



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية العلوم

دراسة تأثير ظروف التحضير على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس الرقيقة المحضرة بطريقة الطلاء البرمي للمحلول الهلامي

رسالة مقدمة إلى

مجلس كلية العلوم / جامعة ديالى

وهي جزء من نيل متطلبات درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

نبيل خليل حسين

(بكالوريوس علوم فيزياء 2006)

بإشراف

أ.م. د. جاسم محمد منصور

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

هُوَ الَّذِیْ جَعَلَ الشَّمْسُ ضِیَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُ

مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّیْنِیْنَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ

اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّ یَفْصِلُ الْاٰیٰتِ لِتَعْلَمُوْا

صَدَقَ اللّٰهُ الْعَظِیْمُ

(سورة یونس - الآیة 5)

إهداء

إلى أعر الناس واقربهم إلى قلبي والدتي العزيزة وأختي
اللتان كانتا عوناً لي، وكان لدعائهما المبارك أعظم الأثر
في تسيير سفينة البحث حتى ترسو على هذه الصورة
إلى سندي وعضدي وساعدي إخوتي هديتي من الأقدار
وأولاد إخوتي

إلى من ساندتني وخطت معي خطواتي، ويسرت لي الصعاب
إلى زوجتي العزيزة التي تحملت الكثير وعانت، ووقوفي في هذا
المكان ما كان ليحدث لولا تشجيعها المستمر لي.
إلى زهراتي وفلذات كبدي، ولدي العزيزين وابنتي العزيزة. الذين
حرموا مني طيلة المدة التي قضيتها في أعداد هذا البحث.
إلى أساتذتي واهل الفضل الذين غمروني بالحب والتقدير
والنصيحة والتوجيه والإرشاد.

إلى كل من علمني حرفاً وساندني ولو بابتسامة
إلى كل هؤلاء أهديهم هذا العمل المتواضع، سائلاً الله
العلي التقدير أن ينفعنا به ويمدنا بتوفيقه

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله الطيبين الطاهرين وأصحابه الغر الميامين أبدا بشكر الله (ﷺ) على عظيم فضله ونعمه وأسأله التوفيق في كل ما أسعى إليه إنه نعم المولى ونعم النصير.

أود أن أتقدم بجزيل الشكر و الامتنان إلى مشرفي أ.م.د. جاسم محمد منصور لاقتراحه موضوع البحث وتوجيهاته العلمية المستمرة التي كان لها الفضل الكبير في إنجاز هذا البحث أسأل الله له بدوام الصحة والعافية وان يحفظه خدمة للعلم .

من الوفاء أن أتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير إلى عمادة كلية العلوم و رئاسة قسم الفيزياء - جامعة ديالى لتعاونهم وإتاحة الفرصة لي لإكمال مسيرتي العلمية سال المولى عز وجل التوفيق لهم خدمتا للمسيرة العلمية.

وبالاعتزاز والتقدير أتقدم بالشكر والامتنان إلى أساتذة قسم الفيزياء جميعاً و إلى زملائي طلبة الدراسات العليا أجمعين بقسم الفيزياء.

وفي الختام أقدم شكري وامتناني إلى مديرية تربية ديالى التي منحتني هذه الفرصة لإكمال مسيرتي العلمية .

الباحث

نبيل الربيعي

الخلاصة

تم في هذه الدراسة، ترسيب أغشية أكسيد النحاس (CuO) الرقيقة غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارة (425, 475, 525 and 575°C)، والمطعمة ثنائيا بالكاديوم (Cd)، والكوبلت (Co) بنسب وزنية متساوي [(1+1), (3+3), (5+5), and (7+7) wt%] ، والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي على قواعد زجاجية، وتم دراسة الخواص التركيبية، و المورفولوجية، والبصرية، والكهربائية باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD) ، والمجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FESEM) ، والتحليل الطيفي المشتت للطاقة (EDS) ، ومجهر القوة الذرية (AFM) ، ومطيافية الأشعة المرئية، والفوق البنفسجية (UV-Vis spectroscopy) ، وتأثير هول (Hall effect). كذلك تمت دراسة التحسس الغازي للعينات غير المطعمة، والمطعمة.

