



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر اكايمي

مجال : علوم المادة

فرع : فيزياء

التخصص : فيزياء المواد

من إعداد : الخنساء بن ساسي & نورة مبروكي

بعنوان :

دراسة تأثير مصدر النيكل على الخصائص البصرية والكهربائية لطبقات رقيقة لأكسيد النيكل

نوقشت يوم :

25/05/2017

أمام لجنة المناقشة المكونة من الاساتذة :

رئيسا
مناقشا
مشرفا
مساعد مشرف

جامعة ورقلة
جامعة ورقلة
جامعة ورقلة
جامعة ورقلة

استاذ محاضر ب
استاذ محاضر ب
استاذ مساعد أ
استاذ تعليم عال

طعبوش عادل
بن طويلة عمر
بن حميدة سفيان
غرياني رشيد

الموسم الجامعي 2016-2017

شكر و عرفان

بسم الله والصلاة والسلام على من لا نبي بعده الحمد الذي تتم بنعمته الصالحات اللهم لك الحمد حتى الرضى ولك الحمد بعد الرضى ولك الحمد إذا رضيت نشكر الله تعالى عز وجل على توفيقه لنا في بحثنا هذا كما نتقدم بشكر الخالص لكل من قام بإضافة او اشارة او نصيحة وعلى هذا أتقدم بالشكر والتقدير إلى الدكتور غرياني رشيد وبن حميدة سفيان الذي قبل بنا كمشرف على مذكرتنا هذه وعلى توجيهه و مسانده و اخلاصه في عمله معنا و كذلك نتقدم بالشكر لرئيس اللجنة استاذ طعبوش عادل و المناقش الاستاذ بن طويلة عمر على قبولهم لتقييم عملنا هذا . دون أن ننسى أن تقدم شكرنا لإدارة قسم الفيزياء جامعة قاصدي مرياح ورقلة .ولا ننسى والدانا اللذان ساندانا في سيرورتنا الدراسية إلى يومنا هذا كما نشكر اصدقاءنا و المقربون الينا لدعائهم لنا بالتوفيق

Khansa & Noura

الفهرس

III	قائمة الأشكال
IV	قائمة الجداول
V	المقدمة العامة
1	الفصل الاول : الطبقات الرقيقة و الأكاسيد الموصلية الشفافة
2	1. مقدمة
3	II. الطبقات الرقيقة thin films
3	1.2. تعريفها :
3	2.2. خطوات تصنيع الطبقات الرقيقة
4	3.2. العوامل المؤثرة على تجانس الغشاء الرقيق
5	4.2. أهميتها :
5	5.2. تطبيقاتها :
6	III. الأكاسيد الموصلية الشفافة TCO:
6	1.3. تعريفها :
6	2.3. شرح بنية TCO :
7	3.3. الخصائص الفيزيائية ل TCO:
9	IV. أشباه النواقل Semiconductor :
10	1.4. الخواص العامة للمواد شبه الموصلية
11	2.4. أشباه الموصلات النقية
12	3.4. أشباه الموصلات ذات الشوائب
12	V. أكسيد النيكل NiO :
12	1.5. تركيب نظام Ni - O :
14	2.5. مكونات NiO :
14	3.5. الخصائص الفيزيائية لمركب NiO :
17	3 5: تطبيقات او اكسيد النيكل
18	VI ملخص
19	VII.المراجع
21	الفصل الثاني : مراحل التحصل على الطبقات الرقيقة و تقنيات الترسيب
22	1. مقدمة :
23	II. مراحل التحصل على الطبقات الرقيقة :
23	1.2. مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة :
23	2.2. اليات نمو الطبقات الرقيقة

25.....	III. تقنيات و طرق الترسيب :
26.....	1.3 الترسيب الفيزيائي للأبخرة Physical vapor deposition PVD
29.....	2.3 الترسيب الكيميائي للأبخرة Chemical Vapor de Position CVD
33.....	3.3 الفرق بين تقنيات الترسيب الفيزيائية والكيميائية :
34.....	IV. الرش الكيميائي الحراري
34.....	1.4 نظام الترسيب بجهاز الرش الكيميائي الحراري
35.....	2.4 متغيرات الترسيب للانحلال الحراري الكيميائي :
37.....	3.4 إيجابيات و سلبيات طريقة الرش الكيميائي الحراري
38.....	V. ملخص :
41.....	الفصل الثالث : طرق وتقنيات تشخيص الطبقات الرقيقة
42.....	I. مقدمة :
43.....	II. طرق و تقنيات تشخيص الطبقات الرقيقة
43.....	1.2 الخصائص البنيوية :
47.....	2.2 الخصائص البصرية :
52.....	3.2 الخصائص الكهربائية :
53.....	III. ملخص
54.....	IV.المراجع
55.....	الفصل الرابع : النتائج التجريبية
56.....	I.مقدمة
57.....	II. تحضير الطبقات الرقيقة
57.....	1.1 تحضير المحاليل :
59.....	2.1 ترسيب الطبقات الرقيقة :
62.....	III.دراسة الخصائص
62.....	1.3 دراسة الخصائص البصرية
67.....	2.3 الخصائص الكهربائية
68.....	IV. النتائج والمناقشة
69.....	V. الملخص و النتائج
70.....	VI.المراجع
IX.....	الخاتمة
X.....	قائمة الرموز
XII.....	ملخص

قائمة الاشكال

- شكل 1: مخطط يوضح بنية الطبقة الرقيقة [6] 3
- شكل 2: مخطط يوضح خطوات عملية تصنيع الطبقات الرقيقة [7] 4
- شكل 3: يوضح موضع الحزم الثلاثة للطاقة في كل من الموصلات وأشباه الموصلات والعوازل [13] 10
- شكل 4: كيفية تحرر الإلكترون وتكوين الفجوة 11
- شكل 7: مخطط يوضح بنية اوكسيد النيكل NiO 15
- شكل 8: مخطط يوضح المسافة الذرية بين سطحين (111) من نفس الطبيعة 16
- شكل 9: مخطط يوضح اتجاه خلية أكسيد النيكل وفقا للسطح (111) 16
- شكل 10: مخطط يوضح توصيلية أكسيد النيكل [2] 17
- شكل 11: طرق و تقنيات ترسيب طبقات رقيقة [6] 25
- شكل 12: مبدأ التبخير في الفراغ [4] 26
- شكل 13: يوضح تقنية الترسيب عن طريق التبخير الفراغ [8] 27
- شكل 14: يوضح تقنية الرش المهبطي [2] 28
- شكل 15: يوضح تقنية الاقتلاع والترسيب بأشعة الليزر [9] 28
- شكل 16: يوضح مبدأ تقنية الترسيب الكيميائي للأبخرة CVD [9] 29
- شكل 17: يوضح تقنية الترسيب بواسطة غمس ودوران الركيزة 31
- شكل 18: يوضح تقنية الترسيب بواسطة الموجات فوق الصوتية [2] 32
- شكل 19: يوضح تقنية الرش الكيميائي الحراري [12] 33
- شكل 20: جهاز الرش الكيميائي الحراري 34
- شكل 21: يوضح الطيف الكهرومغناطيسي وموقع الأشعة السينية منه 44
- شكل 22: يوضح عائلة السطوح البلورية بتطبيق قانون براق [3] 45
- شكل 23: يوضح تعريف B من خلال منحنى انعراج الأشعة السينية 46
- شكل 24: جهاز الأشعة فوق بنفسجية-المرئية 48
- شكل 25: يوضح جهاز قياس الناقلية الكهربائية 52
- شكل 26: الأجهزة و الوسائل المستعملة 58
- شكل 27: كلوريد النيكل 59
- شكل 28: التركيب التجريبي 60
- شكل 29: منحنى يوضح طيف النفاذية لطبقات NiO 63
- شكل 30: منحنى يوضح فجوة الطاقة لطبقات NiO 64
- شكل 31: المنحنى يمثل طاقة اورياخ 65
- شكل 34: المنحنى تغيرات قيم معامل التخماد بدلالة الطول الموجي 66
- شكل 35: منحنى تغيرات قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي 67

قائمة الجداول

- 7 جدول 1: جدول يبين قيمة فجوة الطاقة لبعض الأكاسيد [10]
- 12 جدول 2: يوضح مقارنة درجة الأكسدة من أجل أكسيد النيكل مع مركبات مختلطة [2]
- 13 جدول 3: يلخص بعض الخصائص لأكسيد النيكل NiO [2]
- 24 جدول 4: يوضح مراحل آليات النمو [4]
- 33 جدول 5: يوضح إيجابيات وسلبيات PVD و CVD [7]
- 68 جدول 6 يوضح المقاومة والمقاومة السطحية
- 68 جدول 7: الجدول يوضح القيم المتوسطة لمختلف الثوابت

المقدمة العامة

ان الازدهار الاقتصادي وما رافقه من الزيادة في الرفاهية ومتطلبات الحياة المتزايدة , جعلت الصناعة وخاصة الصناعة التكنولوجية تتطور وتتقدم بشكل سريع , ومع الطلب المتزايد على كل ما هو ذو شكل عصري صغير الحجم وابداع في الشكل الخارجي , فكان لا بد من ايجاد مكونات تفي بالغرض. وهذا يعود إلى الدراسات الشاملة والملمة بالعلم , كما ان علم النانو هو علم متعدد التخصصات يحوي العديد من المفاهيم كالكيمياء والفيزياء وما إلى ذلك ويطلق على تطبيق هذا العلم بالتكنولوجيا النانوية , حيث ظهر في سنة 1959 م المسمى حينها بتكنولوجيا النانو , والتي تستخدم في العديد من مجالات الحياة مثل اجهزة الكمبيوتر والهواتف النقالة والاي بود وعلم الإلكترونيات الدقيقة ما يسمى بأشباه الموصلات , فتبرز هنا التكنولوجيا الدقيقة في جعل أشباه الموصلات مواد ذات خصائص الكترونية جيدة [1].

اذ تعد دراسة المواد المرسبة بشكل طبقات رقيقة احدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية والكيميائية التي يصعب الحصول على خواصها بشكل طبيعي . حيث لقيت الأكاسيد الموصلة الشفافة الكثير من الاهتمام نظرا لتعدد تطبيقاتها , بالرغم من اقتصاد العالم المتقلب لامتلاكها شفافية عالية في المجال المرئي , بالإضافة إلى ناقليتها الكهربائية الجيدة . حيث ان الطبقات الرقيقة الموصلة الشفافة من النوع p تستخدم في تطبيقات مختلفة مثلا كأقطاب شفافة في الأجهزة الالكتروبصرية . هذه الاخيرة نادرة نسبيا , حيث تم اكتشاف التوصيلية الكهربائية من نوع p لهذه الأكاسيد عام 1997 م التي لا تزال قيد الدراسة , وبالتالي فتحت افاق جديدة للتطبيقات في مجال الإلكترونيات الضوئية . ويعد أكسيد النيكل واحد من هذه الأكاسيد , ففي السنوات الاخيرة قد خصص اهتمام متزايد بالطبقات الرقيقة لهذه المادة بسبب استقراره الكيميائي العالي , فضلا عن خواصه المغناطيسية , الكهربائية والبصرية , كما انه يملك سلسلة من التطبيقات في الأجهزة الإلكترونية , النواذ الذكية والخلايا الشمسية المتعددة الروابط [2].

للحصول على الخصائص المرغوب فيها نقوم بتحضير وترسيب طبقات رقيقة لأكسيد النيكل التي لقيت تطورا في المجال العلمي والتكنولوجي , فأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه , ومن أهم الطرق المتبعة طريقة الرش الكيميائي الحراري , التي تعد الطريقة المتبعة في عملنا هذا تحت عنوان دراسة تأثير مصدر النيكل على الخصائص البنيوية لطبقات رقيقة لأكسيد النيكل .

الفصل الاول : الطبقات الرقيقة و الأكاسيد الموصلة الشفافة

I. مقدمة

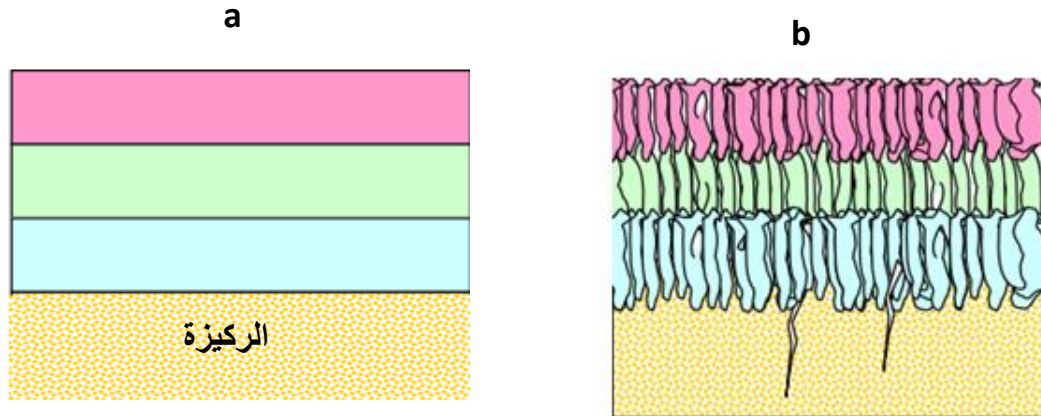
ان كفاءة المركبات الإلكترونية الحديثة تعتمد على تطوير المادة التي تدخل في تركيب العناصر المكونة لها وعادة ما تكون الطبقات الرقيقة تعتمد على المواد الداخلة في تركيبها والتي تعرف بالأكاسيد الموصلة الشفافة وهي إحدى أهم أشباه الموصلات وذلك لتطبيقاتها الواسعة في النبائط الفوتوفولطائية , المتحسسات ونبائط الإلكترونيات البصرية . حيث تجمع هذه الأكاسيد بين أهم خاصيتين لخصائص الأجهزة الإلكترونية وهي ارتفاع توصيليتها الكهربائية و نفاذيتها البصرية (شفافيتها للضوء المرئي) مما أدى إلى زيادة اهتمام الباحثين بهذه المواد . حيث ان الطبقات الرقيقة لأكاسيد المعادن الغير النقية مثل أكسيد القصدير , أكسيد الأنديوم , أكسيد الكاديوم وأكسيد النيكل عندما ترسب تحت ظروف ملائمة تكون شفافة بصريا فضلا عن كونها موصلة كهربائيا [3].

يتم التطرق في هذا الفصل إلى مفهوم الطبقات الرقيقة والأكاسيد الموصلة الشفافة المترتب عليها مجموعة من الأكاسيد من بينها أكسيد النيكل حيث يكون هذا الاخير محل دراستنا .

II. الطبقات الرقيقة thin films

1.2. تعريفها :

الطبقة الرقيقة هي فيلم رقيق من مادة مرسبة على مادة اخرى تسمى الركيزة [4] حيث يطلق لفظ الغشاء الرقيق thin film على وصف طبقة واحدة او عدة طبقات لا يتعدى سمكها المايكرومتر واحد (1um) . لقد تمكن العالم فردي (Faraday) عام (1857 م) من تحضير اغشية رقيقة باستعمال طريقة التبخير الحراري (Thermal evaporation) وحضر العالم (Adams) اغشية رقيقة من السيلينيوم على البلاطين عام (1876م) وفي عام (1887 م) تم التوصل إلى امكانية تبخير المعادن باستخدام تقنية التبخير في الفراغ التي اتبعها العالم (Kent) عام (1888 م) في تحضير اغشية رقيقة للمعادن , واستمر تحضير ودراسة الاغشية من خلال قياسات كل من جامين (Jamin) و فيزو (Fizeau) وكوينك (Quink). وتعد اليوم دراسة المادة المرسبة بشكل اغشية رقيقة احد الوسائل المناسبة لمعرفة الخصائص الكيميائية والفيزيائية التي يصعب الحصول على خواصها بشكل طبيعي [5].

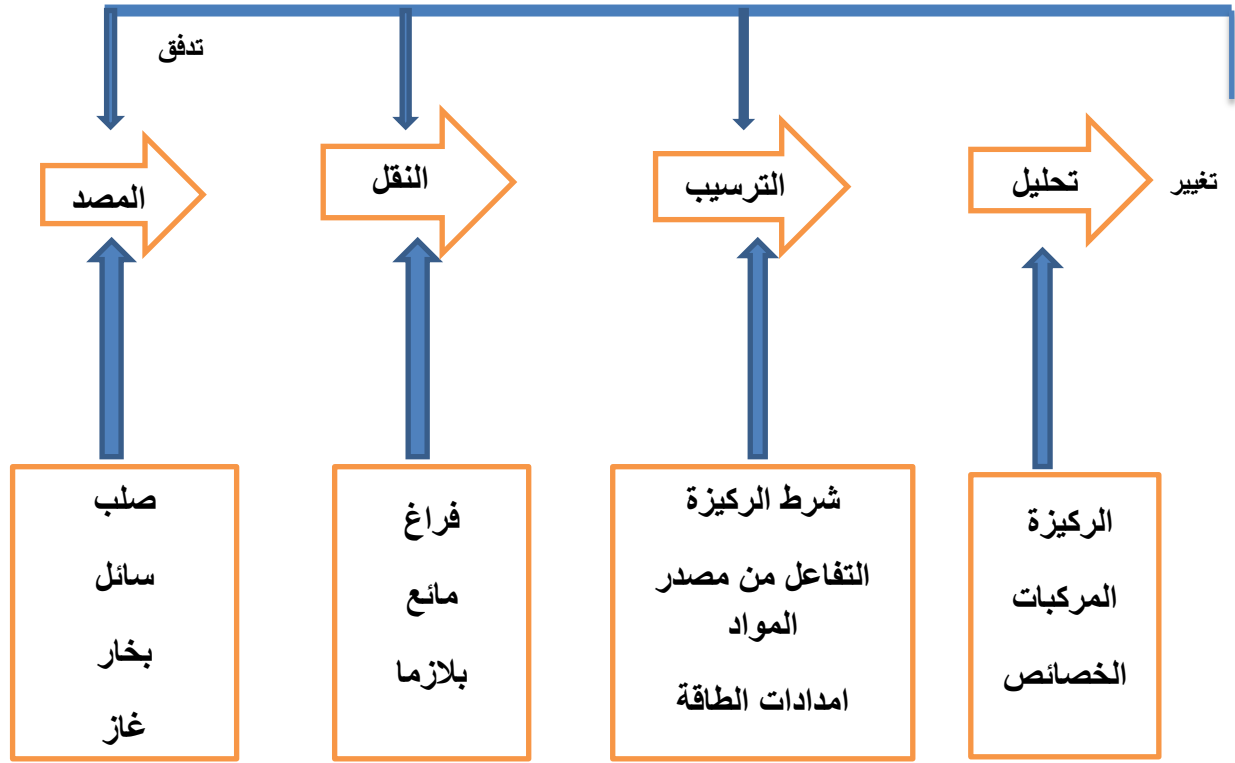


شكل 1 :مخطط يوضح بنية الطبقة الرقيقة [6]

حيث: a حقيقي ، b تجريبي

2.2. خطوات تصنيع الطبقات الرقيقة

تصنف تقنيات ترسيب الطبقات الرقيقة إلى اربع خطوات موضحة في الشكل التالي :



شكل 2 : مخطط يوضح خطوات عملية تصنيع الطبقات الرقيقة [7]

3.2. العوامل المؤثرة على تجانس الغشاء الرقيق

إن أهم العوامل المؤثرة على تجانس الغشاء الرقيق مرتبطة ببنية الركيزة وطبيعتها ، فيما يلي سنذكر بعض هذه العوامل :

1. إن تكون الأبعاد البلورية لمادة الركيزة ملائمة لمادة الغشاء المراد ترسيبه عليها يتحقق ذلك بدراسة عامل التوافق البلوري (F) بين البنية البلورية المكعبة (NiO) للغشاء المتكون والبنية السطحية للركيزة . يمكن التعبير عن عامل التوافق البلوري بالشكل التالي

$$F = (a_f - a_s) / a_s \quad a_f = \frac{(a + b)}{2} \quad [8]$$

حيث أن a و b أبعاد الشبكة البلورية و a_f هي ثابت شبكة الغشاء و a_s ثابت شبكة الركيزة , فكلما صغرت قيمة F كان التجانس افضل .

2. تلعب درجة حرارة الركيزة دورا هاما في تجانس الغشاء الرقيق بحيث يجب أن لا تكون درجة حرارة الركيزة منخفضة فيتكاثف البخار الساخن على سطح الركيزة الباردة بشكل مفاجئ مشكلا جزرا كبيرة

- ومتفرقة مما يمنع انزياح واصطفاف الذرات بشكل متجانس على سطح الركيزة . كما يجب أن لا تكون درجة حرارة الركيزة مرتفعة جدا كي لا تؤدي إلى تبخير ذرات الغشاء المترسب
3. يعتبر دور الركيزة من العوامل الإيجابية لتحسين تجانس الغشاء الرقيق
 4. أن تكون مادة الركيزة لا تتفاعل مع مادة الغشاء الرقيق
 5. نظافة الركيزة تلعب دور هام بتجانس الغشاء . حيث أن الملوثات تؤثر بشكل كبير على التصاقه الغشاء بسطح الركيزة . مما يزيد أيضا العيوب والإجهادات في الغشاء المتشكل .

