean Square(RMS).

The optical properties including the measuring of absorbance and transmission spectra in the wavelength range (300-900) nm . It was found that absorbance and reflectance increases while transmittance decrease as the thickness increased, And it was found that reflectance increases as the thickness increased.

The forbidden energy gap for direct allowed transition were calculated and it was in the range (3.72-3.52) eV , it decrease as the film thickness increase .

The effect of thickness on the refractive index , extinction coefficient , real and imaginary part of dielectric constant and optical conductivity were also studied , it was found that these parameters increases as the thickness increased.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
DIALA University
College of Science/ Physics Department



*The Study Of Structural And Optical Properties
Of NiO films*

A Thesis
Submitted To The Council Of Science College Of
DIYALA University In Partial Fulfillment
Of The Degree Of M.Sc. In Physics

By
Osama Zaid Abed

Supervision

Asaad. A. Kamel
Assist Professor

Dr. Sami S. Chiad
Lecturer

2012 A. D.

1433 A. H.