

جامعة ملحد خيضر بسكرة
كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المادة



مذكرة ماستر

ميدان علوم المادة
شعبة الفيزياء
التخصص: فيزياء المواد
رقم:

إعداد الطالب:
خمولي محمد عاطف
يوم: 18/06/2023

دراسة الخصائص الكهربائية للشرائح الرقيقة لأكسيد النيكل

لجنة المناقشة:

رئيس	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. ب	العافل السعيد
مقرر	<input type="checkbox"/> جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. ب	بن رماش السعيد
مناقش	<input type="checkbox"/> جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. د.	بن شارف زهية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي * وَيَسِّرْ
لِي أَمْرِي * وَاحْلُلْ عُقْدَةً
مِّنْ لِّسَانِي * يَفْقَهُوا
قَوْلِي *"

كلمة شكر وتقدير

أحمد الله وأشكره شكر الذاكرين والصلاة والسلام على خير النبيين مُجَّد (ص) وعلى آله وصحبه أجمعين.

أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان بالجميل إلى الأستاذ صاحب الفضل في إتمام هذا البحث بإذن الله الأستاذ المحترم "بن رماش السعيد"

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أعضاء لجنة المناقشة الكرام الأستاذ "العامل السعيد" والأستاذة "بن شارف زهية"

وأشكر رئاسة قسم علوم المادة وعلى رأسهم الأستاذة المحترمة "نواجي مليكة" وجميع أساتذتي

الأفاضل وكل الشكر والإمتنان لكل أعضاء مخبر الفيزياء والإدارة

دون أن أنسى شكر زميلاتي "عباسي الطيب" و"زريق مُجَّد الصالح"

وعرفانا مني بالجميل أود أن أتقدم بالشكر وفائق التقدير إلى عائلتي الكريمة لما منحتني من الرعاية

والتشجيع لإكمال مسيرتي الدراسية داعيا من العلي التقدير أن يحفظهم ويمدهم بالصحة والعافية

والله الموفق

إهداء

إلى من خلقتني وسواني ... وأعطاني فأرضاني

الله ري

إلى من هو خير الكائنات ... سيدي وشفيعي

سيدنا مُحَمَّد صلى الله عليه وعلى آله وسلم

إلى من أوقدت سنين عمرها لتتير بها دربي

أمي الغالية برا وإحسانا

إلى من أتشرف بحمل اسمه

أبي الغالي شرفا واعتزازا

إلى من ساروا معي خطوة بخطوة وزرعوا الأمل بقلبي

أساتذتنا الكرام حبا واحتراما

إلى روح الشهيد

مُحَمَّد خيضر شهيد الوطن

إلى روح شهيد العلم والثقافة والنبيل ... البروفيسور

أحمد بوطرفاية أروع ما أنجبتته مدينتي

إلى الذين أحببتهم في الله، إلى جميع زملائي وزميلاتي الذين جعلوا المشوار أجمل أهدي لهم جهدي

المتواضع

عاطف

قائمة الأشكال

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة TCO

- الشكل (1-1): تطبيقات الأكاسيد الشفافة الناقلة 11
- الشكل (2-1): التركيب البلوري لأكسيد النيكل 13
- الشكل (3-1): طيف النفاذية لطبقة رقيقة من NiO عند درجات حرارية مختلفة بالنسبة 2.5 سا 15
- الشكل (4-1): تطبيقات أكسيد النيكل 16

الفصل الثاني: العمل التجريبي

- الشكل (1-2): رسم تخطيطي لتقنية الرش بالانحلال الحراري 25
- الشكل (2-2): الركائز الزجاجية 27
- الشكل (3-2): تحضير محلول NiO 28
- الشكل (4-2): رسم تخطيطي لطريقة المسابر الرابع 29

الفصل الثالث: النتائج التجريبية

- الشكل (1-3): تغيرات الجهد بدلالة درجة الحرارة 37
- الشكل (2-3): تغيرات الجهد بدلالة شدة التيار 39
- الشكل (3-3): تباين التوصيل الكهربائي لأغشية NiO الرقيقة المشفرة بـ Co و F كدلالة لـ a: زيادة درجة الحرارة، b: انخفاض درجة الحرارة 41
- الشكل (4-3): أطيايف الإرسال لأغشية NiO الرقيقة المشفرة بـ Co و F كدلالة لتركيزات Co و F 42
- الشكل (5-3): تباين طاقة الفجوة الضوئية وطاقة Urbach لأغشية NiO الرقيقة المطعمة بـ Co و F كدلالة لتركيزات Co و F 44

قائمة الجداول

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة TCO

الجدول (1-1): يبين الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة.....6

الجدول (2-1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأكسيد النيكل.....12

جدول رقم (3-1): الخصائص البلورية لأكسيد النيكل.....13

الجدول (4-1): الخصائص الكهربائية لأكسيد النيكل.....14

الفصل الثاني: العمل التجريبي

الجدول (1-2): الشروط التجريبية المستعملة.....29

الفصل الثالث: النتائج التجريبية.

الجدول (1-3): تباين طاقة فجوة النطاق البصري E_g وطاقة Urbach of Eu و Co و F الأفلام الرقيقة NiO

المشفرة.....44

الفهرس العام

I..... كلمة شكر وتقدير.....

II..... إهداء.....

III..... قائمة الأشكال.....

IV..... قائمة الجداول.....

2-1..... مقدمة عامة.....

3..... الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO).....

1..... تمهيد.....

1..... 1. الأكاسيد الناقلة الشفافة.....

6..... 2. الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة.....

10..... 3. الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة.....

16..... المراجع.....

22..... الفصل الثاني: العمل التجريبي.....

22..... مقدمة.....

22..... 1 تقنية الرش بالانحلال الحراري.....

26.....2. العوامل المؤثرة في تحديد الأغشية المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري

27.....3. العمل التجريبي

29.....4. تقنية التوصيف الكهربائي

33 الفصل الثالث: النتائج التجريبية.

33..... مقدمة

33.....1. العمل التجريبي

34.....2. الخواص الكهربائية

41.....3. الخواص الضوئية

45.....4. النتائج

46..... المراجع

49 خاتمة عامة

50..... ملخص

مقدمة عامة

تعد الأغشية الرقيقة واحدة من أهم أشكال المادة الصلبة التي ساهمت مساهمة كبيرة في تطوير دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية لها من أجل تحديد استخدامها في التطبيقات المختلفة ويطلق مصطلح الغشاء الرقيق على وصف طبقة واحدة أو عدة طبقات من ذرات المادة لا يتعدى سمكها 1 مايكرومتر [1].

إن لأكاسيد الناقل الشفافة (TCO) من المواد الأساسية التي تدخل في صناعة الأغشية الرقيقة، حيث جذبت هذه الأخيرة اهتمام العديد من الباحثين من خلال مساهمتها في تطوير عدة مجالات صناعية وبحثية نذكر منها مجال الإلكترونيات، الإلكترونيات البصرية، مجال البطاريات، الكواشف والمحفزات الضوئية، حيث عرف علم الأكاسيد الناقل الشفافة انطلاقته منذ سنة 1907 م من قبل العالم (Baedeker) الذي عمل على أول غشاء من معدن الكاديوم ومن أهم الخصائص المميزة ل (TCO): الناقلية الكهربائية والشفافية العالية في المجال المرئي من الضوء، وهي عبارة عن أشباه نواقل مركبة من معدن متحد مع الأكسجين أي أنها أشباه نواقل أكسيدية مثل (ZnO, NiO, SnO₂, In₂O₂) حيث كانت معظم استخدامات الأكاسيد الناقل الشفافة في شكل أغشية رقيقة محضرة بطرق مختلفة حيث أن أغشية هذه الأكاسيد تمتلك نفاذية بصرية عالية في المنطقة المرئية وانعكاسية عالية في المنطقة تحت الحمراء ولها توصيلية كهربائية من النوع السالبوهي تمتلك فجوة طاقة بصرية واسعة [2].

أكسيد النيكل (NiO) هو أحد المواد شبه الموصلة من النوع p مع فجوة النطاق البصري تتراوح بين 3.6 إلى 4 فولت [1]. (NiO) هو أحد أهم مواد أشباه الموصلات في أحدث الأبحاث، استندت هذه الملاحظة على أساس المتانة والاستقرار الكيميائي الممتاز في أي مذيب، سمية منخفضة في الماء، كثافة بصرية كبيرة والتكلفة المنخفضة والاستقرار الحراري الجيد [3]. تم تطوير (NiO) كأغشية رقيقة لاستخدامها في استشعار الغاز نظرا لما تتمتع به من شفافية بصرية جيدة وموصلية كهربائية جيدة [4.5].

إن استخدام أغشية NiO الرقيقة في الكشف عن الغازات السامة له دور في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية [6].

نتيجة التطور العلمي فقد تطورت طرق ترسيب الأغشية الرقيقة وأصبحت بدرجة عالية من الدقة في تحديد سمك وتجانس الغشاء، حيث تعددت طرق ترسيبها فلكل طريقة مميزاتا ومن أهم هذه الطرق طريقة الانحلال الحراري بالرش التي سيتم عرضها في هذا البحث [1].

يتمحور هذا الموضوع حول دراسة الخصائص الكهربائية للأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل باستعمال تقنية الانحلال الحراري بالرش وعليه تكون إشكالية الدراسة كالاتي: ما هو مدى تأثير درجة الحرارة على خصائص الكهربائية الطبقة الرقيقة لأكسيد النيكل؟ ولرد على هذا الإشكال اعتمدنا خطة تستوفي شروط العمل بكل جزئياته، انطلاقا من مقدمة وثلاث فصول وخاتمة على

النحو التالي: الفصل الأول جاء بعنوان "عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة" وقد تناول ثلاث أجزاء، الأول للتعريف بهذه الأكاسيد الناقلة الشفافة والثاني لشرح بعض خصائصها و ماهي تطبيقاتها الممكنة، أما أخيراً فقمنا بشرح عام حول أكسيد النيكل، بينما الفصل الثاني فهو معنون بـ " ترسيب الأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل بواسطة تقنية الانحلال الحراري بالرش " فكان يحتوي على جزء نظري لشرح تقنية الانحلال الحراري بالرش وتقنية دراسة الخاصية الكهربائية للأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل ألا وهي أربع نقاط بينما الجزء الثاني فكان العمل التجريبي لتحضير الأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل والفصل الثالث عنوانه كان "النتائج والتحليل" فقد ناقشنا فيه النتائج المعطاة وقمنا بتحليلها وشرحها، وفي الأخير خرجنا بخاتمة كحوصلة لنتائج عملنا هذا .

المراجع

- [1] فقعااص هاجر، شعباني ذكرى، تحضير ودراسة طبقات رقيقة من أكسيد النيكل (NiO) مطعم بالنحاس (Cu)، مذكرة الماستر. جامعة-جيجل . (2022)
- [2] ربيعي سليمة، طيار أميرة عالية، تحضير ودراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الضوئية لشرائح أكسيد الزنك المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري، مذكرة الماستر. جامعة-الوادي(2020).
- [3] *Manouchehri. I, Mehrparvar. D, Moradian.R, Gholami.K, Osati.T, Investigation of structural and optical properties of copper doped NiO thin films deposited by RF magnetron reactive sputtering, Optik, 127 (2016) 8124–8129.*
- [4] *Diha. A, Benramache. S, Benhaoua.B, Transparent nanostructured Co doped NiO thin films deposited by sol-gel technique, Optik, 172 (2018) 832–839.*
- [5] *Benramache.S, Benhaoua. B, Influence of substrate temperature and Cobalt concentration on structural and optical properties of ZnO thin films prepared by Ultrasonic spray technique, Superlattices and Microstructures, 52 (2012) 807– 815.*
- [6] *Benramache. S, Benhaoua. B, Influence of annealing temperature on structural and optical properties of ZnO: In thin films prepared by ultrasonic spray technique, Superlattices and Microstructures, 52 (2012) 1062–1070.*
- [7] *Gavale.H.S, Wagh. M.S, Ahirrao R.B, Gosavi, S.R., Study of Physical Properties of Nanocrystalline NiO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique, Journal of Nanoscience and Technology, 5 (2019) 610–612.*

الفصل الأول: عموميات
حول الأكاسيد الناقلة
الشفافة (TCO)

تمهيد

تعد اليوم دراسة المواد المرسبة بشكل أغشية رقيقة إحدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية والكيميائية والتي يصعب الحصول على خواصها بشكلها الطبيعي، ويستخدم مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة واحدة أو طبقات عديدة من ذرات المادة لا يتعدى سمكها مايكرونا واحدا [1].

إن أحد أهم أشباه الموصلات هي ما يسمى بأكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) وهي مختصر لمصطلح Transparent Conductive Oxides، والتي هي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأكسجين أي أنها أشباه موصلات أكسيدية مثل: SnO_2 ، In_2O_3 ، ZnO ، حيث تتميز هذه المواد بارتفاع توصيلتها و نفاذيتها البصرية، فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين (400 – 1500 نانو متر)، وتكون حزمة التوصيل فيها مليئة بالإلكترونات بالرغم من كبر فجوة الطاقة الممنوعة وذلك بسبب الشواغر الأوكسجينية الناتجة عن عدم التوافق الجزيئي [2]. وهي مواد تستعمل في الكثير من التطبيقات الإلكترونية (كشاشات النوافذ المسطحة، الترانزستورات) والبصرية (الخلايا الشمسية). وهذه المواد تحضر على شكل شرائح رقيقة بسمك النانومتر بتقنيات متعددة مثل: تقنية الرش الكيميائي الحراري التي تعد من أسهل وأبسط الطرق [3].

أكسيد النيكل (NiO) هو مركب كيميائي شبه موصل من عائلة الأكاسيد الموصلة الشفافة، يعرف باسم "bunsénite"، ذو توصيلية طبيعية من نوع p [4].

سوف نتعرف من خلال هذا الفصل عن بعض خصائص وتطبيقات للأكاسيد الناقلة الشفافة وبعض خصائص أكسيد النيكل (البلورية، الكهربائية، الضوئية) وعلى تطبيقاته الذي سيكون محل دراستنا في الفصول القادمة.