4.2.4. أهميتها :

الأغشية الرقيقة لها أهمية كبيرة في الصناعة والتكنولوجيا وعلوم الفيزياء حيث يمكن استخدامها كطبقات ماصة في المتصلات الثنائية لإنتاج الأدوات الإلكترونية الضوئية والخلايا الشمسية أو كطبقات مانعة للانعكاس أو كطبقات ذات امتصاصية انتقائية كما يمكن استخدامها كنقاط اتصال في شاشات البلازما وفي مختلف المتصلات.....الخ [8] .

بالتالي يكمن هدف الطبقة الرقيقة في إعطاء الخصائص الجزيئي على سطح القطعة مع الاستفادة من الخصائص الميكانيكية للركيزة مثل :

- **التوصيلية الكهربائية :** تعدين السطح على سبيل المثال : من أجل ملاحظة العينة المعزولة بالمجهر الالكتروني الماسح
- **البصرية :** معالجة انعكاس العدسات المضادة للكميرا , وكذلك تستخدم في صنع خوذات ناشرة للحرارة من أجل تجنب التوهج .
- **اقتصادية :** إعداد المركبات الإلكترونية بإستعمال تقنيات تكنولوجية صغيرة , حيث إن من مميزات الطبقات الرقيقة التأثير بشروط التحضير مثل طريقة الترسيب , مكان الترسيب , نوع الركائز....الخ.[9]

5.2. تطبيقاتها :

تدخل الطبقات الرقيقة في التطبيقات التقنية الحديثة مثل:

- صناعة الخلايا الشمسية .
- وفي مجالات الاقمار الصناعية .

- كواشف الأشعة الكهرومغناطيسية .
- وفي ليزرات أشباه الموصلات .
- تستخدم كمتسعات وثنائيات ومقاومات في الدوائر الكهربائية .
- هذا فضلا عن إستخدامها في دوائر الفتح والغلق والذاكرة , وكمرشحات عالية الكفاءة إلى غير ذلك من الإستخدامات الواسعة , وفي التطبيقات البصرية [5].

III. الأكاسيد الموصلية الشفافة TCO:

1.3. تعريفها :

الأكاسيد الموصلية الشفافة هي مركبات ثنائية أو ثلاثية تحتوي على واحد أو اثنين من العناصر المعدنية حيث تمتاز بموصليتها الكهربائية العالية مع انخفاض الإمتصاص في المجال المرئي .

عموما هاتين الميزتين مربوطتين بسمك الطبقة الرقيقة المرسبة. على سبيل المثال فهي تعتمد على حجم الحبيبات التي عادة ما تزيد مع زيادة سمك الطبقات. الأكاسيد الموصلية الشفافة تملك فجوة طاقة تساوي أو تفوق 3ev حيث مستوى فيرمي قريب من عصابة التوصيل Bc . كما أنها تمتاز بناقلية جيدة في حدود $10^3(\Omega\text{cm})$ [3].

2.3. شرح بنية TCO :

لوحظ نمو التوصيلية الكهربائية والشفافية البصرية في المجال المرئي لأول مرة عام 1907 على طبقات أكسيد الأنديموم (CdO). حيث ظهر التقدم في مجال الأكاسيد الموصلية الشفافة في السنوات (1930 - 1940)

في ظل نظرية عصابات الطاقة نستطيع تصنيف المواد في الطبيعة إلى ثلاث أصناف كبرى وهي : -

- النواقل والعوازل وأشباه النواقل , في حالة المعادن تكون عصابة النقل (Bc) و عصابة التكافؤ (Bv) متداخلتين , وهذا يسمح بحرية حركة الإلكترونات , أما بالنسبة لأشباه النواقل يوجد شريط ممنوع على الإلكترونات يفصل عصابة النقل عن عصابة التكافؤ يسمى بفجوة الطاقة أو (العصابة الممنوعة) Eg ومنه الإلكترونات لا يمكنها أخذ الطاقة الموجودة في هذه العصابة , كما أنهم بحاجة إلى إكتساب طاقة للانتقال إلى (Bc) .

أما في حالة ما إذا تجاوزت فجوة الطاقة 5ev . فإننا نتكلم عن العوازل [2].

3.3. الخصائص الفيزيائية ل TCO:

1.3.3. الخصائص الكهربائية :

تم دراسة الخصائص الكهربائية للأكاسيد الموصلية الشفافة منذ 1970 م بحيث تصنف هذه الأكاسيد على حسب الخواص الكهربائية على أنها أنصاف نواقل بفجوة طاقة كبيرة نسبياً [2].

أ. عرض الشريط الممنوع ل TCO :

تتميز الأكاسيد الموصلية الشفافة بشريط ممنوع عريض (فجوة طاقة) تتغير من $ev (3.01 - 4.6)$, يعتمد هذا العرض على عدة عوامل نذكر منها :

نوع مركبات المحلول , طريقة الترسيب والشروط التجريبية للترسيب , الجدول التالي يوضح بعض الأكاسيد الموصلية الشفافة مرفقة بقيمة الفجوة .

جدول 1: جدول يبين قيمة فجوة الطاقة لبعض الأكاسيد [10]

TCO	الفاصل الطاقي (ev)
ITO	>3
Zno	(3.2 – 3.3)
Tio	(3 – 3.2)
Sno ₂	(3.6 - 4.2)
NiO	(3.6 – 4)

ب. الناقلية الكهربائية σ :

تتميز أشباه الموصلات بفاصل طاقي كبير كما أنها تتميز بناقلية كهربائية يرمز لها ب σ ويعبر عنها بوحدة $(\Omega \cdot cm)^{-1}$ وهي من أهم هذه الخصائص الكهربائية , وتعرف على أنها جداء كثافة حاملات الشحنة N_v بوحدة (cm^{-3}) . والتي تقاس بفعل هول.

يعبر عن الناقلية الكهربائية بالعلاقة التالية :

$$\sigma = qn\mu = \frac{1}{\rho}$$

q : الشحنة الكهربائية , n : تركيز حاملات الشحنة , μ : حركية حاملات الشحنة . كما أن ρ هي عبارة عن مقلوب الناقلية , وتعطى وحدتها ب ($\Omega.cm$) .

ج. المقاومة السطحية R_S

يتم تعريف أحد الخواص الكهربائية المهمة وهي المقاومة السطحية حيث يعبر عن هذه الأخيرة بأنها النسبة بين المقاومة p وسمك الطبقة الرقيقة , يرمز لها ب R_S وحدتها (Ω) .

$$R_S = \frac{p}{d}$$

من خلال هذه العلاقة يمكن إستنتاج المقاومة p أي إن $P = R_S * d$

P مقاومة المادة . , d سمك الطبقة الرقيقة .

د. الحركية الكهربائية μ

حركية حاملات الشحنة (الإلكترونات , ثقب) هي متغير مهم يؤثر على الناقلية الكهربائية , بحيث الزيادة في هذا المتغير تؤدي إلى التحسين في الخصائص البصرية ل TCO . الحركية الكهربائية تعتمد اساسا على انتشار حاملات الشحنة في شبكة المادة , في الواقع الزيادة في تركيز حاملات الشحنة يؤدي إلى زيادة الانتشار . إذا الحركية الكهربائية متغير ضروري للحصول على ناقلية جيدة , وتعرف بالعلاقة التالية :

$$\mu = \frac{q\tau}{m^*} = \frac{ql}{n^* \cdot V_f}$$

حيث : q الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون , τ زمن الاسترخاء (الزمن بين تصادمين متتاليين) , m^* الكتلة الفعالة للإلكترون , v_f سرعة فيرمي للإلكترون . l المسار المتوسط الحر بين تصادميين [10].

2.3.3. الخصائص البصرية :

تنقسم الخصائص البصرية إلى ثلاث ظواهر رئيسية :

- النفاذية
- الانعكاس
- الامتصاص

التي سنتعرف عليها في الفصل الثالث ضمن تقنيات معاينة الطبقات الرقيقة [2].

IV. أشباه النواقل Semiconductor :

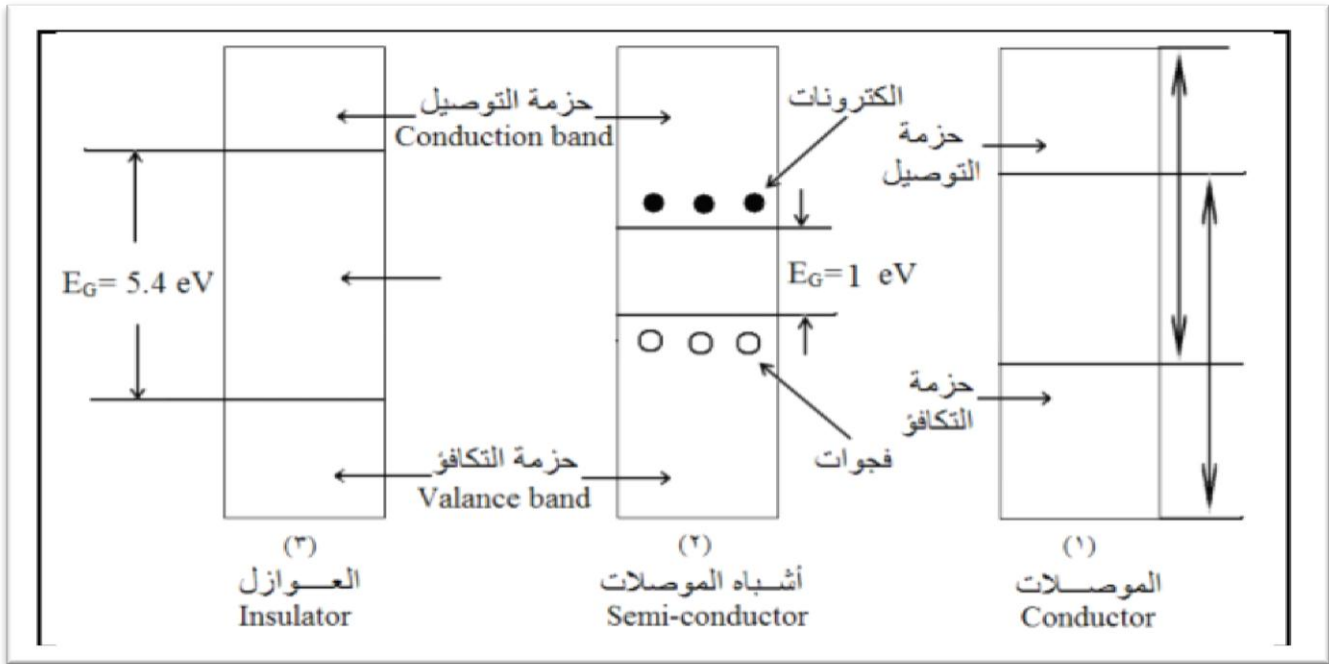
تصنف المواد في الطبيعة من حيث توصيليتها الكهربائية (Electrical Conductivity) عند درجة حرارة الغرفة إلى مواد موصلة (Conductor) وهي ذات توصيلية كهربائية عالية بحدود $(10^3 - 10^8 \text{ } (\Omega.\text{cm})^{-1})$, ومواد عازلة (Insulator) ذات توصيلية واطئة جدا بحدود $(10^{-18} - 10^{-8} \text{ } (\Omega.\text{cm})^{-1})$, ومواد شبه موصلة Semiconductor توصيليتها بحدود $(10^{-8} - 10^3 \text{ } (\Omega.\text{cm})^{-1})$, أي أن توصيليتها تقع بين المواد الموصلة والعازلة . إن الخواص البصرية لأشباه الموصلات هي الأكثر أهمية بسبب إستخدامها في الأجهزة الكهروبصرية مثل الكواشف الضوئية والخلايا الشمسية.

تتأثر توصيلية شبه الموصل بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي وتؤثر فيها وجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة وإن حساسية شبه الموصل تجاه هذه العوامل تجعل منه مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الإلكترونية .

تعتمد موصلية أي مادة على عدد الإلكترونات الموجودة لكل وحدة حجم من المادة وتزيد الموصلية بزيادة هذا العدد [11].

ان مستويات الطاقة تصل إلى عدد (N) مستوى , وتكون هذه المستويات ما يسمى بحزم او شرائط الطاقة ومن هذه الحزم حزمتان تحددان الخواص الإلكترونية للمادة , حيث إن حزم التكافؤ (Valence band) تخص المستويات العالية لطاقة الإلكترونات التي تحوم حول المدارات الخارجية أما حزمة التوصيل (Conduction band) فهي ذات مستويات طاقة أعلى من تلك التي في حزمة التكافؤ . ويفصل بين الحزمتين ما يسمى بالفجوة المحظورة (Band – gab) وهي تؤدي دورا كبيرا في أهمية التمييز بين الأصناف الثلاثة للمواد الصلبة .

ومن المعلوم ان الإلكترونات كي تنتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل فإنها تحتاج إلى اكتساب طاقة خارجية . ويمكن ان تكون هذه الطاقة الضوئية او حرارية , ومن المعلوم ان درجة حرارة الغرفة كافية لتحضير الإلكترونات التكافؤية بغية عبور الفجوة الممنوعة [12] .



شكل 3 : يوضح موضع الحزم الثلاثة للطاقة في كل من الموصلات وأشباه الموصلات والعوازل [13].

1.4. الخواص العامة للمواد شبه الموصله

- 1) تكون قيمة مقاومتها النوعية بين $(10^4 - 10^{-5}) \Omega m$.
 - 2) إن القدرة الكهربائية الحرارية التي يمكن أن تولدها هذه المواد عالية جدا .
 - 3) تمتلك المواد شبه الموصله نوعين من حاملات الشحنة وهما الفجوات و الإلكترونات .
 - 4) يمكن السيطرة على مقاومة والتوصيلية وذلك بإضافة شوائب ثلاثية التكافؤ أو خماسية التكافؤ .
- حيث تعد الخواص الكهربائية لأشباه الموصلات مهمة لأنها أساسية في تشغيل الترانزستور و الدوائر المتكاملة و أجهزة أخرى ، و أشباه الموصلات هي مواد مقاومتها عبارة عن حد وسط بين المعادن الموصله و العوازل [14].

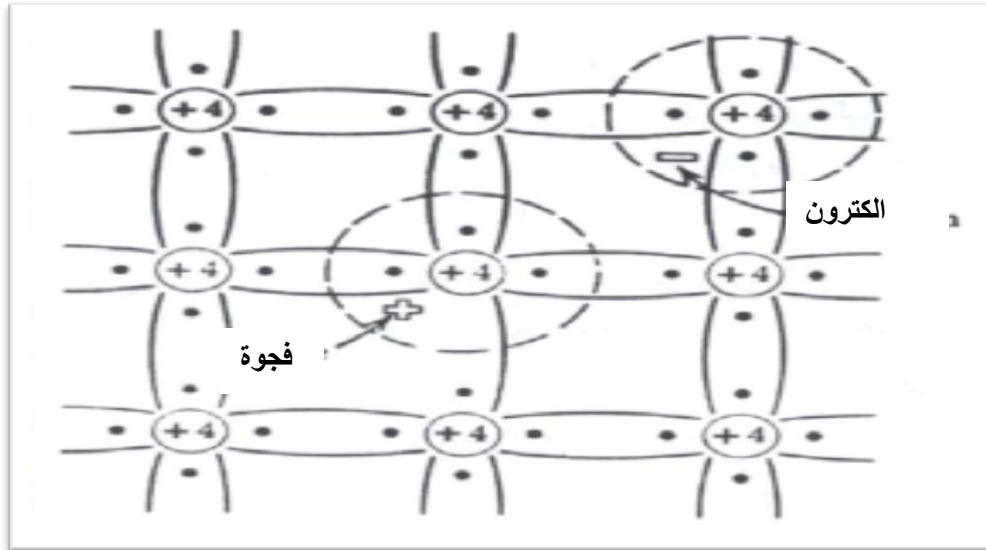
2.4. أشباه الموصلات النقية

تقع أشباه الموصلات المستخدمة في الاغراض الإلكترونية ضمن المجموعة الرابعة في الجدول الرابع أي أن هذه العناصر رباعية التكافؤ (وجود اربعة إلكترونات في المدار الأخير) وأشهر هذه العناصر السليكون Si والجرمانيوم Ge ترتبط ذرات هذه العناصر مع بعضها في روابط تساهمية لتكوين ما يسمى ببلورة المادة.

والتركيب العام للبلورة هو عبارة عن ترابط مجموعة من ذرات المادة في شكل هندسي دقيق منتظم ومتكرر يدعى بالتنسيق البلوري .

عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون جميع إلكترونات التكافؤ لأشباه الموصلات موجودة في نطاق التكافؤ ولا يوجد منها في نطاق التوصيل لذلك فإن أشباه الموصلات في هذه الحالة تسلك سلوك العازل المثالي .

عند ارتفاع درجة حرارة البلورة إلى درجة حرارة الغرفة 300 k تكتسب إلكترونات التكافؤ طاقة حركية كافية لكسر الروابط التساهمية وتنتج عن ذلك تحرر إلكترونات وفي هذه الحالة يصبح شبه الموصل موصل جيد للكهرباء ولكن اذا ما قورنت مع موصلية المعادن مثل الفضة والنحاس فإنها تعتبر صغيرة جدا . ولذلك تمت اضافة الشوائب لأشباه الموصلات لزيادة توصيلتها.



شكل 4 : كيفية تحرر الإلكترون وتكوين الفجوة

3.4. أشباه الموصلات ذات الشوائب

يمكن زيادة موصلية أشباه الموصلات النقية وذلك بإضافة شوائب ثلاثية او خماسية التكافؤ إلى مادة شبه الموصل النقي بعناية وبمعدل مسيطر عليه , حيث تكون نسبة الشوائب المضافة إلى حوالي ذرة لكل مليون ذرة من السيليكون أو الجرمانيوم . تدعى وتصنف أشباه الموصلات إلى نوعين [12] :

- أشباه الموصلات موجبة النوع
- أشباه الموصلات سالبة النوع

V. أكسيد النيكل NiO :

أكسيد النيكل هو مادة شبه موصله من نوع p يملك فجوة طاقة واسعة تتراوح ما بين (4 – 3.6) ev , حيث أن تكلفة تحضيره منخفضة وهو أيضا مادة تسمح بتخزين الايونات. يمتاز بمتانة جيدة وامكانية تصنيعه بواسطة سلسلة من التقنيات .

تشير الأبحاث السابقة أن إنتاج أكسيد النيكل يتم بواسطة عدد من التقنيات التي يقوم بها عدد من الباحثين [15]. وتشمل هذه التقنيات التبخير تحت الفراغ , التبخر بواسطة حزمة الكترونات , تقنية رش مادة كيميائية في طور سائل (رذاذ) والترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD) وتقنية الإقتلاع بأشعة الليزر (PLD) .

1.5. تركيب نظام Ni – O :

النيكل يظهر أربعة درجات أكسدة مختلفة : الدرجة (0) , (2+) , (3+) و (4+) على الترتيب $Ni, Ni^{+2}, Ni^{+3}, Ni^{+4}$. بناء على ذلك توجد بنيات مختلفة الأكاسيد من أجل نظام NiO مع تركيبات مختلفة الأكسدة والجدول يبين ذلك .

درجة تأكسد النيكل الأكثر إستقرارا هي (2+) , حيث أول أكسيد نيكل يظهر على شكل NiO

جدول 2 : يوضح مقارنة درجة الاكسدة من أجل أكسيد النيكل مع مركبات مختلطة [2].

درجة الأكسدة	مركب Ni – O
+4	NiO ₂

+2	NiO
+3	Ni ₂ O ₃
+3 و +2	Ni ₃ O ₄

توجد انواع عديدة من عمليات تركيب NiO ومن أشهرها الإنحلال الحراري لمركبات Ni⁺² مثل هيدروكسيد , النترات والكربونات , الذي يعطي مسحوق ذو لون أخضر فاتح.

جدول 3 : يلخص بعض الخصائص لأكسيد النيكل NiO [2].

NiO	رموز
74.69	الكتلة المولية (g/mole)
6.72	الكتلة الحجمية (g/cm ³)
11.9	ثابت العزل
4	عرض الفجوة الممنوعة (eV)
1960	نقطة الانصهار (c°)
5.5	صلابة موس (Dureté de Mohs)
غير قابل للذوبان في الماء وانما يذوب في الحمض	الذوبانية
مسحوق اخضر او اسود	المظهر

2.5. مكونات NiO :

النيكل : النيكل هو عنصر ينتمي للمجموعة VIII- B من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية , أي أنه العنصر الأكثر إنتشارا فوق القشرة الأرضية بحيث يرمز له ب Ni .

