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

الأكاسيد الناقلة الشفافة

بحث تقدمت به الطالبتان

آية كاظم حميد آيات علي خلف

الى مجلس كلية العلوم/ قسم الفيزياء

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

بإشراف

الدكتور صبيح جاسم گاطع

٢٠٢٥م ١٤٤٦هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ

دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

صدق الله العلي العظيم

الإهداء

الحمد لله حباً وشكراً وامتنان على البدء والختام

(وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

لم تكن الرحلة قصيرة وال الطريق محفوفاً بالتسهيلات ، لكنني فعلتها، فالحمد لله الذي يسر البدايات وبلغن النهايات بفضله وكرمه

اهدي هذا النجاح لنفسي أولاً، ثم الى كل من سعى معي إتمام هذه المسيرة، دمتم لي سنداً ....

الى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لن ينطفئ نوره والذي بذل جهد السنين من اجل ان اعتلي سلالم النجاح الى من احمل اسمه بكل فخر والى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم لطالما عاهدته بهذا النجاح ها انا اتممت وعدي واهديته اليك " والدي العزيز"

الى من علمتني الخالق قبل الحروف إلى الجسر الصاعد بي الى الجنة الى اليد الخفية التي أزالت عن طريقي الأشواك، ومن تحملت كل لحظة ألم مررت بها وساندتني عند ضعفي وهزلي والدتي العزيزة"

وإلى من هم دائما الكتف والسند الذي ال يميل إلى أحبائي.... إخوتي وأخواتي.

وكذلك إلى زملائي ورفاق الدرب، الذين كانوا شركاء في المسيرة، كان لوجودكم أثر لن يُمحى، وكانت كلماتكم دافعاً يمضي بي نحو الأمام، فشكًرا لكم جميعًا، وأسأل الله أن يكتب لكم التوفيق والنجاح في كل درب تسلكونه

واخيراً من قال أنا لها "نالها" وأنا لها إن أبت رغما عنها أتيت بها، ما كنت أفعل لولا توفيق من الله ها هو اليوم العظيم هنا، اليوم الذي أجريت سنوات الدراسة الشاقة حالمة فيها حتى توالت بمنه وكرمه الفرحة التمام، الحمد الله الذي به خيراً وامالً واغرقنا سروراً وفرحاً ينسيني مشقتي.

شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقني وأعانني على إتمام هذا البحث، وأحمده سبحانه وتعالى على فضله وكرمه الذي مكنني من الوصول إلى هذه المرحلة.

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى أساتذتي الأفاضل الذين لم يبخلوا عليّ بعلمهم وتوجيهاتهم القيّمة، فكانوا سندًا لي طوال مسيرتي الأكاديمية وأسهموا في إثراء معرفتي وصقل مهاراتي.

كما أتوجه بخالص الامتنان إلى أستاذي الفاضل الدكتور صبيح جاسم گاطع على هذا البحث، الذي كان لدعمه وتوجيهاته الدور الأكبر في إخراج هذا العمل بأفضل صورة ممكنة

كما أشكر زملائي وزميلاتي الذين كانوا عونًا لي خلال هذه الرحلة، نتبادل المعرفة والتجارب، فكانوا نعم الرفقة في هذا المشوار العلمي.

وأخص بالشكر عائلتي الكريمة التي لم تبخل عليّ بدعمها وتشجيعها المستمر، فكانوا الدافع الأكبر لي للمثابرة والاجتهاد.

أسأل الله أن يجعل هذا العمل نافعا، وأن يكون خطوة في طريق النجاح والعطاء.

الملخص:

تضمن هذا العمل دراسة نظرية وتجريبية للخصائص البصرية للأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل النقي (NiO) و المطعم تطعيما مزدوجا بالنحاس (Cu) و الكوبالت (Co) بنسبة 6% نسبا متكاملة حيث تم ترسيب الأغشية المحضرة على ركائز زجاجية نظيفة تحت درجة حرارة (500C) بواسطة تقنية الرش بالانحلال الكيميائي الحراري. حيث أظهر جهاز التحليل الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية (VIS-UV) أن عينة أكسيد النيكل النقية لها نفاذية تقارب (77%) ، و بعد التطعيم تزداد لتصل إلى (98%) بينما قيم فجوة الطاقة للغشاء النقي كانت في حدود (3.69ev) لكنها قلت بعد التطعيم إذ تراوحت بين (3.61-3.42ev) لقد بلغت طاقة أورباخ للغشاء النقي (0.3860ev) و بعد التطعيم زادت لتبلغ (0.8190ev) وجدنا كذلك أن قيم المعاملات الإنكسار و الخمود و الإمتصاص والتوصيلية البصرية تتأثر جليا باختلاف نسبة التطعيم تبعا للمجال الطاقي خاصة بجوار حافة الامتصاص.

List of Content

الإهداء III
شكر وتقدير IV
الملخص: V
List of Content VI
1-1المقدمة ١
2-1 أهم مميزات الأكاسيد الناقلة الشفافة: ٣
3-1 الخصائص الكهربائية والضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO) ٣
1-3-1الخصائص الكهربائية ٣
1-3-2 الخصائص الضوئية ٣
4-1 الأكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة الذاتية والمطعمة: ٤
1-4-1الحالة الذاتية: ٤
1-4-2 الحالة المطعمة ٤
5-1 الأنتقالات الالكترونية في اشباه النواقل ٥
1-5-1. الانتقالات الإلكترونية المباشرة Direct Electronic Transitions ٥
1-5-2. الإنتقالات الإلكترونية غير المباشرة Indirect Electronic Transitions ٦
6-1أبرز تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة: ٦
7-1أكسيد النيكل (NiO) ٧
الفصل الثاني : تحضير العينات ٨
1-2 ترسيب الأغشية بتقنية الرش بالانحلال الحراري ٨
2-2تحضير الأغشية الرقيقة ٨
2-2-1الشروط التجريبية لتحضير أغشية ذات نوعية جيدة ٨
2-2-2 تهيئة القواعد الزجاجية: ٩
2-2-3 تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية Nio: ٩
2-2-4تحضير المحلول للعينات المطعمة ٩
2-2-4-1التجربة الأولى: ١٠
2-2-4-2التجربة الثانية: ١٠
2-2-4-3التجربة الثالثة: ١٠
2-2-4-4التجربة الرابعة: ١١
2-2-4-5التجربة الخامسة: ١١
2-2-4-6التجربة السادسة : ١١
2-2-5ترسيب الأغشية الرقيقة: ١٢
الفصل الثالث : النتائج والمناقشة ١٣
1-3الخصائص الضوئية للأغشية المحضرة: ١٣
3-1-1 النفاذية: ١٣
3-1-3 تحديد سمك الأغشية: ١٥
3-1-4الإنعكاسية: ١٥
3-1-5معامل الامتصاصية: ١٦
3-1-6فجوة الطاقة: ١٧
3-1-7طاقة أورباخ: ١٨
3-1-8معامل الخمود: ١٩
3-1-9معامل الانكسار: ٢٠
3-1-10التوصيلية البصرية: ٢١
3-2الخاتمة ٢٢
المصادر: ٢٣
Abstract: ١

قائمة الأشكال

الرقم	الوصف	الصفحة
الشكل ٣-١	اطياف النفاذية لأغشية اكسيد النيكل النقي والمطعم بالنحاس والكوبالت معا.	14
الشكل ٣-٢	اطياف الأمتصاصية لأغشية أكسيد النيكل النقي والمطعم	15
الشكل ٣-٣	تغيرات الانعكاسية بدلالة الطول الموجي للأغشية المحضرة.	16
الشكل ٣-٤	منحنى تغيرات معامل الامتصاص بدلالة (hv) لأغشية أكسيد النيكل النقية والمشوبة بالنحاس والكوبالت معًا.	17
الشكل ٣-٥	منحني تغيرات $(Ahv)^2$ بدلالة طاقة الفوتون (hv) لأغشية أكسيد النيكل النقي والمشوب بالنحاس والكوبالت معًا.	18
الجدول ٣-٢	قيم الفاصل الطاقي لأغشية أكسيد النيكل النقي والمشوب بالنحاس والكوبالت معًا.	18
الشكل ٣-٦	منحنى تغيرات ln(a) بدلالة طاقة الفوتون (hv) للأغشية الرقيقة.	19
الشكل ٣-٧	تغيرات معامل الخمود بدلالة طاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل النقية والمطعمة بالنحاس والكوبالت معًا.	20
الشكل ٣-٨	معامل الانكسار لأغشية أكسيد النيكل النقية والمطعمة بـ (Cu) و.(Co)	21
الشكل ٣-٩	التوصيلية البصرية بدلالة طاقة الفوتون لجميع الأغشية المحضرة.	22

قائمة الجداول

الرقم	الوصف	الصفحة
الجدول ٢-١	احجام المحاليل المطعمة اللازمة للحصول على النسب المئوية الذرية المبتغاة.	12
الجدول ٣-١	قيم سمك الأغشية لمختلف العينات المحضرة.	15
الجدول ٣ - ٢	قيم الفاصل الطاقي لأغشية أكسيد النيكل النقي والمشوب بالنحاس والكوبالت معا.	18

الفصل الأول

1-1المقدمة

تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير دراسة أشباه الموصلات ، حيث انصب اهتمام الباحثين في بداية القرن التاسع عشر على دراسة أشباه الموصلات و ذلك لما تمتلكه من مميزات جيدة مثل تغيرتوصيليتها بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي وبسبب هذه الخواص كان للمواد الشبه الموصلة أهمية بالغة في التطبيقات التكنولوجية .