أظهرت نتائج أنماط حيود الأشعة السينية (XRD) أن جميع الأغشية المحضرة متعددة التبلور (Polycrystalline) بطبيعتها، وبتركيب من النوع أحادي الميل (Monoclinic) ، وبالالاتجاه السائد المفضل للنمو (002) و (111) ، ولا يوجد تغيير للاتجاه السائد بارتفاع درجة حرارة التلدين أو تغيير نسب التطعيم الثنائي، إذ أن ارتفاع درجة حرارة التلدين، وكذلك التطعيم الثنائي بالكاديوم والكوبلت بنسب (1+1) و (3+3) يؤدي إلى زيادة في شدة القمة لنمط حيود الأشعة السينية مع زيادة قيمة حجم البلوريات يرافقها نقص في قيم كل من الانفعال المايكروي، وكثافة الانخلاعات، وعدد البلوريات مقارنة بأغشية CuO غير المطعمة والملدنة بدرجة حرارة واطئة، أما التطعيم بنسب (5+5) و (7+7) لوحظ تناقص بالحجم البلوريات.

تم التأكد من وجود التراكيب النانوية للأغشية الرقيقة المحضرة من خلال التقنيات (XRD, FE-SEM, and AFM) ، إذ أظهرت نتائج قياسات للمجهر القوة الذرية (AFM) تأثيراً واضحاً في قيم كل من حجم الحبيبات وخشونة السطح، والجزر التربيعي لمربع متوسط خشونة بتغيير درجة حرارة التلدين، ونسب التطعيم للأغشية المحضرة. أما صور FE-SEM فأظهرت النمو الجيد، وشبه المنتظم لأغشية CuO غير المطعمة، إذ تمتلك تركيباً شبه كروي عند درجات حرارة التلدين

(425°C, and 475°C) ثم تصبح أشكالاً تشبه الأزهار النانوية عند درجات الحرارة العالية يصاحبها ظهور فراغات وزيادة في الحجم الحبيبي واتخاذ الحبيبات أشكال تشبه الصخور عند تطعيم الغشاء بالكاديوم والكوبلت واتخاذ الحبيبات أشكالاً تشبه الأحجار الصخرية الصغيرة (Rock Stones)، و القرنبيط النانوي (Caulis-Flower) للأغشية المطعمة ثنائياً مع اختلاف في قيم حجم الحبيبات، كما

بينت صور المقطع العرضي (Cross Sectional FE-SEM) تأثير سمك الأغشية بعمليتي التلدين والتطعيم. وتم التحقق من العناصر المكونة للأغشية (Cd, Co, Cu, and O) بواسطة التحليل الطيفي المشتت للطاقة (EDS).

تم دراسة الخصائص البصرية من خلال تسجيل طيفي الامتصاصية، والنفذية بضمن مدى الأطوال الموجية (300-1100nm)، إذ بينت النتائج نقصان امتصاصية الأغشية للضوء الساقط مع زيادة في قيم النفذية بزيادة الطول الموجي، و لوحظ أنها تسلك سلوكاً متقارباً في درجات حرارة التلدين (425°C, and 475°C) من ثم تزداد الامتصاصية عند 525°C لتقل بعدها عند 575°C بارتفاع درجات حرارة التلدين. أما عند تطعيم اغشيه CuO بالكادميوم والكوبلت كانت أفضل امتصاصية لأغشية CuO غير المطعمة وتقل إلى اقل قيمة عند نسبة التطعيم (1+1) ثم تزداد بزيادة نسب التطعيم لتقترب لامتصاصية اغشيه CuO النقية، وأن قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين وتتراوح قيمها (2.07eV-1.94eV) ، وعند التطعيم زاد مقدارها عن الغشاء غير مطعم (2.15eV-2eV) عند نسبة تطعيم (1+1) وبزيادة نسب التطعيم الثنائي تأخذ بالانخفاض لتقترب من فجوة الطاقة للغشاء CuO النقي