فهو معدن ذو لون أبيض رمادي غير قابل للطرق والسحب , وهو أصعب من كل المعادن الأساسية . حيث أنه مادة فيرومغناطيسية تظهر نقطة كيري تقريبا عند 355°C وهو أيضا أفضل موصل للحرارة والكهرباء , يشبه الحديد والكوبالت في صفاته المغناطيسية والكيميائية , حيث يكون محمي بواسطة طبقة أكسيدية رقيقة , كما أنه لا يتآكل مع الهواء , وبالتالي هذه الدرجة العالية من المقاومة تشرح بشكل خاص استخدامه في المواد الكيميائية .

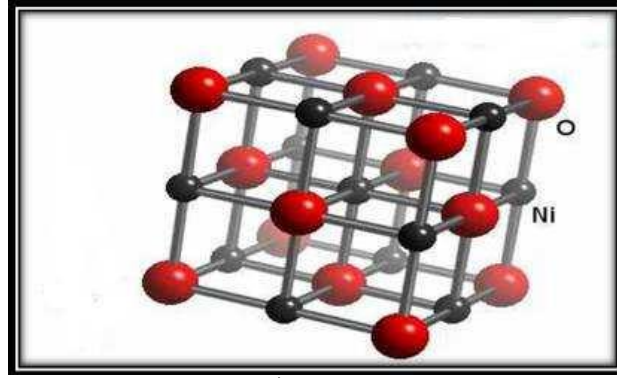
الأكسجين : الأكسجين هو أول عنصر من المجموعة VI - B من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية (مجموعة الهالوجينات) يرمز له ب O , أكتشف منذ سنة (1773م) من طرف العالم السويدي Carl Wilhem Scheel , حيث أن هذا العنصر أكثر وفرة على سطح الارض لأنه يمثل ما يقارب 50 % من تكوين القشرة الارضية .

بينما في القشرة الارضية فانه يظهر تحت شكل اوكسيد , سيليكات , كربونات , نيترات , كبريتات و فوسفات . بينما المحيطات يوجد تحت شكل الماء (85 % في الكتلة) .

3.5. الخصائص الفيزيائية لمركب NiO :

1.3.5. الخصائص البنيوية :

اوكسيد النيكل هو شبه موصل ذو بنية مكعبة ممركرة الاوجه CFC من نوع Na Cl ذو الزمرة الفضائية $Fm3m$ كما هو مبين في الشكل [2] .



شكل 5 : مخطط يوضح بنية اوكسيد النيكل NiO

حيث أن ثابت الخلية للنيكل المعدني أكبر بنسبة % 18 من قيمة أكسيد النيكل الذي يساوي
 $a = 4.1769 \text{ \AA}$

سبب وجود $\text{NiO} + 3$ هو تغير اللون من الأخضر إلى الأسود المرافق للقياس الغير تكافؤي نتيجة الأماكن الشاغرة في Ni . هذا ما يؤدي إلى التوصيلة من نوع p .

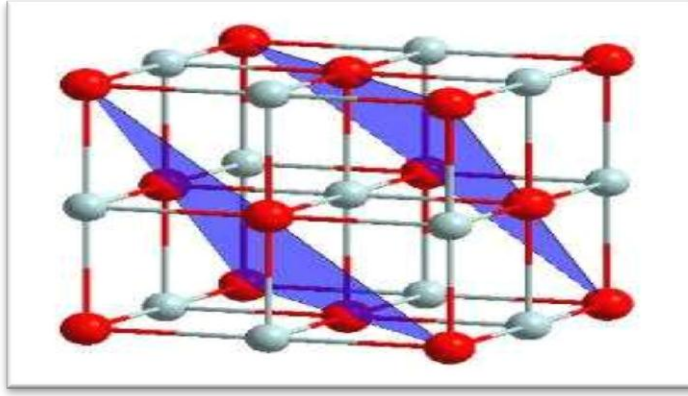
الشبكة الفرعية لكل من الأكسجين والنيكل مكعبة ممركرة الاوجه CFC كما هو موضح في الشكل , السطح (100) هو سطح مختلط , يتركب من % 50 النيكل و % 50 أكسجين . والوجه (100) ليس قطبي إذا هو مستقر .

الأسطح (111) هي بالتناوب , Ni نقي وأكسجين نقي . الوجه (111) هو وجه قطبي إذا فهو غير مستقر .

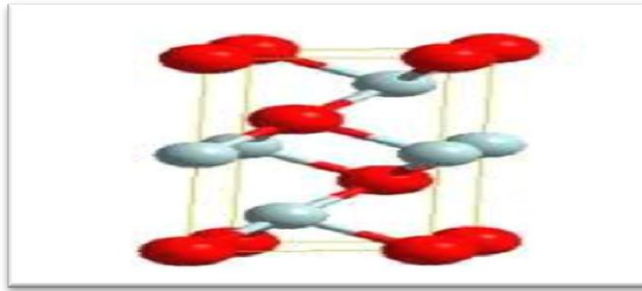
المسافة الذرية بين سطحين مختلفين في الطبيعة هي 0.120 nm وتساوي الضعف اي 0.241nm بين سطحين من نفس الطبيعة , كما هو موضح في الشكل .

الخلية الموافقة للوجه (111) تملك التناظر السداسي من أجل متغيرات ثوابت الخلية :

$$c = 0.72119 \text{ nm} \quad \text{و} \quad a = b = 0.29475 \text{ nm}$$



شكل 6 :مخطط يوضح المسافة الذرية بين سطحين (111) من نفس الطبيعة



شكل 7 : مخطط يوضح اتجاه خلية أكسيد النيكل وفقا للسطح (111)

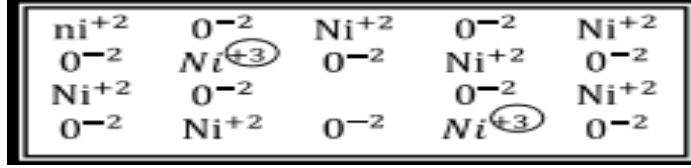
رؤوس الخلية مشغولة بذرات الأكسجين , هناك ذرتين أخرتين من الأكسجين تقع داخل الخلية . وحواف الاوساط من الإتجاه C مشغولة بذرات النيكل , وهناك ذرتين أخرتين من النيكل أيضا تقع داخل الخلية . هذه الخلية تتكون من ثلاث ذرات أكسجين وثلاث ذرات نيكل .

2.3.5. الخصائص الكهربائية :

يعتبر أكسيد النيكل NiO اول طبقة رقيقة للأكاسيد الموصله الشفافة TCO من نوع P نتيجة تخصيب الأكسجين الستيوكيومتري بواسطة التفاعل التالي :



يتم إدراج جزيئة الأكسيد في شبكة أكسيد النيكل NiO تحت شكل أيونات O^{-2} مما يؤدي إلى ظهور 4 أيونات Ni^{+3} التي تملك فائض في الشحنة الموجبة , التي تتكون في الواقع من ثقب موجب . الهجرة داخل الشبكة هي المسؤولة عن التوصيلية الملاحظة , وهذا يبرز مصطلح التوصيلية p حيث تتم هجرة الثقب في إتجاه معاكس لهجرة الإلكترونات.



شكل 8 :مخطط يوضح توصيلية أكسيد النيكل [2]

أكسيد النيكل هو عازل ضد فيرومغناطيسي بالنسبة للخواص المغناطيسية بالرغم من الإمتلاء الجزئي للمدار 3d, كما أنه من المستحيل جعل البلورات مكافئة لهذا الأكسيد , فهي لا تزال تعاني من نقص المعدن (زيادة الأكسجين) مقارنة بالمركبات السيتيوكيمترية .

3.3.5. الخصائص البصرية :

مركب أكسيد النيكل NiO هو شبه موصل شفاف في مجال الأشعة فوق البنفسجية UV المجال المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة .

3 5. تطبيقاته او كسيد النيكل

تستخدم الطبقة الرقيقة لأكسيد النيكل كطبقة وسيطة بين النحاس ومادة (ybco) فائقة الناقلية .
تستخدم في تطبيقات المكثف الفائق , النوافذ الذكية , المرايا متغيرة الانعكاس , شاشات عرض المعلومات غير المشعة , والألياف الضوئية النشطة .
تعمل كثنائيات باعثة للضوء و تستخدم في الخلايا الشمسية وفي تطبيقات أجهزة العرض .[2].

VI ملخص

في هذا الفصل تعرفنا على الطبقات الرقيقة وعلى كيفية تصنيعها والعوامل المؤثرة على تجانسها , كما رأينا أيضا الأوكاسيد الشفافة الناقلة وماهي خصائصها وكيف يندرج أكسيد النيكل ضمن نوع (p) الذي اصبح محط إهتمام في السنوات الأخيرة

وفي الفصل التالي سنتعرف على كيفية الحصول على هاته الطبقات و التقنيات المتبعة.

VII. المراجع

- [1] Luisa Filipponi et Duncan Sutherland . NANOTECHNOLOGIES: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activitie. Directorate-General for Research and innovation industrial technologies (NMP).2013.
- [2] Bahi azzououm Ahmed. Etude des couches minces du monoxyde de nickel NiO. Mémoire magister de université des sciences et de la technologie d'oran mouhamed boudiaf. 12-02-2014.
- [3] ميخائيل عيسى منصور، ياسر حسين محمد. تأثير بعض عوامل التحضير على الخصائص البصرية لاغشية ZnO المرسبة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي CVD . مجلة التربية و العلم – المجلد 23 العدد 23 . جامعة الموصل . 2010.
- [4] Said BENRAMACHE . Elaboration et caractérisation des couches minces de zno dopées cobalt et indium. Thèse de Doctorat Physique. Université Mohamed Khider – Biskra. 13/12/2012.
- [5] عبد المجيد عيادة ابراهيم ، رائد عبد الوهاب اسماعيل ، عناد صالح ابراهيم و عصام محمد ابراهيم . دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين الرقيقة . مجلة تكريت للعلوم الصرفة 22 . 2017.
- [6] TABET Abdelaziz . Optimisation des conditions d'élaboration (température de substrat et distance bec-substrat) des films minces de zno par spray . Mémoire Magistère .de . Universite Mohamed Khider Biskra . 12 /12 / 2013
- [7] Souhir SEMMARI . L'effet de la molarité et de la température du substrat sur les propriétés des couches minces d' Oxyde d' Etain(SnO_2) déposées par spray Ultrasonique . Diplôme de Magister De Université Mohamed Khider-Biskra . 09 / 02 / 2012 .
- [8] محمد احمد زين العابدين . تصنيع اغشية رقيقة من مادة (NiO). ودراسة خواصها الفيزيائية . لنيل درجة الماجستير . جامعة دمشق
- أقام قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة البعث يومي 24-25-الجارى ورشة عمل حول الأغشية الرقيقة [9] وتطبيقاتها وذلك في قاعة المحاضرات بكلية العلوم (مجلة عن العروبة يومية سياسية تصدر عن مؤسسة للوحدة للصحافة والطباعة والنشر والتوزيع -حمص)
- [10] Benchiha kheira . Optimisation des conditions d'élaboration (molarité et pression) des films minces de ZnO par spray. Mémoire Magistère .de Universite Mohamed Kheider-Biskra . 12/12/2013.

- [11] شيماء جبار عبد الرزاق , عبد العزيز عبيد موسى و ثامر عبد الحمزة محمد. دراسة الخواص البصرية لأشباه موصلات جديدة محضرة من مواد بلورية سائلة وبعض من معقداتها . جامعة بابل العدد 5 /المجلد 21. 2013.
- المملكة العربية السعودية .المؤسسة العامة للتدريب التقني والمعني . الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج. [12] الفيزياء التخصصية . فيز 120.
- [13] Hani .M.H.Al-Sultani . Département of General Science University of Babylon
- المملكة العربية السعودية . المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني . الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج [14]
- المناهج .اساسيات الكهرباء والإلكترونيات .ثنائي شبه الموصل (الموحد)
- [15] Belkhalifa Hakim. Etude de l'effet du recuit à haute température sur Les propriétés des couches minces de ZnO déposées par spray pyrolyse pour application photovoltaïque . Mémoire de Magister . Université M'Hamed Bougara- BOUMERDES . 05 Avril 2010

الفصل الثاني : مراحل التحصل على الطبقات الرقيقة و تقنيات الترسيب

I. مقدمة :

شهدت تقنيات اعداد المواد في شكل طبقات رقيقة اهتماما كبيرا في كل من الصناعة ومجال البحوث , فالتطبيقات الواسعة والمهمة في هذا المجال دفعت الباحثين إلى استحداث طرائق مختلفة لتحضير هذه الطبقات . فلقد تم استخدام عدة تقنيات ترسيب لإنماء طبقات بعض اكاسيد المعادن كأوكسيد النيكل المطعمة وغير المطعمة , فمنها تقنيات فيزيائية وتقنيات كيميائية [1] .

ونتيجة للتطور العلمي فقد تطورت طرائق تحضير الطبقات واصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الطبقة وتجانسها . وان استخدام طريقة دون غيرها يعتمد على عوامل عدة من اهمها نوع المادة المستخدمة ومجال استخدام الطبقات المحضرة وكلفة التحضير حيث لقيت التقنيات التي تتميز بالبساطة الاقتصادية اهتماما واسعا لأسباب تجارية وغيرها , اذ تكون بعض الطرائق مناسبة لمواد معينة وغير مناسبة لمواد اخرى وبعضها تكون سهلة الاستعمال وبعضها الاخر تكون معقدة .

وبالتالي سنتعرف على بعض تقنيات الترسيب وماهي مميزاتها كما سنذكر التقنية المتبعة وشرح تركيبها التجريبي بكافة اجزائه .

II. مراحل التحصل على الطبقات الرقيقة :

1.2 مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة :

لغرض ترسيب شريحة رقيقة على سطح ركيزة صلبة يجب ان تمر جسيمات المادة المكونة للشريحة عبر وسط ناقل بحيث يكون هذا الوسط في اتصال مباشر مع الركيزة بمجرد وصول الجسيمات لسطح الركيزة جزء منها يتمسك بالسطح من خلال قوى van der waals او تتفاعل كيميائيا معها . ويمكن ان تكون هذه الجسيمات عبارة عن ذرات . جزيئات او ايونات وقد تكون وسيلة نقل المواد إلى الركيزة اما عن طريق المواد (السائلة غازية او في الفراغ)

1. وسط سائل : تمتاز هذه الطريقة بسهولة استخدامها ويرجع ذلك لتنوع طرق الترسيب في هذه الحالة مثل : طريقة المحلول الهلامي



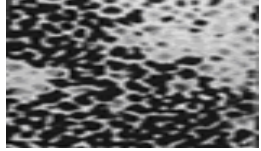

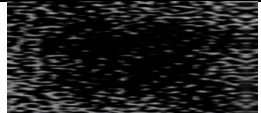

2. وسط غازي او فراغ : وتتمثل هذه الطريقة في اساليب ترسيب بالأبخرة الكيميائية ويكمن الاختلاف الاساسي بين الوسط الغازي والفراغ في متوسط المسار الحر للجزيئات (المسار بين تصادمين) تجدر الاشارة إلى انه لا توجد طريقة مرجعية لترسيب الطبقات الرقيقة حيث يمكن استخدام طرق متنوعة اضافة إلى ذلك فان تحضير الركيزة خطوة مهمة للحصول على شرائح جيدة [2].

2.2. البات نمو الطبقات الرقيقة

تعد البنية المجهرية للطبقات الرقيقة حساسة للغاية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المعنية خلال نموها وكذلك الشروط الفيزيائية للترسيب في كل مرحلة من مراحل تطور الطبقة الرقيقة حيث ان نمو هذه الاخيرة يتم بعدة خطوات :

- نزول الذرات او الجزيئات على سطح الركيزة
- انتشار الذرات في السطح
- التفاعل بين الذرات المرسبة والركيزة من أجل تكوين الروابط المستقرة
- انبات الطبقات الرقيقة .
- النمو على مستوى الحجم .
- انتشار الذرات على مستوى الحجم في الطبقة او في الركيزة [3] .

جدول 4 : يوضح مراحل آليات النمو [4].

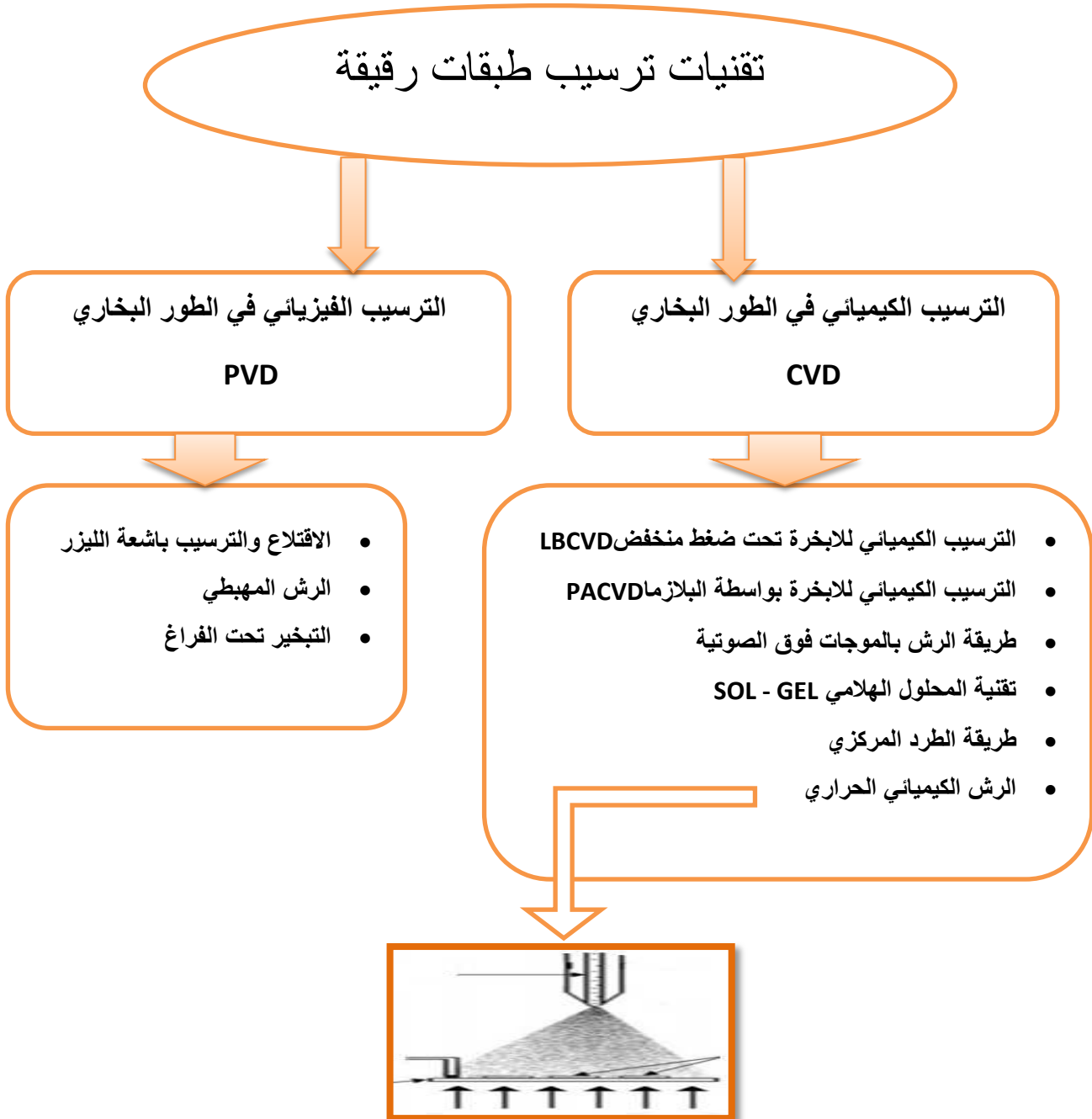
المرحلة	الآلية	البنية	السمك
الانبات او التولد nucléation	ظهور تجمعات ذرية صغيرة على سطح الركيزة	 	< 5 nm
التجمع والتراكم rassenblement	نمو تجمعات ذرية معزولة وتكوين شبكات ماكروسكوبية مستمرة. حيث ان الذرة القادمة إلى سطح الركيزة تحول جزء من طاقتها للشبكة البلورية . والطاقة المتبقية تحرض هجرة الذرات على السطح .	 	10 – 14 nm
النمو croissance	زيادة في سمك الطبقة إلى القيمة المحددة وفق شروط عملية الترسيب. البنية النهائية للطبقة تحدد اساسا بالفرق بين درجة حرارة الركيزة ودرجة حرارة الانصهار للمادة المركبة .	 	< 20 nm

ملاحظة

سمك الطبقة الرقيقة المستمرة الاولى المتشكلة عند السطح عند التحام التجمعات الذرية تتعلق بطبيعة المادة المركبة , سرعة الترسيب , درجة حرارة الركيزة , درجة الالتصاقية بين ذرات المادة المركبة والركيزة [4] .