1. الأكاسيد الناقلة الشفافة

تعرف الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO) بالمواد التي لديها خاصية تيناالشفافية والناقلية؛ نعبياالشفافية أخذها لأكاسيد لديها نفاذية للأشعة الكهرومغناطيسية في المجال المرئي مما يتطلب عرض نطاق ممنوع أكبر من 3.3 eV [5]. أما ناقلية هذه الأكاسيد فإنها تتراوح بين 1 إلى $10^4 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ؛ وبالرغم من انتشار هذه المواد حاليا إلا أنه يمكننا القول أن الشفافية والتوصيل الكهربائي غير متوافقين بشكل أساسي، عادة ما تكون المواد الشفافة عوازل مثل الزجاج، من ناحية أخرى تكون المواد عالية التوصيل ذات لون معدني أو عاتمة؛ على سبيل المثال تكون معادن مثل الفضة والألمنيوم ذات لون معدني مع انعكاسية عالية حيث يمكن الاستفادة من هذه الخاصية باستعمال هذه المواد كإلكترود خلفي لزيادة المسار الضوئي المقطوع في الخلايا الشمسية،

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

لكن لا يمكن استعمالها كإلكترود أمامي للخلايا الشمسية أو استعمالها في تطبيقات تحتاج شفافية عالية؛ مع أن الشرائح الرقيقة جدا من بعض المعادن التي يكون سمكها من رتبة عشرات النانومترات يمكن أن تكون شفافة [6]، فإننا في المقابل نحسر الميزة الأخرى فهي ذات ناقلية صغيرة، بالإضافة إلى ذلك لديها بعض المشاكل التكنولوجية مثل مشكل الالتصاق وهشاشة الشريحة بسبب السمك الصغير؛ يمكن التخلص من مشكل الهشاشة و الناقلية بزيادة السمك لكن هذا يؤدي إلى فقدان الشفافية بشكل كامل؛ لذا ليس علينا البحث عن كيفية جعل المواد الناقلة شفافة؛ بل البحث عن طريقة لزيادة ناقلية بعض العوازل الشفافة والأسهل من ذلك تحسين ناقلية أنصاف النواقل الشفافة عن طريق زيادة تركيز وحركية الحاملات الحرة بالتطعيم، بطريقة أو بشروط التحضير التي يصاحبها تكون عيوب في المادة وتكون مستويات للشوائب بالقرب من حافة النطاق المسموح؛ يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز الإلكترونات (في المواد التي يُفترض أنها من نوع n لكن يؤدي كذلك لامتصاص جزء مهم من الإشعاع الكهرومغناطيسي في المجال المرئي؛ لذا يجب إيجاد حلاً وسطاً بين الناقلية الكهربائية والنفاذية الضوئية فالتوازن الدقيق بين الخصائص مطلوب، يمكن تقليل المقاومة إما بزيادة تركيز الحاملات أو بزيادة الحركة بحيث تؤدي الزيادة الأولى إلى زيادة الامتصاص المرئي، أما زيادة الحركة فليس لها تأثير سلبي على النفاذية مما يجعلها الخيار الأمثل لتحسين أداء الأكاسيد الناقلة الشفافة [7].

✓ 2. الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة:

✓ عرض الشريط الممنوع (La bande interdite):

تتميز الأكاسيد الناقلة الشفافة بشريط ممنوع عرضي تتغير من (3.01– 4.6 eV)، يعتمد هذا العرض على عدة عوامل نذكر منها:

نوع مركبات المحلول، طريقة الترسيب والشروط التجريبية للترسيب. الجدول (1.1) يوضح بعض الأكاسيد الموصلة الشفافة مرفقة بقيمة الفجوة [8].

الجدول (1-1): يبين الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة [9].

الفاصل الطاقي (eV)	TCO
4.2 – 3.6	SnO ₂
3.3 – 3.2	ZnO
4.2	ITO

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

4 – 3.6	NiO
أكبر من 3	ZTO

✓ الناقلية الكهربائية (La Conductivité électrique):

تصف فيزياء نصف الناقل ذات الفاصل الطاقي الكبير لنا الخصائص الكهربائية للأكاسيد الشفافة الناقلة وتعد الناقلية أهم مقدار دال على هذه الخصائص التي يعبر عنها بالرمز σ ووحدتها $1(\Omega.cm)$ ، ونظرا لظهور هذه المواد كأنها أنصاف نواقل منحطة من النوع n فإن ناقليتها تعطى بالعلاقة (1.1) [10]:

$$\sigma = n q \mu \quad (1.1)$$

حيث:

σ : الناقلية الكهربائية.

n : تركيز حوامل الشحنة.

q : الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون.

μ : الحركة الكهربائية.

تعرف أيضا المقاومة ρ على أنها مقلوب الناقلية [11] بالعلاقة (2.1):

حيث:

ρ : المقاومة الكهربائية ($\Omega.cm$)

σ : الناقلية الكهربائية $(\Omega.cm)^{-1}$

✓ المقاومة السطحية ("La résistance surfacique"Rs):

بما أن الأكاسيد الشفافة الناقلة تستخدم على شكل طبقات رقيقة إذن يتمتع ريف أحد خواصها الكهربائية المهمة وهي المقاومة السطحية [12]، التي هي عبارة عن النسبة بين المقاومة الكهربائية للمادة وسمك الطبقة. فالمقاومية تعبر عن مقاومة المادة

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

لسريان التيار الكهربائي عبرها [13]. فالمواد التي لديها مقاومة منخفضة هي نواقل جيدة بينما تعتبر المواد ذات المقاومة العالية عوازل جيدة [14].

ويرمز للمقاومية بـ (Rs) ووحدتها هي (Ω) ويعبر عنها بالعلاقة (3.1) [12]:

حيث:

d: سمك الطبقة (nm).

كما تعرف بالعلاقة التالية (4.1) [9]:

حيث:

c: معامل التصحيح ويساوي 4.532.

v: فرق الجهد.

i: شدة التيار.

✓ الحركية الكهربائية (μ):

حركية حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) هي عامل مهم ومؤثر في ظاهرة التوصيل الكهربائي، بحيث الزيادة في هذا العامل يؤدي إلى تحسين الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة. وتعتمد الحركة أساسا على انتشار حاملات الشحنة في الشبكة البلورية للمادة، وفي الواقع الزيادة الكبيرة في تركيز حاملات الشحنة يخفض قيمة الحركة نتيجة التصادم بينها بالتالي تنقص الناقلية معها [15].

كما ذكرنا الحركة عامل ضروري للحصول على ناقلية جيدة وتعرف الحركة بالعلاقة (5.1):

حيث:

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

q: الشحنة العنصرية للإلكترون وحدتها (c)

τ : زمن الاسترخاء (زمن بين تصادمين متتاليين للإلكترون) وحدته الثانية (s)

m^* : الكتلة الفعالة للإلكترون بـ (kg)

v_f : سرعة فيرمي للإلكترون بـ (m/s)

l : المسار المتوسط الحر بين تصادمين بـ (m)

للحصول على مادة ناقلة يستوجب الوصول إلى تركيز معين لحوامل الشحنة يعرف بالتركيز الحرج ويرمز له بـ n_c تحت هذا

التركيز يمكن اعتبار المادة عازلة، أما فوقه تصنف المادة ناقلة ويعطى n_c حسب معيار (Mott) [16] المعروف بالعبارة (6.1):

بحيث:

a_0^* : نصف قطر بور الفعال للمادة عبارته تعطى بالعبارة (7.1) التالية [17]:

بحيث:

h: ثابت بلانك بـ (J.S)

ϵ_0 : السماحية للفراغ بـ (f/m)

ϵ_r : السماحية النسبية للمادة.

q: الشحنة الكهربائية الأولية للإلكترون بـ الكولومب (c)

✓ 3. الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة:

ولفهم أكبر للخصائص الضوئية يجب دراسة بعض المعاملات من معامل الانكسار "n" ومعامل التخماد "k". يمثل معامل (قرينة) الانكسار "n" السرعة النسبية للضوء الذي يمر عبر الوسط مقارنة بالفراغ، بينما معامل التخماد "k" هو قياس مدى قوة امتصاص الوسط للضوء عند طول موجي معين؛ عند سقوط شعاع ضوئي على سطح ما فإنه إما يمتص، ينعكس أو ينفذ أو يخضع جزئياً لعمليتين أو كل العمليات الثلاث؛ لا توجد مادة شفافة تماماً في جميع الترددات الضوئية، وبالتالي سيكون هناك دائماً بعض الامتصاص في بعض مناطق الطيف ويتم التعبير عن تلك العمليات الثلاث ب: الامتصاص والانعكاسية والنفاذية على التوالي؛ إن الانعكاسية "R" للوسط هو مقدار الأشعة المنعكسة على هذا الوسط، تحدد النفاذية "T" مقدار الأشعة النافذة عبر الوسط، بينما الامتصاص "A" يدل على أن الأشعة لم تنفذ ولم تنعكس.

من قانون حفظ الطاقة فإن مجموع هذه المعاملات الثلاثة يساوي وحدة $R + T + A = 1$ ، هذه المعاملات عبارة عن نسب، فهي تعبر عن نسبة شدة الأشعة في كل حالة بالنسبة لشدة الشعاع الابتدائي؛ الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة ليست ثابتة فهي تتأثر بعوامل مختلفة مثل درجة الحرارة، سمك الشريحة، التبلور، طبيعة وكمية الشوائب والحاملات الحرة والمسند [18].

✓ الاستقرار الحراري والكيميائي:

الاستقرار الحراري المقصود به هو درجة الحرارة التي ابتداءً منها تبدأ خصائص الأكاسيد الناقلة الشفافة بالتدهور بسبب تحللها، وتسمى درجة حرارة الثبات الحراري، أما الاستقرار الكيميائي للأكاسيد الناقلة الشفافة فهو قدرتها على مقاومة البيئة والمواد المسببة للتآكل [19].

✓ تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة:

تستعمل على نطاق واسع لأن العديد من التطبيقات تسعى إلى هذا المزيج بين الشفافية البصرية مع التوصيل الكهربائي [20] نذكر منها :

1 - الشاشات المسطحة.

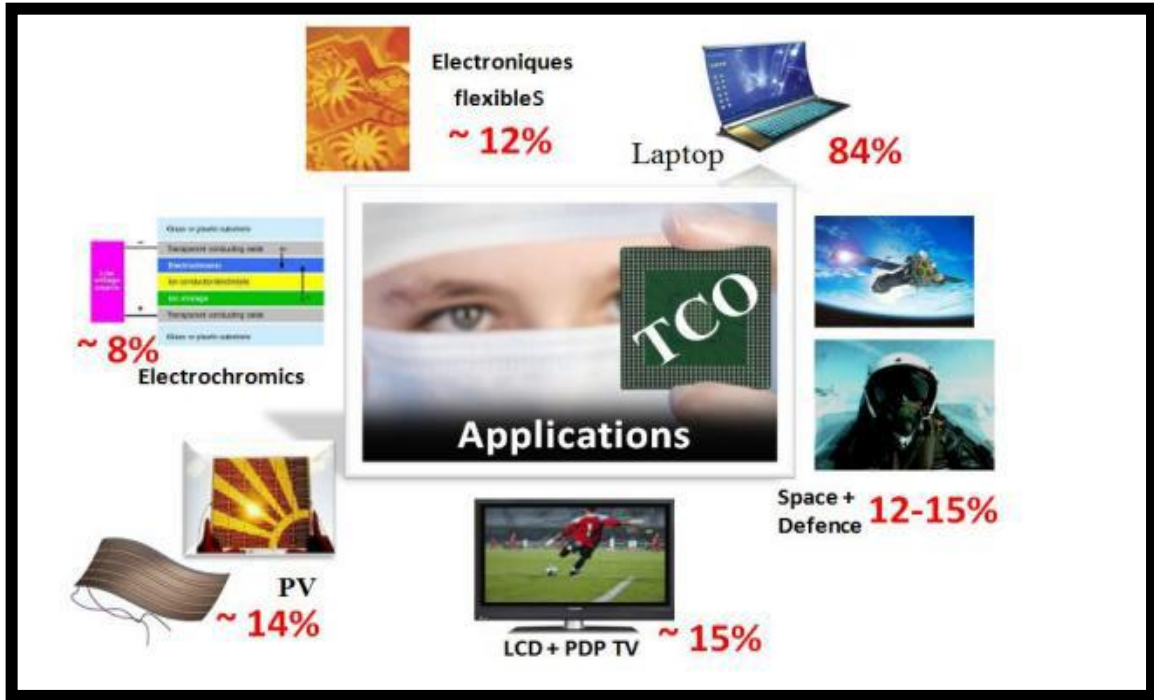
2 - تجويف الليزر.

3 - المرايا و الكهروضوئية الكهربائية.

4 - الحماية الكهرومغناطيسية.

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

- 5 -جهاز استشعارالغاز.
- 6 -النوافذ العاكسة للحرارة (المبانيوالأفران).
- 7 -شاشة التحكم باللمس.
- 8 -ديود عضوي.
- 9 -الخلايا الشمسية كالاتصالالأمماليالذييجبمنخلالها أنيمرالضوءللدخولفيالخلية الشمسية.



الشكل (1-1): تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة [20]

أكسيد النيكل

✓ ماهية أكسيد النيكل (NiO):

أكسيد النيكل مادة شبه موصلة يمكن الحصول عليها على شكل مسحوق بلوري أو أسود، وهو ذو فجوة طاقة عريضة ومباشرة ومهمة جدا بسبب استقرارها الكيميائي الممتاز، بالإضافة إلى ما تمتاز به من خصائص بصرية وكهربائية ومغناطيسية حيث تستخدم كمادة ضديدة الفيرومغناطيسية (هذه الميزة من خصائص البلورات المتناظرة)، مع ارتفاع استقرارته الكيميائية وديناميكيته الحرارية ولديه مقاومة جيدة للأكسدة، وهو من المواد التي يتغير لونها عند تسليط مجال كهربائي عليها [21-22-23].

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

ويوضح الجدول (2-1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأكسيد النيكل [24].

الجدول (2-1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأكسيد النيكل.

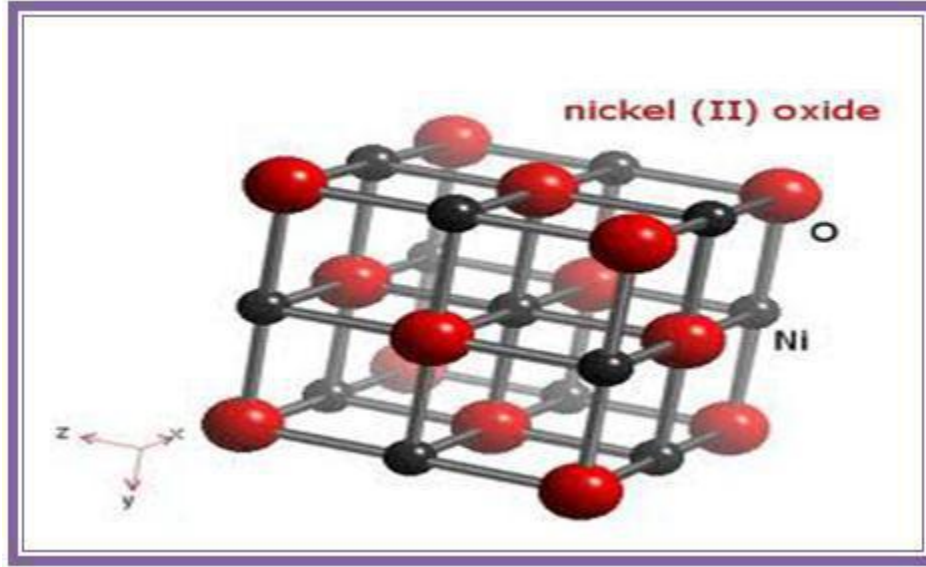
اللون	الشكل	نقطة الغليان (C°)	نقطة الانصهار (C°)	الكثافة (g/cm ³)	الكتلة المولية (g/mol)	البنية البلورية
أخضر أو أسود	صلب	>200012	1960	6.67	74.69	مكعب محوري الوجه

المصدر: F. Saadaty, A.R. Grayeli and H. Savaloni, "Dependence of the optical properties : theoretical 2010)of NiO thin films of film thickness and nano-structure" journal of .
and Applied physics, vol.s.no. 13, P2

✓ خصائص أكسيد النيكل

✓ الخصائص البلورية:

إن أغشية (NiO) ذات تركيب بلوري مكعب متمركز الأوجه، تشبه تركيب كلوريد الصوديوم (NaCl) البلوري [25]، كما هو موضح في الشكل (2-1) [26].



الشكل (1-2): التركيب البلوري لأكسيد النيكل [26].

الخصائص الرئيسية لبلورات هذا الأكسيد تلخص في الجدول (1-3) [23]:

جدول رقم (1-3): الخصائص البلورية لأكسيد النيكل.