إن دراسة الخصائص الكهربائية أظهرت أن نوع حاملات الشحنة هو من النوع الموجب

(p-type) لجميع أغشية CuO غير المطعمة إذ لم تتأثر نوعية الحاملات بارتفاع درجة حرارة التلدين، فيما أظهرت الأغشية المطعمة اختلافاً في نوع حاملات الشحنة لجميع نسب التطعيم الثنائي، إذ تغيرت نوعية حاملات الشحنة إلى النوع السالب (n-type)، وأظهرت النتائج أن التطعيم الثنائي بالكادميوم والكوبلت يساهم بصورة عامة في تحسين الخصائص الكهربائية لأغشية أكسيد النحاس وأن أعلى توصيلية كهربائية كانت للغشاء المطعم ثنائي بنسبة (7+7) [3.50 × wt.%] Cd+ Co) $10^{+1} (\Omega.cm)^{-1}$ تقابلها اقل مقاوميه $[2.86 \times 10^{-2} (\Omega.cm)]$

وأظهرت نتائج دراسة التحسس لغاز الأمونيا (NH₃) باستخدام أغشية أكسيد النحاس غير المطعم والمطعم بالكادميوم والكوبلت، أن أعلى تحسس تم الحصول عليه كان لغشاء CuO غير المطعم إذ بلغت التحسسية لغاز (NH₃) بمقدار (28.8%) خلال زمن استجابة (Response time) مقداره (s12) وزمن استرداد (Recovery time) مقداره (104s) عند درجة حرارة الغرفة بينما اظهر الغشاء النقي تحسس للغاز بقيمة (29.11%) خلال زمن استجابة (27.9s) وزمن استرداد (41s) عند درجة حرارة (200K) ، بينما كان أفضل تحسسية للأغشية المحضرة عند نسبة تطعيم

المحتويات

رقم الصفحة	المحتوى	رقم الفقرة
□	المحتويات	
□□	قائمة الأشكال	
□□	قائمة الجداول	
□	قائمة الرموز	
□□	قائمة المختصرات	
	المقدمة والدراسات السابقة	الفصل الأول
1	المقدمة	(1 – 1)
2	طرائق تحضير الأغشية	(2 – 1)
3	عملية المحلول الهلامي	(3 – 1)
4	عملية الطلاء البرمي	(4 – 1)
7	الأكاسيد الموصلة الشفافة	(5 – 1)
7	أكسيد النحاس	(1-5-1)
8	الكادميوم	(2-5-1)
9	الكوبلت	(3-5-1)
11	الدراسات السابقة	(6 – 1)
17	هدف الدراسة	(7 - 1)
	الجزء النظري	الفصل الثاني
18	المقدمة	(1 – 2)
18	المواد الصلبة	(2 – 2)
19	البنية البلورية لأشباه الموصلات	(3 – 2)
19	أشباه الموصلات البلورية	(1 – 3 – 2)
20	أشباه الموصلات العشوائية	(2- 3 – 2)
21	حزم الطاقة في أشباه الموصلات	(4 – 2)
23	العيوب في المواد البلورية	(5 – 2)
24	تصنيفات أشباه الموصلات	(6 – 2)
24	أشباه الموصلات النقية (الذاتية)	(1- 6 – 2)
25	أشباه الموصلات غير نقية (غير ذاتية)	(2- 6 – 2)
26	تطعيم أشباه الموصلات	(7 – 2)
27	تقنيات تطعيم أشباه الموصلات	(8 – 2)
28	الخصائص التركيبية	(9 – 2)