III. تقنيات و طرق الترسيب :

تنوعت الاساليب المستخدمة في عملية تحضير الطبقات الرقيقة وهذا راجع إلى الاستعمالات المميزة والكثيرة لهذه الطبقات. وتصنف هذه الطرق إلى صنفين اساسيين حسب طريقة الترسيب . وهي طرق فيزيائية وطرق كيميائية كالتالي [5]:



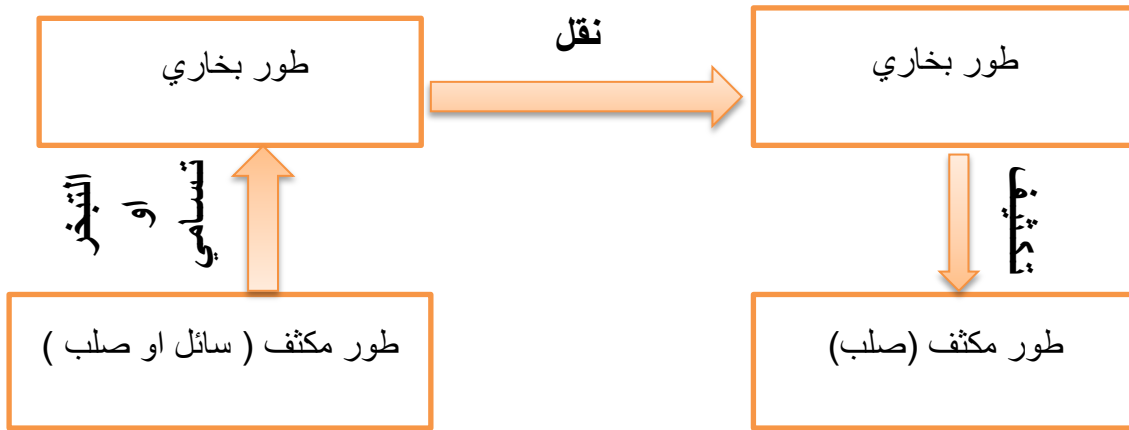
شكل 9 : طرق و تقنيات ترسيب طبقات رقيقة [6].

1.3. الترسيب الفيزيائي للأبخرة Physical vapor deposition PVD

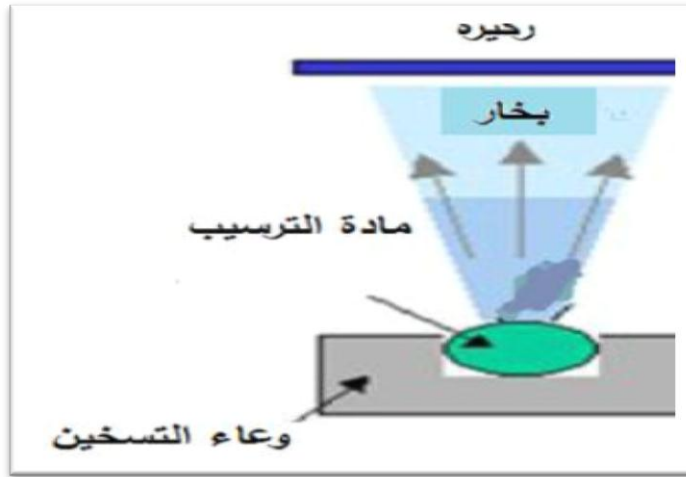
هذه التقنية تعتمد على عملية التبخر الحراري للمواد تحت ضغط منخفض كما تمتاز بعدة مميزات مقارنة بطريقة الترسيب الكيميائي للأبخرة *CVD* فهي تعد من التقنيات الغير ملوثة كما ان الطبقات المترسبة تكون كثيفة وسهلة المراقبة . ومن بين الطرق الترسيب الفيزيائي للأبخرة الأكثر استعمالا نجد طريقة التبخر تحت الفراغ . الرش المهبطي . الاقتلاع (التفتيت باليزر) [2] .

1.1.3. التبخر في الفراغ :

تعتمد هذه التقنية على تبخير المادة المراد ترسيبها وذلك بتسخينها تحت درجات حرارة عالية وتتم هذه العملية داخل غرفة مفرغة من الهواء في ضغط يتراوح ما بين Pa (10^{-3} الي 10^{-4}) , المواد التي تبخرت تترسب على سطح الركيزة عن طريق عملية التكتيف والتي تتشكل على سطحها طبقة رقيقة من هذه المادة . بحيث تختلف طرق التسخين منها التسخين باستخدام فعل جول او باستخدام حزمة إلكترونيات مكثفة عالية الطاقة حيث تستخدم الطريقة الاولى للمواد سهلة الذوبان فهي تستخدم المواد المقاومة للحرارة . عندما يكون الضغط ليس منخفضا بما فيه الكفاية . فان الترسيب يكون قليل التماسك وغالبا غير متبلور . يتم الحصول على افضل النتائج عندما يكون السطح عمودي على تدفق البخار وعموما تعتمد سرعة الترسيب على درجة حرارة المصدر والمسافة بين المادة المبخرة والركيزة .



شكل 10 : مبدأ التبخر في الفراغ [4]



شكل 11 : يوضح تقنية الترسيب عن طريق التبخير الفراغ [8]

سلبياتها : من بين اهم المشاكل التي تواجهها هذه التقنية :

- تفكك الأكاسيد بسبب درجة الحرارة العالية للتبخير .
- التفاعلات الجانبية للمواد المبخرة التي تكون على اتصال فيما بينها .
- عملية ازالة الغازات . التفكك . الانفجار الدقيق للمواد المعروضة للتبخير .
- لكن تبقى تقنية التبخير مفضلة وخاصتا في تطوير مواد عالية النقاوة .

2.1.3. الرش المهبطي :

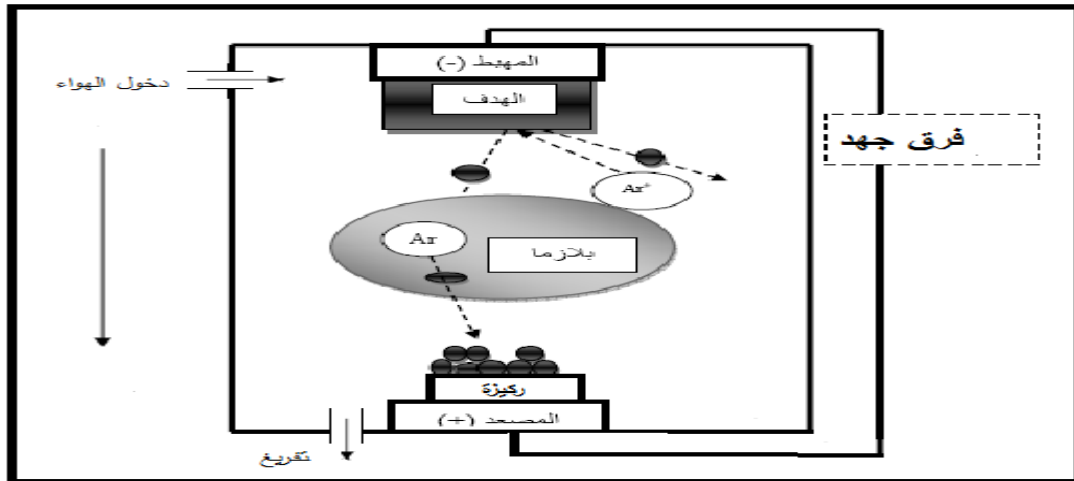
تتمثل هذه التقنية في توضع الركيزة داخل غرفة تحوي غاز (عموما يكون غاز الارغون) تحت ضغط منخفض . هذا الاخير يلعب دور في تأين ذرات الغاز . الايونات الناتجة تسرع بفرق جهد يتراوح ما بين 3 - 5 KV لتسقط على الكاثود بطاقة كبيرة (الكاثود يكون مكون من مادة مراد ترسيبها)

تحت تأثير ايونات الغاز المسرعة الساقطة على الكاثود تقتلع منه ذرات و تتوضع على سطح الركيزة . في بعض الحالات يتم ادخال غاز ثاني بالإضافة إلى الارغون بحيث يتفاعل كيميائيا مع الذرات المقتلعة لتشكل معها مركبات مرغوبة وتوضع على الركيزة .

ايجابياتها : الترسيب تحت أجواء مراقبة

سلبياتها : التكلفة العالية في تركيب جهاز الرش المهبطي

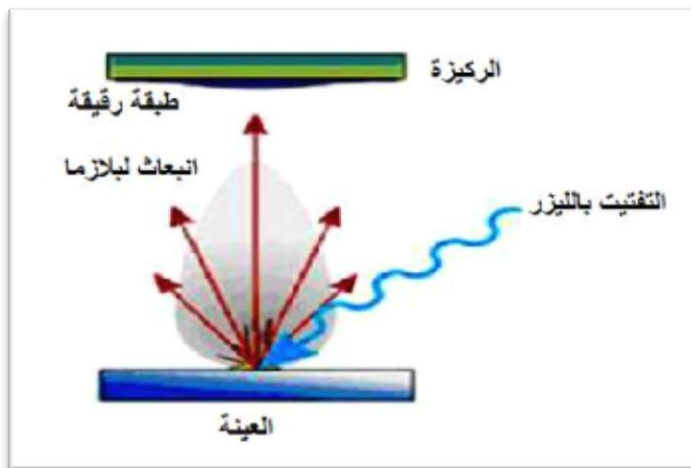
- بطئ عملية الترسيب



شكل 12 : يوضح تقنية الرش المهبطي [2] .

3.1.3. الإقتلاع (التفتيت) والترسيب بأشعة الليزر :

وهي تقنية تتمثل في ارسال حزمة ليزر مكثفة على هدف كبير بالنسبة للحزمة (بحيث الهدف مصنوع من المادة المراد ترسيبها) بحيث تكون استطاعتها عالية بما فيه الكفاية لإخراج كمية من مادة الهدف التي تكون عمودية على سطح ركيزة لتشكيل سحابة من المادة المقطعة التي تترسب على الركيزة الساخنة وهذا من أجل توفير الطاقة اللازمة لتحفيز تبلور الطبقة الرقيقة بحيث هذه الاخيرة تكون موضوعة على التوازي مع الهدف كما هو مبين في الشكل .

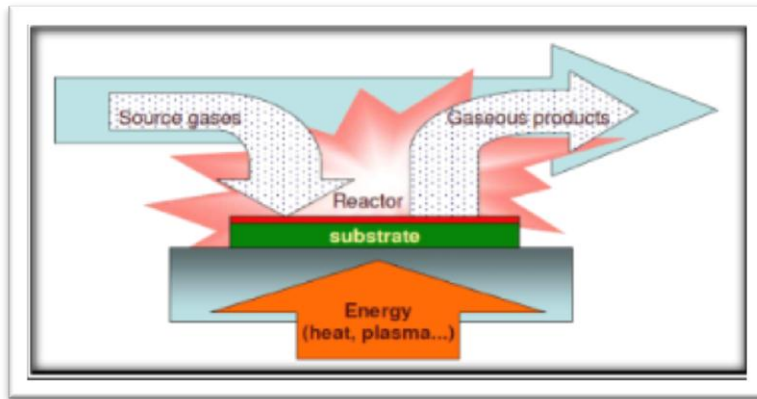


شكل 13 : يوضح تقنية الاقتلاع والترسيب بأشعة الليزر [9]

تجريبيا .فقد لوحظ تحسن في نوعية الترسبات عن طريق هذه التقنية ويرجع ذلك إلى الحد من العيوب وزيادة حجم الحبيبات ومع ذلك فمن عيوب هاته التقنية محدوديتها بسبب التكلفة الباهظة لليزر

2.3. الترسيب الكيميائي للأبخرة CVD Chemical Vapor de Position

تستخدم طريقة *CVD* في عدد كبير من المجالات نذكر منها الاستعمال الكبير في مجال انصاف النواقل. حيث تمكن من تشكيل ترسب على الركيزة ناتج التفاعلات الكيميائية للغازات مع سطح الركيزة من جل تكوين طبقة رقيقة صلبة على سطح الركيزة المسخنة تحت درجة حرارة أكبر من 300 درجة حيث توفر هذه الاخيرة طاقة التنشيط اللازمة لبدأ لتفاعل الكيميائي. كذلك هذا الترسيب يتوقف على طبيعة ودرجة حرارة الركيزة التركيب الكيميائي لمواد الانطلاق. تدفق الغاز والضغط الكلي



شكل 14 : يوضح مبدأ تقنية الترسيب الكيميائي للأبخرة CVD [9] .

تتطلب هذه الطريقة درجة حرارة عالية لتلبية احتياجات التفاعل بينما الاحتمالات الصناعية تفضل درجات الحرارة المنخفضة. لهذا تعاني في هذه لطريقة من تحسينات لتخفيض درجة الحرارة نذكر منها:

1.2.3. الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة البلازما PACVD

تستخدم في هذه الطريقة البلازما لضمان تنشيط التفاعل الكيميائي وهذا يسمح بترسيب في درجات حرارة منخفضة نسبيا اقل من 300 درجة وبالتالي تنقص العيوب البلورية بسبب التبريد. من عيوب هذه الطريقة هو امكانية تفاعل البلازما مع الركيزة. وبالتالي الحصول على طبقة رقيقة غير متجانسة على طول الركيزة

2.2.3. الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض LPCVD :

في هاته الحالة تجري التفاعلات الكيميائية تحت ضغط منخفض (الضغط المستخدم في هاته الحالة يكون في المجال من 10 إلى 10³ Pa).

3.2.3. الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي ultra -high vacuum CVD

في هذه الحالة ترسيب الطبقات الرقيقة يكون تحت ضغط اقل من 10 Pa.

الاجابيات الرئيسية لهاته التقنية هي :

- تمكين تبلور الأغشية (الطبقات الرقيقة) دون اللجوء إلى عملية التلدين
- القدرة على التحكم في التركيبة المرسبة خلال عملية الترسيب
- انتاج شريحة موحدة السمك وجيدة الالتصاق

ومع ذلك هاته التقنية لها سلبيات نذكر منها :

- اعطاء افلام غير نقية بصفة كبيرة وهذا نتيجة وجود بقايا من الغازات المتفاعلة للأغشية السابقة
- وغالبا ما تكون درجة حرارة تنشيط التفاعل عالية [10].

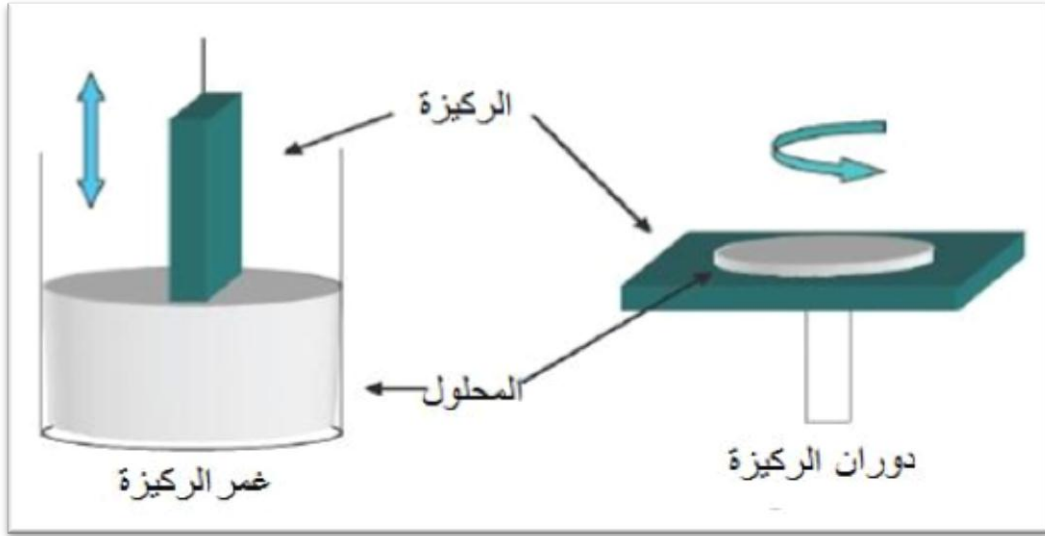
4.2.3. تقنية المحلول الهلامي sol-gel

عرفت تقنية المحلول الهلامي منذ اكثر من 150 عاما وذلك بفضل اعمال العالم *Ebelmen* حيث تم تطوير هذه الطريقة بشكل كبير على مدى العقود الثلاثة الماضية . انطلاقا من محلول مكون من متفاعلات مذابة في كحول (في اغلب الاحيان) .

قد يكون المذيب مادة محفزة (حمض او قاعدة) مع الماء , انطلاقا من هذا المحلول المحتوي على المتفاعلات يمكن تشكيل الأغشية الرقيقة بطريقتين

✓ طريقة الغمس (غمس الركيزة): حيث تعتمد هاذه الطريقة على غمس الركيزة في المحلول حتى تتولد طبقة رقيقة على سطحها بحيث يتأثر سمك الطبقة الرقيقة بالسرعة العمودية لغمس الركيزة

✓ طريقة الطرد المركزي (دوران الركيزة) : حيث يوضع المحلول فوق الركيزة (في المركز) فنترسب شريحة على كامل سطح الركيزة .نتيجة للتحكم في سرعة الدوران . في كلتا الطريقتين بعد تحضير الشريحة تترك ليتبخر المذيب ويكون سريع جدا ثم تخضع للمعالجة الحرارية للتخلص الكلي للمذيب , بفضل هاذه الطريقة تنتج الشرائح المستخدمة في مجال الإلكترونيات , علم البصريات , والمواد الطبية والتجميلية [2].



شكل 15 : يوضح تقنية الترسيب بواسطة غمس ودوران الركيزة .

ايجابياتها:

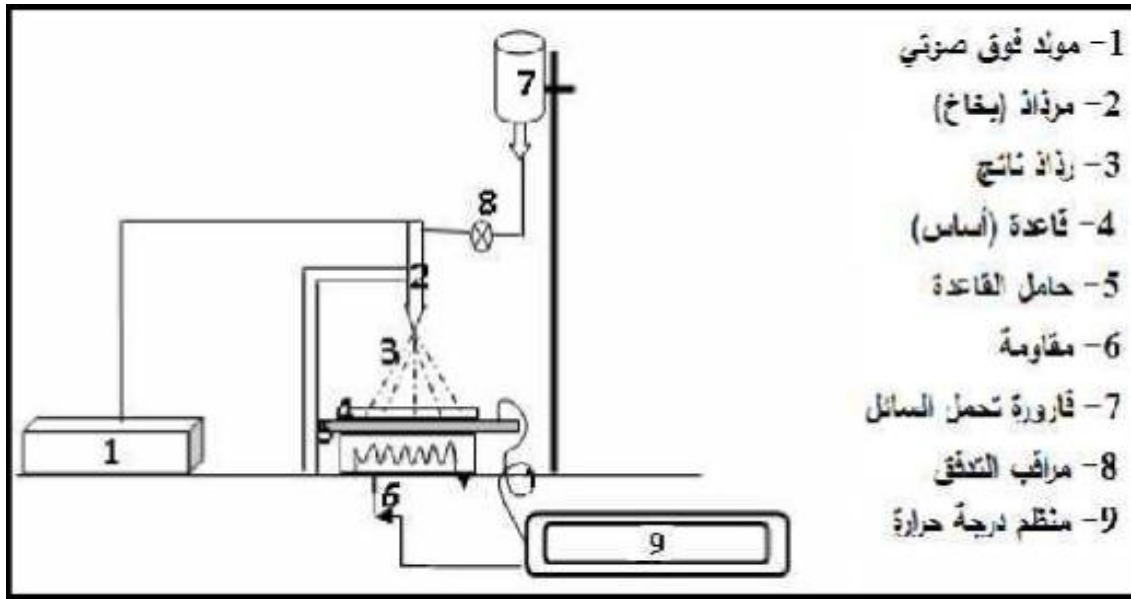
- درجة الحرارة المستخدمة اثناء عملية تحضير طبقة رقيقة تكون منخفضة
- التحكم بدقة في العناصر المتفاعلة
- نقاء الطبقة الرقيقة المتحصل عليها

سلبياتها :

- تعد هذه التقنية معقدة كيميائيا إلى حد ما [10].