بدأ العمل في مجال تحضير الأغشية الرقيقة منتصف القرن التاسع عشر، حيث يستعمل مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة، أو طبقات عديدة (Layers) من ذرات المادة لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد، أو عدة نانومترات، ولأنها رقيقة للغاية وهشة (سهلة الكسر) استوجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج، أو السليكون، أو بعض الأملاح، أو البوليميرات[1].

تعد فيزياء الأغشية الرقيقة واحدة من الفروع المهمة في فيزياء الحالة الصلبة، إن المادة الصلبة تصبح غشاء رقيق عند تحضيرها على شكل طبقات رقيقة مرسبة على أساس صلب بالطرائق الفيزيائية أو التفاعلات الكيميائية أو الكهروكيميائية تعد اليوم دراسة المواد المرسبة بشكل أغشية رقيقة إحدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية والكيميائية التي يصعب الحصول عليها بشكلها السائب، و من أهم أنواعها أغشية الأكاسيد الموصلة الشفافة [2].

بدأت دراسة أغشية أكاسيد المواد الشبه الموصلةالشفافة منذ1907م من قبل العالم الالماني (Karel Baedeker) الذي عمل على أول غشاء من أكسيد الكادميوم، وبعد ذلك لقيت اهتمام الباحثين و ذلك بفضل خاصيتين هامتين كونها تمتلك شفافية عالية في المجال المرئي وتوصيلية كهربائية جيدة، لدى أغشية هذه الأكاسيد نفاذية بصرية عالية في المنطقة المرئية وانعكاسية عالية في المنطقة تحت الحمراء، كما يمكننا تغيير بعض خصائصها بإضافة كميات ضئيلة من ذرات التطعيم أو بالحرارة أو الضوء أو بتعريضها لمجال مغناطيسي أو كهربائي، و هذا ما جعلها عنصرا مهما في العديد من المجالات البحثية و الصناعية نذكر منها: الصناعات الكهروضوئية و الإلكترونيات البصرية والبطاريات و شاشات العرض و الطلاءات غير العاكسة و المتحسسات الغازية والكثير من التطبيقات الأخرى [3].

يعتبر أكسيد النيكل (NiO) من بين هذه الأكاسيد الموصلة الشفافة المهمة في شكل أغشية رقيقة كونها دخلت في الكثير من التطبيقات الفيزيائية بسبب خصائصها البصرية والكهربائية المتميزة منها متحسسات الغاز، صناعة الأقطاب الكهربائية في الأجهزة البصرية و الإلكترونية وتطبيقات الخلايا الشمسية [4].

ومع زيادة التقدم العلمي والتكنلوجي تطورت طرائق تحضير الطبقات الرقيقة ,واصبحت على على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه كما تعددت طرائق تحضيرها حيث لكل طريقة مميزات و خصوصيات تنفرد بها لتؤدي الغرض الذي استعملت من أجله .

ان اضافة بعض الأيونات المعدنية كالشوائب تساهم بشكل كبير ومهم في تغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية كالخصائص البلورية والكهربائية والبصرية، حيث عملت مجموعة من البحوث على دراسة أكسيد النيكل (NiO) كونه من المواد المتاحة و سهلة الترسيب حيث تم تطعيمه بعدة مواد من بينها (Zn, Cu, Fe, Co) التي أدت إلى التغيير في الكثير من خصائصه الفيزيوكيميائية .

تصنف المواد في الطبيعة إلى ثلاثة أصناف من حيث قابليتها للتوصيل الكهربائي و هي مواد موصلة conductor materials))ومواد عازلة(Insulator materials)ومواد شبه موصلة (Semiconductor materials) كذلك من حيث مقدار فجوة الطاقة الممنوعة (Eg) و هي التي تفصل بين حزمة التكافؤ (BV) و حزمة التوصيل(BC).

في الموصلات تكون حزمة التكافؤ متداخلة مع حزمة التوصيل و بالتالي لا توجد فجوة طاقة في المواد الموصلة يعني أن أي إلكترون تكافؤ سوف يكون حرا في الحركة[5]، وناقليتها الكهربائية عالية, وفي العوازل تكون حزمة التكافؤ مفصولة عن حزمة التوصيل بفجوة طاقية كبيرة و بالتالي فإن الإلكترونات في حزمة التكافؤ لا يمكنها الانتقال إلى حزمة التوصيل إلا عند استلامها الطاقة الكافية المساوية لفجوة الطاقة [5]، وناقليتها ضعيفة جدا , وفي أشباه الموصلات لا يختلف مخطط الطاقة لأشباه الموصلات عن نظيره في العوازل إلا في سعة فجوة الطاقة التي تكون أقل بكثير من قيمة فجوة الطاقة في المواد العازلة، وتتميز هذه المواد بكونها عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق بحيث تكون حزمة التوصيل فارغة، وتكون موصلة عند درجات الحرارة العالية من جهة أخرى عند درجة حرارة الغرفة (T=27C) يكتسب عدد من الإلكترونات الطاقة الكافية لكي ينتقل إلى حزمة التوصيل، إلا أن التيار الناتج يكون صغيرا بحيث لا يمكن الاستفادة منه في معظم التطبيقات، و عند هذه الدرجة لا تكون المادة شبه الموصلة عازلا جيدا كما لا تكون موصلا جيدا ولهذا تدعى شبه موصل [5] .

إحدى أهم أشباه الموصلات الشفافة أو ما يسمى بأكاسيد التوصيل الشفافة (Transparent Conductive Oxides) و يطلق عليها اختصارا (TCO) و هي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأكسجين أي أنها أشباه موصلات أكسيدية ، و يرمز لها (MxOy) حيث (M) تمثل الرمز الكيميائي للمعدن و (O) الرمز الكيميائي للأكسجين، xوy. أعداد ستوكيومترية،و تكون نصف موصل من نوع (p) إذا كانت حاملات الشحنة الأغلبية هي الفجوات (الثقوب)، أو تكون نصف موصل من نوع (n) حيث حاملات الشحنة الأغلبية هي الإلكترونات .

2-1 أهم مميزات الأكاسيد الناقلة الشفافة:

تمتلك أشباه الموصلات عددا من الخواص التي تجعلها في غاية الأهمية في التطبيقات العلمية، و من تلك الخواص [6]

- يمتد طيف النفاذية فيها ما بين[400nm-1500nm].
- في الأطوال الموجية [400nm-800nm]تكون لها شفافية عالية [6].
- من خلال الظاهرة الكهروضوئية فإنها تبدي حساسية للضوء عند تعرضها له [6].
- مقاومتها ذات معامل حراري سالب(Negative Thermal Coefficient) مما يؤدي إلى زيادة توصيلته الكهربائية بزيادة درجة الحرارة، وتعتبر هذه الصفة من الصفات التي تميزها عن المواد الموصلة و عند الدرجات المنخفضة تكون شبه عازل [6].
- عند إحداث بعض العيوب فيها أو احتوائها على الشوائب فإنها ذات حساسية شديدة، إن مثل هذه العيوب أو الشوائب قد تؤدي إلى زيادة التوصيلية أي هيمنة نوع واحد من حاملات الشحنة مما يؤدي إلى توهين النوع الآخر [6].

3-1 الخصائص الكهربائية والضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO)

تكمن أهمية الأكاسيد الموصلة الشفافة بما تزخر به من خصائص التي يمكن تصنيفها إلى خصائص كهربائية وضوئية مهمة و هذا ما جعلها محل دراسة الباحثين لتطويرها والاستفادة منها، فهي تملك توصيلية كهربائية جيدة وشفافية عالية في المجال المرني من الطيف الكهرومغناطيسي وتقنية الترسيب المتبعة [7].

1-3-1 الخصائص الكهربائية

في عام ١٩٧٠م بدأت عملية التطوير و الاهتمام أكثر بالأكاسيد الموصلة الشفافة أين توجهت الأبحاث حول معرفة ما تتمتع به هذه المواد من خصائص كهربائية تجعلها مادة أساسية ضمن تكنولوجيا العصر الحديث ، و على حسب هذه الخواص الكهربائية تصنف هذه الأكاسيد على أنها انصاف موصلات بفجوة طاقية كبيرة نسبيا [8].