28	حيود الأشعة السينية	(1- 9 - 2)
29	قانون براك	(2- 9 - 2)
30	المعلمات التركيبية	(3 - 9 - 2)
□2	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(10 - 2)
□□	مجهر القوة الذرية	(11 - 2)
□□	الخصائص البصرية	(12 - 2)
□□	تفاعل الضوء مع أشباه الموصل	(1- 12 - 2)
□□	الامتصاصية	(2 - 12 - 2)
□□	النفذية	(3 - 12 - 2)
□□	الانعكاسية	(4 - 12 - 2)
□7	حافة الامتصاص الأساسية	(5 - 12 - 2)
□8	الانتقالات الإلكترونية	(6 - 12 - 2)
□□	الثوابت البصرية	(8 - 12 - 2)
□□	الخواص الكهربائية	(13 - 2)
□□	مستشعر الغاز	(14 - 2)
4□	الحساسية	(1 - 14 - 2)
4□	أوقات الاستجابة والاسترداد	(2 - 14 - 2)
□□	تطبيقات متحسسات الغاز	(3 - 14 - 2)
	الجزء العملي	الفصل الثالث
□□	المقدمة	(1 - 3)
□□	منظومة الطلاء البرمي	(2 - 3)
□7	تحضير الأغشية الرقيقة	(3 - 3)
□7	تهيئة قواعد الترسيب	(1 - 3 - 3)
□8	تحضير المحاليل	(2 - 3 - 3)
□□	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة	(3 - 3 - 3)
□2	ترسيب الأغشية	(4 - 3 - 3)
□□	قياس سمك الأغشية الرقيقة	(4 - 3)
□□	القياسات التركيبية	(5 - 3)
□□	حيود الأشعة السينية	(1- 5 - 3)
□□	مجهر القوة الذرية	(2 - 5 - 3)
□□	المجهر الإلكتروني الماسح - الباعث للمجال	(3 - 5 - 3)
□□	القياسات البصرية	(6 - 3)
5□	القياسات الكهربائية (تأثير هول)	(7 - 3)
□7	قياس استشعار الغاز	(8 - 3)

	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
8	المقدمة	(1 - 4)
8	القياسات التركيبية	(2 - 4)
8	حيود الأشعة السينية	(1 - 2 - 4)
74	المجهر الإلكتروني الماسح-الباعث للمجال	(2 - 2 - 4)
86	مجهر القوة الذرية	(3- 2 - 4)
92	القياسات البصرية	(3 - 4)
92	الامتصاصية	(1 - 3 - 4)
	النفذية	(2 - 3 - 4)
	الانعكاسية	(3 - 3 - 4)
7	معامل الامتصاص	(4 - 3 - 4)
	فجوة الطاقة البصرية	(5 - 3 - 4)
2	طاقة اورياباخ	(6 - 3 - 4)
	الثوابت البصرية	(7 - 3 - 4)
	معامل الانكسار	(1- 7 - 3 - 4)
	معامل الخمود	(2 - 7 - 3 - 4)
8	ثابت العزل البصري المعقد	(3- 7 - 3 - 4)
	نتائج القياسات الكهربائية	(4 - 4)
	قياسات حساس الغاز	(5 - 4)
	قياسات استشعار اتجاه اختزال الغاز (NH3)	(1 - 5 - 4)
2	لاستنتاجات	(6 - 4)
2	المشاريع المستقبلية	(7 - 4)
2	المصادر	