5.2.3. طريقة الرش بالموجات فوق الصوتية

ترتكز طريقة الرش بالموجات فوق صوتية على استغلال طاقة هذه الموجات عن طريق مولد يعمل بالموجات فوق صوتية عالية التردد 40 kHz الذي يسمح بتحويل المحلول إلى حبيبات رقيقة جدا بقطر 40 um بإحجام موحدة تخرج من صنوبر على شكل رذاذ يرش على ركيزة مسخنة في درجة حرارة تتراوح ما بين $(250 - 500) \text{ C}^\circ$ وذلك من أجل تنشيط التفاعل الكيميائي بين المكونات . في درجات الحرارة هذه تتم ازالة بعض منتجات التفاعل على الفور الغير مرغوب فيها (العناصر المتطايرة) حيث يبقى فقط الا شكل المركب المراد تكوينه (على سبيل المثال أكسيد النيكل)

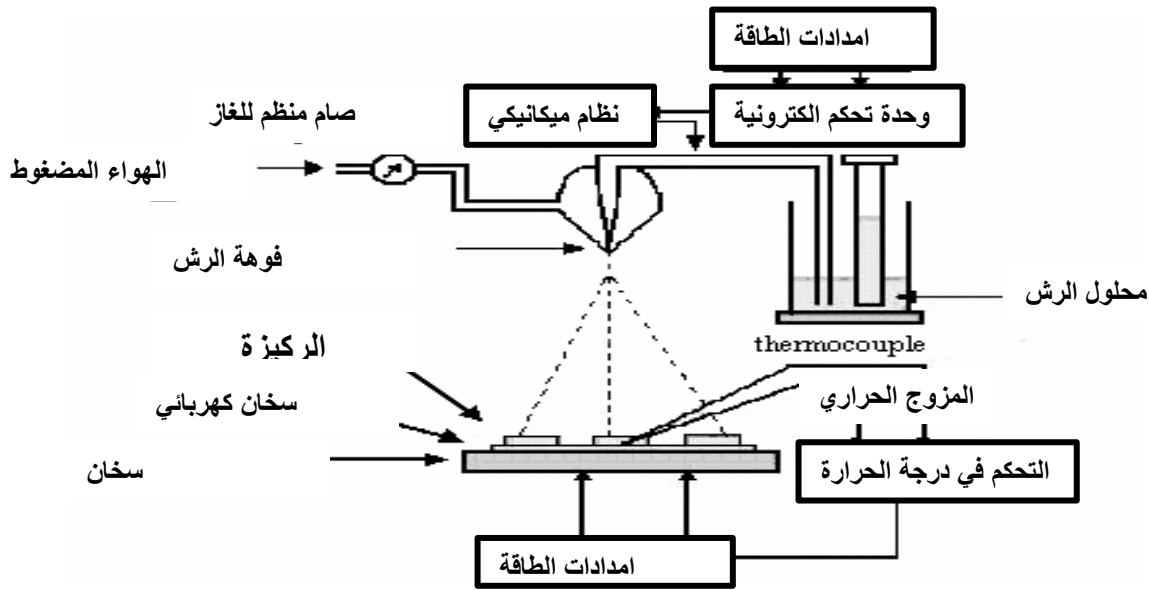


شكل 16 : يوضح تقنية الترسيب بواسطة الموجات فوق الصوتية [2] .

6.2.3. الرش الكيميائي الحراري :

اذ تعد هذه الاخيرة واحدة من التقنيات الرئيسية للترسيب , فهي تقنية تطعيم تستعمل بكثرة من أجل إعداد طبقات رقيقة للأكاسيد الموصلية الشفافة في الخلايا الفوتوضوئية .

فهذه التقنية تتكون من رذاذ المحلول الايوني الذي يتكون من عناصر المواد المترسبة حيث يرش هذا المحلول المراد تحضير منه الطبقة الرقيقة بالاستعانة بضغط الهواء وهذا عند درجة حرارة ملائمة . فيصل المحلول إلى الركيزة على شكل قطرات صغيرة من أجل تشكيل طبقة رقيقة بحيث تتفاعل المواد الكيميائية مكونة طبقة صلبة وتستخدم هذه التقنية لمعالجة السطوح . كما تستخدم في البحوث العلمية من أجل تحضير طبقات رقيقة متفاوتة السمك , وكثيفة , و مسامية وكذلك لإنتاج مسحوق او طبقات متعددة فوق بعضها حيث استخدمت هاذه التقنية المرنة لعدة عقود في صناعة الزجاج و انتاج البطاريات الشمسية [11].



شكل 17 : يوضح تقنية الرش الكيميائي الحراري [12]

3.3. الفرق بين تقنيات الترسيب الفيزيائية والكيميائية :

الجدول التالي يوضح الاختلافات الأساسية بين التقنيتين

جدول 5 : يوضح ايجابيات وسلبيات PVD و CVD [7].

التقنية	الايجابيات	السلبيات
PVD	<ul style="list-style-type: none"> • ترسيب عدد كبير من المواد اضافة للمواد العازلة . • كثافة عالية للطبقات . • قليلة التلوث.. • سهولة التحكم في العملية 	<ul style="list-style-type: none"> • معدل الترسيب منخفض • صعوبة معالجة عدة طبقات رقيقة في ان واحد .
CVD	<ul style="list-style-type: none"> • تحقيق ترسبات انتقائية . • انتاج طبقات ذات نوعية جيدة . 	<ul style="list-style-type: none"> • كثافة منخفضة . • تحوي نسبة من التلوث . • صعوبة التحكم في العملية .

IV. الرش الكيميائي الحراري

1.4. نظام الترسيب بجهاز الرش الكيميائي الحراري

الجهاز هو العنصر الأكثر أهمية في التجربة حيث يتألف الجهاز من عدة أجهزة بسيطة وغير مكلفة لكي يتم الاستفادة منها في تحضير الطبقات الرقيقة وعلى ركائز مختلفة. والشكل يوضح الجهاز بكافة اجزائه :



شكل 18 : جهاز الرش الكيميائي الحراري

1.1.4. مكونات الجهاز :

1.جهاز الرش : وهو جهاز مصنوع من الزجاج الاعتيادي يحتوي على خزان يستوعب 300 مل توضع فيه المحاليل المراد رشها . متصل من أعلاه بأنبوبة في نهايتها أنبوبة شعرية قطرها 1 mm تقريبا . محاطة بأنبوبة أخرى اصغر منها قطرا , بحيث تكون فتحا الأنبوبتين بمستوى الافقي واحد . وترتبط الانبوبة الخارجية بفتحة جانبية يمر من خلالها هواء مضغوط فيخرج من فتحة الانبوبة الخارجية السفلى محيطة بجوانب الانبوبة الشعرية .

2.السخان الكهربائي : لغرض رفع درجة حرارة القاعدة (التي يرسب عليها الغشاء الرقيق) يتم استخدام سخان كهربائي , تتراوح درجة حرارته بين $(80 - 700) C^{\circ}$

3.الترموتر والمزوج الحراري : لمعرفة درجة حرارة سطح القاعدة يستخدم مزوج حراري (*Thermocouple*) يتكون من مجس حراري حساس يوضع على سطح القاعدة ويتصل بعداد رقمي يؤشر مقدار درجة الحرارة بالدرجات المؤوية اي تيرموتر *Thermometer*

4. مضخة الهواء : تستخدم مضخة الهواء لدفع هواء مضغوط داخل الانبوبة المحيطة بالانبوبة الشعرية عن طريق الفتحة الجانبية . بحيث يخرج تيار الهواء بضغط معين يؤدي إلى سحب المحلول من خزان جهاز الرش عن طريق الانبوبة الشعرية إلى سطح القاعدة الساخنة على هيئة رذاذ بشكل مخروط قاعدته إلى الاسفل وراسه نهاية الانبوبة الشعرية . وللمضخة منظم يتحكم بضغط الهواء الداخل بين أنابيب جهاز الرش . والشكل 5 يبين مضخة الهواء [13]

2.4. متغيرات الترسيب للأنحلال الحراري الكيميائي :

خصائص الطبقات المدروسة تعتمد على معايير مختلفة للترسيب مثل درجة حرارة الركيزة والطبيعة من الرش وحركة راس الرش ومعدل الرش , ونوع الغاز الناقل وطبيعة المواد المتفاعلة والمذيبات المستخدمة وناقش بعض المتغيرات كما يلي :

1.2.4. درجة حرارة الركيزة :

درجة حرارة الركيزة تلعب دورا رئيسيا في تحديد خصائص الطبقات وتشكيلها ويلاحظ عموما ان ارتفاع درجة حرارة الركيزة الناتج يكون افضل في تشكيل الطبقات البلورية . يتم تحديد حجم الحبيبات في المقام الاول من كثافة الأنوية الاولية والبلورية . مما يعزز التبلور في الحبيبات الأكبر في ارتفاع درجة الحرارة , عن طريق زيادة درجة حرارة الركيزة , يمكن تغيير تشكيل الطبقات عن طريق تصدع الكثافة وبالتالي يسهل اختراقها , تتباين درجة حرارة الركيزة على :

في طبقات غير موحدة السمك وبالتالي درجة حرارة الركيزة تأثر على خصائصها المرسبة على سبيل المثال *sns* باستخدام التحليل الحراري حيث يتم الحصول على الأغشية مرحلة واحدة فقط في نطاق طيف من درجات الحرارة مرحلة ثانوية مثل *sn2s3*, *sns2*, *snO2*... الخ. موجودة في الأغشية التي اعدت في درجات حرارة الدنيا و العليا , ارتفاع درجة حرارة الركيزة ممكن ان يؤدي أيضا إلى اعادة التبخر من الانواع الايونية كما هو الحال بالنسبة للأغشية كبريتيد المعادن و اعادة التبخر من الكبريت للفلم يحدث في درجة حرارة عالية الركيزة وترك سطح معدني غني التي قد تتفاعل مع الأكسجين لتكوين اكاسيد على الرغم من درجة حرارة سطح الارض لأنها هي العامل الحاسم ومعظم الباحثين لم يكشفوا الدرجة الفعلية لسطح الركيزة.

2.2.4. تأثير المركبات

المركبات المستخدمة للرش امر مهم جدا ويؤثر على خصائص الطبقات. المذيبات ، نوع من الملح و التركيز و الاضافات حيث تؤثر على الخواص الفيزيائية والكيميائية للأغشية عادة يتم استخدام المياه المتؤينة والتي تعتبر مثالا لعملية منخفضة التكلفة كمذيب ، كما يتم استخدام الكحول احيانا ولوحظ ان شفافية من افلام أكسيد الزنك زادت عندما استبدلنا الايثانول مكان الماء كمذيب لاسيتات الزنك خصائص الأغشية تنوعت بتنوع المركبات .

3.2.4. تركيز محلول الرش

يؤثر أيضا على طبيعة الأغشية و تشكيلها وعادت ما يتراوح ما بين 0.001 إلى 0.1 M ويتضح انه يتم الحصول على سلسلة افلام من حبيبات عمودية مع انخفاض تركيز ومعادلات رذاذ مختلفة 2 . حيث لاحظ *Chen* تغيير تشكل السطح من افلام متشققة *Cracked* للفضاء الشبكي الحر . بعد ادخال الاسيتيك في محلول المركب ويرجع التغيير في شكل المادة الكيميائية من المحلول كما وجد ان معدل نمو الترسيب طبقة رقيقة يعتمد على درجة الحموضة .

4.2.4. معدل الرش

يعد معدل الرش متغير آخر يؤثر على خصائص الأغشية وتشكيلها ، بالإضافة إلى التبلور والمقاومة وحتى السمك ، تتأثر المتغيرات في معدل الرش ويلاحظ عموما ان اصغر معدل الرش يكون مناسب لتشكيل افضل افلام بلورية ، كما ان هذا المعدل يتطلب اعلى وقت ترسيب للحصول على افلام من نفس السمك ، أعدت في ارتفاع معدل الرش ، كما ان درجة حرارة سطح الركيزة تنحرف إلى قيمة اقل في اعلى معدل رش ، كما يساهم هذان العاملان على تبلور أعلى في معدلات رذاذ صغيرة ، انخفاض في التبلور عادة ما يؤدي إلى زيادة المقاومة من افلام مورفولوجيا ، سطح الأغشية يختلف مع معدل الرش ، كما يرتفع معدل نتائج الرش في افلام الخام ، يقال ان الأغشية المرسبة في معدلات رذاذ صغيرة هي ارق ويرجع ذلك إلى ارتفاع معدل اعادة التبخر .

5.2.4. متغيرات اخرى :

المتغيرات كالتطول ومدى الرش وزاوية من رأس الرذاذ إلى الركيزة والضغط وطبيعة الغاز الناقل وما إلى ذلك حيث تؤثر على خصائص الأغشية المرسبة ، حيث تتوفر تجاريا انواع مختلفة من رؤوس الرش التي تنتج انماط رش مختلفة مصاحبة للحركة النسبية للركيزة ، يجب ان يضمن رأس الرذاذ اقصى قدر من الانسجام وتغطية مساحة واسعة [12].

3.4. ايجابيات و سلبيات طريقة الرش الكيميائي الحراري

ايجابياتها :

- فهي وسيلة سهلة للغاية لإعداد طبقات رقيقة مع مواد شائبة . بمجرد اضافة نسبة من اي عنصر في محلول الرش حيث يمكننا بسهولة التحكم في معدل الترسيب وسمك الطبقات لمجموعة واسعة .
- سهولة العمل في درجات حرارة معتدلة (منخفضة) والذي يفتح امكانية واسعة لتشكيل الركائز والسيطرة على السمك والتباين من تكوين الطبقات , وامكانية ترسيب العديد من الطبقات [12].
- تقنية اقتصادية كون الأجهزة المستخدمة لا تحتاج إلى أجهزة تفريغ او منظومات معقدة ومكلفة
- يمكن ترسيب الطبقات على مساحة واسعة اذ تكون الطبقات المحضرة ذات التصاقه جيدة واستقراره عالية في صفاتها الفيزيائية مع مرور الزمن .
- يمكن تغيير عوامل الترسيب بسهولة للحصول على طبقات بمواصفات مناسبة من حيث الصفات التركيبية والبصرية والكهربائية وذلك عن طريق مزج مادتين او اكثر او تغيير تراكيز العناصر الداخلة في تركيب الغشاء او تغيير درجة حرارة القاعدة .
- يمكن تحضير طبقات بمدى واسع من المواد ذات درجات الانصهار العالية التي يصعب تحضيرها بطرائق اخرى .

سلبياتها :

- تتطلب الكثير من الجهد والوقت للحصول على اغشية متجانسة .
- يتم استخدام محاليل كيميائية فقط اي لا يمكن ترسيب مسحوق المادة بشكل مباشر باستخدام السبائك .

V. ملخص :

لقد تعرفنا في هذا الفصل على كيفية التحصل على الطبقات الرقيقة وماهي الياتها بالاضافة إلى طرق ترسيبها حيث اتضح لنا من خلال هذا العمل ان تقنيات الترسيب عديدة ومختلفة اختلافا كبيرا فلا يمكن تمييز طريقة عن غيرها لأن لكل منها ايجابياتها وسلبياتها , فبالنالي لكل تقنية ترسيب مميزات معينة لترسيب طبقات رقيقة مرغوب فيها وأيضا يرجع استخدامها إلى امكانية توفير كافة الشروط المناسبة لعملها .

حيث قمنا بالعمل بطريقة الرش الكيميائي الحراري للوصول إلى نتائج مفيدة من أجل ترسيب طبقات أكسيد النيكل

المراجع

[1] Bhavana Godbole, Nitu Badera, S.B. Shrivastav et V. Ganesan. A simple chemical spray pyrolysis apparatus for thin film preparation. Journal of Instrum. Soc of India vol 39 N 1. Mars 2009.

[2] بن عمر سارة . دراسة الخواص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأوكسيد الزنك (ZnO) المطعم بالحديد المتوضع بتقنية رذاذ الانحلال الحراري . مذكرة ماستر اكايمي . جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2016/05/25.

[3] Aicha Chennoufi . L'effet de la molarité et de la température du substrat sur les propriétés des couches minces d'Oxyde d'indium déposées par spray Ultrasonique . Université Mohamed Kheider-Biskra . 29/2/2012

[4] TABET Abdelaziz . Optimisation des conditions d'élaboration (température de substrat et distance bec-substrat) des films minces de ZnO par spray . Mémoire Magistère .de . UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA . 12 /12 / 2013

[5] AMEL DJADAI . L'effet de l'amplitude d'onde ultrasonique sur les propriétés optiques et électriques des couches minces de ZnO déposées par spray ultrasonique . Mémoire de Magister. Université Mohammed Khider – Biskra – .2012

[6] Monsieur KHARROUBI Bachir. *Effet du dopage par le manganèse et le cobalt, sur les propriétés structurales et optiques des couches minces nanostructurées de ZnO préparées par spray pyrolyse ultrasonique* . Thèse de Doctorat . Université d'Oran des Sciences et de la Technologie (USTO-MB) « Mohamed BOUDIAF » . 03/06/2014

[7] Souhir SEMMARI. L'effet de la molarité et de la température du substrat sur les propriétés des couches minces d' Oxyde d' Etain (SnO₂) déposées par spray Ultrasonique . . Mémoire de Magister .Université Mohamed Khider-Biskra .9/02/2012

[8] شذالا خديجة . دراسة الخصائص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لاكسيد الزنك ZnO مطعمة ب (La) مرسبة بتقنية الرش الكيميائي الحراري. ماستر اكايمي . جامعة قاصدي مرباح ورقلة .2016/5

[9] Bahi azzououm Ahmed. Etude des couches minces du monoxyde de nickel NiO. Mémoire magister de université des sciences et de la technologie d'oran mouhamed boudiaf.12-02-2014.

مشري خولة . دراسة الخصائص الفيزيائية للاغشية الرقيقة لأكسيد الزنك ZnO مطعمة باللنثانوم [10] و
المرسبة بتقنية الرذاذ الانحلال الحراري. ماستر اكايمي . جامعة قاصدي مرباح ورقلة . 2016/5

[11] Belkhalifa Hakim . Etude de l'effet du recuit à haute température sur
les propriétés des couches minces de ZnO déposées par spray pyrolyse
pour application photovoltaïque . Mémoire de Magister . Université
M'Hamed Bougara- BOUMERDES . 05Avril 2010

[12] chapter 2. Fabrication of Automated Chemical Spray Pyrolysis Unit. Soc
113.1996.

عادل ح. عمران. بناء منظومة رش كيميائي حراري لتحضير المواد الصلبة على شكل اغشية [13] رقيقة
و دراسة الخواص الفيزيائية للمواد المحضرة. جامعة الكوفة. مقال نشر في 2008.

الفصل الثالث : طرق وتقنيات تشخيص الطبقات الرقية

I. مقدمة :

من أجل الحصول على شرائح مثالية ودقيقة يجب إختيار التقنية المناسبة لتحضير الطبقات الرقيقة , كما ان تقنيات وطرق تشخيص الطبقات تعتبر من اللوازم لمعرفة العديد من الثوابت والخصائص المميزة لهذه الطبقات . حيث ان في هذا الفصل سنتطرق إلى الجزء العملي بحيث سنتعرف على التركيب التجريبي المتبع لإنتاج الشرائح المدروسة والظروف الملائمة للترسيب كما سنتعرف على طرق المعاينة لان هدف هذا التشخيص هو دراسة الخصائص البنيوية , البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النيكل المترسب على ركائز الزجاج بتقنية الرذاذ الكيميائي الحراري .

II. طرق و تقنيات تشخيص الطبقات الرقيقة

يتم القيام بتشخيص بنية البلورات الصلبة باستعمال عدة وسائل معاينة من بينها :

- انعراج الأشعة السينية (*DRX*) من أجل دراسة البنية
- مطيافية *UV - VIS* من أجل قياس النفاذية, لسمك الطبقات ومن أجل تحديد الثوابت البصرية .
- تقنية نقطتين من أجل قياس المقاومة السطحية والناقلية الكهربائية .

نقدم لكم بصورة موجزة مبدأ التقنيات المختلفة [1]:

1.2. الخصائص البنيوية :

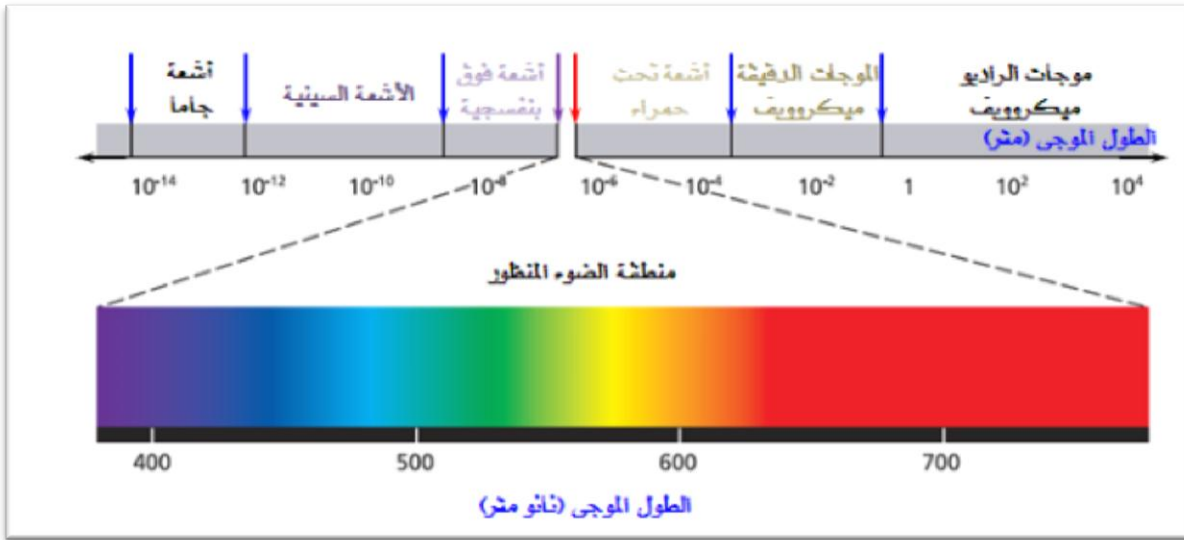
من أجل توضيح بنية وحجم البلورات للطبقات الرقيقة وكذلك اتجاهات نموها , وتحديد متغيرات الخلية نعتمد على انعراج الأشعة السينية .