4.177= A	ثابت الشبكة (A°)
Fm3m	حيز المجموعة
4	الإحداثيات (Z)
6.67،6.72	الكثافة الحجمية (g/cm^3)

المصدر: Sheng-Huilin, Fu-Rongchen, Ji-Jung Kai, "Electrochromic properties of nano-structured nikle oxide thin film prepared by spray pyrolysis method" Applied surface science, vol.254, 2017-2022, 2008

أما البنية المكعبة لأكسيد النيكل فتتكون من شبكتين فرعيتين متطابقتين A وB حيث أن كل الذرات المتجاورة من الشبكتين تكون متبادلة فيما بينها، الشبكة الفرعية للأنيون ($O-2$) والشبكة الفرعية للكاتيون ($Ni+2$) هما من الهيكل

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

CFC. المستوي (100) هو مستوي مشترك مركب من 50% من النيكل Ni و 50% من الأكسجين O، المستوي (111) يكون متناوب [23].

الوجه (111) هو وجه قطبي غير مستقر أمام الوجه (100) غير القطبي والمستوي [27]. الأيونات Ni²⁺ و O⁻ متبادلة بطول الاتجاه [111]، مغنطة ذات صلة بالمستوي (111)، أكسيد النيكل لديه تباين منخفض في الخواص البلورية المغناطيسية [26].

أنصاف أقطار الأيونات لديه هو:

$$R(O - 2) = 140\text{pm}, R(Ni + 2) = 72\text{pm} \quad [23]$$

✓ الخصائص الكهربائية:

إن أكسيد النيكل يكون غير عازل عند درجة حرارة الغرفة ومادة ضدودة الفيرومغناطيسية مع مقاومة جيدة تتجاوز Ω 106، وكذلك تمتلك فجوة طاقة عريضة تقدر بـ (3.6ev - 4ev)، ويعد أحد المواد الالكترونية المهمة بعد أكسيد التنغستن، ويمتلك غشاء أكسيد النيكل كذلك استقرارية عالية وهو ذو متانة عالية وذو توصيلية من النوع الموجب (p-type) [26].

الجدول (4-1) يوضح بعض الخصائص الكهربائية لأكسيد النيكل [9]:

الجدول (4-1): الخصائص الكهربائية لأكسيد النيكل.

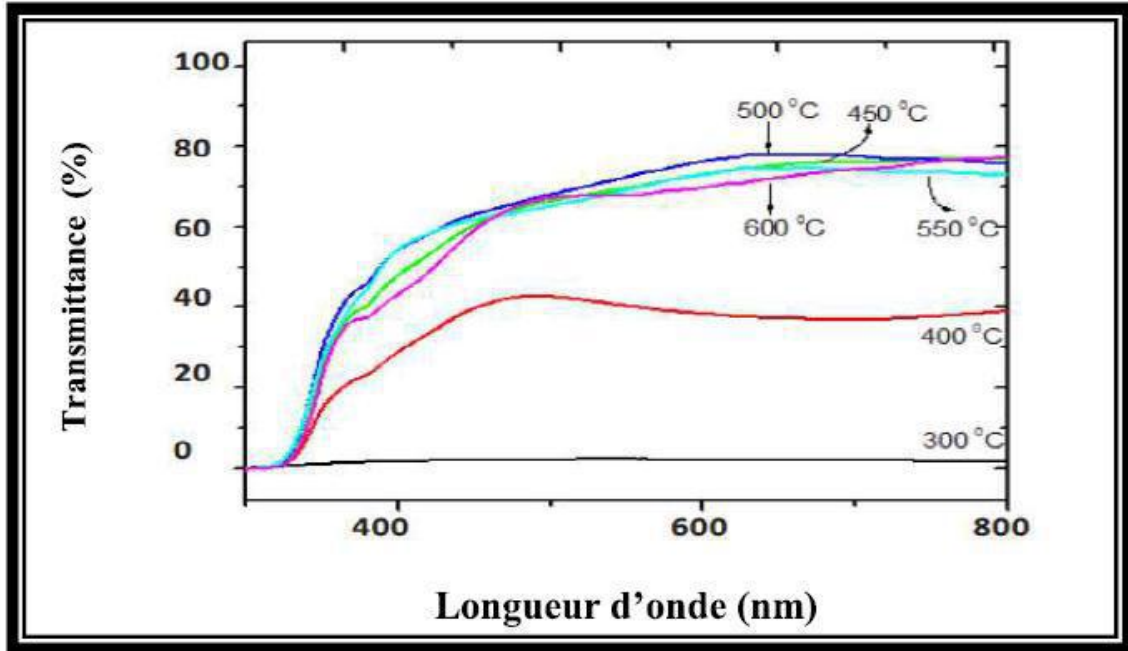
أقل من $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$	الناقلية σ
$1-0.1 \text{ cm}^2/\text{v.s}$	الحركية μ
$10^{19} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	كثافة الإلكترونات N
4-3.6 (ev)	فجوة طاقة الممنوعة E_g
11.9	ثابت العزل الكهربائي ϵ

✓ خصائص الضوئية:

مركب أكسيد النيكل هو نصف ناقل شفاف للأشعة فوق البنفسجية (UV) والمرئية وتحت الحمراء القريبة، في الشكل (3-1) أشاروا إلى أن نفاذية الضوء فوق البنفسجي والمرئي عبر طبقة رقيقة من أكسيد النيكل متعلقة جدا بالحرارة ودرجة

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

التأكسد ووضوحاً أن النفاذية عند 350 درجة مئوية ليست واضحة، إذن من أجل طبقات NiO خلال 2.5 سا ودرجة حرارة 450 درجة مئوية، النفاذية تأخذ قيمة عظمى من 80% إلى 70%، في مجال الأطوال الموجية (500nm – 1000nm) [28].



الشكل (1-3): طيف النفاذية لطبقة رقيقة من NiO عند درجات حرارة مختلفة بالنسبة 2.5 سا

✓ التطبيقات المختلفة لأغشية: (NiO)

تعد هذه الأغشية مهمة كونها دخلت في كثير من التطبيقات الفيزيائية بسبب خصائصها البصرية والكهربائية المتميزة ومنها: [29]

- مفيدة في تكنولوجيا النوافذ الذكية والمتحسسات والأجزاء المهمة التي تستخدم في تصنيع الليزر والمرشحات والطلاءات العاكسة.
- في صناعة الخزف الكهربائية.
- في تلوين النظارات والتزجيج.
- تدخل في صناعة الأقطاب الكهربائية في الأجهزة البصرية والإلكترونية.
- في إنتاج السبائك و صناعة السيراميك.

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

- فيبطارية نيكلا لحديد والمعروفة أيضا ببطارية أديسون وقد تم تقييها لآونة الأخيرة استخدام النيكل لجعل البطاريات قابلة لإعادة الشحن، وكذلك أقطاب كهربائية في خلايا الوقود.
 - يتفاعل مع الأحماض ليكون الأملاح والمركبات الأخرى مثل: (سولفات النيكل) لطلي الأقطاب الكهربائية.
- يشوب الذهب أكسيد النيكل استخدامه في عملية الطلاء الكهربائي كقطب كهربائي شفاف في المتحسسات الكهرو بصرية.



الشكل (1-4): تطبيقات أكسيد النيكل [29].

المراجع:

- [1] ر. صد يقعد الستار الدليمي، دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $Ni(1-x)ZnxO$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، رسالة ماجستير، جامعة ديالى، العراق، 2013.
- [2] ر. عبد الله منيف، ر. عبد الوهاب إسماعيل، ص. جاسم محمد، دراسة الخواص التركيبية والبصرية لغشاء أكسيد الزنك الرقيق نانويالتركيب بطريقة الترسيب الحما مال كيميائي، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد 18، العدد 1، جامعة تكريت، العراق، 2013.

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

- [3] م . عداثكة، دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعمة بالكوبالت (Co)، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، 2019.
- [8] ع . دقة، ط . مصباحي، تحديد بعض خصائص أغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعم بالحديد (Fe)، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، 2017.
- [9] ع . مريم، دراسة تأثير زمن ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل (NiO) على بعض الخصائص الفيزيائية، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2017.
- [13] ع . سعدي، دراسة ثلاثية الأبعاد للمقادير الكهربائية في جهاز الرش المهبطي المغنطرون باستخدام الطريقة الحجمية المنتهية بمذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2012.
- [14] أ . زيد عبد، دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية NiO، رسالة ماجستير، جامعة ديبال، العراق، 2012.
- [28] ع . مريم، دراسة تأثير زمن ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل (NiO) على بعض الخصائص الفيزيائية، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2017.
- [4] A.lkahlout, Electro chromic properties and coloration mechanisms sol-gel NiO-TiO₂ layers and devices built with them, Thèse de doctorate, 2006.
- [5] Hosono. H, Ueda K, Transparent Conductive Oxides. In: Kasap S., Capper P. (eds) Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer Handbooks. Springer Cham (2017).
- [6] Saâd rahmane, Elaboration et caractérisation de couches minces par spray pyrolyse et pulvérisation magnétron, thèse de doctorat, Université de Biskra, Algérie (2008).
- [7] Coutts, Timothy & Perkins, John & Ginley, David & Mason, Conférence: 195th Meeting of the Electrochemical Society, Transparent Conducting Oxides: Status and Opportunities in Basic Research Transparent Conducting Oxides: Status and Opportunities in Basic Research, Seattle Washington May 2-6, (1999).

- [10] **S. Boulmelh**, "Elaboration Et Caractérisation D'un Dépôt De Couches Minces D'oxyde De Zinc Par Spray Pyrolyse", Mémoire De Magister, Université « Frères Mentouri », Constantine(2015).
- [11] **El .H. CHAREF**, "Détermination des Caractéristiques Optiques des Couches Minces du ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique", Centreuniversitaire d'El-Oued,(2012).
- [12] **F. O. Hassani**, Couches minces d'oxydes Spinelles et de Nanocomposites Spinnelle-CuOA Proprietes semi-conductrices destinéesà la réalisation de capteurs de Gazé, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Toulouse, 2009.
- [15] **T .K.Subranyam,B.Srinivasuluand S.Uthanna**, "Physical properties of zinc oxide films prepared by dc reactive magnetron sputtering at different sputtering pressures",Crystal Reserch Technology,vol35,P1193-1202,(2000).
- [16] **N.F.Mott**, "On the transition to metallic conduction in semiconductors",Can.J.Phys; 34,1356 (1956).
- [17] **J-Garnier**, "Elaboration de Couches Minces d'oxydes Transparents et conducteurs par spray CVD Assiste par Radiation Infrarouge pour Applications photovoltaïques",Thèse de DOCTORAT,L'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers,2009.
- [18] **Adedokun O**, Review on Transparent Conductive Oxides Thin Films deposited by Sol-gel spin coating technique, International Journal of Engineering Science and Application, 2(3) (2018) 88-97.
- [19] **Alex, Kevin**, Growth and Optimization of Aluminium doped Zinc Oxide using Spray Pyrolysis technique, Doctoral Thesis, Kalamasserry University India (2016).
- [20] **A. Tabet**, Optimisation des conditions d'élaboration (température de substrat distance bac-substrat) des films minces de ZnO par spray.Mémoire de Magistère, Université Mohamed Khider, Biskra, 2013.

- [21] **Hao-Long chena, Yang-Ming lub, Weng-Sing Hwang**, "Characterization of sputtered NiO thin films", Surface & Coatings Technology, Vol, 198, 138-142(2005).
- [22] **Sheng-Huilin, Fu-Rongchen, Ji-Jung Kai**, "Electrochromic properties of nano-structured nikle oxide thin film prepared by spray pyrolysis method" Applied surface science, vol.254, 2017-2022, 2008.
- [23] **Benzarouk Hayet**, "Synthèse d'une oxide transparent conducteur (OTC) par pulvérisation chimique (ZnO, NiO)", Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, (2008).
- [24] **F.Saadaty, A.R.Grayeliand H.Savaloni**, "Dependence of the optical properties of NiO thin films of film thickness and nano-structure" journal of theoretical and Applied physics, vol.s.no.13, P22(2010).
- [25] **Simon Perusin**, thèse de Doctorat, N°d'ordre:2164, université de Toulouse (2004).
- [26] **P.S.Patiland L.D.Kadan**, "Preparation and characterization of spray nickel oxide (NiO) thinfilms", Applied surface science, vol.199, P.211, (2002).
- [27] **B.A.Reguig, A.Khelil, L.cattin, M.Morsli, J.C.Bernnéde**, "Properties of NiO thin films deposited by intermittent spray pyrolysis process", Applied surface science 253 4330-4334(2007).
- [28] **Andre Venter, Johannes R.Botha**, "Optical and electrical properties of NiO for possibledielectric application", Research Article(2011).
- [29] **P, Dae Hoon**, Optimization of nickel oxide-based electrochromic thin films, Thèse de doctorat, L'Université Bordeaux 1, 2010.

الفصل الثاني:
العمل التجريبي

مقدمة

تقنية "الرش بالانحلال الحراري" (SPT) هي طريقة بسيطة ومناسبة تمامًا لتحضير طبقات الرقيقة. علاوة على ذلك ، تشمل هذه التقنية على معدلات ترسيب عالية وتسمح بطلاء مساحات كبيرة ذات أشكال هندسية غير مستوية [1]، الفصل الثاني مخصص لوصف طريقة تحضير الطبقة الرقيقة لأكسيد النيكل بطريقة الرش بالانحلال الحراري وشرح تقنية توصيف الخاصية الكهربائية.

1. تقنية الرش بالانحلال الحراري :

يقصد بمصطلح "الرش" أو "الرش" هو نفث السائل (عطر، مبيد حشري ، إلخ) متقطر بواسطة قطرات دقيقة . "الانحلال الحراري" يشير إلى تسخين الركيزة. حيث نعلم أن التحلل الحراري هو مصدر لتحرير معدن أو مركب. حرارة الركيزة توفر الطاقة اللازمة تسمى طاقة التنشيط، لتحفيز تفاعل المادة الكيميائية بين المركبات [2] هذه الطريقة لها مزايا عديدة:

- سرعة وسهولة التنفيذ.
 - تسمح بالتحكم في التركيب الكيميائي للمادة التي المراد الحصول عليها.
 - يمكن استخدام العديد من المنتجات في نفس الوقت.
 - الطبقات الرقيقة المحضرة بهذه التقنية ذات نوعية جيدة.
 - إنها تقنية غير مكلفة واقتصادية للغاية. إنها قابل للتصنيع.
 - يمكن استخدام هذه الطريقة لعمل رواسب على الأسطح الكبيرة فيحالة الخلايا الشمسية أو الشاشات المسطحة
- هناك العديد من الخطوات التي تحدث إما بشكل متتابع أو متزامن أثناء تكوين الشريحة الرقيقة ويمكن تقسيمها إلى ثلاث خطوات رئيسية [3]:

❖ ترذيد محلول الترسيب:

هي عملية جعل المحلول على شكل رذاذ وهي الخطوة الأولى في تقنية الرش بالانحلال الحراري ،الفكرة هي توليد قطرات صغيرة جدا من محلول الرش و ارسالها بسرعة ابتدائية نحو سطح الركيزة، يمكن أن يستخدم الرش بالانحلال الحراري عادة تقنيات

مختلفة لتزويد المحلول مثل: الهواء المضغوط حيث يتعرض السائل لتيار من الهواء، الموجات فوق الصوتية حيث تنتج الترددات فوق الصوتية أطوال موجات قصيرة تؤدي لتزويد المحلول أو الكهرباء الساكنة حيث يتعرض السائل لمجال كهربائي عالي فمن المهم معرفة نوع المرذاذ الأنسب لأي تطبيق و معرفة كيف يتأثر أداء المرذاذ بتغيرات خصائص السائل وظروف التشغيل، وباختلاف نوع المرذاذ يختلف حجم القطرات الناتجة و بالتالي السرعة الأولية للقطرات

❖ بعض خصائص كل مرذاذ :

- مرذاذ الموجات فوق الصوتية يستخدم كمية طاقةً صغيرة نسبياً ويمكنها إنتاج قطرات ذات نصف قطر يصل إلى $2\mu\text{m}$ لكن بمردود منخفض أقل من $2\text{cm}^3/\text{min}$
- مرذاذ الهواء المضغوط يستخدم سرعة عالية من الهواء لتوليد رذاذ من المحلول، تؤدي زيادة ضغط الهواء إلى انخفاض مباشر في متوسط قطر القطرة المتولدة وبشكل عكسي تؤدي زيادة ضغط السائل إلى زيادة مباشرة في متوسط قطر القطر [3].