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
الفصل الأول		
6	مراحل عملية الطلاء البرمي	(1 - 1)
7	التركيب البلوريات لأكسيد النحاس	(2 - 1)
9	التركيب البلوريات لأكسيد الكاديوم	(3 - 1)
10	التركيب البلوريات لأكسيد الكوبلت	(4 - 1)
الفصل الثاني		
21	التركيب البلوريات لا شبة الموصلات	(1 - 2)
22	حزم الطاقة في المواد الصلبة	(2 - 2)
22	فجوة الطاقة في المواد الصلبة	(3 - 2)
24	أنواع العيوب	(4 - 2)
26	شبة موصل النقي والتطعيم في أشباه الموصلات	(5 - 2)
28	تشخيص بالأشعة السينية	(6 - 2)
29	حيود الأشعة السينية	(7 - 2)
30	مخطط لمستويات البلورة وحيود براغ	(8 - 2)
33	مخطط أجزاء مجهر الإلكتروني الماسح - الباعث	(9 - 2)
34	رسم تخطيطي يمثل مجهر القوة الذرية	(10 - 2)
37	مناطق الامتصاص لا شبة الموصلات	(11 - 2)
39	أنواع الانتقالات الإلكترونية	(12 - 2)
43	ظاهرة تأثير هول	(13 - 2)
45	البنية النموذجية كحساس التوصيل	(14 - 2)
الفصل الثالث		
46	جهاز الطلاء البرمي	(1 - 3)
48	مخطط تفصيلي لتحضير الأغشية غير المطعمة والمطعمة	(2 - 3)
51	صور المحلول الهلامي غير مطعم والمطعم بنسب متساوية من الكاديوم والكوبلت	(3 - 3)
53	صور النماذج بعد التلدين بدرجات حرارة مختلفة	(4 - 3)
57	جهاز قياس الخصائص الكهربائية	(5 - 3)
56	صور القاعدة النماذج التي توضع عليها العينات	(6 - 3)
57	رسم تخطيطي لاستشعار الغاز والدائرة الكهربائية	(7 - 3)

الفصل الرابع

60	البطاقة الدولية القياسية (ICSD)	(1 – 4)
61	أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CuO غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(2– 4)
61	نمط حيود الأشعة السينية لأغشية CuO الملدنة بدرجات حرارة مختلفة للاتجاهين السائدين (111) and (002)	(3 – 4)
62	أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CuO المطعمة بالعنصرين (Cd-Co) بدرجة حرارة 475°C	(4 – 4)
62	نمط حيود الأشعة السينية لأغشية CuO المطعمة بالعنصرين (Cd-Co) بدرجة حرارة 475°C للاتجاه السائد (111)	(5 – 4)
65	ثوابت الشبكة كدالة لدرجات حرارة التلدين مختلفة لأغشية CuO غير مطعمة	(6 – 4)
65	ثوابت الشبكة كدالة لنسب التطعيم المتساوية لأغشية CuO المطعمة تطعيم ثنائي بالكاديوم وكوبلت	(7 – 4)
67	حجم البلوريات كدالة لدرجات حرارة التلدين لأغشية CuO الرقيقة المحضرة غير المطعمة لدرجات حرارة تلدين مختلفة	(a8 – 4)
67	حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CuO الرقيقة المحضرة المطعمة تطعيم ثنائي بالكاديوم والكوبلت بنسب متساوية عند درجة تلدين (425°C)	(b 8 – 4)
68	العلاقة بين (D_{111}) الحجم البلوريات و (β_{111}) عرض منتصف القمة كدالة لدرجات حرارة تلدين لأغشية CuO الرقيقة الملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(c8 – 4)
68	العلاقة بين (D_{111}) الحجم البلوريات و (β_{111}) عرض منتصف القمة كدالة لنسب التطعيم لأغشية CuO الرقيقة المطعمة تطعيم ثنائي متساوي	(e8 – 4)
69	عامل تشكيل كدالة لدرجة حرارة تلدين لأغشية CuO الرقيقة الملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a9 – 4)
70	عامل التشكيل كدالة لنسب تطعيم لأغشية CuO الرقيقة مطعمة تطعيم ثنائي متساوي بعنصرين الكاديوم والكوبلت ملدنه بدرجة حرارة (475°C)	(b9 – 4)
71	الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CuO غير المطعمة لدرجات حرارة مختلفة	(a10– 4)
72	الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالعنصرين الكاديوم والكوبلت عند درجة حرارة (475°C)	(b10– 4)