1.1.2. الأشعة السينية :

الأشعة السينية جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية , اكتشفت عام 1895م بواسطة الفيزيائي الألماني فيلهيلم كونراد رونتجن (27 مارس 1845 – 10 فيفري 1923 م) . وتنطلق الأشعة السينية في الفراغ بسرعة تقترب كثيرا من ثلاثمائة الف كيلومتر في الثانية بصرف النظر عن طاقتها .

$$(2.99792458 \cdot 10^8) \text{m/s.}$$

ويتراوح طول موجة الأشعة السينية الأكثر استخداما ما بين $(0.001 - 10) \text{ nm}$, حيث انها تمتلك ترددات في المدى المترواح ما بين $(3 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{20} \text{ Hz})$. وعلى هذا الأساس فان طاقة الأشعة السينية تتراوح ما بين 120 eV إلى 1.2 مليون إلكترون فولط . وتوجد بعض المصادر مثل المعجلات الخطية او السينكروترونات التي تنتج اشعة سينية ذات طاقة اعلى من ذلك المدى كثيرا . كل الموجات التي تشكل طيف الأشعة الكهرومغناطيسية ذات تردد اقل من الأشعة السينية ماعدا اشعة جاما .



شكل 19 : يوضح الطيف الكهرومغناطيسي وموقع الأشعة السينية منه

الأشعة السينية لا يمكن استشعارها بواسطة حواس الانسان (لا يمكن رؤيتها , او لمسها , او شمها , او تذوقها او سماعها) , كما لا يمكن تغيير مسارها المستقيم في الفراغ بواسطة المجالات الكهربائية او المغناطيسية المعتادة , ولكن ممكن ان تحيد عن مسارها عند السطح الفاصل بين مادتين مختلفتين , او عند التصادم مع جسيمات اولية , مثل : الإلكترونات لذلك يمكن ان تحيد الأشعة عن مسارها اذا سقطت بزواوية على البلورات .

2.1.2. مبدأ العمل :

يرتكز مبدأ العمل على انعراج الأشعة السينية X الاحادية الطول الموجي في المستويات الذرية لبلورات المادة المدروسة لاحظ الشكل .

حيث الانعراج يكون فقط في المواد المتبلورة مثل علاقة براق التي تحقق المعادلة التالية :

$$2d_{hkl} \sin \theta = n \lambda$$

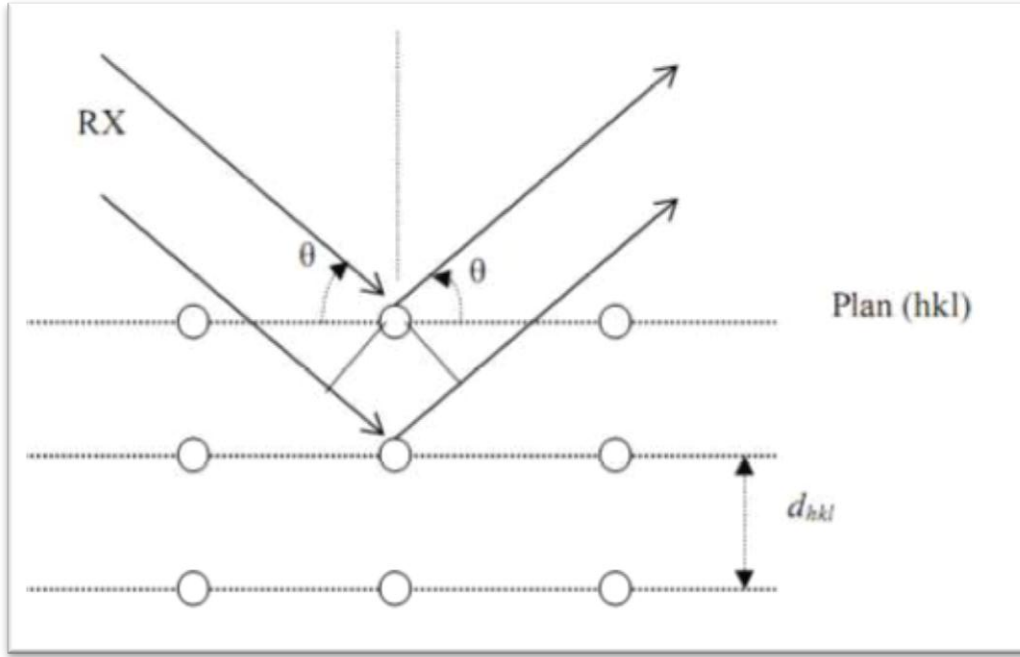
مع :

$dhkl$: المسافة الذرية , يعني المسافة الفاصلة بين قرائن السطوح (hkl)

θ زاوية ورود الأشعة X على سطح المادة المدروسة

n : رتبة الانعكاس

λ : طول موجة حزمة الشعاع X . [2]



شكل 20 : يوضح عائلة السطوح البلورية بتطبيق قانون براق [3]

علاقة براق تحتوي على ثلاث ثوابت d_{hkl} , θ و λ تتحدد بطبيعة المادة المتبلورة . من أجل تنفيذ شروط الانعراج على عائلة السطوح (hkl) والمتغيرين الآخرين θ و λ يجب ان يكونا ثابتين ، المتغير الاخر الضروري هو اختيار الوسيط المتغير الذي يتحدد بمجموعتين وفق طرق الانعراج الأشعة السينية .

θ ثابت , λ متغير : طريقة لاوي

λ ثابت , θ متغير : طريقة البلورة الدوارة وطريقة المسحوق .

3.1.2. تحديد الخصائص البنيوية :

يمكننا من خلال طيف الانعراج حساب حجم البلورات حيث ان العديد من المتغيرات يمكن ان تؤثر بصفة معتبرة على عرض ذروات الانعراج , كما ان الاجهاد واحد من هذه المتغيرات .

مقارنة طيف الأشعة السينية المتحصل عليها مع ملفات *JCPDS* تسمح بتحديد متغيرات الخلية . في حالة بنية أكسيد النيكل (بنية مكعبة), بحيث ان العلاقة بين المسافات الذيرية للسطوح (hkl) والثوابت البلورية تكون كالتالي :

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

حيث : d_{hkl} : هي المسافة الذرية (بوحد A°) , a : ثوابت الخلية ; hkl : قرائن ميلر [5].

تحديد حجم البلورات :

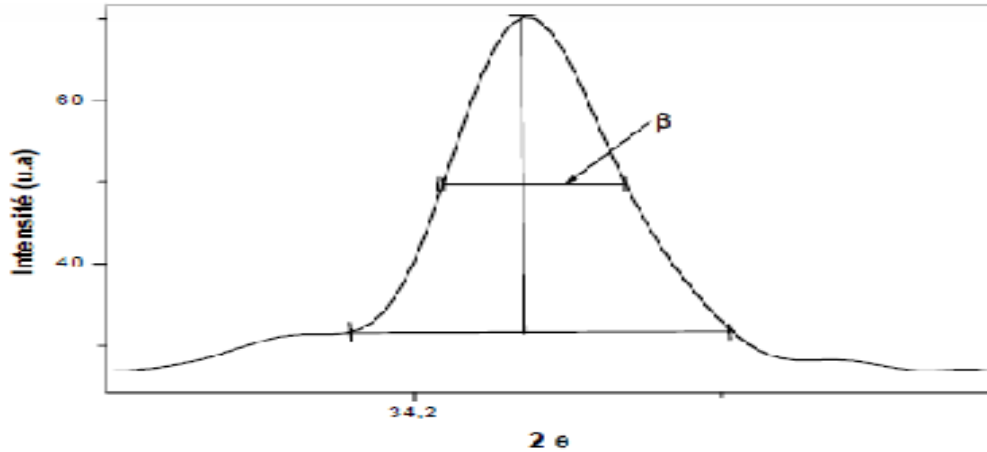
يتم تحديد حجم الحبيبات لمختلف العينات انطلاقا من طيف الانعراج عن طريق قياس نصف عرض الذروة ($FWHM$) الأكثر شدة , بالاعتماد على علاقة شرر

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos \theta}$$

حيث :

D : هو الحجم المتوسط للبلورات ($D=nm$) .

β : العرض عند منتصف الشدة . تعطى بالراديان للخط المنعرج بزاوية $2\theta/4$



شكل 21 : يوضح تعريف β من خلال منحنى انعراج الأشعة السينية

θ زاوية الانعراج بالدرجة المئوية

λ طول موجة حزمة الشعاع X ب (nm)

إذا لم نأخذ بعين الاعتبار العيوب البلورية على عرض القمة , تستعمل فقط من أجل ملاحظة تحسين شروط التنفيذ والسبك حول حجم البلورات للأطوار المطعمة المفروضة .

عشوائية الحبيبات :

يتم تحديد نمو الحبيبات العشوائية بحساب معامل $de\ texture$ الذي يعطى بالعلاقة :

$$T_C = \frac{I_{(hkl)} / I_{0(hkl)}}{N^{-1} \sum_n I_{(hkl)} / I_{0(hkl)}}$$

حيث I_0 و I هي الشدة النسبية المستخرجة من ملف $JCPDS$ والشدة المقاسة على الترتيب , الذي يتوافق مع قرائن السطح (hkl) و N هو عدد الشدات المفروضة [5]

2.2. الخصائص البصرية :

تعتمد دراسة الخصائص البصرية للشرائح على مجموعة من الوسائط المهمة التي من خلالها ندرس تغيرات أطيف هذه الوسائط بدلالة الطول الموجي . من ابرز هذه الوسائط (النفاذية T – الامتصاصية A – الانعكاسية R) وباستغلال هذه الاخيرة نتحصل على المزيد من الخواص البصرية (سمك العينات – معامل الامتصاص – قرينة الانكسار – معامل التخامد) .
كما يمكن تصنيف الطرق البصرية إلى نوعين :

- طرق تحليل الخصائص البصرية للمادة مثل :قياس النفاذية والانعكاس , هذه القياسات الطيفية تسمح بتحديد سمك المادة , الفجوة البصرية وقرينة الانكسار .
- دراسة طرق الاستجابة البصرية للمادة عند التأين مثل الفوتون و الاستشعاع ،ولكي نتحصل على هذه الأطياف نستعمل جهاز مطيافية $UV - VIS$

1.2.2. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية – المرئية :

عموما يتم تصنيف مجالات المطيافية طبقا لمجال الطول الموجي في تنفيذ القياسات [2].

2.2.2. الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet

اكتشفت الأشعة فوق البنفسجية في عام 1801 م من قبل العالم *Johanna* بواسطة تجربة عملية قام فيها باستخدام منشور تحليل ضوء الشمس إلى ألوانه الأساسية , بتعريض كل لون على عينة من الكلوريد ولاحظ ان الضوء الاحمر يحدث تأثير خفيف للكلوريد ولكن الضوء ذو اللون البنفسجي سبب في استمرار لون

الكلوريد وبمجرد تعريض الكلوريد إلى المنطقة بعد اللون البنفسجي احترقت عينة الكلوريد تماما , هذا إثبات على وجود طيف كهرومغناطيسي غير مرئي بعد اللون البنفسجي أطلق عليه بالأشعة فوق البنفسجية .

هي موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي اقصر من الضوء المرئي لكنه أطول من الأشعة السينية , سميت بفوق البنفسجية لأن طول موجة اللون البنفسجي هو الأقصر بين الوان الطيف وطول موجاتها يبدأ من $(10 - 400) \text{ nm}$, وطاقتها تبدأ من $(3 - 124) \text{ eV}$.

❖ خصائص الأشعة فوق البنفسجية :

تنبعث طاقة قوية بحيث تكفي لإنقاص التعريض إلى أقل حد ممكن .

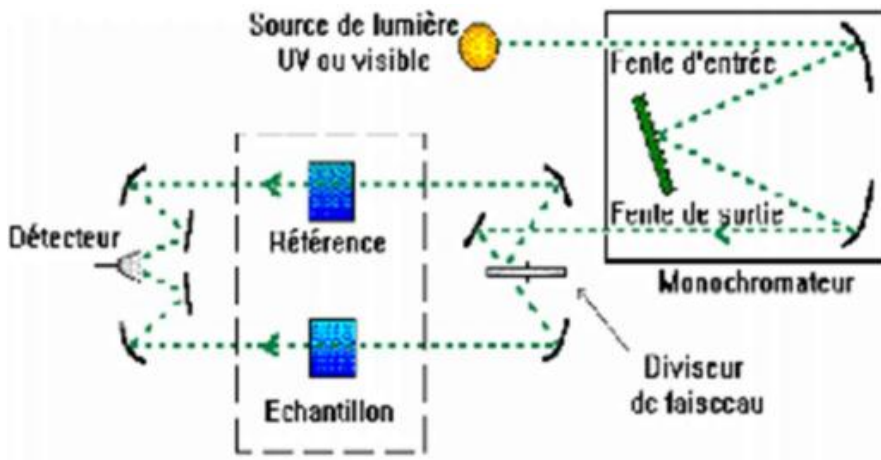
لا تتغير شدة طاقتها كثيرا أثناء العمل أو بمرور الزمن .

ينبغي أن يبعث المصدر طاقة من الأشعة تتناسب أطوال موجاتها الضوئية مع الحساسية الطيفية للطبقة المستخدمة .

لا يبعث المصدر حرارة كبيرة أو دخان وأن يكون قابلا للعمل وهو داخل غلاف زجاجي لحفظه

3.2.2. مكونات جهاز uv - visible الاساسية :

- المصدر
- خلية العينة
- موحد طول الموجة
- الكشاف
- الشاشة



شكل 22 : جهاز الأشعة فوق بنفسجية-المرئية

4.2.2. أنواع أجهزة التحليل الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية :

توجد هنالك العديد من هذه الأجهزة الحديثة إلا أن فكرة عملها واحدة في كل المنتجات وتنقسم هذه الأجهزة إلى ثلاثة أقسام من حيث استخدامها :

- 1- أجهزة تقيس طيف الأشعة المرئية فقط أو تقيس طيف الأشعة فوق البنفسجية فقط : وهي أجهزة وحيدة الشعاع , وهي نوعين النوع الأول يستخدم أنابيب في عملية التحليل والنوع الآخر يستخدم خلايا من الكوارتز أو الزجاج في عملية التحليل
- 2- أجهزة تقيس طيف الأشعة المرئية وطيف الأشعة فوق البنفسجية معا في جهاز واحد: وهي أجهزة ثنائية الإشعاع .

عند سقوط الضوء على جسم ما فإن قسما منه ينعكس وقسما ينكسر وقسما آخر يمتصه الجسم .وما يحدث للضوء يحدث للأمواج الكهرومغناطيسية أي أن :

$$\text{الطاقة الساقطة} = \text{الطاقة المنعكسة} + \text{الطاقة النافذة} + \text{الطاقة الممتصة} . [9]$$

❖ النفاذية Transmission

هذا العامل البصري يعرف على أنه النسبة بين شدة الضوء النافذ (العابر ϕ_T) للمادة المدروسة وشدة الضوء الوارد على السطح (ϕ_0)

$$T = \frac{\phi_T}{\phi_0} \quad [10] \quad . \quad T\% = 100 * T$$

❖ الانعكاسية Réflexion :

تعرف الانعكاسية للسطح بأنها النسبة بين الطاقة المنعكسة إلى إجمالي الطاقة الضوئية الساقطة على السطح ويرمز لها بالرمز (R) .

ومن النظرية الكهرومغناطيسية للضوء يتبين أن الانعكاسية في حالة السقوط العمودي يعبر عنها بالعلاقة الآتية [7]

$$R = \frac{\phi_R}{\phi_0} \quad . \quad R\% = 100 * R$$

❖ الامتصاص (Absorption)

يعبر عن النسبة بين شدة الشعاع الضوئي الممتص من طرف المادة والشعاع الضوئي الوارد حيث يعبر عنه بالمعادلة التالية .

$$A = \frac{\phi_A}{\phi_0} \quad . \quad A\% = 100 * A$$

من قانون حفظ التدفق نحصل على العلاقات التالية :

$$\Phi_0 = \phi_R + \phi_T + \phi_A = R\phi_0 + A\phi_0 + T\phi_0$$

إذا نحصل على العلاقة التالية :

$$T + R + A = 1$$

تتحول الطاقة التي يحدث لها امتصاص إلى طاقة حرارية في المادة الماصة . وفي بعض الأحيان يصاحب هذا التحول ظواهر أخرى منها :

- 1 في الخلية الكهروضوئية : ينتج من امتصاص الضوء إلكترونات .
- 2 في البطارية الشمسية : ينتج من امتصاص الضوء إختزان للطاقة الكهربائية
- 3 في أوراق النبات الخضراء : ينتج من امتصاص الضوء حدوث عملية التمثيل الضوئي .

❖ فجوة الطاقة :

تعرف فجوة الطاقة بأنها الطاقة اللازمة لإثارة (نقل) الإلكترونات من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل , أو هي فجوة الطاقة الموجودة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل وقد سميت بالمحظورة أو الممنوعة لأنها مكان خالي تقريبا من المستويات ولا تستقر فيها الإلكترونات في أشباه الموصلات المشوبة وهذه الفجوة تحدد نوع المادة الصلبة . حيث تعد واحدة من أهم الثوابت البصرية التي يعتمد عليها في فيزياء أشباه الموصلات لتصنيع العديد من النبايط الإلكترونية مثل الخلايا الشمسية والكواشف والثنائيات الضوئية وغيرها . حيث أن طاقة الفجوة الممنوعة تقارن بطاقة الفوتونات ضمن الجزء المرئي و UV و IR من الطيف الكهرومغناطيسي وذلك للتعرف على مقدار ما ينفذ أو يمتص أو ينعكس من الفوتونات المؤثرة على الغشاء.

تحديد الفاصل الطاقي Eg :

في مجال إمتصاص عالي من أجل فاصل طاقي مباشر كما في الأكاسيد الموصلة الشفافة TCO , العلاقة التي تربط بين معامل الإمتصاص α والفاصل الطاقي Eg تعطى بالمعادلة التالية :

$$(ahv)^2 = B(hv - Eg)^r$$

h : ثابت بلانك , ν : تردد الشعاع الساقط , α معامل الإمتصاص , B : ثابت

Eg : فجوة الطاقة , n : معامل اسي يعتمد على نوع الانتقال

Eg تحديد عتبة الإمتصاص hv طاقة الفوتون

حيث يتم رسم $(ahv)^2$ بدلالة طاقة الفوتون $E= hv$

$$hv (ev) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12400}{\lambda(A0)}$$

عن طريق مسح كل مجال الطاقة , تكمن أهمية التمثيل البياني ل $(ahv)^2$ بدلالة طاقة الفوتون في تحديد الفاصل الطاقي للطبقة الرقيقة ويتم ذلك بأخذ الجزء الخطي من هذا البيان ورسم المماس في هذا المجال حيث تقاطع مماس هذا المنحنى مع محور الطاقة (يعني من أجل $\alpha^2= 0$) يعطي الفاصل الطاقي Eg . [1]

❖ طاقة اورباخ Eu :

تعد طاقة اورباخ ($Urbach$) من الثوابت المهمة التي تميز الخصائص البصرية والبنوية للطبقة الرقيقة , العلاقة التي تربط بين طاقة اورباخ ومعامل الإمتصاص يعبر عليها كما يلي α_0 معامل الإمتصاص الذي من أجله تكون قيمة الإمتصاص دنيا .

E_{00} طاقة اورباخ , h ثابت بلانك و ν تردد الضوء

عند رسم البيان $\ln\alpha$ بدلالة hv , يتم تحديد قيمة طاقة اورباخ Eu [6]

$$\ln\alpha = \ln\alpha_0 + \left(\frac{hv}{Eu}\right) \Rightarrow Eu = \left(\frac{\ln\alpha}{\ln\alpha_0}\right)^{-1} \cdot hv$$

3.2. الخصائص الكهربائية :

1.3.2. قياس الناقلية الكهربائية بواسطة تقنية المسبار الثنائي (2 points):

تعتبر هذه التقنية من تقنيات دراسة الخواص الكهربائية للطبقات المرسبة حيث تمكننا من معرفة نوعية حاملات الشحنة (type n , p) , الناقلية الكهربائية , حركية وتركيز حاملات الشحنة . حيث يمثل الشكل أدناه صورة للجهاز بمخبرنا .



شكل 23 : يوضح جهاز قياس الناقلية الكهربائية.

تعتمد هذه التقنية على قانون أوم حيث يطبق كمون مختلف على طبقات رقيقة ومن ثم يقاس التيار الكهربائي الناتج .