2-3-1 الخصائص الضوئية

تعتمد دراسة الخصائص الضوئية للشرائح على مجموعة من الوسائط المهمة التي من خلالها ندرس تغيرات أطياف هذه الوسائط بدلالة الطول الموجي [9]، وتعد خصائص مهمة في عديد المجالات الصناعية والمختبرية [7]. وبالحديث عن الخصائص الضوئية للأكاسيد الموصلة الشفافة، فقد وجد أنها تتميز بشفافية

ضوئية عالية في المجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، بينما يكون لها انعكاسية ضوئية مرتفعة في المجال تحت الأحمر من الطيف ، وتمثلت الخصائص الضوئية للمواد في ثلاث ظواهرأساسية و هي النفاذية، الانعكاسية و الامتصاصية و باستغلال هذه الأخيرة نتحصل على المزيد من الخواص الضوئية معامل الامتصاص معامل الانكسار و معامل الخمود) [9].

4-1 الأكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة الذاتية والمطعمة:

1-4-1الحالة الذاتية:

إن أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب وكذلك الخالية من العيوب البلورية تدعى بأشباه الموصلات الذاتية(من وجهة نظر مثالية)و هي عناصر المجموعة الرابعة (IV) من الجدول الدوري، ومن أشهر هذه العناصر السليسيوم (Si) و الجرمانيوم (Ge) ترتبط ذرات هذه العناصر مع بعضها في روابط تساهمية لتكوين ما يسمى ببلورة المادة و من جهة أخرى يكون الأكسيد الموصل الشفاف (TCO) ذاتي أو نقي عندما يتحقق هذا التوازن $n = p = n_i$الذي يمثل التركيز الذاتي [7].

عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون جميع الكترونات التكافؤ الأشباه الموصلات موجودة في نطاق التكافؤ و لا يوجد منها في نطاق التوصيل لذلك فإن أشباه الموصلات في هذه الحالة تسلك سلوك العازل المثالي.

و عند ارتفاع درجة حرارة البلورة إلى درجة حرارة الغرفة (300k)تكتسب إلكترونات التكافؤ طاقة حركية كافية لكسر الروابط التساهمية وينتج عن ذلك تحرر الكترونات وفي هذه الحالة يصبح شبه الموصل موصل جيد للكهرباء ولكن إذا ما قورنت مع موصلية المعادن مثل الفضة و النحاس فإنها تعتبر صغيرة جدا. و لذلك تم إضافة الشوائب الأشباه الموصلات لزيادة توصيلتها [9].

2-4-1 الحالة المطعمة

عندما تضاف نسب قليلة و محدودة من الشوائب إلى بلور شبه موصل (TCO) تدعى هذه العملية بالتطعيم (Doping) و تعرف كمية الشوائب المضافة بمستوى التطعيم، و إن هذه الشوائب تعمل على تكوين مستويات طاقة جديدة تقع في فجوة الطاقة بين حزمتي التوصيل و التكافؤ لذا من الضروري التعرف على الأسلوب الذي تتشكل به هذه المستويات الجديدة لطاقة الشوائب، لهذا فإن شبه الموصل (TCO) المطعم يصنف إلى نوعين رئيسيين و ذلك بحسب نوع الشوائب المضاف إليه [7].

1-التطعيم من نوع (n):

يدعى هذا النوع بالنوع السالب كون حاملات الشحنة الغالبية هي الإلكترونات أما حاملات الشحنة الأقلية هي الفجوات، ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب مانحة (Donor) إلى شبه الموصل النقي حيث تتخلى الذرات المانحة عن الكترونها أين يظهر مستواها الطاقي قريب من حزمة التوصيل مباشرة، كما يحدد تركيز الإلكترونات الحرة الناتجة منها الارتفاع في التوصيلية الكهربائية نتيجة لاقتراب مستوى فيرمي من حزمة التوصيل ،و في حالة الأكاسيد الموصلة الشفافة يكون التطعيم من نوع (n) و ذلك باستبدال ذرة المعدن أو الأكسجين، إذ يرتبط هذا التطعيم بالخصائص الفيزيوكيميائية للذرات الوافدة، مثل التطعيم بذرات النحاس Cu أو الحديد Fe أو الفلور ، فهي تعزز الأكاسيد الموصلة الشفافة من النوع (n)، حيث تقوم ذرات التطعيم بتكوين مستوي في فجوة الطاقة تحت حزمة التوصيل ، وزيادة التطعيم تؤدي إلى تطوير هذا المستوي بتداخله مع حزمة التوصيل أو بفارق طاقي ضعيف وبالتالي فإن عدد كبير من الإلكترونات سوف تشارك في التوصيل، و عليه تزيد التوصيلية بزيادة التطعيم .

2-التطعيم من نوع (p):

يدعى هذا النوع بالنوع الموجب ويكون هذا التطعيم بإضافة شوائب مستقبلة (قابلة) (Acceptor) حيث تكون مستويات طاقة جديدة ضمن الحزمة و على مسافة قريبة جدا من حزمة التكافؤ، و تكون حاملات الشحنة الأغلبية في هذا النوع هي الفجوات.

التطعيم على النوع (p) لا يزال موضوع بحث في السنوات الأخيرة أجريت دراسات تطعيم من نوع (p) على بعض الأكاسيد الموصلة الشفافة، وأكثر أنواع الأكاسيد الموصلة الشفافة هو أكسيد الزنك، و يجرى التطعيم عن طريق استبدال الأكسجين بالأزوت (N) و يمكن كذلك عن طريق التطعيم المزدوج المنيوم - نيتروجين -Al (N)[7].

1-5 الأنتقالات الالكترونية في اشباه الموصلات

هناك نوعين من الانتقالات الإلكترونية و هما :

1-5-1. الانتقالات الإلكترونية المباشرة Direct Electronic Transitions

في أشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة هناك نوعان من الانتقالات الإلكترونية، فعند حدوث الانتقال بين أعلى وأوطأ نقطة لحزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي فإنه يسمى الانتقال المباشر المسموح (Direct Allowed Transition) أما عند حدوث الانتقالات بين النقاط المجاورة الأعلى وأوطأ نقطة فإنه يسمى الانتقال المباشر

الممنوع (Direct Forbidden Transition). الإنتقالات الإلكترونية المباشرة يكون فيها قعر حزمة التوصيل و قمة حزمة التكافؤ عند نفس النقطة في الفضاءK[7]سيصاحب هذا الانتقال تفاعل بين الفوتون الساقط وإلكترون حزمة التكافؤ فقط بحيث يكون كل من قانوني حفظ الطاقة والزخم محفوظين .

1-5-2. الإنتقالات الإلكترونية غير المباشرة Indirect Electronic Transitions

يحصل الانتقال غير المباشر للإلكترونات عند عدم تطابق طاقتي قمة حزمة التكافؤ و قعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجة (k)، بحيث يكون الانتقال بين نقطة في حزمة التكافؤ و أية نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية وبذلك ستكون قيمة متجه الموجة(K=0) و هذا النوع من الانتقالات يحدث بمساعدة الفونون من أجل حفظ الزخم (Conservation of Momentum) الناتج عن تغير متجه الموجة للإلكترون [7]، وهناك نوعان من الانتقالات غير المباشرة، فعندما ينتقل الإلكترون بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية يسمى عندها بالانتقال غير المباشر المسموح (Indirect Allowed Transitions)، وعندما ينتقل الإلكترون في المناطق المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أوطأ نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية يسمى عندها بالانتقال غير المباشر الممنوع (Indirect Forbidden Transitions) و تدعى أشباه الموصلات التي تمتلك هذه الانتقالات بأشباه الموصلات ذات الفجوة غير المباشرة (Indirect - Band Gap) .

1-6 أبرز تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة:

للأكاسيد الموصلة الشفافة العديد من التطبيقات من بينها.

- الخلايا الشمسية [5].
- نافذة الانعكاس للحرارة الأفران المباني) .[7]
- شاشات للعرض الشاشات المسطحة وشاشات التحكم التي تعمل باللمس) .[7]
- الديود الضوئي [5].
- الحماية الكهرومغناطيسية .
- جهاز استشعار الغاز (حساسات الغاز) [5].
- تجويف الليزر .
- نوافذ مضادة للتجمد .