72	العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CuO الملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(c10- 4)
73	العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CuO غير والمطعمة ثنائيا بنسب متساوية بالكادميوم والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (475°C)	(d10- 4)
76	صور (SEM) مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO غير المطعمة الملدنة بدرجة حرارة (425°C)	(a11 - 4)
77	صور (SEM) مع المقطع العرضي (Cross-Section) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO غير المطعمة الملدنة بدرجة حرارة (475°C)	(b11 - 4)
78	صور (SEM) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO غير المطعمة الملدنة بدرجة حرارة (525°C)	(c11 - 4)
79	صور (SEM) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO غير المطعمة الملدنة بدرجة حرارة (575°C)	(d11- 4)
80	صور (SEM) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO المطعمة الملدنة بدرجة حرارة (475°C)	(e11- 4)
81	صور (SEM) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO المطعمة و ملدنة بدرجة حرارة (475°C)	(f11- 4)
82	صور (SEM) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO المطعمة و ملدنة بدرجة حرارة (475°C)	(g11- 4)
83	صور (SEM) مع المقطع العرضي (Cross-Section) مع مخطط توزيع الحجمي الحبيبي لأغشية CuO المطعمة و ملدنة بدرجة حرارة (475°C)	(h11- 4)
85	صور تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) لأغشية CuO المحضرة	(12-4)
88	صور ثلاثية الابعاد AFM لأغشية CuO غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a-13 - 4)
89	صور ثلاثية الابعاد AFM لأغشية CuO المطعمة ثنائيا بنسب متساوية بالكادميوم والكوبلت	(b-13 - 4)
90	تغير الحجم الحبيبي مع درجات حرارة التلدين ونسب التطعيم لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي متساوي بالكادميوم والكوبلت	(14 - 4)
91	(a) تغير الخشونة مع درجات حرارة التلدين (b) نسب التطعيم المتساوية لأغشية CuO	(15 - 4)

93	طيف الامتصاصية لأغشية CuO غير المطعمة والملدن بدرجات حرارة مختلفة	(a16 – 4)
93	طيف الامتصاصية لأغشية CuO غير مطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي بنسب متساوية بالكاديوم والكوبلت والملدن بدرجة حرارة 475°C	(b16 – 4)
95	طيف النفاذية لأغشية CuO غير المطعمة لدرجات حرارة تليدين مختلفة	(a17 – 4)
95	طيف النفاذية لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي بنسب متساوية بالكاديوم والكوبلت والملدن بدرجة حرارة 475°C	(b17 – 4)
96	الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CuO غير المطعمة والملدن بدرجات حرارة مختلفة	(a18 – 4)
97	الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بالعنصرين الكاديوم والكوبلت وبدرجة تليدين 474°C	(b18 – 4)
98	معامل الامتصاص (α) لأغشية CuO المحضرة غير مطعمة والملدن بدرجات حرارة مختلفة	(a19 – 4)
99	معامل الامتصاص (α) لأغشية CuO غير مطعمة المطعمة بنسب متساوية من الكاديوم والكوبلت المدنة بدرجة حرارة 475°C	(b19 – 4)
101	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح به لأغشية CuO غير المطعمة المدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a20 – 4)
102	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح به لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية من أيونات الكاديوم والكوبلت المدنة بدرجة حرارة 475°C	(b20 – 4)
103	العلاقة بين طاقة الفوتون ($h\nu$) و [$\ln(\alpha)$] لأغشية CuO غير المطعمة المدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a21 – 4)
104	العلاقة بين طاقة الفوتون ($h\nu$) و [$\ln\alpha$] لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي بالكاديوم والكوبلت المدنة بدرجة حرارة 475°C	(b21 – 4)
105	معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة المدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a22 – 4)
106	معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية من الكاديوم والكوبلت المدنة بدرجة حرارة 475 °C	(b22 – 4)
107	معامل الخمود (K_0) كدالة لطاقات الفوتون لأغشية CuO غير المطعمة الملدن بدرجات حرارية مختلفة	(a23 – 4)
107	معامل الخمود (K_0) كدالة لطاقات الفوتون لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي المدنة بدرجة حرارة 475°C	(b23 – 4)