وبالتفصيل نقوم باستعمال قطبين معدنيين بحيث يكون حقل كهربائي داخلي يغير اتجاه حاملات الشحنة وفق اتجاه محدد , نتيجة لذلك فإن التيار الكهربائي يتغير بدلالة جهد الاستقطاب المطبق بين طرفي القطبين .
تغير الكمون V بين نقطتين يعطى بقانون أوم :

$$V = RI$$

هذه العلاقة تظهر تغير في فرق الكمون بين نقطتين.

I : التيار الذي ينتقل بين نقطتين, R : مقاومة الطبقة الرقيقة [2].

III. ملخص

في هذا الفصل تم التعرف على بعض تقنيات تحليل الطبقات الرقيقة وكيفية دراسة الخواص البنيوية والبصرية وكذلك الكهربائية , وذلك بالتطرق إلى الأجهزة المستعملة وكيفية عملها. وفي الفصل الاخير سنقوم بتطبيق بعض من هذه التقنيات و دراسة نتائجها على العينة المدروسة.

IV.المراجع

- [1] Khelfane Amar . Elaboration de films minces de zno non dopé et dopé au cuivre par la technique spray et détermination de sa structure de bandes d'énergie .Memoire De Magister . Université des sciences et de la technologie Houari boumediene (USTHB). Alger .10/07/2012.
- [2] Souhir SEMMARI. L' effet de la molarité et de la température du substrat sur les propriétés des couches minces d' Oxyde d' Etain (SnO₂) déposées par spray Ultrasonique . . Mémoire de Magister .Université Mohamed Khider-Biskra .9/02/2012
- [3] BELKHALFA HAKIM . Etude de l'effet du recuit à haute température sur les propriétés des couches minces de ZnO déposées par spray pyrolyse pour application photovoltaïque . Mémoire de Magister . Université M'Hamed Bougara- BOUMERDES . 05Avril 2010
- [4] Aicha Chennoufi . L'effet de la molarité et de la température du substrat sur les propriétés des couches minces d'Oxyde d'indium déposées par spray Ultrasonique . UNIVERSITE MOHAMED KHEIDER-BISKRA . 29/2/2012
- [5] Bahi azzououm Ahmed. Etude des couches minces du monoxyde de nickel NiO.Mémoire magister de université des sciences et de la technologie d'oran mouhamed boudiaf.12-02-2014.
- [6] AMEL DJADAI . L'effet de l'amplitude d'onde ultrasonique sur les propriétés optiques et électriques des couches minces de ZnO déposées par spray ultrasonique . Mémoire de Magister. Université Mohammed Khider - Biskra - .2012
- [7] بن عمر سارة . دراسة الخواص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك (zno) المطعم بالحديد المتوضع بتقنية رذاذ الانحلال الحراري . مذكرة ماستر اكاديمي . جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2016/05/25.

الفصل الرابع : النتائج التجريبية

I. مقدمة

في هذا الفصل و بعد التعرف على مجال البحث سنقدم الطريقة المتبعة في إعداد وترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل , إضافة إلى دراسة النتائج المتحصل عليها من خلال تقنيتين معتمدتين والتي كانت متوفرة في العمل المخبري بهدف دراسة الخصائص البصرية والكهربائية للطبقات المحضرة .

II. تحضير الطبقات الرقيقة

دراسة الخواص البصرية والكهربائية لطبقات رقيقة لأكسيد النيكل نقوم بتغيير مصدر النيكل من أجل دراسة تأثيره حيث نقوم بتغييره مرتين كما سنقوم بالترسيب بطريقة الرش الكيميائي الحراري للحصول على طبقات رقيقة من أكسيد النيكل التي ستشخص بالأشعة المرئية - فوق البنفسجية وبواسطة تقنية المسبار الكهربائي

كل هذه العمليات ستتم عبر مراحل كالتالي :

1.1. تحضير المحاليل :

لتحضير طبقات من اوكسيد النيكل تم تغير المصدر الذي استخدم إلى مادتين :

1.1.1. استخدام نترات النيكل المائية $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$:

نترات النيكل هي مادة صلبة على شكل مسحوق اخضر اللون ذات وزن جزيئي (290.81 g/mol) من أجل تحضير محلول المادة ذو التركيز (0.1 mol) وذلك بإذابة 0.8726 g من المسحوق الذي تم الحصول عليه من خلال العبارة التالية : $m = MCV$

حيث M تمثل الكتلة المولية ل NiO , C التركيز المولي ويقدر ب: (mol / l) , V حجم المحلول ويقدر ب (30 ml) .

الذي تم قياسه بميزان الكتروني وذلك في 30 ml من الماء ثنائي التقطير باستخدام خلاط مغناطيسي حراري لضمان الذوبان لمدة 10 دقائق لضمان التجانس بالاستعانة ببعض الأجهزة المخبرية :



المخلاط المغناطيسي الحراري



ماء ثنائي التقطير



الميزان الالكتروني



عينة نترات



شكل 24 : الأجهزة و الوسائل المستعملة

- 1 ماء مقطر : غسل الركيزة .
- 2 حوجلة وقمع : قياس حجم ماء ثنائي التقطير والقمع يسهل عملية السكب .
- 3 ملعقة : حمل العينة .
- 4 قاطعة : تقطع بها الركيزة ان كانت كبيرة .
- 5 علب زجاجية : حفظ المحلول .
- 6 الركيزة : يرسب عليها أكسيد النيكل

2.1.1 استخدام كلوريد النيكل $NiCl_2 \cdot 6H_2O$

نفس العملية بالنسبة لكلوريد النيكل حيث كانت كتلته المولية 237.69 g/mol ، وكتلته 0.8722 g كما استخدمنا نفس حجم ماء ثنائي التقطير (30 ml)



شكل 25 : كلوريد النيكل

2.1. ترسيب الطبقات الرقيقة :

1.2.1. اختيار الركائز

حضرت الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل على ركائز زجاجية مصنوعة من الزجاج , حيث يعد اختيار نوعية الركيزة من بين العوامل التي تساهم في نجاح عملية ترسيب المحلول على شكل طبقات .

لقد اعتمدنا في دراستنا هذه على استخدام ركائز زجاجية ذات الخصائص التالية :

$mm (25 * 75)$ (الطول * العرض) . ذات سمك يتراوح $mm (1 - 1.1)$, كما انها ذات نوعية

0382 - 0004 ccito plus حيث ان السبب في اختيار الركائز يعود إلى عدة اسباب منها :

- 1- اختيار شرائح زجاجية يسمح لنا بالتحصل على خصائص بصرية جيدة للطبقات المتحصل عليها .
- 2- استعمال الطبقات الرقيقة العينات المتكونة بعد الترسيب تساعد في عملية توضع البلورات في شكل يكون فيه اجهادات قليلة جدا .
- 3- الزيادة في درجة حرارة الركائز تؤدي إلى زيادة في الاجهادات , وهذا متعلق بالاجهاد الانضغاطي بسبب الاختلاف في معامل التمدد المتعلق بمادة الركيزة والمادة المرسبة

2.2.1. تنظيف الركائز

قبل القيام بعملية الترسيب من الضروري القيام بعملية المعالجة السطحية للركائز , وهذا للحصول التصاق جيد للمادة بالركيزة وكذا الحصول على سطح متجانس للمادة المترسبة على الركيزة من جهة ومن جهة اخرى للتقليل من الشوائب الملتصقة بالركيزة (دهون , غبار ... الخ) .

وتتم عملية التنظيف عبر مراحل :

✓ تغسل بالماء العادي (مسحوق التنظيف) لإزالة الاوساخ التقليدية , ثم تغسل بالماء المقطر
(distilled water)

✓ تغمر في كأس يحتوي على الأستون (كحول الايثيل C_2H_5Oh) للإزالة اي اثار دهنية عالقة.

✓ تجفف اما بتيار هوائي ساخن او بالمجفف الهوائي [1].

3.2.1. التركيب التجريبي

تم تجهيز نظام تحضير وترسيب الطبقات الرقيقة بتقنية الرش الكيميائي الحراري وهي من الطرق الكيميائية لتحضير الطبقات الرقيقة , تم هذا التركيب التجريبي في (مختبر الاشعاع والبلازما فيزياء السطوح بجامعة قاصدي مرباح ورقلة)

حيث ان هذا الجهاز بسيط ويديوي



شكل 26 : التركيب التجريبي

- 1- المقاومة
- 2-مصباح
- 3- مروحة
- 4- زر الاغلاق و التشغيل
- 5- شاشة التحكم في درجة الحرارة
- 6- اغلاق و تشغيل الحرارة
- 7- عينتين من المعدن

8- جهاز الرش اليدوي

كانت عملية الترسيب بعد تنظيف الركائز وتجهيز الجهاز , حيث وضعت الركيزة فوق المقاومة مزودة بطاقة متصلة بوحدة تحكم في درجة الحرارة لتجنب الصدمة الحرارية للركائز وتوضع عليها عينتين من المعدن لتثبيتها على المقاومة وللمساعدة في حساب السمك , بعدها نقوم بالرش بأداة رش تقليدية فيكون مستوى تدفق الرش نسبي بما ان اليد هي التي ترش قطرات من المحلول على هذه الركائز الساخنة فتتبخر الشوائب بفعل الحرارة لتخرج من فتحة المروحة وترتبط ذرات النيكل مع الأكسجين لتشكل أكسيد النيكل على الركيزة بشكل طبقة .

يطفأ الجهاز وتبقى الركيزة لتتخفف درجة حرارتها إلى درجة حرارة الغرفة ثم تأخذ للدراسة بعد ان تبرد لكي لا تنكسر بفعل الصدمات الحرارية

حيث تكون عملية الترسيب تحت شروط من بينها :

- درجة الحرارة : تكون ($500c^{\circ}$)
- معدل الرش : نسبي بما ان اليد هي الحامل فيكون بين الرش والآخرى ثواني مقدرة نسبيا
- المدة الزمنية : كانت ما بين $(5-10) min$.
- عينتين من المعدن موضوعتين فوق الركيزة : حيث كان الهدف منها :
- ✓ ترك فراغ (جزء بدون ترسيب) من أجل المساعدة في حساب السمك لأنه في جهاز حساب السمك لما يسقط في الفراغ يعرف بذلك قيمة السمك ووجهة الترسيب .
- ✓ تثبيت الركيزة على مسند المقاومة .

نخرج الركيزة ونتركها لبضع دقائق في درجة الحرارة العادية لتمكين اكتمال تشكل الطبقة لنحصل في الاخير على طبقة رقيقة .

• حساب السمك

تم قياس السمك بشكل تقريبي للطبقات المحضرة التي تمتاز بأنها متجانسة بصورة مقبولة باستخدام الطريقة الوزنية , وذلك باستخدام ميزان رقمي , حيث تم وزن الركيزة قبل وبعد عملية الترسيب وعن طريق ايجاد فرق الكتلة , وبمعرفة كثافة مادة الطبقة ومساحته يمكن ايجاد السمك (t) وفق العلاقة :

$$d = \frac{\Delta m}{\rho_A}$$

d سمك الطبقة , Δm فرق كتلة مادة الطبقة , $\rho = (6.67) \text{ g/cm}^3$ كثافة مادة الطبقة , A مساحة الطبقة .

حيث وجدنا ان الطبقات المحضرة لنترات كانت ذات سمك (9000 nm) تقريبا , اما بالنسبة لكلوريد النيكل كانت (18000 nm) [2] .

III. دراسة الخصائص

1.3 دراسة الخصائص البصرية

تم القياسات التجريبية من خلال الأشعة فوق البنفسجية - المرئية من نوع $(uv - 310 \text{ pcshiMADZ4})$ المزدوجة الشعاع , واحد كمرجع (زجاج) والآخر للعينة (زجاج + طبقة) [3] .

1.1.3 النفاذية

تم قياس طيف النفاذية من رسم تغير طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لطبقات NiO (نترات النيكل وكلوريد النيكل) المرسبة على ركائز زجاجية ضمن مدى الأطوال الموجية . لجميع الطبقات المحضرة بسمك (nm) كما هو موضح في الشكل (29) .

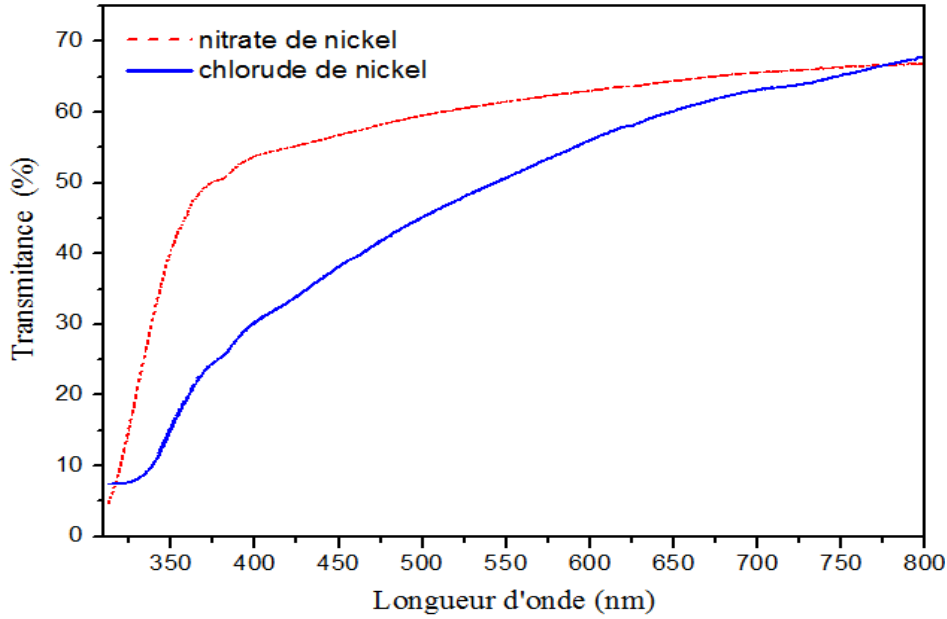
وقد اوضحت النتائج ان نفاذية نترات النيكل متزايدة قليلا عن نفاذية كلوريد النيكل في المنطقة فوق البنفسجية بالنسبة للأطوال الموجية الأقل من 400 nm .

حيث نلاحظ ان قيم نفاذية نترات النيكل كانت أكبر من نفاذية كلوريد النيكل لان في المنطقة $(300 - 400) \text{ nm}$ كانت قيمة نترات النيكل تتراوح ما بين $(4 - 54) \%$ اما قيمة كلوريد النيكل كانت $(7.5 - 31) \%$.

وهذا راجع إلى الامتصاص بسبب انتقال الإلكترونات حيث تسمى هذه المنطقة بحافة الامتصاص الاساسية .

في المنطقة الأكبر من 400 nm اي ما بين $(400 - 700) \text{ nm}$ نلاحظ زيادة في النفاذية بصورة سريعة حيث كانت القيمة المتوسطة لنترات النيكل 34.80% , بينما كانت بالنسبة لكلوريد النيكل 26.14% . إلى ان يتقاطعا عند الطول الموجي $(777) \text{ nm}$ الموافق ل $(67) \%$ ليتعكسا بعدها , اي يصبح منحنى النترات تحت الكلوريد .

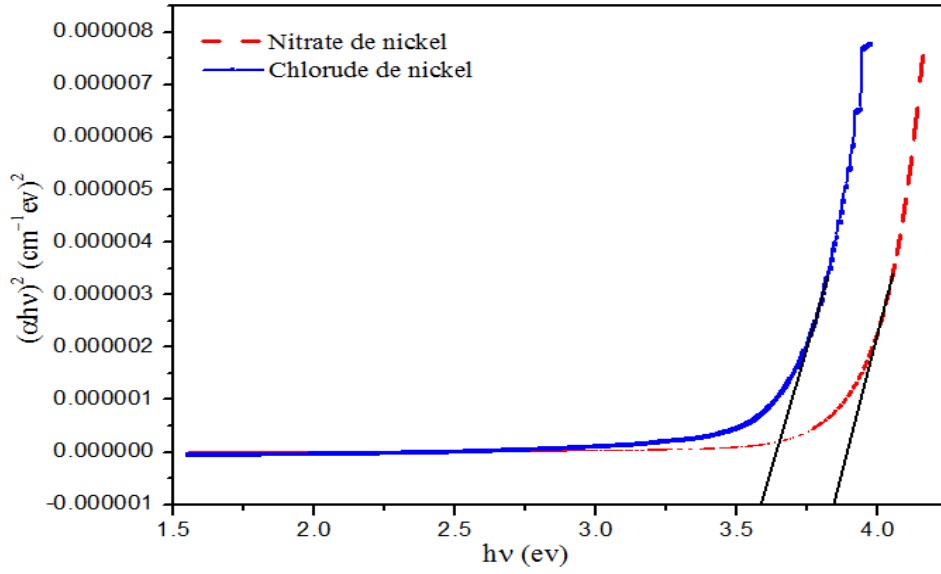
وهذا يدل على ان المادة هي شبه موصل ذو فجوة طاقة واسعة [4] . ومنه الطبقات المحضرة تصلح لتطبيقات الخلايا الشمسية لان المنطقة الطيفية الفعالة في الخلايا الشمسية تقع في المنطقة المرئية



شكل 27 : منحى يوضح طيف النفاذية لطبقات NiO

2.1.3. تحديد الفاصل الطاقي لطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل

حدد الفاصل الطاقي للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة لطبقات NiO برسم مماس البيان واخذ التقاطع مع محور الفواصل حيث قيمتي فجوة الطاقة المستخرجة للعينات موضحة في الشكل (30). من خلال المنحنى نلاحظ ان قيمتي فجوة الطاقة تكون مساوية على التوالي إلى $3.84 eV$ و $3.59 eV$ وهذا من أجل عينات لشرائح NiO المحضرة بواسطة نترات و كلوريد النيكل، تتوافق هذه النتائج مع الفاصل الطاقي الأصلي لأكسيد النيكل من جهة وتوافق في نتائج الباحثين من جهة أخرى [5, 6]. يعود الاختلاف في نتائج الفاصل الطاقي إلى عدة أسباب نذكر منها : التغير في درجة التبلور و هو ما يؤثر بصفة مباشرة في ظهور مستويات طاوية جديدة تقلل في الفاصل الطاقي، من بين الأسباب أيضا ظهور العيوب البلورية اثناء عملية الرش الزيادة في العيوب البلورية يؤدي إلى تغيير الفاصل الطاقي .

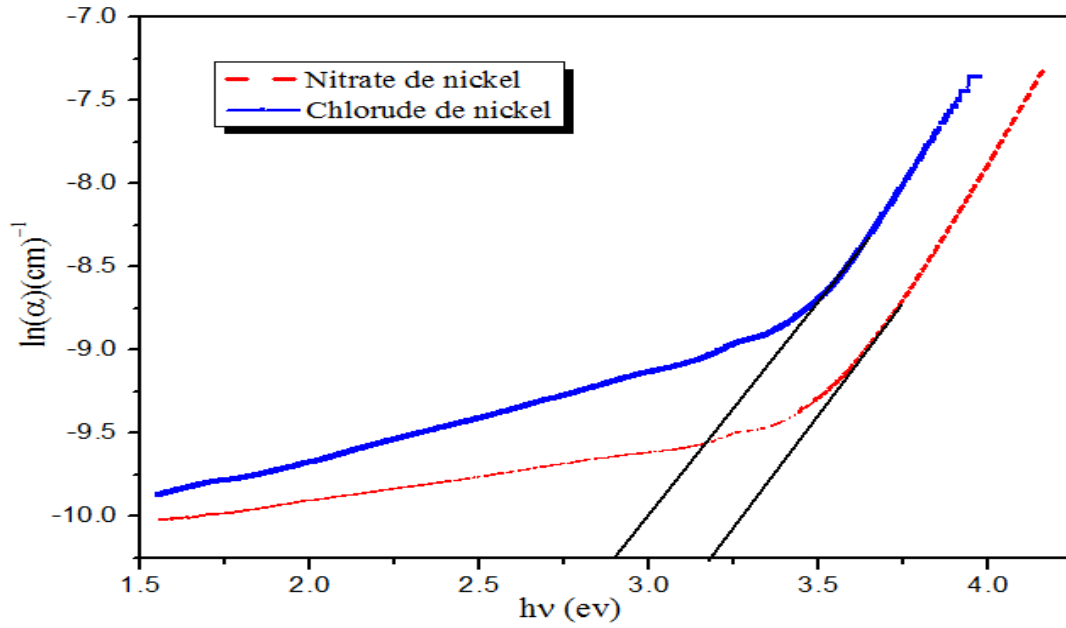


شكل 28 : منحنى يوضح فجوة الطاقة لطبقات NiO

3.1.3. طاقة ذبول اورباخ

المنحنى (31) يمثل تغيرات $\ln \alpha$ بدلالة طاقة $h\nu$ حيث نلاحظ ان هناك تزايد متذبذب في طاقة ذبول اورباخ لعينة نترات النيكل وهذا ما بين $(-10 - -9.5) \text{ cm}^{-1}$ اما بالنسبة لعينة كلوريد النيكل فتكون الزيادة بين القيمتين $(-9.80 - -8) \text{ cm}^{-1}$ وهذا كله يكون محصور بين $(1.5 - 3.5) \text{ eV}$ و $(1.5 - 3.30) \text{ eV}$ على الترتيب . وتستمر في الزيادة لتبلغ اقصى قيمة لها عند $(-7.4) \text{ cm}^{-1}$ بالنسبة لنترات النيكل , بينما كلوريد النيكل يبلغ اقصاه عند $(-7.3) \text{ cm}^{-1}$ وهذا عند $(4.16) \text{ eV}$ و $(3.95) \text{ eV}$ على الترتيب .