7-1أكسيد النيكل (NiO)

أكسيد النيكل مادة شبه موصلة يمكن الحصول عليها على شكل مسحوق بلوري أخضر، و هو ذو فجوة طاقة عريضة ومباشرة و مهمة جدا بسبب استقرارها الكيميائي الممتاز، بالإضافة إلى ما تمتاز به من خصائص بصرية و كهربائية ومغناطيسية حيث استخدم كمادة ضديدة فيرو مغناطيسية هذه الميزة من خصائص البلورات المتناظرة مع ارتفاع استقراريته الكيميائية وديناميكيته الحرارية و لديه مقاومة جيدة للأكسدة، و هو من المواد التي يتغير لونها عند تسليط مجال كهربائي عليها ، و هو ذو كثافة(6.67g\Cm3)و درجة انصهاره (1984C)، و وزن جزيني (842.87g\mol)ويمتلك توصيلية كهربائية من نوع موجب[p-ty py] تكلفة تحضيره منخفضة و هو أيضا مادة تسمح بتخزين الأيونات يمتاز بمتانة جيدة و إمكانية تصنيعه بواسطة سلسة من التقنيات [9] هو مادة شفافة للأشعة فوق البنفسجية، و المرئية و تحت الحمراء القريبة و تستخدم بشكل كبير كأقطاب كهربائية شفافة، و النوافذ الضوئية بالإضافة إلى خلايا الوقود و شاشات العرض وغيرها من الأجهزة الإلكترونية [9] .

الفصل الثاني

تحضير العينات

1-2 ترسيب الأغشية بتقنية الرش بالانحلال الحراري

بهدف الدراسة البصرية يتم ترسيب أغشية رقيقة لأكسيد النيكل النقي (NiO) و المطعم بالنحاس (Cu) و الكوبالت (Co) معا على ركاتز زجاجية باستخدام منظومة الرش بالانحلال الحراري، حيث تستعمل نترات النيكل (Ni(No3).6H2O)كمصدر للنيكل، و مصدر النحاس هو كلوريد النحاس (CuCl2.2H2O)و كلوريد الكوبالت (CoCl2.6H2O) كمصدر للكوبالت حيث تعتمد طريقة الرش بالانحلال الحراري الكيميائي على عدة عوامل منها:

- نوع المواد الأولية.
- نوع الركيزة.
- معدل الترسيب الضغط و التدفق).
- درجة حرارة الركيزة.
- بعد الركيزة عن جهاز الرش.

إن الآلية التي تستند عليها هذه الطريقة لتشكيل الأغشية هي تفاعل شوارد النيكل المتواجدة في المحلول مع شوارد الأكسجين الموجودة في الهواء مشكلة طبقة رقيقة من أكسيد النيكل على سطح الركيزة الساخنة كفاية و هذا في الحالة النقية، أما في الحالة المطعمة فيتم أيضا ارتباط شوارد النحاس و كذلك شوارد الكوبالت مع شوارد الأكسجين في الهواء معوضة بعض شوارد النيكل لتتكون طبقة رقيقة من أكسيد النيكل المطعم بالكوبالت و النحاس معا، إذ يعتمد الترسب على سطح الركيزة الزجاجية على عدة عوامل أهمها درجة حرارة الركيزة الزجاجية وطبيعة مادة الركيزة وسطحها.

2-2تحضير الأغشية الرقيقة

2-2-1الشروط التجريبية لتحضير أغشية ذات نوعية جيدة

خلال هذا العمل التجريبي تم استعمال محلول نترات النيكل (Ni(NO3)2.6H2O)كمصدر (Ni)، و مصدر (Cu) هو كلوريد النحاس (CuCl2.2H2O)، و كلوريد الكوبالت (CoCl2.6H2O)كمصدر (Co) و حتى يتم الحصول على نوعية جيدة من الطبقات الرقيقة توجد مجموعة من الشروط التطبيقية التي يجب ضبطها أهمها:

- ضبط درجة حرارة الركيزة في حدود 500C.
- معدل رش المحلول (1.5ml\min) ,حيث يؤثر هذا الأخير في تجانس الغشاء.
- ضغط الهواء (1bar).
- الرش لمدة (10s) وتليها فترة توقف لمدة (3min) ,حيث لا يمكن الرش على القواعد الزجاجية دفعة واحدة تجنبا لبرودتها.
- المسافة العمودية بين القاعدة الزجاجية ونهاية جهاز الرش (45cm) تقريبا.

2-2-2 تهيئة القواعد الزجاجية:

تم استخدام قواعد زجاجية عبارة على شرائح ميكروسكوبية (GROUND EDGES) ذات السمك 1- (1.2mm)و المساحة(25.4×76.2mm)تمر عملية تنظيف الركائز بمراحل عدة لضمان جودة التنظيف و ذلك لما لها من أثر بالغ الأهمية في تبلور مادة الغشاء المحضر، لأن وجود الملوثات على سطح القاعدة الزجاجية يؤثر سلبا على جودة الأفلام المحضرة، حيث تغمر القواعد الزجاجية في وعاء يحتوي على حمض HCI و باستعمال ملقط خاص توضع في وعاء آخر يحوي على الأستون أو الميثانول، ثم تغسل جيدا بالماء المقطر و تجفف باستعمال المناديل الورقية و المجفف الهوائي.

3-2-2 تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية Nio:

تم تحضير أغشية رقيقة من أكسيد النيكل (NiO) و ذلك انطلاقا من محلول (Ni(NO3)2.6H2O)كتلته المولية (M=290.8g\mol)وكثافة (d=2.05)، فبغرض تحضير محلول ذو حجم (V=20ml) بتركيز مولي (C=0.1mol/L)، و للحصول على الكتلة m نستعمل العلاقة (2-1)

$$M=C.V.M$$

حيث:

C:التركيز المولي (mol/L).

M:الكتلة المولية (g/mol).

V:حجم المحلول (L).

4-2-2تحضير المحلول للعينات المطعمة

للقيام بإعداد محلول أكسيد النيكل ثنائي التطعيم نقوم بتحضير دورق ونضع فيها محلول أكسيد النيكل المحضر سابقا، و بما أننا نريد تطعيمه تطعيما مزدوجا من مادتي النحاس والكوبالت بنسبة % 6(نسبا متكاملة)،

فقد تم تهيات محلول التطعيم انطلاقا من مسحوق كلوريد النحاس كمصدر لـ (Cu) ذو الصيغة (CuCl2.2H2O) و كتلة مولية (M = 170.48g / mol) و لتحضير المحلول تم أخذ كتلة قدرها (0.17g) باستعمال العلاقة (2-1) و ذلك بغرض الحصول على محلول تركيزه (C = 0.1mol / L) و أيضا من مسحوق كلوريد الكوبالت كمصدر لـ (Co) ذو الصيغة (CoCl2.6H2O)و كتلة مولية قدرها (M=237.93g\mol) باستخدام العلاقة (2-1) وذلك بغرض الحصول على محلول تركيزه (C=0.1mol\L).و لضمان الذوبان التام لكل المحاليل، يستخدم خلاط مغناطيسي لخلط المحلول لمدة نصف ساعة و ذلك للتأكد من عدم وجود رواسب . و لتطعيم أكسيد النيكل بالنحاس والكوبالت معا بنسبة 6%استعملت نسب حجمية متتامة بين محلولي التطعيم ذوي التركيزين (C=0.1 mol\L) و المحلول الأساسي ذو الحجم (V=20ml)والتركيز (C=0.1mol\L)كما تبينه التجارب التالية:

2-2-4-1التجربة الأولى:

بدون تطعيم وتشمل محلول النيكل المحضر مسبقا فقط.

2-2-4-2التجربة الثانية:

في هذه التجربة تطعيما بنسبة 6% من الكوبالت فقط أي نسبة(Cu % و100%Co) حيث تمت هذه العملية عن طريق الإنقاص من محلول النيكل نفس قيمة الحجم المراد إضافته من المحلول المطعم بالكوبالت المجهز سابقا و استبداله به ولتطعيم النيكل بالكوبالت تستعمل النسب الحجمية بين محلول التطعيم ذو التركيز(C=0.1mol\L) و المحلول الأساسي ذو الحجم (V=20ml) كما توضحه المعادلة (2-2)

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 = P(at.\%) \quad ---------- \quad (2-2)$$

V1: حجم المحلول الأساسي (محلول النيكل).

V2: حجم محلول التطعيم لنسبة 6%.

(at) : النسبة المئوية الذرية للتطعيم.

2-2-4-3التجربة الثالثة:

سنقوم في هذه التجربة تطعيما بنسبة 25%Cu و75%Coمن أصل V2(حجم محلول التطعيم لنسبة6%)، و نستعمل طريقة الرابع المتناسب لمعرفة كمية الحجم المراد إنقاصها و استبدالها المحلول النيكل كما يلي:

$$V_2 = V_3 + V_4 \quad \rightarrow \quad 100\%$$

$$V_3 \rightarrow 75\%$$

$$V_4 \rightarrow 25\%$$

$$V_3 = \frac{V_2 \times 75\%}{100\%} = 0.75\, V_2$$

$$V_4 = \frac{V_2 \times 25\%}{100\%} = 0.25\, V_2$$

2-2-4-4التجربة الرابعة:

في هذه التجربة ستطعم بنسبة (50%Cuو 50%Co)من أصل V2 (حجم محلول التطعيم لنسبة 6%)، و نستخدم طريقة الرابع المتناسب لتحديد الحجم المرغوب فيه كما يلي:

$$V_2 = 2V_5 \quad \rightarrow \quad 100\%$$

$$V_5 \rightarrow 50\%$$

$$V_5 = \frac{V_2 \times 50\%}{100\%} = 0.5\, V_2$$

2-2-4-5التجربة الخامسة:

سنجري في هذه التجربة تطعيما بنسبة 75%Cuو 25%Coمن أصلV2 (حجم محلول التطعيم لنسبة 6%)، والتطعيم محلول النيكل تطعيما مزدوجا تنقص حجم V3و V4منه، و نضيف حجم V3 من محلول Cu و V4 من محلول Co المحلول النيكل وبذلك تكون قد تحصلنا على محلول النيكل ثنائي التطعيم.