109	ثابت العزل الحقيقي (ϵ_1) كدالة لطاقات الفوتونات ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a24 – 4)
109	ثابت العزل الحقيقي (ϵ_1) كدالة لطاقات الفوتونات ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي بالكاديوم والكوبلت والملدنة بدرجة حرارة 475°C	(b24 – 4)
110	ثابت العزل التخيلي (ϵ_2) كدالة لطاقات الفوتونات ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة مختلفة	(a25 – 4)
110	ثابت العزل التخيلي (ϵ_2) كدالة لطاقات الفوتونات ($h\nu$) لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائي بالكاديوم والكوبلت والملدنة بدرجة حرارة 475°C	(b25 – 4)
112	التوصيلية الكهربائية والمقاومية ومعامل هول كدوال لدرجة حرارة التلدين المختلفة لأغشية CuO غير مطعمة	(a26 – 4)
113	التوصيلية الكهربائية والمقاومية النوعية ومعامل هول كدوال لنسب التطعيم لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بالكاديوم والكوبلت الملدن بدرجة حرارة (475°C)	(b26 – 4)
116	تغير المقاومة كدالة للوقت لغشاء CuO غير المطعمة والملدن بدرجة حرارة 475°C لدرجات تشغيل (25, 80, 140, and 200°C)	(a 27 – 4)
117	تغير المقاومة كدالة للوقت لغشاء CuO المطعمة بنسبة (1% Cd+) والملدن بدرجة حرارة 475°C لدرجات تشغيل (25, 80, 140, and 200°C)	(b27 – 4)
118	تغير المقاومة كدالة للوقت لغشاء (CuO) المطعمة بنسبة (3% Cd+ Co) والملدن بدرجة حرارة 475°C لدرجات تشغيل (25, 80, 140, and 200°C)	(c27 – 4)
119	تغير المقاومة كدالة للوقت لغشاء (CuO) المطعمة بنسبة (5% Cd+ Co) والملدن بدرجة حرارة 475°C لدرجات تشغيل (25, 80, 140, and 200°C)	(d27 – 4)
120	تغير المقاومة كدالة للوقت لغشاء (CuO) المطعمة بنسبة (7% Cd+ Co) والملدن بدرجة حرارة 475°C لدرجات تشغيل (25, 80, 140, and 200°C)	(e27 – 4)
121	التحسينية كدالة لدرجة الحرارة لجميع اغشيه أكسيد النحاس CuO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالكاديوم (Cd) والكوبلت (Co) الملدنة بدرجة حرارة 475°C	(28 – 4)
122	العلاقة بين زمن الاستجابة والاسترداد مع درجات الحرارة تشغيل المختلفة	(29 – 4)

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
الفصل الثالث		
50	(a) الكميات والنسب المستعملة في تحضير أغشية (CuO) غير المطعمة و (b) الكميات والنسب المستعملة في تحضير أغشية (CuO) المطعمة ثنائي بنسب متساوية بالكاديوم والكوبلت.	(1 – 3)
الفصل الرابع		
63	زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية وحجم البلوريات للأغشية المحضرة	(1 – 4)
64	قيم الثوابت شبكية (a, b, c) لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة بعنصري الكاديوم والكوبلت	(2 – 4)
73	عرض منتصف القمة (β) وحجم البلوريات (D) وعامل التشكيل (CT) والانفعال المايكروني (ϵ) وكثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0) التي تم الحصول عليها من فحوصات حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة	(3 – 4)
75	قيم أصغر وأكبر حجم حبيبية ووسيط ومعدل الحجم الحبيبي والانحراف المعياري للأغشية المحضرة غير المطعمة والمطعمة تطعيم ثنائيا بالكاديوم والكوبلت	(4 – 4)
87	قيم خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة والحجم الحبيبي للأغشية المحضرة.	(5 – 4)
102	قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات الإلكترونية المباشرة	(6 – 4)
103	قيم طاقة اوريباخ	(7 – 4)
113	نتائج قياسات تأثير هول لأغشية CuO غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بالكاديوم والكوبلت	(8 – 4)
123	بيانات قياسات التحسس لغشاء CuO غير مطعم والمطعم بنسب متساوية من الكاديوم والكوبلت كمستشعرات لغاز NH_3	(9 – 4)