❖ نقل الرذاذ الناتج:

من المهم أن يتم نقل أكبر عدد ممكن من القطرات إلى المسند دون أن تتحول إلى مسحوق أو جزيئات ملح، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق إذابة المادة الأولية في مذيب وتحويلها إلى قطرات دقيقة بحجم مناسب وحمل هذه القطرات إلى المسند الساخن بغاز ناقل، هناك عوامل عدة تؤثر على نقل القطرات وهي

القوة الحرارية: تدفع القوة الحرارية القطرات بعيداً عن السطح الساخن فالحمل الحراري في حالة وجود المرذاذ أعلى

المسند يعمل على إبعاد القطرات عن سطح المسند الساخن، وأيضاً لأن جزيئات الغاز من الجانب الأكثر سخونة من

القطرة ترتد بطاقة حركية أعلى من تلك الموجودة في الجانب الأكثر برودة، يمكن القول إن القوى الحرارية تعمل على

السطح على إبقاء معظم القطرات بعيداً وتأثيرها يكون أكبر إذا كان البعد بين المسند والمرذاذ كبيراً، بدون أن ننسى تغير

حجم القطرات بسبب تأثير درجة الحرارة.

قوة الجاذبية: هي القوة التي تسحب القطرة للأسفل بفعل الثقل، والثقل يعتمد على كتلة القطرة وبالتالي لديه علاقة مع

حجم القطرة وكثافتها.

القوة الكهربائية: لها تأثير فقط على الطرق التي تعتمد على مصدر كهربائي لتزويد المحلول أو للتحكم في المسار، فزيادة التردد يؤدي إلى أحجام قطرات أصغر، أما التزويد بالهواء المضغوط فلا يتأثر بالقوى الكهربائية، وتأثير القوة الكهربائية على القطرات أكبر بكثير من قوة الجاذبية مع معامل لزوجة هذا المائع.

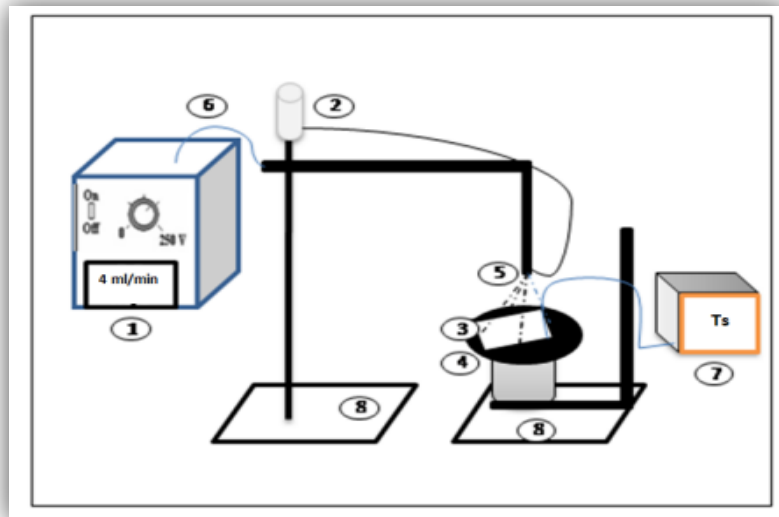
قوة ستوكس: هي قوة مقاومة المائع لحركة القطرات، وتتناسب طرديا مع معامل لزوجة هذا المائع وقطر القطرة وسرعتها الحدية، بالتالي تخضع القطرات ذات الحجم الكبير أو السرعة العالية إلى قوة أكبر [3].

❖ تحليل المحلول على المسند وترسب الشرائح:

التفاعل الكيميائي الذي يعتبر الأساس لتقنية الرش بالانحلال الحراري هو التحلل الحراري للمادة الأولية، وللتأكد من أن الانحلال الحراري لن يحدث إلا في أقرب مكان ممكن مباشرة أمام سطح المسند، يجب الحفاظ على درجة حرارة المادة الأولية أقل من درجة حرارة التحلل، وتكون الحالة مثالية عندما يتبخر المذيب مع اقتراب القطرة من المسند بشدة، وفي جميع الحالات سواء مثالية أو غير مثالية تحدث نفس التغيرات للمحلول والفرق هو مكان حدوث هذه التغيرات وهي: تبخر المذيب المتبقي، انتشار القطرة، تحلل الملح.

✓ تم الإعداد التجريبي لطريقة SPT مكون من أجهزة بسيطة لاجراء عملية الترسيب معظمها مصنوعة محليا يمكن من خلالها تحضير أغشية رقيقة على قواعد مختلفة كما هو موضح في الشكل (1):

(1) مزود الطاقة ؛ (2) محلول الرش. (3) الركيزة الزجاجية، (4) فرن، (5) مسدس كهربائي، (6) التبديل بين 1 و 2، (7) منظم درجة الحرارة، (8) حامل



الشكل (2-1): رسم تخطيطي لتقنية الرش بالانحلال الحراري [4].

بعض هذه الأجهزة:

❖ **جهاز الرش:**

هو جهاز به ثلاث فتحات مرفق من الفتحة الأولى من أعلاه بأنبوب رقيق في نهايته خزان يستوعب تقريبا 30ml توضع فيه المحاليل المراد رشها، ومرفق من الفتحة الثانية في مستوى أفقي بأنبوب يمر من خلاله هواء مضغوط قادم من ضاغط الهواء ليخرج كل من المحلول والهواء المضغوط من أسفل جهاز الرش، وعند خروج المحلول يدفع بالهواء المضغوط من فتحات جانب الفتحة الرئيسية، يمكننا في هذا الجهاز التحكم في تدفق المحلول

❖ **حامل جهاز الرش:**

ارتفاع جهاز الرش، عن سطح السخان الكهربائي الموضوع تحته والتحكم في وضع جهاز الرش، والتحكم في وضع جهاز الرش، بحيث تكون نهايته السفلى التي يخرج منها المحلول بوضع عمودي مع الركيزة المراد الترسيب عليها الموجودة على السخان الكهربائي.

❖ **السخان الكهربائي :**

يتم استخدام المسخن الكهربائي (المصنوع محليا) لغرض التحكم بدرجة حرارة الركيزة الزجاجية المراد ترسيب الغشاء عليها، ورفع درجة حرارتها إلى درجة الحرارة المطلوبة للتفاعل إذ أن التغيير فيها يسبب تغيير في طبيعة التركيب البلوري للمادة وبالتالي التغيير في صفاتها الفيزيائية، وتم ربط المسخن الكهربائي بجهاز متعدد القياسات الرقمي

❖ **جهاز متعدد القياسات الرقمي:**

لمعرفة درجة حرارة الركيزة الزجاجية الموضوع على السخان الكهربائي، تم استعمال متعدد القياسات الرقمي موصول به مجس حراري حساس، موضوع على سطح السخان و به عداد رقمي يؤشر لمقدار درجة الحرارة بالمقياس المتوي، إن جهاز متعدد القياسات الرقمي الذي استعمل في هذا العمل له مدى درجة حرارته يصل حتى $^{\circ}\text{C}$ (1000) .

❖ ضاغط الهواء:

يتم استخدام ضاغط الهواء لدفع الهواء المضغوط داخل جهاز الرش، حيث يحتوي على منظم يتم من خلاله التحكم بضغط الهواء الخارج منه بإتجاه جهاز الرش وذلك لضمان نزول المحلول على الركيزة في شكل رذاذ دقيق جد [5].

2. عوامل المؤثرة في تحديد الاغشية المحضرة بطريقة الرش بالانحلال الحراري:

✓ درجة حرارة القاعدة:

إن ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة القاعدة يؤثر بشكل كبير على طبيعة المادة الناتجة بعد التفاعل وبالتالي فإن هذا العامل يؤثر بشكل واضح على تجانس الأغشية المرسبة

✓ **المسافة:** وهي المسافة بين جهاز الرش وحامل الركيزة، حيث أن زيادة المسافة يؤدي إلى تطاير رذاذ المحلول أما حالة تقليل المسافة يؤدي إلى تجمع رذاذ المحلول.

✓ **معدل الرش:** يمكن التحكم في معدل الرش من خلال الفتحة الموجودة في جهاز الرش إذ أن زيادة معدل الرش بشكل كبير يعمل على تشوه الغشاء كما أن تقليل معدل الرش يمكننا من الحصول على غشاء متجانس ولكن بصعوبة.

✓ **زمن الترسيب:** إن عملية رش المحلول على الركائز الزجاجية لا تتم دفعة واحدة وذلك تجنباً لبرودتها بل نتركها لمدة دقيقة واحدة حتى تستعيد الركيزة درجة حرارتها الأصلية، وذلك لتجنب كسرها ومن ثم نضمن حصول إنماء بلوري للمادة المرسبة.

✓ **ضغط الهواء:** إن الضغط المناسب يجعل المحلول يخرج بشكل رذاذ حتى لا يتسبب في برودة

القواعد الزجاجية وبالتالي عدم الحصول على الغشاء المطلوب.

3. العمل التجريبي

➤ تحضير الركائز الزجاجية:

تحضير الركائز قبل الإيداع ضروري للحصول على نتائج جيدة، هذه خطوة حاسمة في صناعة الطبقات ذات جودة عالية، يؤثر سطح الركيزة بشدة على خصائص الطبقات الرقيقة المترسبة خاصة التجانس والالتصاق. يتم تنظيف الركائز الزجاجية جيدا ثم وضعها في محلول الايثانول لمدة خمس (5min) تكرر العملية مع محلول الاسيتون ثم تجفف جيدا، يتم تطبيق هذا البروتوكول على جميع العينات



الشكل (2-2): الركائز الزجاجية

➤ ترسيب الطبقة الرقيقة لأكسيد النيكل:

تم ترسيب أغشية الرقيقة لNiO بنجاح على ركائز زجاجية ذات أبعاد (3cm/4cm) عن طريق تقنية الانحلال الحراري بالرش، باتباع الخطوات التالية :

○ تحضير المحلول بالرش

تمت اذابت كتلة من نترات النيكل السداسي $(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ كمصدر لنيكل في ماء مقطر (H_2O) بالاستعانة بدرجة الحرارة والرج لمدة ساعة (1h) للحصول على محلول اخضر شفاف



الشكل (2-3): تحضير محلول NiO

○ ترسيب الاغشية

يأتي إجراء الترسيب مباشرة بعد تحضير الركائز والمحلول ويتم تقديمها على عدة مراحل:

يتم وضع حامل الركيزة فوق المقاوم الذي يتم توصيل مصدر الطاقة الخاص به. تسخن الركيزة الزجاجية على صفيحة ساخنة تدريجياً من درجة حرارة الغرفة حتى درجة الحرارة المختارة. تكون المسافة بين الفوهة والركيزة ($d=25\text{cm}$). عند إجراء التسخين، يتم ضبط معدل تدفق المحلول 10 ml/min . يتم رش قطرات دقيقة جداً على الركيزة الساخنة بمعدل ضغط مقدر ($P=0.5\text{par}$)

عن طريق الرش بالانحلال الحراري، يتنشط التفاعل الكيميائي بين المركبات، المذيب يتبخر بسبب التفاعل الماص للحرارة للمركبين اللذين يشكلان الطبقة الرقيقة. في نهاية عملية الترسيب، يتم إيقاف التسخين ويسمح للركائز بالتبريد فوق حامل الركيزة إلى درجة حرارة الغرفة، وذلك لتجنب صدمات الحرارة التي يمكن أن تكسر الزجاج، ثم نجمع عيناتنا [6].

تم تلخيص شروط التجربة في الجدول التالي:

القيمة	شروط التجربة
1 ml/min	معدل تدفق المحلول
C=0.2M	تركيز المحلول الرش
V=10ml	حجم المحلول
(5 ± 300)°C	درجة حرارة الركيزة
25cm	المسافة بين الفوهة والركيزة
10min	زمن الترسيب

الجدول (1-2): الشروط التجريبية المستعملة

4. تقنية التوصيف الكهربائي:

سوف ندرس الخصائص الكهربائية لهذه الطبقة الرقيقة باستخدام طريقة المسابر الأربع، حيث يتكون المسبار من أربعة جهات اتصال محاذية ومتباعدة بانتظام كما يوضح الشكل (4) يوفر المصدر تيارًا يتدفق عبر المحطات الخارجية. يتم قياس الجهد U عبر النصفين الداخليين. استخدام أربع جهات اتصال بدلاً من اثنين، كما هو الحال أثناء قياس المقاومة الكلاسيكي، يسمح بالتغلب على مقاومة نصائح وقياس مقاومة العينة فقط. عندما تكون المسافة بين الأطراف أكبر بكثير من سمك الطبقة الرقيقة، أي الأبعاد الجانبية يمكن اعتباره لانهائي [7].

الشكل (4): رسم تخطيطي لطريقة المسابر الأربع

ميل المادة هو مقاومة تدفق تيار كهربائي خلالها ويسمى تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تسمى المقاومة. يتم

حسابها انطلاقاً من قانون الأوم:

$$(1) \quad R = \frac{\pi}{\ln 2} \times \frac{U}{I}$$

حيث:

✓ R هي مقاومة المادة

✓ U هو فرق الجهد

✓ I هو التيار التدفق من خلال المواد.

تسمى المقاومة لكل وحدة طول المقطع العرضي المقاومة النوعية. يتم رمز إليها بواسطة ρ ويتم تعريفه رياضياً بالعلاقة

التالية:

$$(2) \quad \rho = e \times R$$

✓ e هو السمك

تم تحديد الموصلية الكهربائية لـ NiO بواسطة طريقة المسابر الأربع يعتمد على مقاومة الألواح المقاسة للأغشية كما يتم التعبير عنها بالصيغة التالية [8]:

$$(3) \quad \sigma = 1/\rho$$

✓ σ الموصلية الكهربائية

مراجع الفصل الثاني

[1] Sofiane BENHAMIDA. *Caractérisation Des Couches Minces D'oxyde De Nickel (NiO) Elaboré Par Spray Pyrolyse*. Thèse de Doctorat, Université-BISKRA (2018).

[2] Adem. *Elaboration par pulvérisation pyrolytique et caractérisation de couches minces semi-conductrices et transparentes d'oxyde de zinc : perfectionnement du système de dépôt*. Thèse demagistère, Université d'Oum El-Bouaghi, (2007).

[3] زوبيري بلال. *دراسة خصائص الشرائح الرقيقة لأكسيد الزنك المحضرة بطريقة الرش بالهواء المضغوط انطلاقاً من مصادر مختلفة للزنك*. جامعة بسكرة (2021).

[4] A. Gahtar, S. Benramache, C. Zaouche, A. Boukacham, A. Sayah, *Effect of temperature on the properties of nickel sulfide films performed by spray pyrolysis technique*, *Advances in Materials Science* 20(3), 36 (2020).

[5] تامة دلال، تحضير و دراسة الخصائص الفيزيائية لأغشية كبريتيد النيكل (NiS) المرسبة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، مذكرة ماستر. جامعة الشهيد بالوادي (2019).