2-2-4-6التجربة السادسة :

نريد في هذه التجربة تطعيما بنسبة 6% من النحاس فقط (أي نسبة 100%Cuو 0%Co)حيث تمت هذه العملية عن طريق الإنقاص من محلول النيكل نفس قيمة الحجم المراد إضافته من المحلول المطعم بالنحاس المجهز سابقا و استبداله به ولتطعيم النيكل بالنحاس تستعمل المعادلة(2-2).

يوضح الجدول (2-1) أحجام المحاليل المطعمة اللازمة للحصول على النسب المئوية الذرية المبتغاة.

تسمية العينة	(Cu:NiO) at.%	(Co:NiO) at.%	حجم المحلول المطعم بـ Cu(mL)	حجم المحلول المطعم بـ Co(mL)
S_1	0	0	0	0
S_2	0	100	0	1.2

حجم المحلول المطعم بـ Co(mL)	حجم المحلول المطعم بـ Cu(mL)	(Co:NiO) at.%	(Cu:NiO) at.%	تسمية العينة
0.9	0.3	75	25	S_3
0.6	0.6	50	50	S_4
0.3	0.9	25	75	S_5
0	1.2	0	100	S_6

الجدول(2-1) :احجام المحاليل المطعمة اللازمة للحصول على النسب المئوية الذرية المبتغاة.

2-2-5ترسيب الأغشية الرقيقة:

بعد تحضير المحلول المراد ترسيبه وتنظيف الركائز الزجاجية وتجهيز منظومة الرش نبدأ عملية الترسيب بتقنية الرش الكيميائي الحراري حيث تمر بمجموعة من الخطوات و هي:

*توضع الركائز الزجاجية فوق السخان الكهربائي و يفتح السخان حتى تصل إلى درجة الحرارة المطلوبة (500C) ، و هذا لتجنب تأثر الركيزة بالتغير المفاجئ لدرجة الحرارة.

*بعد تسخين الركيزة يرش المحلول لمدة (10s) فقط تجنبا للتبريد المفاجئ للقواعد الذي يؤدي إلى تشققات في القاعدة الزجاجية ويعقبها فترة توقف لمدة (3min)لتعود درجة حرارة القاعدة إلى القيمة الأصلية، وهكذا يتم استئناف الرش حتى الوصول إلى السمك المطلوب. يتبخر المذيب نتيجة درجة الحرارة العالية وتتشكل طبقة أكسيد النيكل على سطح الركيزة وفق المعادلة الكيميائيةالتالية:

$$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O_{(s)} + H_2O_{(aq)} \xrightarrow{\text{Heat (400 500°C)}} NiO_{(s)} \downarrow + 2NO_{2(g)} \uparrow + \frac{1}{2}O_{2(g)} \uparrow + 7H_2O_{(g)} \uparrow$$

بعد انتهاء عملية الرش يغلق السخان الكهربائي وتترك القواعد الزجاجية فوقه حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة للسماح للأغشية المحضرة إكمال عملية الأكسدة والنماء البلوري للحصول على غشاء أقل عيوبا بلورية وكذلك تجنب كسرها بسبب الفروق في درجة الحرارة.

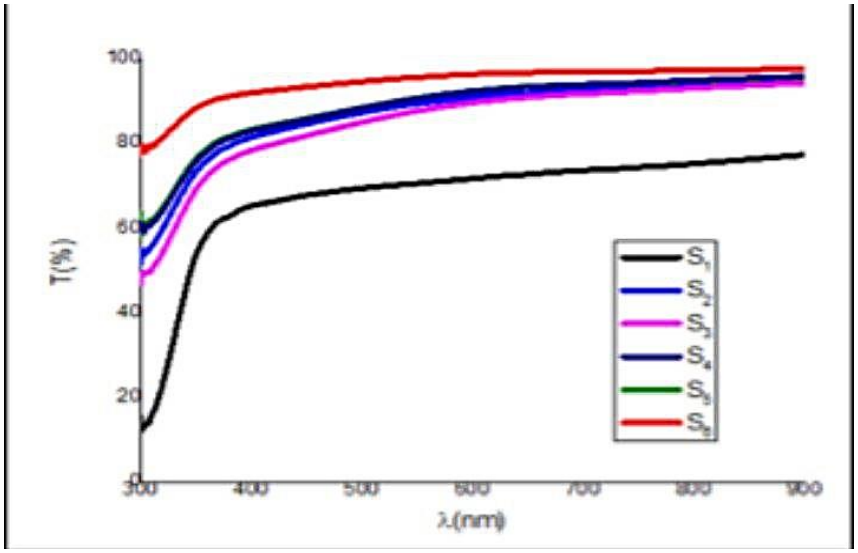
الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

3-1الخصائص الضوئية للأغشية المحضرة:

3-1-1 النفاذية:

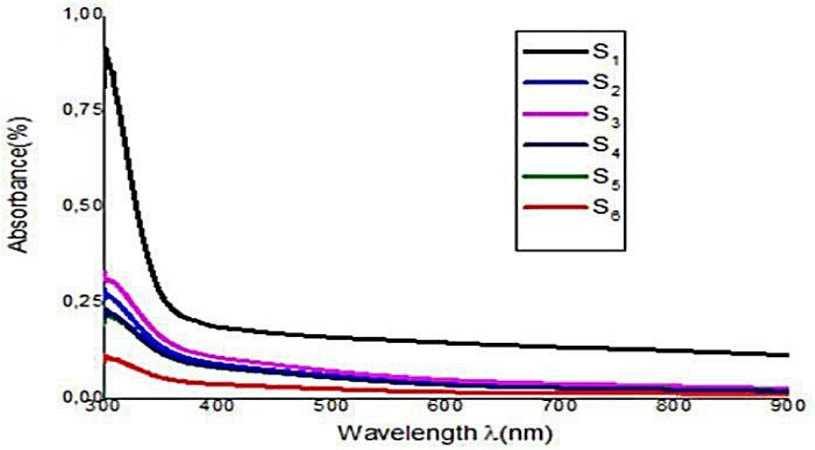
تم إجراء قياسات النفاذية ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900nm)لجميع أغشية أكسيد النيكل المحضرة والمطعمة بنسبة 6% من النحاس والكوبالت معا بخمس نسب متكاملة ورسمت العلاقة البيانية كدالة للطول الموجي الموضحة في الشكل (3-1)وقد أوضحت النتائج المتحصل عليها أن النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي لجميع الأغشية توضح النتائج أن قيم النفاذية تأخذ أقل قيمة لها في منطقة الأطوال الموجية فوق البنفسجية من الطيف ضمن المدى (300-350nm) و من ثم تبدأ قيم النفاذية بالزيادة تدريجيا تبعا لزيادة قيم الطول الموجي في المنطقة المرئية (400-700nm)تظهر النتائج أن أكسيد النيكل النقي (S) له نفاذية تقارب (77%) و بوجود التطعيم تزداد النفاذية ويعود ذلك إلى وجود نقصان في امتصاص الطاقة الضوئية المرئية أي نقصان في عدد الانتقالات الإلكترونية بين حزمتي التوصيل و التكافؤ إذ أن الطاقة الضوئية أقل بكثير من حافة الإمتصاص ونلاحظ ثبوت قيم النفاذية تقريبا في المجال (700-900nm) من (77%) إلى غاية (98%)، وأعلى قيمة للنفاذية هي S6حيث تبلغ نسبة ما يقارب (98%). يرجع النقصان في النفاذية عند الأطوال الموجية القصيرة إلى أن الامتصاص يكون عالي ضمن هذا المجال، ذلك أن طاقة الفوتونات المنبعثة تكون مقاربة لحافة الامتصاص الأساسي (قيمة فجوة الطاقة المحضورة)لهذه الأغشية، وعلى العكس عند الأطوال الموجية الطويلة تكون هذه الأخيرة شفافة، حيث أن الطاقة الضوئية أقل من حافة الامتصاص مما يؤدي إلى زيادة النفاذية . و أيضا لاحظنا تأثيرا مزدوجا عندما قمنا بتطعيم ثنائي فكلما زادت نسبة التشويب بالنحاس و نقصت نسبة التشويب بالكوبالت زادت نسبة النفاذية والعكس صحيح.