اذ تم حساب طاقة اورباخ بأخذ الميل الخط المستقيم للعلاقة البيانية الخطية المرسومة بين $(h\nu)$ و $(\ln \alpha)$ حيث يرجع سبب الزيادة إلى زيادة العيوب البلورية , وهذا يعني ان هناك تشتت بصري قوي في الطبقات . ومنه نستنتج ان السلوك البصري لطاقة اورباخ معاكس للسلوك البصري لقيمة طاقة الفجوة البصرية .



شكل 29 : المنحنى يمثل طاقة اورياخ

5.1.3. تحديد قرينة الانكسار ومعامل التخماد

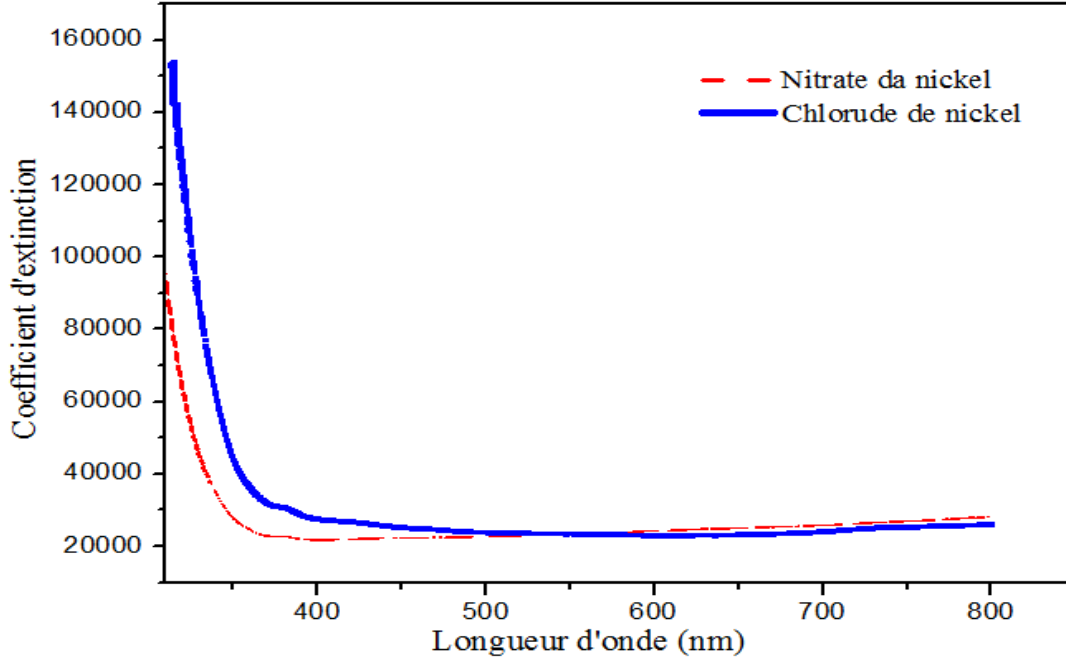
• معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود k للطبقات المحضرة حسب بالعلاقة الاتية [4].

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi}$$

يمثل المنحنى (34) تغيرات معامل الخمود بدلالة الطول الموجي حيث نلاحظ تناقص سريع لكل من العينتين في المجال الاقل من $(400) \text{ nm}$. حيث كان منحنى النترات تحت منحنى كلوريد النيكل. وهذا مؤشر نوعي لتجانس الطبقات الصلبة [3]، كما يعود هذا الانخفاض إلى امتصاص الضوء عند حافة الامتصاص الرئيسية لأكسيد النيكل. فمن الواضح ان قيمة معامل التخماد تتناقص بسرعة مع زيادة الطول الموجي من $(300 - 400) \text{ nm}$.

ثم بعد هذا المجال نلاحظ ثبوت معامل التخماد نسبيا عند المجال المرئي، هذا الثبات يمكن أن يفسر بأن طاقة الفوتونات غير كافية لإثارة الإلكترونات عند عصابة التكافؤ هذا من جهة و من جهة أخرى يمكن ان يعود الاختلاف إلى طبيعة سطح الطبقات المتحصل عليها بسبب ظروف التحضير التجريبية. وهذا راجع إلى نوعية وخواص أكسيد هذه الطبقات



شكل 30 : المنحنى تغيرات قيم معامل التخماد بدلالة الطول الموجي

• قرينة الانكسار

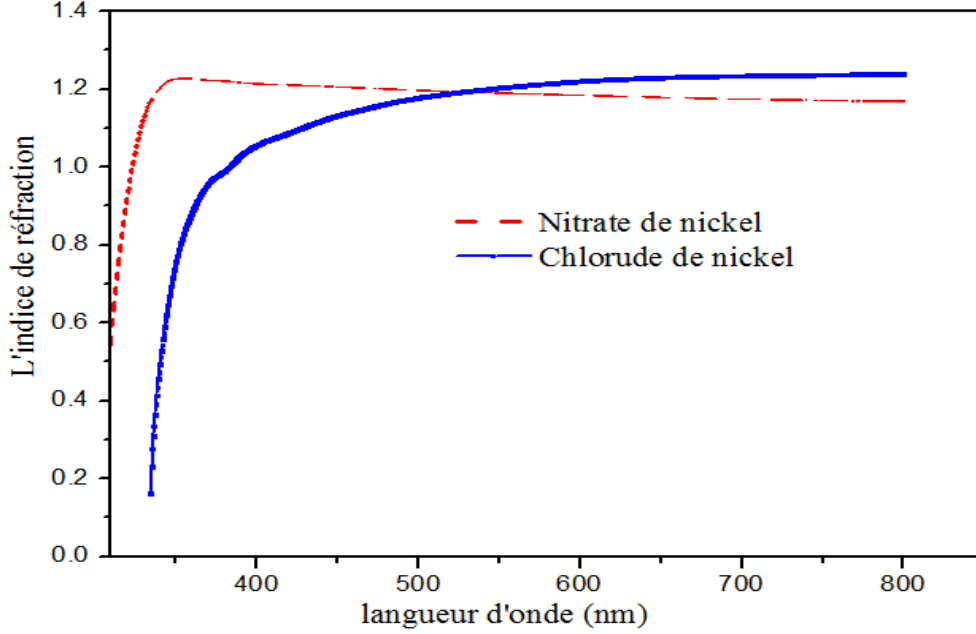
تم حساب قرينة الانكسار للطبقات المحضرة بالعلاقة الآتية :

$$n = \sqrt{\frac{1 + R}{1 - R}}$$

يمثل المنحنى (35) تغيرات قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي حيث نلاحظ ان قرينة الانكسار تتزايد تزايد سريع لكلتا العينتين وهذا في المجال الاقل من $(400) \text{ nm}$

بينما تنخفض قليلا قيمة قرينة الانكسار لنترات النيكل بعدما وصلت إلى الذروة (1.22) وهذا كان في المجال $(400 - 800) \text{ nm}$ ، بينما يكمل كلوريد النيكل في الزيادة في هذا المجال ليصل إلى القيمة القصوى (1.23) عند $(800) \text{ nm}$. يعود سبب الاختلاف في معدل قرينة الانكسار حسب طبيعة مصدر النيكل المستخدم يعود أساسا إلى تغير في كثافة المادة المترسبة على المساند الزجاجية ما يؤثر على سرعة مرور الضوء (الفوتونات) وهذا يدل ان طبيعة المصدر تلعب دورا مهما في الخواص الضوئية. كما نلاحظ ثبات

نسبي في قرينة الانكسار عند المجال المرئي وما يظهره من شفافية عالية عند هذا المجال. تبين هذه النتائج أن العينات المتحصل عليها يمكن استخدامها في الإلكترونيات الضوئية الشفافة.



شكل 31 : منحنى تغيرات قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي

2.3. الخصائص الكهربائية

1.2.3. المقاومة والمقاومة السطحية

يمثل الجدول (6) تغيرات المقاومة السطحية والمقاومة بدلالة تغير المصدر

أظهرت النتائج المتحصل عليها ارتفاع كبير في قيمة المقاومة و هو ما يتوافق مع طبيعة أكسيد النيكل الذي يمتلك مقاومة مرتفعة جدا، كما يمكن ملاحظة أن كل من المقاومة و المقاومة السطحية للعينات التي تم تحضيرها متقاربة نسبيا بدلالة مصدر النيكل المستعمل، نلاحظ أيضا أن المقاومة السطحية تأخذ أكبر قيمة عند استعمال مصدر كلوريد النيكل بينما تنخفض المقاومة السطحية عند أدنى قيمة في حالة استعمال مصدر نترات النيكل. يعود الاختلاف في المقاومة السطحية الى وجود العيوب البلورية في أكسيد النيكل الناتجة عن فراغات بينية او فجوات لذرات النيكل من جهة او من جهة اخرى لذرات الأكسجين و كما هو معلوم أن الناقلية الكهربائية لأكسيد النيكل هي من النوع الموجب بمعنى آخر فان الفجوات و هو في حالته الستوكيومترية و أن الناقلية الكهربائية تتركز أساسا على ايونات النيكل الموجبة.

جدول 6 يوضح المقاومة والمقاومة السطحية

	<i>Resistivité surfacique (Ω/\square)</i>	<i>Resistivité (Ω)</i>
<i>Nitrate de nickel</i>	1.075	0.106
<i>Chlorude de nickle</i>	51.1	5.065

IV. النتائج والمناقشة

من خلال الجدول (7) سنقارن بين قيم نترات النيكل وكلوريد النيكل لمختلف الثوابت حيث :
 حيث كان السمك d لطبقة كلوريد النيكل ضعف سمك طبقة نترات النيكل . وهذا راجع إلى معدل تدفق الرش , نوعية مصدر المحلول .
 بينما كانت قيم كل النفاذية , فجوة الطاقة , طاقة اورياخ وقرينة الانكسار لنترات النيكل أكبر من قيم كلوريد النيكل وهذا عائد لانخفاض سمك نترات النيكل . ومنه نستنتج ان العلاقة بين السمك وهاته الثوابت علاقة عكسية .
 لكن قيمة معامل التخماد لنترات النيكل كانت اقل من قيمة كلوريد النيكل لان سمك كلوريد النيكل أكبر .
 لانه بزيادة السمك يزيد معامل التخماد .

جدول 7 :الجدول يوضح القيم المتوسطة لمختلف الثوابت

الثوابت المصادر	$d (nm)$	$T_{moy}(\%)$	$Eg (ev)$	$Eu(mev)$	n_{moy}	k_{moy}
نترات النيكل	9000	34.807	3.84	3.18	1.20	0.030
كلوريد النيكل	18000	26.144	3.59	2.90	1.14	0.032

V. الملخص و النتائج.

من خلال النتائج التي حصلنا عليها للخواص البصرية والكهربائية لطبقات NiO وتطابقها مع نتائج بحوث ودراسات عديدة نستنتج انه كلما كانت الطبقة رقيقة اي سمكها صغير فان الالكترونات تكون متواجدة على مستوى السطح , ومنه تنتقل بسهولة , تاركة وراءها فجوة , وبالتالي تتغير البنية البلورية (ثابت الخلية a , حجم البلورات) فيؤدي هذا الى ظهور عيوب بلورية التي تؤدي زيادتها الى زيادة قيمة الناقلية . وهذا يثبت ان تغيير المصدر يؤدي الى تغيير الخواص البصرية والكهربائية

حيث لاحظنا ان طبقة نترات النيكل موافقة لهاته النتائج كما ان قيمة فجوة طاقتها اعلى من كلوريد النيكل ومنه يكون شبه الناقل لطبقات نترات النيكل احسن لاستخدامها في تطبيقات أكسيد النيكل .

VI. المراجع

- [1] Maache Mostefa . *Depot Et Caracterisation De Couches Minces De ZnO Par Spray Pyrolyse* . diplôme de Magister . Universite Mohamed Khider De Biskra . 22/ 05/ 2005 .
- [2] ميخائيل عيسى منصور، ياسر حسين محمد. تأثير بعض عوامل التحضير على الخصائص البصرية لاغشية ZnO المرسبة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي CVD . مجلة التربة و العلم – المجلد 23 العدد2. جامعة الموصل. 2010.
- [3] *Taabouche Adel* . Etude structurale et optique de films minces ZnO élaborés par voie physique et/ou chimique . Diplôme de Doctorat . Université Frères Mentouri Constantine . 08 /06 /2015
- [4] شدالة خديجة . دراسة الخصائص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك مطعمة ب مرسبة بتقنية [4] الرش الكيميائي الحراري . مذكرة ماستر جامعة قاصدي مرباح ورقلة . 2016/50
- [5] K. SajjalQ1, A. Moses Ezhil Raj . *Effect of thickness on physico-chemical properties of p-NiO(bunsenite) thin films prepared by the chemical spray pyrolysis (CSP) technique* . ARTICLE IN PRESS . Department of Physics & Research Centre, Scott Christian College (Autonomous), Nagercoil 629 003, India . 2015
- [6] C. Mrabetn, M.BenAmor,A.Boukhachem,M.Amlouk,T.Manoubi . *Physical properties of La-doped NiO sprayed thin films for optoelectronic and sensor applications* . ARTICLE IN PRESS . Received 24 November 2015; received in revised form 27 December 2015; accepted 28 December 2015

الخاتمة

خلال هذا العمل ركزت دراستنا على تطوير الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل NiO باستخدام تقنية الرش الكيميائي الحراري على ركائز زجاجية مسخنة حتى 500 درجة مئوية .

حيث تعرفنا في الفصل الاول علي الطبقات الرقيقة و الاكاسيد الموصلة الشفافة وهي عبارة عن مركبات ثنائية او ثلاثية تحتوي علي واحد او اثنين من المركبات المعدنية تملك فاصل طاقي يساوي او يفوق 3 eV اما بالنسبة للفصل الثاني عرفنا انه توجد طرق مختلفة تمكن من ترسيب الاكاسيد الموصلة الشفافة على شكل طبقات رقيقة ذات ناقلية كهربائية عالية كما انها شفافة للضوء

اما الفصل الثالث من العمل احتوي على طرق وتقنيات تشخيص الطبقات الرقيقة حيث اعتمدنا في دراسة خصائصها على جهاز الاشعة فوق البنفسجية -المرئية - $UV-VISIBLE$ وجهاز قياس الناقلية الكهربائية بواسطة تقنية المصبار الثنائي 2 points .

حيث اظهرت نتائج قياسات الاشعة فوق البنفسجية المرئية لمدي الاطوال الموجية $400 - 800\text{ nm}$ لطبقات اكسيد النيكل

المحضرة بمصدرين (نترات و كلوريد) انه كلما نقص السمك زادت النفاذية ونقصت قرينة الانكسار

اما بالنسبة للفاصل الطاقي فهو ايضا يزيد بنقص السمك حيث تكون قيمته ثابتة في المجال المرئي ثم تزيد في مجال الاشعة فوق البنفسجية بالإضافة الى طاقة اورباخ التي تنقص بزيادة الفاصل الطاقي وهذا يدل على نقص العيوب البلورية وهذا يؤكد تبلور المادة واطهرت نتائج قياس الناقلية الكهربائية ان زيادة حاملة الشحنة تؤدي الى زيادة قيمة الناقلية الكهربائية.

وفي الاخير فإننا نعتقد ان العمل الذي قمنا به قد أظهر فوائد تقنية الرش الكيميائي الحراري للحصول على طبقات جيدة يمكن استخدامها في شتى المجالات . كالاترونات الدقيقة وبعد اتمام هذه الدراسة فإننا نرجو أن يكون هذا الموضوع متمم لمجال البحث والدراسة بتدعيم النتائج المتحصل عليها

قائمة الرموز

TCO	الأكاسيد الشفافة الناقلة	--
σ	الناقلية الكهربائية	$(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$
ρ	المقاومية	$(\Omega \cdot \text{cm})$
BC	عصابة النقل	--
BV	عصابة التكافؤ	--
CVD	الترسيب الكيميائي للبخار	--
PVD	الترسيب الفيزيائي للبخار	--
I	التيار الذي ينتقل بين نقطتين	A
U	فرق الكمون	Vol
E_c	طاقة مستوى التوصيل	Ev
E_v	طاقة مستوى التكافؤ	Ev
D	سمك الغشاء	Nm
A	الامتصاصية	--
R	الانعكاسية	--
T	النفذية	--
a	معامل الامتصاص	cm^{-1}
h	ثابت بلانك	J.s
v	التردد	Hz
h ν	طاقة الفوتون	Ev
E_g	فجوة الطاقة	Ev
r	معامل اسي	--
Eu	طاقة اورياخ	mev
n	عدد صحيح يسمى رتبة الحيود	--
λ	الطول الموجي	Nm

D_{hkl}	المسافة بين مستويين بلورين متجاورين	\AA
Hkl	قرائن ميلر	--
G	معدل الحجم الحبيبي	Nm
B	عرض المنحنى الشدة العضى	Radian
R_s	المقاومة السطحية للطبقة الرقيقة	(Ω)
μ	الحركية الكهربائية	$\text{cm}^2/\text{v.s}$
ϕ_T	شدة الضوء الوارد	$\text{ev}/\text{m}^2.\text{s}$
ϕ_0	شدة الضوء الوارد	$\text{ev}/\text{m}^2.\text{s}$
ϕ_R	شدة الضوء المنعكسة	$\text{ev}/\text{m}^2.\text{s}$

ملخص

يعد أكسيد النيكل (NiO) من بين و أهم الأكاسيد الموصلة نظرا لأنه يتمتع بخصائص فيزيائية جد متميزة من هذا المنطلق فمننا في هذا العمل بتحضير طبقات رقيقة من أكسيد النيكل (NiO) بطريقة الرش الكيميائي الحراري على ركائز زجاجية تحت درجة حرارة 500 °C و هذا من خلال دراسة تأثير مصدر النيكل على الخصائص البصرية و الكهربائية للطبقات المتحصل عليها . و لمعرفة هذه الخصائص فمننا باستخدام تقنيات تحليل مختلفة: مطيافية الأشعة فوق البنفسجية- المرئية (VIS-UV) لتحديد الخصائص البصرية، تقنية المسبار الثنائي لمعرفة الخصائص الكهربائية.

بينت النتائج تأثير نوعية مصدر النيكل على الخصائص البصرية حيث ان نسبة النفاذية عند المجال المرئي تراوحت بين (00%-00%). في حين كانت قيم فجوة الطاقة تتراوح ما بين (00-00)eV طاقة ذبول اورباخ هي ايضا تم حسابها و كانت قيمها بين (00-00) MeV كما تم حساب وسائط أخرى متعلقة بالخواص البصرية مثل النفاذية، قرينة الانكسار و معامل التخميد . أظهرت القياسات الكهربائية الكهربائية باختلاف نوعية مصدر النيكل حيث كانت قيم الناقلية بين () .

الكلمات المفتاحية : طبقة رقيقة، NiO، الرش الكيميائي الحراري، الخصائص البنيوية، الأكاسيد الموصلة الشفافة .

Résumé

L'oxyde de nickel (NiO) Parmi les plus importants des oxydes transparent conducteurs (TCO), parce que il a des propriétés physiques important. Dans ce travail nous avons élaboré des couches minces d'oxyde de nickel par la méthode spray pyrolytique déposer en substrat verre en fixant la température a 500°C, nous avons étudier l'effet de source nickel sur les propriétés optiques et électriques des couches minces obtenues, pour cela nous avons utilisé la spectrophotométrie UV-Visible pour et la technique de deux point pour connaître les propriétés optiques et électriques respectivement.

Les résultats obtenues montrer que l'effet de source nickel sur les propriétés optiques a une influences importante ou nous avons trouver que la transmittance moyenne et entre (22%-66%) dans le domaine visible. aussi les gaps de l'énergies a été calculer et les résultats obtenue entre (00-00)eV. L'énergie d'Urbach montrer un désordre entre 311-393 MeV. Aussi nous avant calculer les autres paramètres optiques tel que tranasmission, l'indice de réfraction, le coefficient d'extinction. Les mesures électriques montrer une conductivité électrique diffère suivant la nature de source de nickel utiliser. Et les résultats obtenue entre (Ω.cm) -1 .

Mots clés: couche mince, NiO, Spray pyrolysis, Les caractéristiques structurales, d'es oxydes conducteurs transparent