- [6] **Said BENRAMACHE**, *Elaboration et caractérisation des couches minces de ZnO dopées cobalt et indium*. Thèse de Doctorat, Université- BISKRA (2012).
- [7] **TABET Abdelaziz**, *Optimisation des conditions d'élaboration (température de substrat et distance bec-substrat) des films minces de ZnO par spray*. Mémoire Magistère Université- BISKRA (2013).
- [8] **A. Gahtar, S. Benramache, A. Ammari, A. Boukacham**, *Study Of The Structural, Optical, Electrical And Morphological Properties Of Nickel Sulfide Thin Films Used In Supercapacitors*, *Annals Of West University Of Timisoara Physics*, (2021).

**الفصل الثالث:
النتائج التجريبية**

يعتبر أكسيد النيكل من أهم مواد أشباه الموصلات في مجال البيئة بسبب اكتشاف الغازات السامة [1] يحتوي أكسيد النيكل على العديد من التطبيقات المختلفة مثل أجهزة الاستشعار ، وأقطاب خلايا الوقود ، والحفز ، والأجهزة الكهروحرارية ، والخلايا الشمسية الصبغية (DSSCs) والمواد الكهربية للشاشات [2-8] علاوة على ذلك ، في البحث لإيجاد مادة مناسبة ذات خصائص محسنة لتطبيقات استشعار الغاز ، يتم التركيز على طبيعة أشباه الموصلات في الشفافية البصرية والتوصيل الكهربائي لإيجاد شكل التفاعل المطبق . ومع ذلك ، فقد كانت العديد من الدراسات حساسة لتجد أن NiO تتمتع بشفافية بصرية عالية وموصلية كهربائية جيدة في ظروف تجريبية مختلفة .تحتوي أغشية NiO الرقيقة على فجوة نطاق مباشرة تتراوح من 3.5 إلى 4.3 فولت [9-12].

درس الخصائص الكهربائية والبصرية للأغشية الرقيقة NiO المشفرة من النوع p Li-Cu ؛ تم ترسيبه باستخدام طريقة ترسيب المحلول الكيميائي . لقد حصلوا على زيادة النفاذية والتوصيل للأغشية الرقيقة $Li_x Cu_{0.1}Ni_{0.9} - x O$ مع زيادة محتوى Li (x). تم تقليل مقاومة الأفلام المترسبة إلى 0.046 سم للغشاء الرقيق $Li_{0.1}Cu_{0.1}Ni_{0.8}O$. قريشي وآخرون [13]. [التحقيق في استخدام مركبات النانو NiO المشفرة بـ Li و Ti كمستشعر غاز لدرجة حرارة الغرفة (RT) وجدوا من خلال تحقيق TEM أن حجم الجسيمات تتراوح من 5 إلى 40 نانومتر ، وتم الحصول على أقصى حساسية لأبخرة التولوين في RT. درس هذا العمل تخليق أغشية NiO الرقيقة المشفرة بـ Co و F باستخدام طريقة الترسيب بالهواء المضغوط بالرش عند 420 درجة مئوية . تمت دراسة الخواص الكهربائية والبصرية كدالة لتركيزات Co و F ، كما تم فحص الخواص الكهربائية عند درجات حرارة مختلفة في حدود 30-180 درجة مئوية.

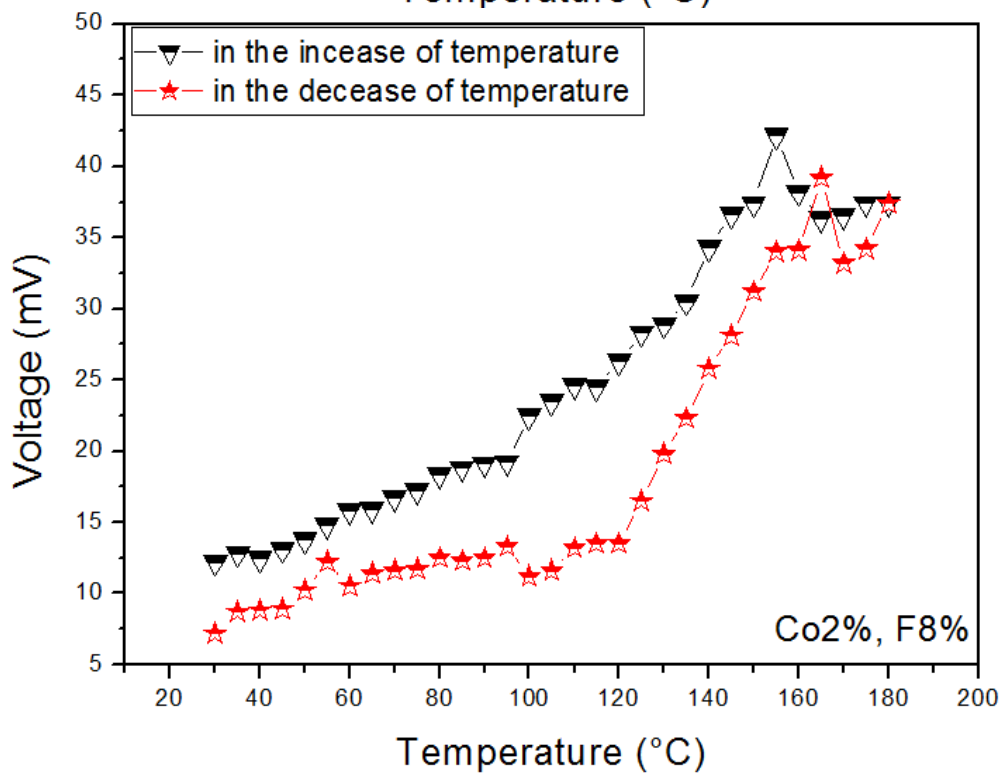
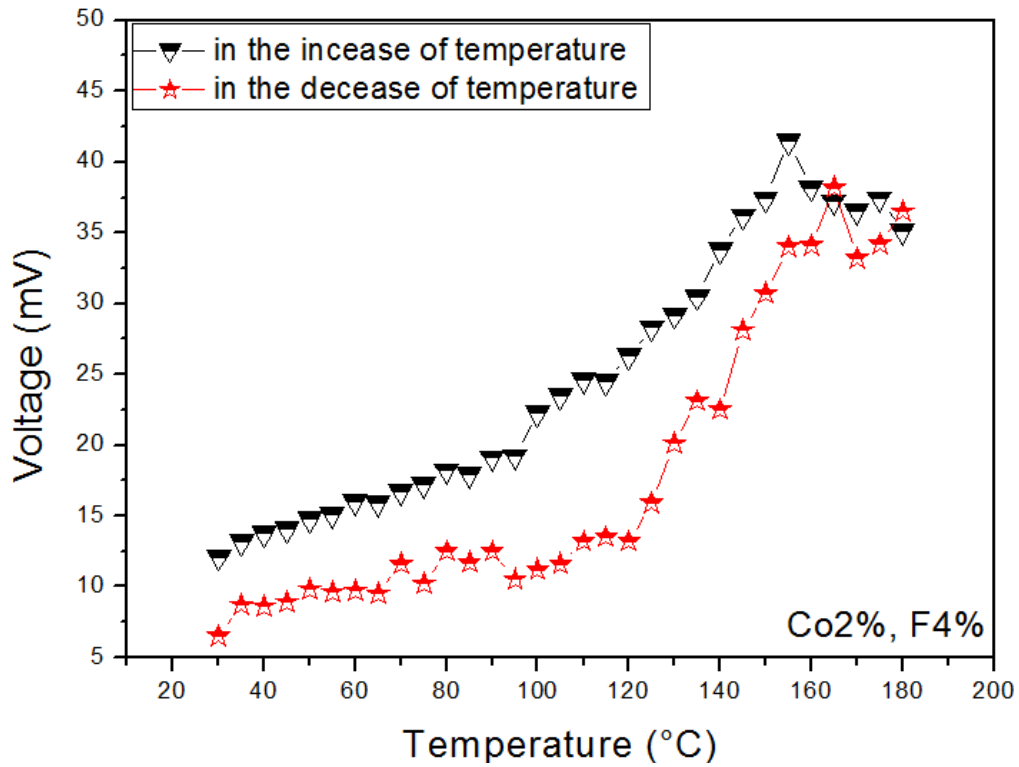
1. العمل التجريبي

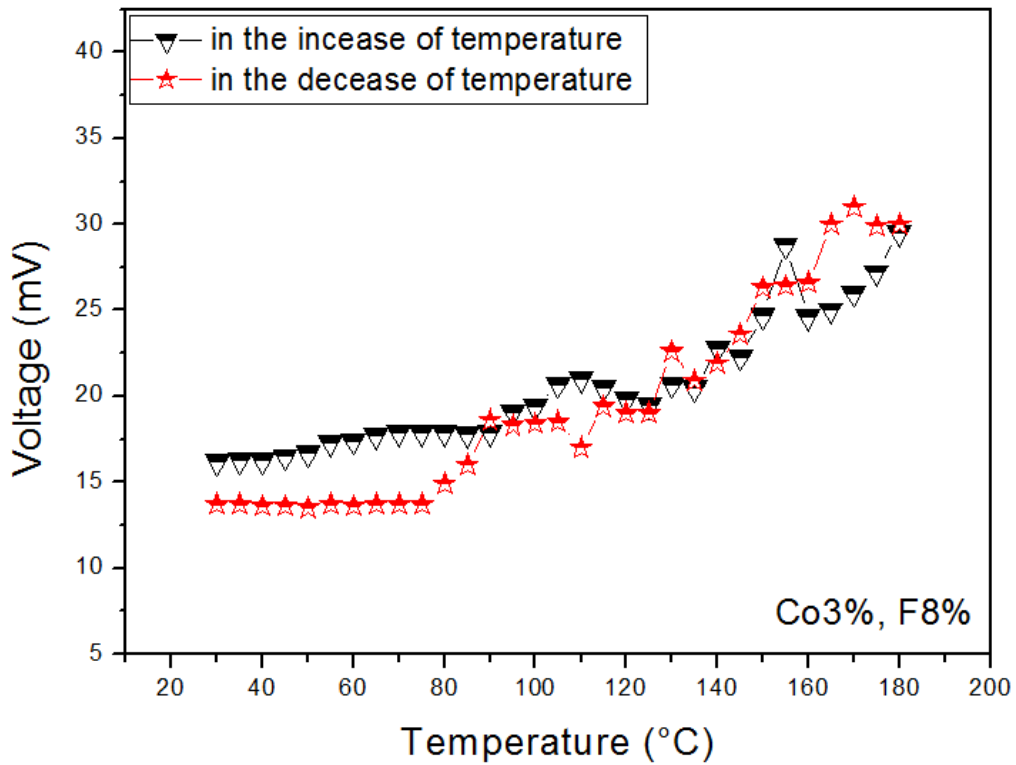
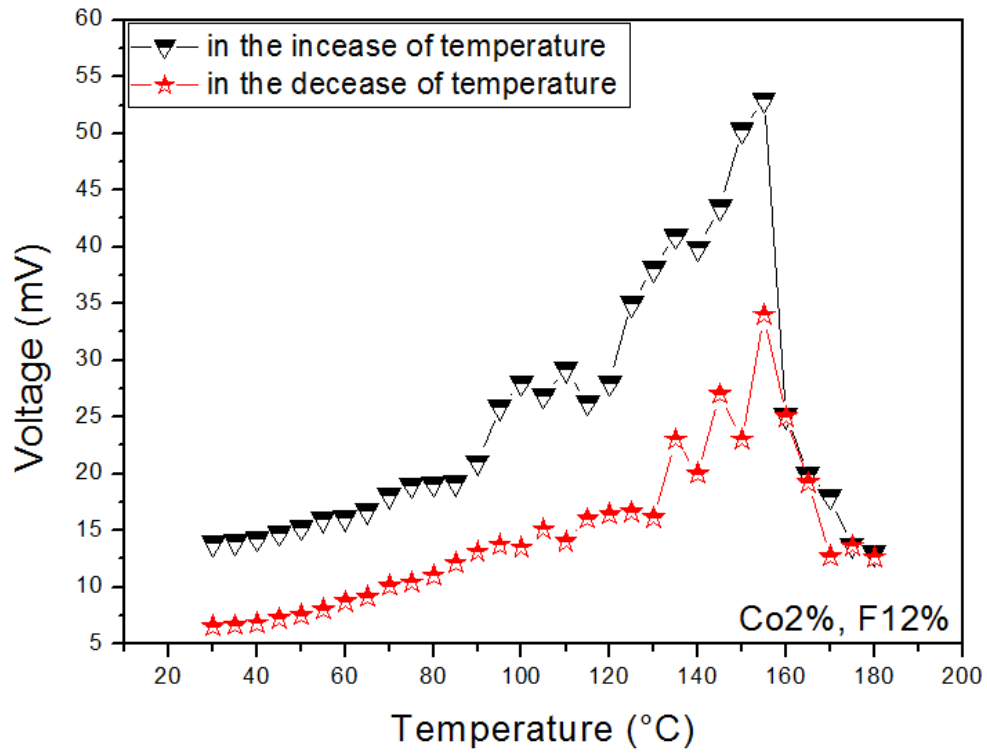
تم تحضير محاليل NiO المشفرة Co و F بإذابة ثلاثة منتجات من 0.1-0.1 mol.l من هيكساهيدرات كلوريد النيكل $(NiCl_2 \cdot 6H_2O)$ ، ونفايات كلوريد الكوبالت $(CoCl_2 \cdot 2H_2O)$ ، بنسبة $Co / Ni = 0.02$ و 0.03 و فلوريد الأمونيوم (NH_4F) بنسبة $F / Ni = 0.04$ و 0.08 و 0.12 . تمت إذابة المخاليط في مذيب يحتوي على أحجام

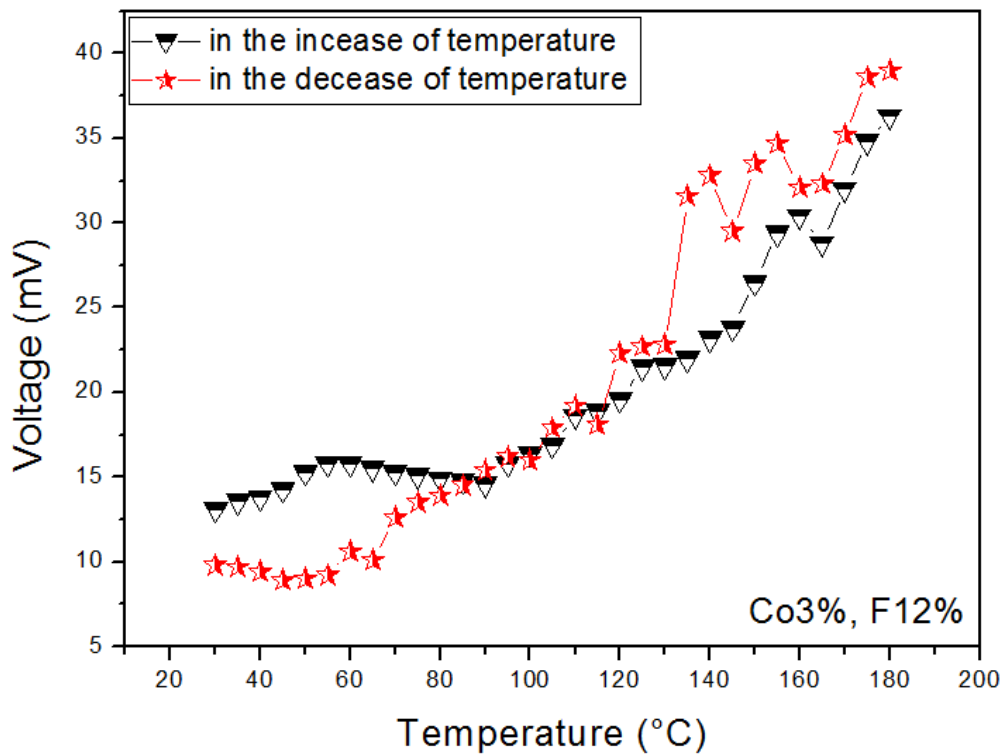
متساوية من محلول الإيثانول المطلق (99.995٪) نقيًا ، ثم تمت إضافة بعض قطرات من محلول HCl كمستقر ، وتم تقليب محلول الخليط عند 50 درجة مئوية لمدة 120 دقيقة للحصول على محلول شفاف وشفاف . حل . تم رش محاليل NiO المشفرة بـ Co و F على ركائز زجاجية مسخنة بطريقة الترسيب بالهواء المضغوط بالرش ، والتي تقوم بتحويل السائل إلى تيار متكون من قطرات منتظمة ودقيقة يبلغ متوسط أقطارها 25 ميكرومتر . تم إجراء الترسيب عند درجة حرارة الركيزة 420 درجة مئوية بمعدل ترسيب 2 مل / دقيقة . تم قياس الإرسال البصري للأغشية المودعة في نطاق 300-700 نانومتر باستخدام مقياس الطيف المرئي فوق البنفسجي (LAMBDA 25) وتم قياس المقاومة الكهربائية R بأربع طرق . 2 .