الشكل(1-3)اطياف النفاذية لأغشية اكسيد النيكل النقي والمطعم بالنحاس والكوبالت معا.

3-1-2الإمتصاصية:

تمت دراسة قياسات الامتصاصية بنفس ظروف النفاذية، ويوضح الشكل (2-3) منحنى تغيرات الامتصاصية بدلالة الطول الموجي لأغشية أكسيد النيكل النقي و المطعم بالنحاس و الكوبالت معا بنسب متكاملة لـ 6%تبين النتائج أن الامتصاصية تتناقص بصورة تدريجية بزيادة الطول الموجي لكافة العينات المحضرة، حيث تعطي الأطوال الموجية القصيرة طاقة عالية تسمح بنقل الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل فينتج عن ذلك امتصاصية عالية، وتؤدي زيادة الطول الموجي إلى انقاص قيمة الامتصاصية و ذلك لقلة طاقة الفوتونات الساقطة و عدم قدرتها على تهييج الإلكترونات ونقلها من BV إلى BC لأن طاقة الفوتون الساقط أقل من قيمة فجوة الطاقة لشبه الموصل، إذ أن العلاقة عكسية بين الطول الموجي و طاقة الفوتون و تظهر النتائج أيضا أن الامتصاصية تتناقص كذلك بصورة تدريجية بوجود التطعيم الجميع الأغشية المحضرة، حيث تلاحظ أن التطعيم أدى إلى نقصان الامتصاصية بشكل عام و العينة S1لها امتصاصية أكثر من العينات الأخرى، ويعود ذلك لزيادة عدد حاملات الشحنة بوجود التطعيم وبما أننا قمنا بتطعيم ثنائي شاهدنا أنه بزيادة نسبة النحاس و نقصان نسبة الكوبالت فإن الأمتصاصية تنقص .



الشكل(2-3)اطياف الأمتصاصية لأغشية أكسيد النيكل النقي والمطعم.

3-1-3 تحديد سمك الأغشية:

يوضح الجدول (1-3) قيم سمك الأغشية المحضرة لمختلف العينات، و لتحديد سمك الأغشية المحضرة لأكسيد النيكل النقي والمطعم بالنحاس والكوبالت معا تم استخدام برنامج محاكي(Hebal Optic) يسمح لنا بحساب سمك الأغشية انطلاقا من قيم النفاذية.

تسمية العينة	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
السمك (nm)	299	95	106	89	87	58

الجدول(1-3)قيم سمك الأغشية لمختلف العينات المحضرة.

حيث مجموع نسب التطعيم لكل من النحاس والكوبالت يكون بنسبة 6%من التطعيم الكلي.

3-1-4الإنعكاسية:

تم حساب قيم الانعكاسية لجميع أغشية أكسيد النيكل النقية و المطعمة باستخدام العلاقة (1-3) و رسمت علاقة بيانية للانعكاسية كدالة للطول الموجي كما في الشكل (3-3)، وقد بينت النتائج أنه بالنسبة للعينة فإنها عند الطول الموجي (300nm)تكون الانعكاسية معدومة ثم تتزايد تدريجيا على المجال (300-338nm)يليها تناقص تدريجي على المجال (338-700nm)على الرغم من زيادة الطول الموجي، أما العينات المطعمة تتناقص تدريجيا على معظم المجال (300-700nm)) لوحظ أن قيم الإنعكاسية تكون أعظم ما يمكن عند قيم الأطوال الموجية المقابلة لحافة الإمتصاص الأساسية و التي تمثل فجوة الطاقة البصرية لكافة العينات و ثبوت

كافة العينات في المجال(700-900nm) و شوهد عند التطعيم الثنائي تأثيرا مزدوجا حيث كلما زاد التطعيم بـ (Cu) و قل التطعيم بـ (Co) تتناقص الإنعكاسية.

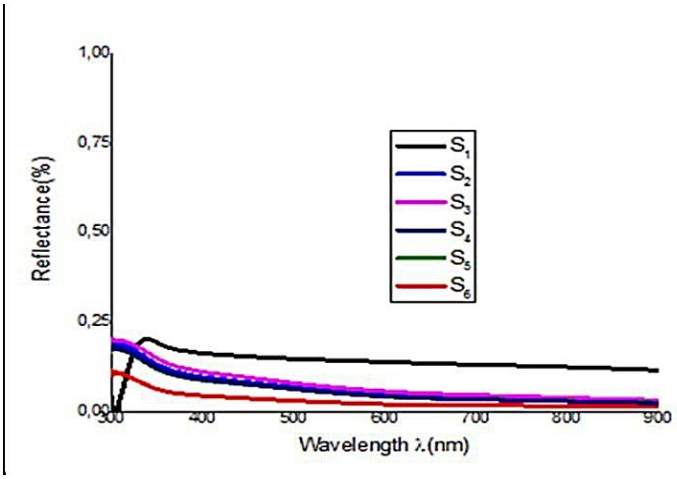
العلاقة (3-1) : $R+T+A=1$

حيث:

R=الأنعكاسية.

T=النفاذية .

A=الأمتصاصية.



الشكل(3-3)تغيرات الأنعكاسية بدلالة الطول الموجي للأغشية المحضرة.

3-1-5معامل الامتصاصية:

تم حساب قيم معامل الإمتصاص لجميع الأغشية باستخدام العلاقة (3-2)انطلاقا من أطياف النفاذية الأغشية أكسيد النيكل النقي و المطعم بالنحاس (Cu:NiO) و كذلك بالكوبالت (Co:NiO) معا، و رسمت علاقة بيانية لمعامل الإمتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل النقية و المشوبة بالنحاس و الكوبالت معا كما يوضحه الشكل(3-4) .

فمن خلال الشكل نلاحظ أن معامل الإمتصاص يزداد تدريجيا لكل نسب التطعيم لجميع الأغشية المحضرة لتكون مستويات للشوائب المضافة داخل فجوة الطاقة، و يفسر هذا التزايد في قيم معامل الإمتصاص إلى أن التطعيم أدى إلى إنقاص قيمة فجوة الطاقة البصرية و بالتالي زيادة حاملات الشحنة وحصول انتقالات مباشرة ، ونلاحظ أيضا أن معامل الإمتصاص لكافة الأغشية يكون قليلا عند الطاقات الفوتونية الواطئة و فيها تكون احتمالية

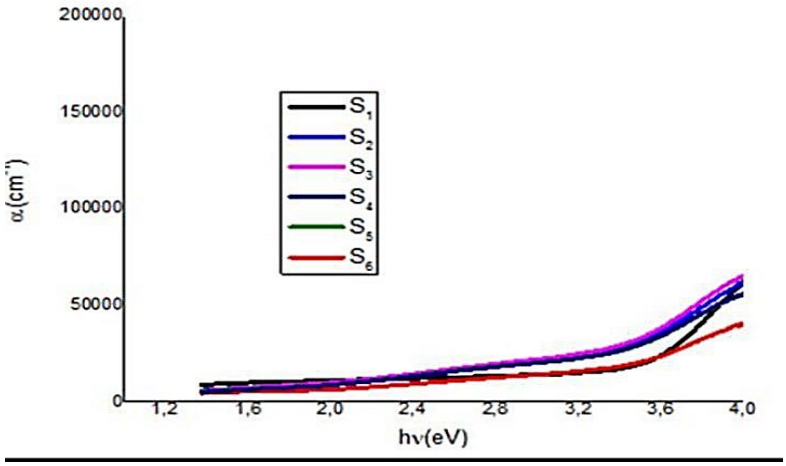
الانتقالات الإلكترونية قليلة و تزداد قيم معامل الإمتصاص عند حافة الإمتصاص بإتجاه الطاقات الفوتونية العالية مما يرجح حدوث انتقالات إلكترونية مباشرة مسموحة . و كذلك لاحظنا تأثيرا مزدوجا عندما قمنا بتطعيم ثنائي فكلما زادت نسبة التشويب بالنحاس و نقصت نسبة التشويب بالكوبالت نقصت قيمة معامل الإمتصاص و العكس صحيح.

$$a = 2.303\frac{A}{d} \quad ---------(2-3)$$

a=معامل الأمتصاص ب(1\cm)

A=الأمتصاصية

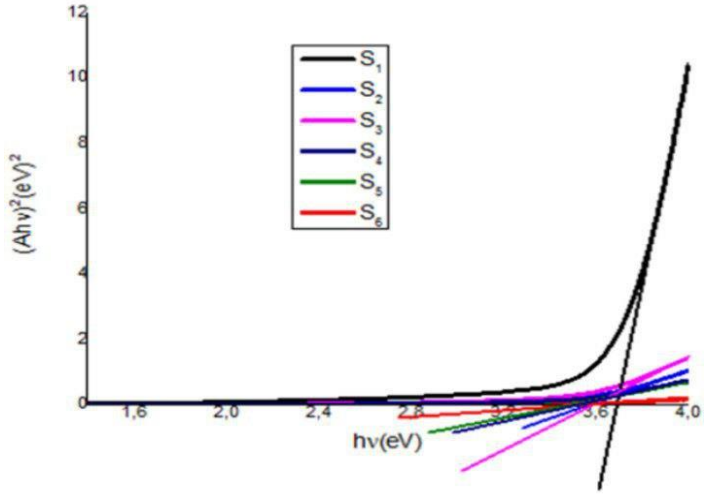
d=سمك الغشاء الدقيق(cm)



الشكل(4-3)منحنى تغيرات معامل الأمتصاص بدلالة (hv)لأغشية أكسيد النيكل النقية والمشوبة بالنحاس والكوبالت معا.