2. الخواص الكهربائية

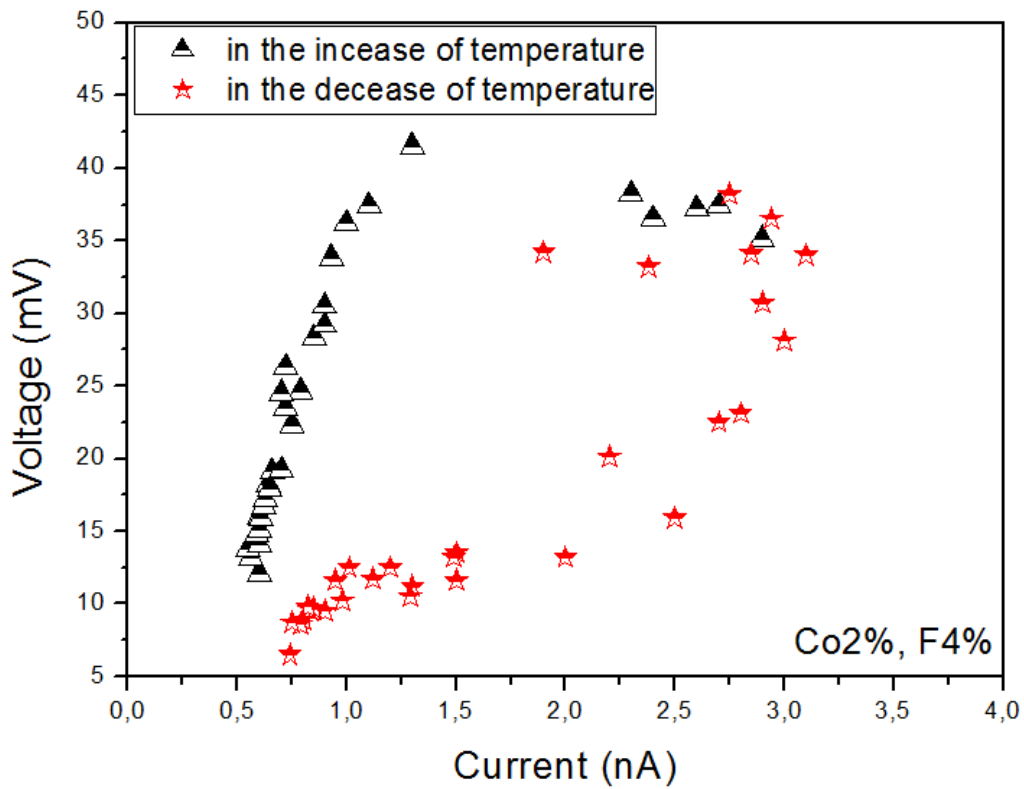
الخواص الكهربائية والأغشية الرقيقة بتطعيم الثنائي NiO F تم فحص الخواص الكهربائية لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F بطريقة من أربع نقاط عند درجات حرارة مختلفة (30 إلى 180 درجة مئوية) . (تم إجراء القياسات لخطوتين ، الأولى تعتمد على حساب الجهد والتيار للأغشية الرقيقة مع زيادة درجة الحرارة ، من 30 إلى 180 درجة مئوية . والثاني يعتمد على تحديد الجهد والتيار مع خفض درجة الحرارة (180 إلى 30 درجة مئوية) . (يوضح الشكل 1 تباين الجهد لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F كدالة لدرجة الحرارة . كما نرى ، تزداد قيمة الجهد مع زيادة درجة الحرارة ، وهذا يشير إلى زيادة حركة الإلكترون بسهولة مما يؤدي إلى تفاعله مع السرعات الفائقة . كما يتضح ، فإن قيمة الجهد لأغشية NiO الرقيقة المشفرة Co و F مع زيادة درجة الحرارة (30 إلى 180 درجة مئوية) أعلى من انخفاض درجة الحرارة (180 إلى 30 درجة مئوية) بسبب الانخفاض في عدد تحريك الإلكترونات . ومع ذلك ، فإن درجة الحرارة المثلى عند الجهد العالي هي حوالي 160 درجة مئوية لجميع الأفلام المترسبة . علاوة على ذلك ، تم قياس أفضل قيمة للجهد للفيلم المحضر بنسبة 2٪ Co و 12٪ F . كما هو موضح في الشكل 2 ، فإن التغير في قيمة الجهد كدالة للتيار المحسوب لجميع الأغشية الرقيقة المودعة كان مرتبطًا بخصائص I-V . من الواضح أن الفيلم الذي يحتوي على 2٪ Co و 12٪ F قد حسّن جودة طبقات الامتصاص بالإضافة إلى تحسين جهد الدائرة المفتوحة بقيمة قصوى تبلغ 53 mV عند 155 درجة مئوية . تم تحديد المقاومة الكهربائية بالعلاقة رقم 1:

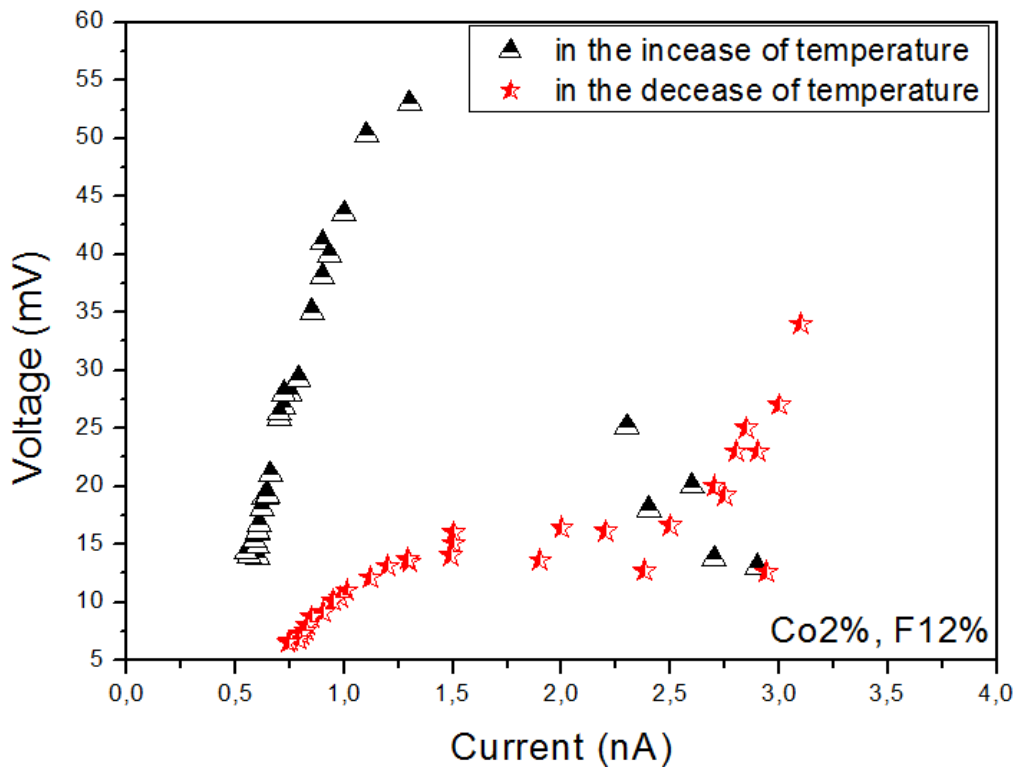
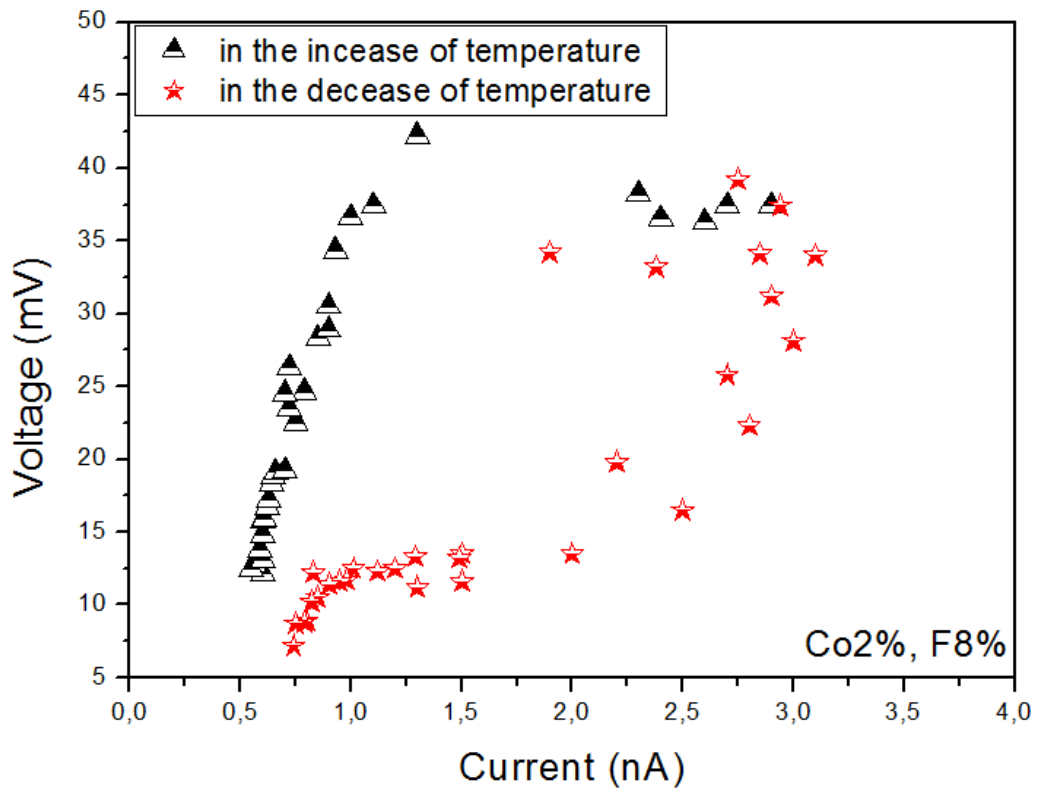


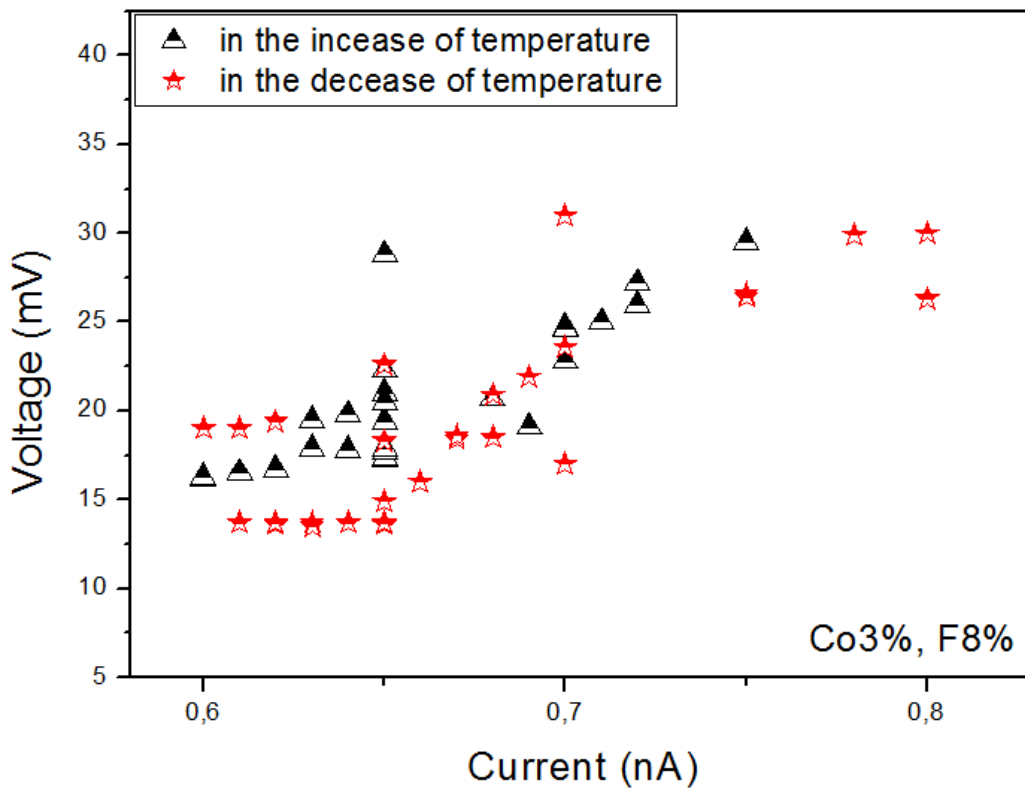
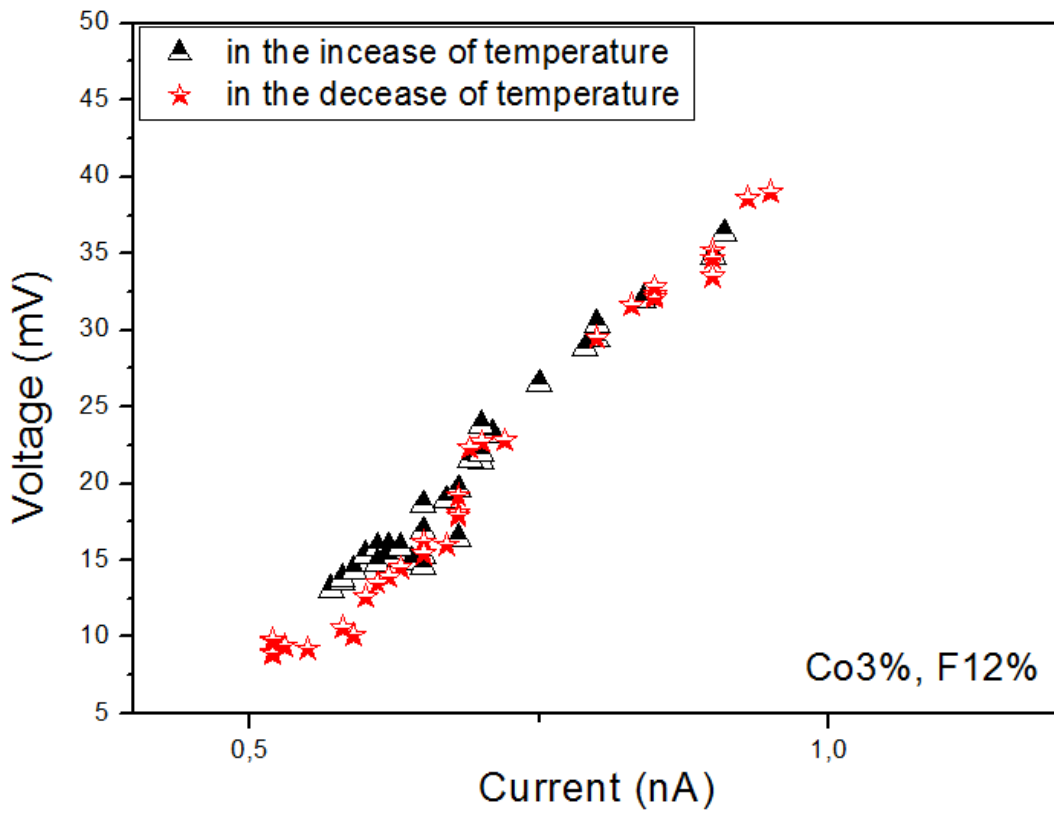