6-1-3فجوة الطاقة:

تم تحديد فجوة الطاقة للأغشية الرقيقة من خلال علاقة (Tauc) التي تعتمد على التمثيل البياني للمتغيرات (Ahv)2 بدلالة طاقة الفوتون (hv) كما يوضحه الشكل (5-3) حيث أن الفاصل الطاقي يعطي فكرة واضحة عن الامتصاص البصري حيث يكون الغشاء شفافا للإشعاع الذي تكون طاقته أقل من الفاصل الطاقي (Egاكبرمنhv) و ماصا للإشعاع الذي تكون طاقته أكبر منها (Egاصغر منhv).



الشكل(3-5)منحني تغيرات 2(Ahv)بدلالة طاقة الفوتون (hv)لأغشية أكسيد النيكل النقي والمشوب بالنحاس والكوبالت معا.

يظهر الجدول (3-2) قيم فجوة الطاقة للأغشية الرقيقة لأكسيد النيكل النقي و المطعم بنسبة 6%من النحاس والكوبالت معا بنسب متكاملة، ونلاحظ من خلال قيم فجوة الطاقة المتحصل عليها أنها عند التطعيم بنسبة 6% تتناقص تدريجيا من(3.69ev) إلى غاية (3.24ev)يفسر هذا بأن التطعيم أدى إلى إزاحة حافة الامتصاص نحو الطاقات المنخفضة و هذا راجع إلى زيادة توليد مستويات موضعية أعلى حزمة التكافؤ أدت إلى توسيع ذيول حزمة الطاقة. مما يؤدي إلى امتصاص الفوتونات الأقل طاقة و بالتالي زيادة في الانتقالات الإلكترونية و من ثم نقصانا في قيم فجوة الطاقة البصرية .

تسمية العينة	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
E_g(eV)	3.69	3.57	3.61	3.53	3.49	3.42

الجدول(3-2)قيم الفاصل الطاقي لأغشية أكسيد النيكل النقي والمشوب بالنحاس والكوبالت معا.

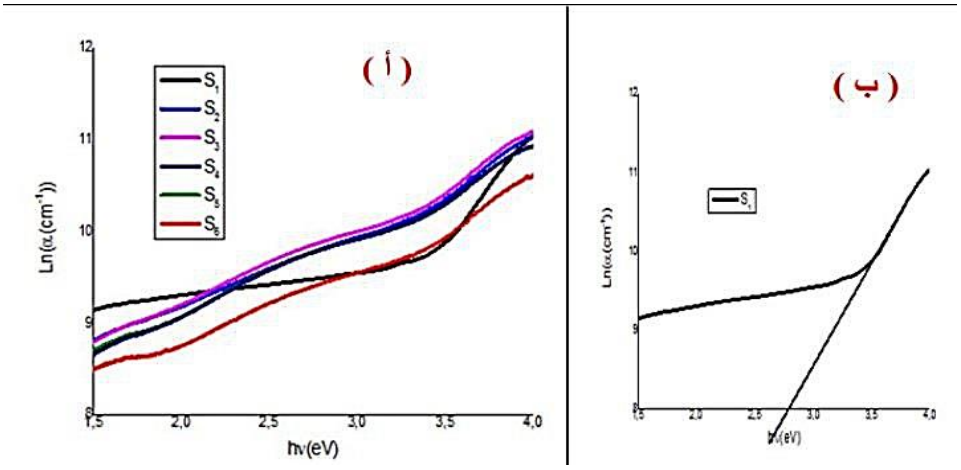
3-1-7طاقة أورباخ:

طاقة أورباخ (E) هي مقدار فيزيائي يميز اضطراب المادة، وتتعلق بطيف الامتصاص وفق العلاقة (3-3):

$$a = a_o e^{\frac{hv}{E_a}}$$

حيث ao ثابت، يتم تحديد قيمة طاقة أورباخ (E) من خلال رسم الشكل (أ) الذي يمثل منحنى تغيرات ((In(a) بدلالة طاقة الفوتون(hv) للأغشية المحضرة كما موضح في الشكل(3-6)، حيث طاقة أورباخ تمثل مقلوب ميل الجزء الخطي من المنحنى بجوار حافة الامتصاص الذي يتم رسمه كما في الشكل (ب) حيث يوضح منحنى

تغيرات ((In(a)) بدلالة طاقة الفوتون (hv) للعينة S1 و بنفس الطريقة يتم تحديد طاقة أورباخ لكافة العينات المطعمة.



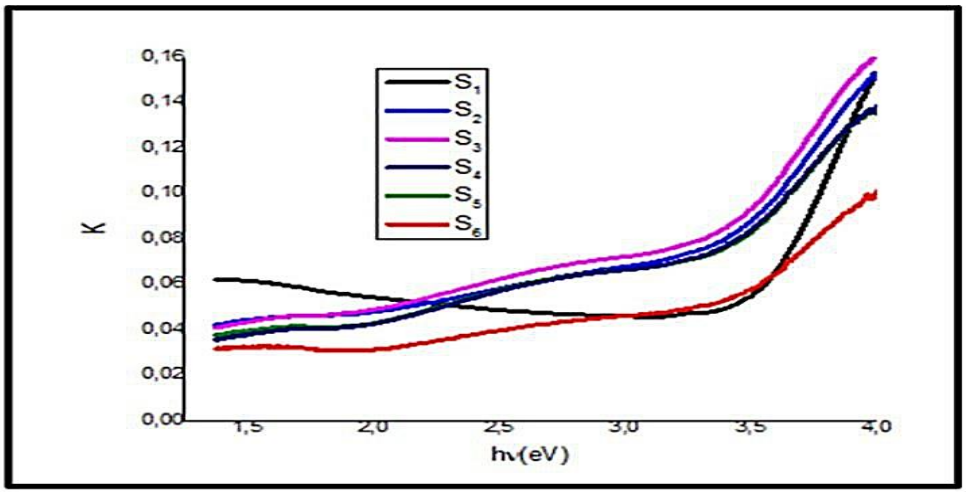
الشكل (3-6)منحنى تغيرات ln(a)بدلالة طاقة الفوتون (hv)للأغشية الرقيقة.

3-1-8معامل الخمود:

تم حساب معامل الخمود لجميع الأغشية المحضرة لأكسيد النيكل النقي و المشوب بالنحاس و الكوبالت معا وفق العلاقة(3-4)، ويعبر معامل الخمود على مقدار الطاقة الممتصة في الغشاء ويعرف على أنه مقدار التوهين الحاصل في شدة الأشعة الكهرومغناطيسية و الشكل (3-7) يبين تغير معامل الخمود بدلالة طاقة الفوتون الأغشية أكسيد النيكل النقية والمطعمة بالنحاس والكوبالت معا. نلاحظ من خلال المنحنى أنه عند الطاقات الفوتونية الضعيفة معامل الخمود للأغشية النقية أي العينة . أكبر من كافة العينات المطعمة ثم يتناقص بشكل سريع و مفاجئ عند الطاقات الفوتونية العالية، وكذلك لاحظنا زيادة لكافة العينات زيادة تدريجية مع زيادة طاقة الفوتون و يكون أعظم ما يمكن عند الطاقات المقابلة الحافة الامتصاص الأساسية، وهذه الزيادة ناتجة عن التزايد السريع لمعامل الامتصاص عند هذه الطاقات و التي تدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة، أما بالنسبة للعينات المطعمة تمت ملاحظة تأثيرا مزدوجا حيث كلما زاد التطعيم بالنحاس قل معامل الخمود ، بينما كلما زاد التطعيم بالكوبالت زاد معامل الخمود.

يعطى معامل الخمود وفق العلاقة (3-4):

$$K = \frac{a\lambda}{4\pi}$$



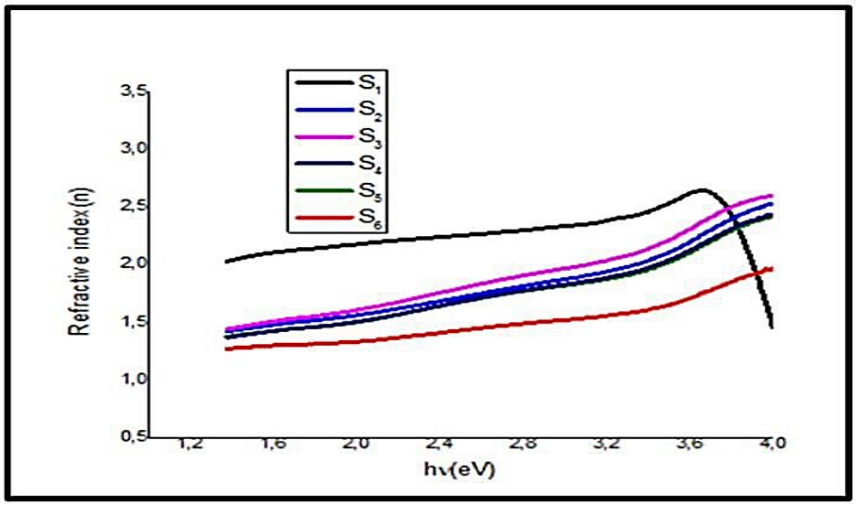
الشكل(7-3)تغيرات معامل الخمود بدلالة طاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل النقية والمطعمة بالنحاس والكوبالت معا.

3-1-9معامل الانكسار:

تم حساب معامل الانكسار من خلال العلاقة (3-5)، إن الشكل(3-8) يوضح تغير معامل الانكسار بدلالة طاقة الفوتون لأغشية أكسيد النيكل (NiO) النقية و المطعمة بالنحاس (Cu) و الكوبالت (Co) معا، نلاحظ أن سلوك منحنى معامل الانكسار لمختلف العينات يكون متزايد مع زيادة طاقة الفوتون النفس التفسير لزيادة (K)، بينت التجارب أن العينة في المجال (1.38-3.65ev)) لها أكبر معامل انكسار من كافة العينات الأخرى حيث يتراوح بين (2-2.65)و من 3.65ev فما فوق أي في مدى الطاقات العالية المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية نلاحظ تناقص سريع لغشاء العينة . و هذا الانخفاض يعود إلى زيادة الانتقالات الإلكترونية المباشرة عند تلك الطاقات، و أيضا شاهدنا تأثيرا مزدوجا عندما طعمنا تطعيما ثنائيا حيث كلما زادت نسبة التطعيم بالنحاس و قلت نسبة التطعيم بالكوبالت انخفض معامل الانكسار.

العلاقة (3-5):

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



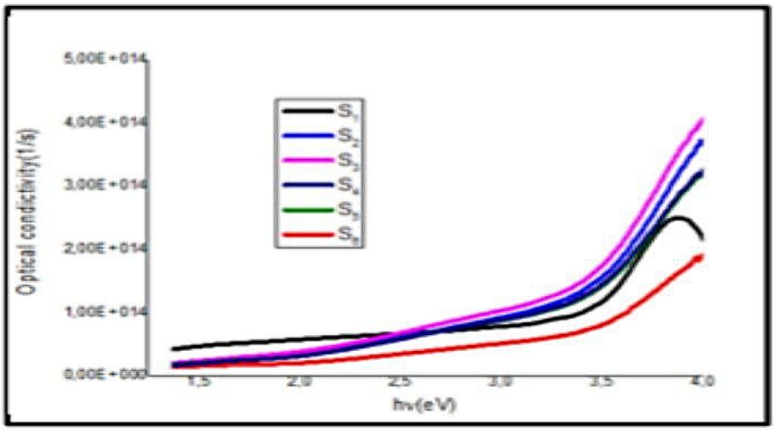
الشكل(3-8)معامل الأنكسار لأغشية أكسيد النيكل النقية والمطعمة ب(Cu)و(Co)

3-1-10التوصيلية البصرية:

تم حساب التوصيلية البصرية وفق العلاقة (3-6) يبين الشكل (3-9) تغير التوصيلية البصرية بدلالة طاقة الفوتون لجميع الأغشية المحضرة، إذ نلاحظ التوصيلية للأغشية النقية والمطعمة تزداد مع زيادة طاقة الفوتون، ونلاحظ أنه في المجال (1.38-2.45ev) تكون معظم العينات أقل من العينة S1، و على باقي المجال تصبح كافة العينات أكبر منها باستثناء العينة S6، وشوهد تزايد سريع لكافة العينات بجوار حافة الامتصاص بسبب التزايد السريع المعامل الامتصاص، وتمكنا من ملاحظة وجود تأثيرا ثنائيا عند ازدواجية التطعيم حيث عند زيادة نسبة التطعيم بالنحاس تتناقص التوصيلية البصرية على العكس عند زيادة نسبة التطعيم بالكوبالت تتزايد هذه الأخيرة.

العلاقة(3-6):

$$\sigma = \frac{anc}{4\pi}$$



الشكل(3-9)التوصيلية البصرية بدلالة طاقة الفوتون لجميع الأغشية المحضرة.

2-3الخاتمة

في هذا الفصل تم التعرف على التركيب التجريبي المستخدم والشروط المناسبة لتحضير أغشية أكسيد النيكل النقية (NiO) و المطعمة بنسبة 6% بالكوبالت (Co) و النحاس (Cu) نسبا متكاملة بطريقة الرش بالإنحلال الكيميائي الحراري، حيث تبين أن التطعيم بالنحاس والكوبالت معا يبدي تأثيرا على الخصائص البصرية وجد أن للتطعيم الثنائي تأثيرا مزدوجا حيث أن قيم النفاذية الضوئية تتزايد بزيادة نسبة تشويب النحاس (Cu) و نقصان نسبة تشويب الكوبالت (Co) في منطقة الطيف المرني و أيضا تزايد في طاقة أورباخ، كما شهد تناقص للفاصل الطاقي (E) تبعا لنسب التشويب المذكورة سابقا، و تتناقص كل من الامتصاصية و الانعكاسية بصورة تدريجية بزيادة الطول الموجي و زيادة التطعيم بـ (Cu) و نقصان التطعيم بـ (Co)، وكذلك تناقص في قيم كل من معامل الامتصاص و معامل الانكسار والتوصيلية البصرية و معامل الخمود، أوضحت العينة S3 تصرفا شاذا بالنسبة لجميع المقادير الفيزيائية المدروسة، وتبين من كافة الحالات المدروسة تطابق للعينتين S4و S5.

المصادر:

[1] ع جمعة حيدر، ن. بخيت حسن ع. صلاح حسن دراسة تأثير التطعيم بالمنغنيز Mn على الخصائص البصرية لأغشية كبريتيد الخارصين ZnS المحضرة بتقنية الترسيب بالليزر النبضي مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة و التطبيقية، المجلد22، العدد1، 2012.

[2] ن. محمد على الكرخي دراسة الخصائص التركيبية والبصرية أغشية (ZnO :Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، رسالة ماجستير، جامعة ديالي العراق 2012.

[3] ج. بوصبيع صالح، ص لبيهيات دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعمة بالنحاس (Cu)، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، الجزائر، 2018.

[4] P. J. Durrant, General and Inorganic Chemistry, 3rd ed, Bulter and Tanner Ltd, London, 1964.

[5] م العقون دراسة تأثير زمن ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل (NiO) على بعض الخصائص الفيزيائية، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة قاصدي مرباح، الجزائر 2017.

[6] . زيد عبد، دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية Nio، رسالة ماجستير، جامعة ديالي العراق2012.

[7] ع. دقة، ط مصباحي، تحديد بعض خصائص أغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعم بالحديد (Fe) مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، الجزائر 2017.

[8] B. A. Azzououm, Etude des couches minces du monoxyde de nickel NiO, Mémoire magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran Mmouhamed Boudiaf, Algérie, 2014.

[9] خ. بن ساسي ن. مبروكي، دراسة تأثير مصدر النيكل على الخصائص البصرية والكهربائية لطبقات رقيقة لأكسيد النيكل، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح الجزائر، 2017.

Abstract:

This work included a theoretical and experimental study of the optical properties of thin films of pure nickel oxide (NiO) and double doped with copper (Cu) and cobalt (Co) with 6% integral proportions, the prepared films were deposited on clean glass substrates under a temperature of (500 °C) by the pyrolysis spray technique. Where the visible and ultraviolet (VIS-UV) spectroscopy device showed that a pure nickel oxide sample had a transmittance of about (77%) and after doping it increases to (98%). While the values of the gap energy for the pure film were in the range (3.69 eV). but they decreased after doping. It is ranging between (3.42-3.61 eV). The Urbach energy of pure film reached (0.3860 eV) and after doping it increased to (0.8190 eV). We also found that the values of the coefficients: refraction, extinction, absorption,and optical conductivity affected by the difference in the doping ratio according to the energy field, especially near the absorption edge.

Ministry of Higher Education

and Scientific Research

University of Misan

College of Science

Department of Physics

Transparent Conducting Oxides (TCOs)

To the College of Science as part of the requirements for obtaining a Bachelor's degree in Physics

Presented by

Aya Kazim Hamid **Ayat Ali Khalaf**

Supervised by

Dr. Sabeeh Jassim Gat'a

2025