الشكل (1-3): تغيرات الجهد بدلالة درجة الحرارة



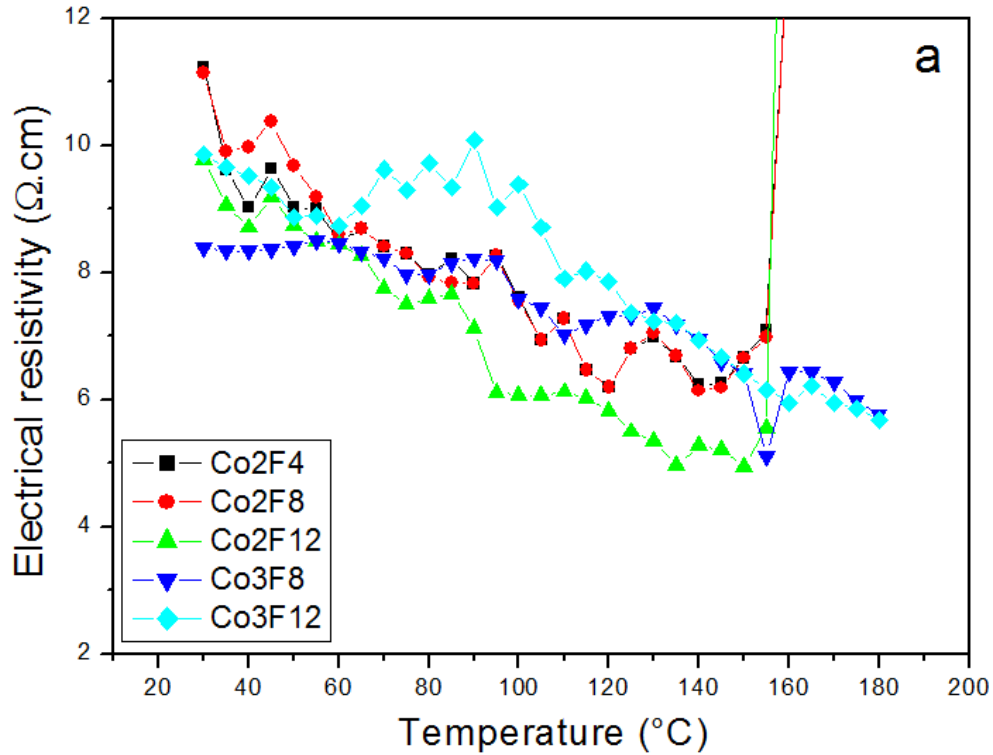


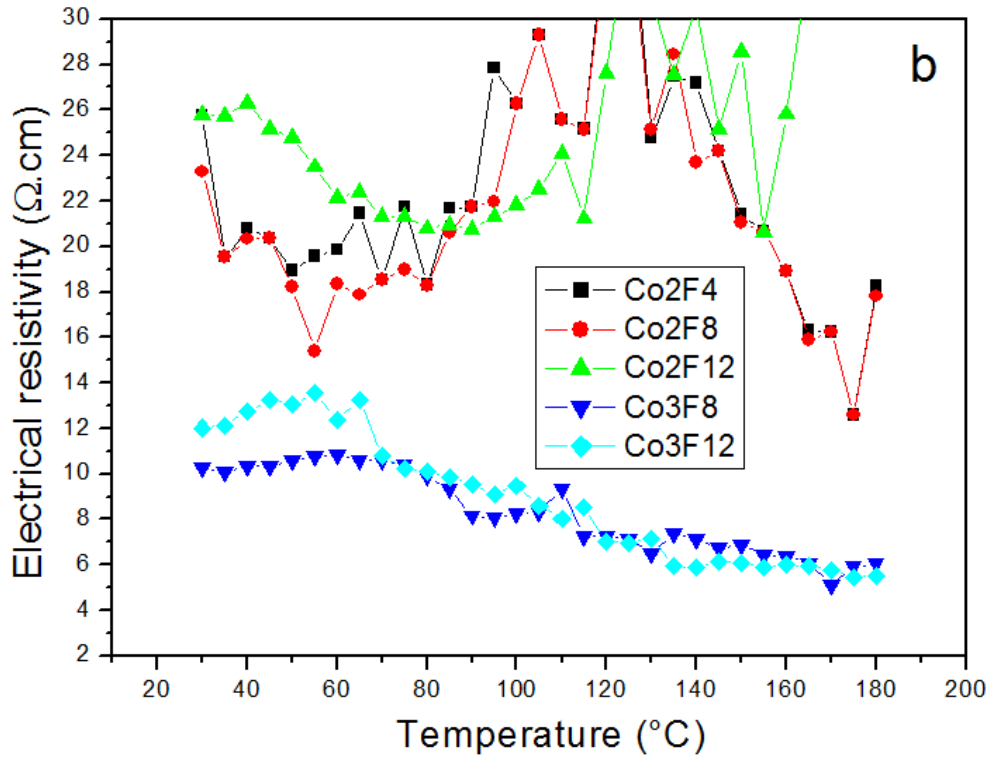


الشكل (2-3): تغيرات الجهد بدلالة شدة التيار

$$R_{sh} = \frac{\pi}{\ln(2)} \cdot \frac{V}{I} \quad (1)$$

حيث I هو التيار المقاس و V هو الجهد المقاس. يوضح الشكل 3 تباين المقاومة الكهربائية لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الشائبي Co و F كدالة لدرجة الحرارة وتركيزات Co و F. يمكن ملاحظة أن المقاومة الكهربائية تقل عندما تزداد درجة الحرارة، كما توجد أعلى قيم لزيادة درجة الحرارة (انظر الشكل 3 أ). (يحتوي الفيلم المحضر بنسبة 2% Co و 12% F على أفضل مقاومة كهربائية لزيادة درجة الحرارة (انظر الشكل 3 أ). (ومع ذلك، بالنسبة لانخفاض درجة الحرارة، يظهر أن الأفلام المحضرة بنسبة 3% Co لها أقل قيمة (انظر الشكل 3 ب). (علاوة على ذلك، يمكن تفسير انخفاض المقاومة الكهربائية مع زيادة محتوى Co من 2% إلى 3% من خلال شغور الأكسجين.

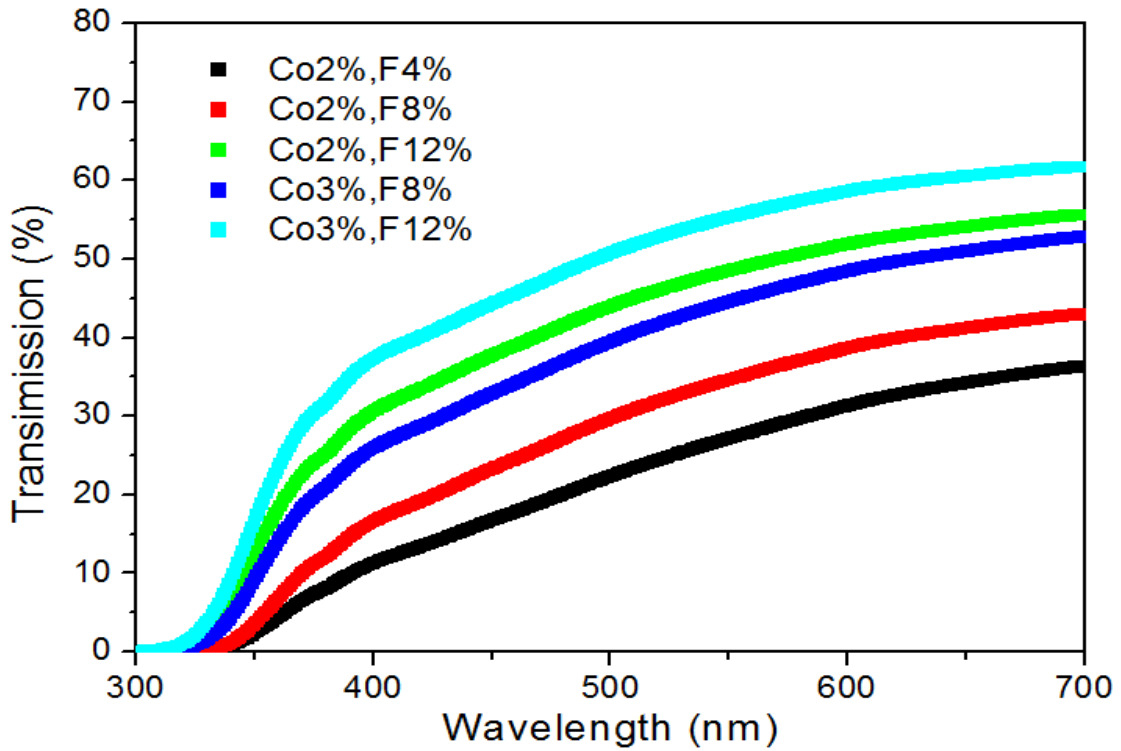




الشكل (3-3): تباين التوصيل الكهربائي لأغشية NiO الرقيقة المشفرة بـ Co و F كدالة ل (a): زيادة درجة الحرارة (b): انخفاض درجة الحرارة

3. الخواص الضوئية:

الخصائص البصرية لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائيد Co و F يتم عرض أطراف الإرسال البصري لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F بتركيزات مختلفة من Co و F في الشكل 4. ويتم قياسها كدالة لطول الموجة في نطاق 300-700 نانومتر. تُظهر أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائيد Co و F أفضل انتقال بصري بين 30 و 65 % في المنطقة المرئية. ومع ذلك، فإن الفيلم الرقيق NiO المشفر Co و F المحضر مع 3 % Co و 12 % F يتمتع بشفافية عالية بسبب التأسيس بين Ni و Co في موقع الاستبدال. تم إخضاع الشفافية العالية للفيلم المودع، الناتجة أيضًا عن المنشطات ذات المحتوى العالي من F، كبحث جديد.



الشكل (3-4): أطيايف الإرسال لأغشية NiO الرقيقة المشفرة بـ Co و F كدالة لتركيزات Co و F.

تم اشتقاق فجوة النطاق البصري (على سبيل المثال) لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F بافتراض السماح بالتحويلات المباشرة بين حافة الامتصاص لفرقة التكافؤ ونطاق التوصيل . يتم تحديده بواسطة أطيايف الإرسال وفقاً للمعادلات التالية [14 ، 15]:

$$A = \alpha d = -\ln T \quad (2)$$

$$(Ah\nu)^2 = B(h\nu - E_g) \quad (3)$$

أين هو الامتصاص ، سماكة الفيلم ؛ هي أطيايف انتقال الأغشية الرقيقة ؛ هي قيم معامل الامتصاص ؛ هو ثابت ، هو طاقة الفوتون وطاقة فجوة النطاق لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F. تم الحصول على فجوة النطاق البصري عن طريق استقراء الجزء الخطي من المؤامرة مقابل () إلى 0 . تم حساب طاقة Urbach () لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F أيضاً بواسطة أطيايف الإرسال وفقاً للمعادلة التالية [16-18]:

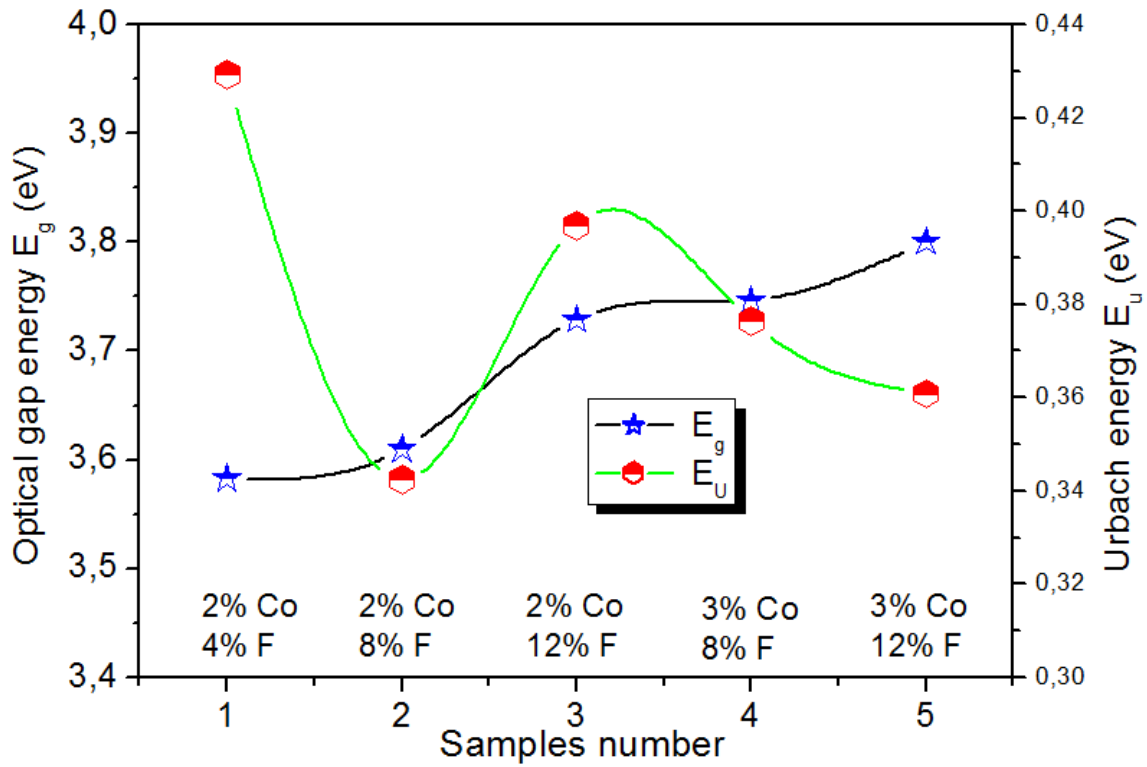
$$A = A_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_u}\right) \quad (4)$$

أين هو ثابت وطاقة Urbach ، يتم تحديده من خلال منحنيات كدالة لطاقة الفوتون.

يظهر في الشكل (3-5) الاختلافات في طاقة الفجوة الضوئية وطاقة Urbach لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F بتركيزات مختلفة من Co و F إلى 12٪ ومن 8 إلى 12٪. سلوك المنشطات F عند استبداله بـ O ، بدلاً من Ni ، من المحتمل أن يمنع الاضطراب في نطاق التوصيل أكثر من dopants المعدنية ، التي تحل محل Ni. يمكن تفسير هذه الظاهرة بانخفاض تأثير الجسم المتعدد في نطاق التوصيل للأغشية الرقيقة NiO: F: Co ، على الرغم من أن إضافة أنيون F يرفع مستوى Fermi من NiO: F: Co أغشية رقيقة في نطاق التوصيل نتيجة ملء الحالات غير المشغولة في نطاقات التوصيل لأكثر العينات المشفرة بشدة [19] Co 2٪ و F 12٪ أو Co 3٪ و F 12٪ (انظر الجدول 1). ومع ذلك ، بالنسبة لـ F ثابت ، تمت زيادة طاقة فجوة النطاق مع زيادة تركيز Co للعينات المشفرة Co 2٪ و F 8٪ إلى Co 3٪ و F 8٪ أو F 2٪ Co و F 12٪ إلى Co 3٪ و F 12٪. ويمكن تفسير هذه الظاهرة من خلال التحولات النشطة التي تتضمن مستويات ثلاثية الأبعاد في أيونات Co + 2 وتفاعل تبادل قوي sp-d بين مدارات sp NiO المتجولة و d المترجمة من dopant مما يؤدي إلى تضيق نطاق التوصيل EC ونطاق التكافؤ EV و يتسبب في حركة EC لأعلى و EV إلى أسفل ومن ثم يؤدي تعاطي المنشطات إلى توسيع فجوة النطاق [15]. الحد الأدنى من طاقات Urbach للأغشية المودعة هي 0.342 و 0.361 eV بنسبة Co 2٪ و F 8٪ و Co 3٪ و F 12٪ على التوالي. انخفاض طاقة Urbach مع زيادة تركيزات Co و F بسبب الزيادة في طاقة فجوة النطاق البصري للعينات بتطعيم الثنائي، مما يؤدي إلى تضيق نطاق التوصيل EC ونطاق التكافؤ EV ويسبب حركة EC لأعلى و EV لأسفل.

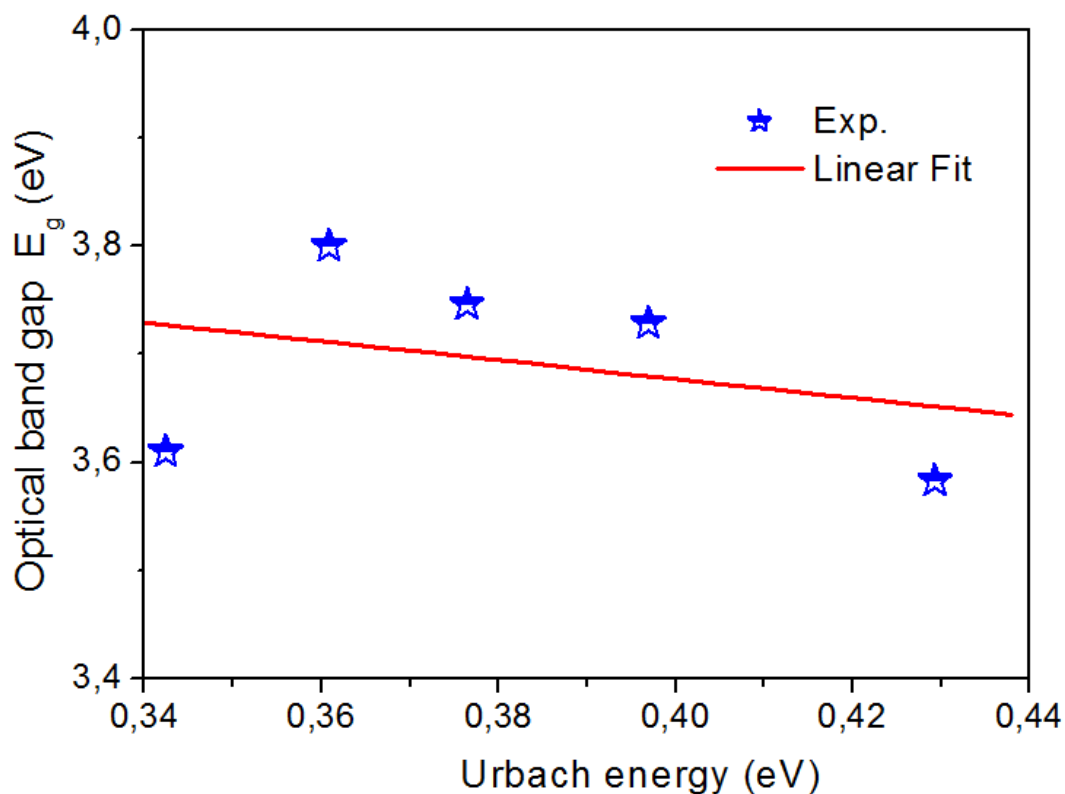
الجدول (3-1): تباين طاقة فجوة النطاق البصري E_g وطاقة Urbach E_u of Co و F الأفلام الرقيقة المشفرة NiO

Co content	F content	E_g eV	ΔE_g eV	E_u eV	ΔE_u eV
%	%	± 0.005	± 0.005	± 0.008	± 0.008
2	4	3,58	-	0,429	-
2	8	3,61	0.03	0,342	0.087
2	12	3,73	0.12	0,397	0.055
3	8	3,75	0.14	0,376	0.034
3	12	3,80	0.05	0,361	0.015



الشكل 5 تباين طاقة الفجوة الضوئية وطاقة Urbach لأغشية NiO الرقيقة المطعمة بـ Co و F كدالة لتركيزات

F و Co



الشكل (3-6): الارتباط بين فجوة النطاق البصري وطاقة Urbach لأغشية NiO الرقيقة المطعمة بـ Co و

F.

تعتبر نتائج التباين في فجوة النطاق البصري معلمة مهمة للمواد المتقدمة كتطبيقات محتملة لاستشعار غازات الضوء المرئي تتضمن بنى نانوية لأكسيد المعادن. أبلغ الشكل (3-6) عن اختلاف فجوة الطاقة الضوئية التجريبية والتركيب الخطي كدالة لطاقة Urbach. اتساع فجوة النطاق البصري لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F بسبب التضيق في نطاق التوصيل EC ونطاق التكافؤ EV، ويسبب حركة EC لأعلى و EV لأسفل.

4. نتائج

في هذه الدراسة، تم ترسيب أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F، حيث $Co / Ni = 0.02$ و 0.03 ، $F / Ni = 0.04$ ، 0.08 و 0.12 ، بنجاح على ركيزة زجاجية بطريقة الرش بالهواء المضغوط باستخدام هيكسايدرات كلوريد النيكل، كلوريد الكوبالت وفلورين الهيدروجين. تم دراسة تأثير منشطات Co و F على الخواص الكهربائية والبصرية

للأغشية الرقيقة NiO. تم فحص الخواص الكهربائية لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F في درجات حرارة مختلفة ، والتي استندت إلى حساب الجهد والتيار للأغشية الرقيقة مع الزيادة ، من 30 إلى 180 درجة مئوية ومع الاختزال ، من 180 إلى 30 درجة مئوية . وجدنا أن درجة الحرارة تتأثر بالخصائص الكهربائية . تم الحصول على القيم المثلى للجهد مع زيادة درجة الحرارة . تم تحديد الحد الأدنى من المقاومة الكهربائية لأفلام NiO التي تحتوي على المنشطات المشتركة ل Co و F عند 2٪ Co و 12٪ . تُظهر أطياف الإرسال أن أغشية NiO الرقيقة المشفرة ب Co و F لها أفضل شفافية بصرية في المنطقة المرئية . تمت زيادة طاقة فجوة النطاق مع زيادة محتويات Co و F في جميع العينات المودعة . تم الوصول إلى الحد الأدنى من طاقة Urbach عند 2 ٪ Co و 8 ٪ F ، وهو 0.342 eV.

المراجع:

- [1] V. Verma, M. Katiyar, Thin Solid Films 527 (2013) 369.
- [2] S.C. Chen, T.Y. Kuo, Y.C. Lin, H.C. Lin, Thin Solid Films 519 (2011) 4944.
- [3] R. Sharma, A.D. Acharya, S.B. Shrivastava, M.M. Patidar, M. Gangrade, T. Shripathi, V. Ganesan, Optik 127 (2016) 4661.
- [4] S. Benramache and M. Aouassa, J. Chem. Mater. Res. 5 (2016) 119.
- [5] S. Dendouga, S. Benramache, S. Lakel, J. Chem. Mater. Res. 5 (2016) 78.
- [6] D. Dini, Y. Halpin, J.G. Vos, E.A. Gibson, Coord. Chem. Rev. 304–305 (2015) 179.
- [7] G.F. Cai, C.D. Gu, J. Zhang, P.C. Liu, X.L. Wang, Y.H. You, J.P. Tu, Electroch. Acta 87 (2013) 341.
- [8] A.C. Nwanya, S.U. Offiah, I.C. Amaechi, S. Agbo, S.C. Ezugwu, B.T. Sone, R.U. Osuji, M. Maaza, F.I. Ezema, Electroch. Acta 171 (2015) 128.
- [9] R. Romero, F. Martin, J.R. Ramos–Barrado, D. Leinen, Thin Solid Films 518 (2010) 4499.
- [10] T. Chtouki, L. Soumahoro, B. Kulyk, H. Bougharraf, B. Kabouchi, H. Erguig, B. Sahraoui, Optik 128 (2017) 8.

- [11] **W. Yan, W. Weng, G. Zhang, Z. Sun, Q. Liu, Z. Pan, Y. Guo, P. Xu, S. Wei, Y. Zhang, S. Yan, Appl. Phys. Lett. 92 (2008) 052508.**
- [12] **X. Chen, L. Zhao, Q. Niu, J. Electro. Mater. 41 (2012) 382.**
- [13] **A. Qureshi, A. Mergen, A. Altindal, Sens. Actu. B135 (2009) 537.**
- [14] **Y. Aoun, M. Marrakchi, S. Benramache, B. Benhaoua, S. Lakel, A. Cheraf, Mater. Res.21(2) (2018) e20170681.**
- [15] **S. Benramache, B. Benhaoua, Superlatt. Microstruct. 52 (2012) 807.**
- [16] **S. Benramache, B. Benhaoua, Superlatt. Microstruct. 52 (2012) 1062.**
- [17] **R. Sharma, A.D. Acharya, S.B. Shrivastava, T. Shripathi, V. Ganesan, Optik 125 (2014) 6751.**
- [18] **K. Sajilal, A. Moses Ezhil Raj, Optik 127 (2016) 1442.**
- [19] **Y.J. Choi, K.M. Kang, H.H. Park, Sol. Ener. Mater. Solar Cell. 132 (2015) 403–409**

خاتمة عامة

خاتمة عامة

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو التحقق من مادة جديدة تعتمد على أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F ، والتي تم استخدامها كأكاسيد موصلة شفافة من النوع p. لم يتم استخدام أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F سابقاً في أي بحث . استخدام F and Co هو العثور على أفضل خاصية كهربائية وشفافة . ومع ذلك ، هناك ثلاثة مركبات تم فحصها على ترميز أغشية NiO الرقيقة ، وهي Fe-Li و Li-Cu و Li-Ti لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائيتمت دراستها . يان وآخرون [11] . [التحقيق في الخواص التركيبية والمغناطيسية المترسبة Ni0.98Fe0.02O و Ni0.93Fe0.02Li0.05O تمت زراعة الأغشية الرقيقة ذات المغناطيسية الحديدية بدرجة حرارة الغرفة عن طريق الترسيب بالليزر النبضي . وجدوا أن ترميز Li إلى Ni0.98Fe0.02O يزيد بشكل كبير من العزم المغناطيسي للتشبع . ناقشوا أن المنشطات البديلة لأيونات Li في NiO تؤدي إلى تمجيز قوي بين حالات Fe 3d وشريط متقبل سبين الانقسام على مستوى فيرمي . تشين وآخرون [12].

في هذه الدراسة ، تم ترسيب أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F ، حيث $Co / Ni = 0.02$ و 0.03 ، $F / Ni = 0.04$ ، 0.08 و 0.12 ، بنجاح على ركيزة زجاجية بطريقة الرش بالهواء المضغوط باستخدام هيكسايدرات كلوريد النيكل ، كلوريد الكوبالت وفلورين الهيدروجين . تم دراسة تأثير منشطات Co و F على الخواص الكهربائية والبصرية للأغشية الرقيقة NiO. تم فحص الخواص الكهربائية لأغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F في درجات حرارة مختلفة ، والتي استندت إلى حساب الجهد والتيار للأغشية الرقيقة مع الزيادة ، من 30 إلى 180 درجة مئوية ومع الاختزال ، من 180 إلى 30 درجة مئوية . وجدنا أن درجة الحرارة تتأثر بالخصائص الكهربائية . تم الحصول على القيم المثلى للجهد مع زيادة درجة الحرارة . تم تحديد الحد الأدنى من المقاومة الكهربائية لأفلام NiO التي تحتوي على المنشطات المشتركة ل Co و F عند 2٪ Co و 12٪ F. تُظهر أطياف الإرسال أن أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي Co و F لها أفضل شفافية بصرية في المنطقة المرئية . تمت زيادة طاقة فجوة النطاق مع زيادة محتويات Co و F في جميع العينات المودعة . تم الوصول إلى الحد الأدنى من طاقة Urbach عند 2 ٪ Co و 8 ٪ F ، وهو 0.342 eV

المخلص

المهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير تطعيم الثنائي Co و F على الخصائص الضوئية والكهربائية لأغشية NiO الرقيقة. قمنانبتسبب هذه الاغشية بطريقة الرش بالهواء المضغوط باستخدام هيكساهايدرات كلوريد النيكل ، كلوريد الكوبالت وفلورين الهيدروجين كان ذلك بنسب: $Co / Ni = 0.02-0.03$ و $-0.12F / Ni = 0.04$ ، تم فحص الخواص الكهربائية لأغشية NiO المطعمة ، في درجات حرارة مختلفة ، والتي استندت إلى حساب الجهد والتيار للأغشية الرقيقة مع الزيادة ، من 30 إلى 180 درجة مئوية ومع الاختزال ، من 180 إلى 30 درجة مئوية. وجدنا أن درجة الحرارة تتأثر بالخصائص الكهربائية، وقد لاحظنا ان القيم المثلى للجهد تكون مع زيادة درجة الحرارة. تم تحديد الحد الأدنى من المقاومة الكهربائية لأفلام NiO التي تحتوي على المنشطات المشتركة ل Co و F عند 2% Co و 12% F. تُظهر أطياف الإرسال أن أغشية NiO الرقيقة بتطعيم الثنائي. Co و F لها أفضل شفافية بصرية في المنطقة المرئية. تمت زيادة طاقة فجوة النطاق مع زيادة محتويات Co و F في جميع العينات المودعة. تم الوصول إلى الحد الأدنى من طاقة Urbach عند 2% Co و 8% F وهو 0.342eV .

Abstract

The aim of this work is to study the effect of Co and F doping on the optical and electrical properties of NiO thin films. We deposited these films by pneumatic spraying using nickel chloride hexahydrate, cobalt chloride and hydrogen fluorine, with ratios: $Co / Ni = 0.02-0.03$ and $-0.12 F / Ni = 0.04$. The electrical properties of NiO thin films were investigated, at different temperatures, which were based on the calculation of voltage and current for thin films with increasing, from 30 to 180 °C and with reducing, from 180 to 30 °C. We found that the temperature is affected by the electrical properties, and we have noticed that the optimal values for the voltage are with increasing temperature. The minimum electrical resistivity of the NiO films containing the co-doping of Co and F was determined at 2% Co and 12% F. The transmission spectra show that the NiO thin films doped with Co and F have the best optical transparency in the visible region. The band gap energy increased with increasing Co and F contents in all deposited samples. The Urbach energy minimum was reached at 2% Co and 8% F and is 0.342 eV.