قائمة الرموز

وحدة القياس	المعنى	الرمز
Nm	الطول الموجي	Λ
Degree($^{\circ}$)	زاوية حيود براك	Θ
---	معاملات ميلر	(hkl)
\square	المسافة بين المستويات البلورية	d_{hkl}
---	مرتبة الحيود	N
\square	ثابت الشبكة	A
$eV/m^2.s$	شدة الشعاع الساقط	I_o
$eV/m^2.s$	شدة الشعاع النافذ	I_t
$eV/m^2.s$	شدة الشعاع الممتص	I_A
radian	عرض منحنى منتصف القمة (FWHM)	B
Nm	معدل الحجم البلورية	Dave
Nm	حجم البلورية للمستوي (hkl)	D_{hkl}
---	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) باستخدام XRD	$I(hkl)$
---	الشدة القياسية للمستوي (hkl) المعتمدة في البطاقة الدولية	$I_o(hkl)$
---	عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية	N
---	الانفعال المايكروني	E
cm^{-2}	كثافة الانخلاعات	Δ
cm^{-2}	عدد البلورية	N_o
---	الانعكاسية	R
---	الامتصاصية	A
---	النفذية	T
Nm	سمك الغشاء	T
cm^{-1}	معامل الامتصاص	A
---	ثابت التناسب	$A \square$
eV	فجوة الطاقة البصرية	$\square \square$
eV	طاقة الفوتون	$h\nu$
---	معامل أسي يعتمد على نوع الانتقال	R
---	ثابت يعتمد على طبيعة المادة	P
eV	طاقة اورياخ	E_u
eV	طاقة الفونون	E_{ph}
---	معامل الانكسار المعقد	N^*
m/s	سرعة الضوء في الوسط	v

m/s	سرعة الضوء في الفراغ	C
----	معامل الانكسار الحقيقي	n_o
---	معامل الخمود	K_o
---	ثابت العزل البصري المعقد	ϵ_o
---	الجزء الحقيقي لثابت العزل البصري	ϵ_1
---	الجزء الخيالي لثابت العزل البصري	ϵ_2
V	فولتية هول	V_H
cm^3/c	معامل هول	R_H
cm^2/v_s	تحركية هول (الشحنة)	M_H
cm^{-3}	تركيز حاملات الشحنة	n_H
Tesla	شدة المجال المغناطيسي	B_Z
m/s	سرعة الانجراف	v_d
$(\Omega.cm)^{-1}$	التوصيلية الكهربائية	σ
mol/L	المولارية	M
g/mol	الوزن الجزيئي	$\square \square \square$
g/cm^3	كثافة مادة الغشاء	ρ
rotation/min	rotation per minute	Rpm

قائمة المختصرات

المعنى	المصطلح العلمي	المختصر
حيود الأشعة السينية	X-Ray Diffraction	XRD
عرض المنحني لمنتصف القمة	Full Width at Half Maximum	FWHM
المجهر الإلكتروني الباعث للمجال	Field-Emission Scanning Electron Microscopy	FE-SEM
مجهر القوة الذرية	Atomic Force Microscopy	AFM
الأشعة فوق البنفسجية	Ultra Violet	UV
حزمة التكافؤ	Valence Band	V.B
حزمة التوصيل	Conduction Band	C.B
الترسيب الفيزيائي البخار	physical vapor deposition	PVD

الفصل الأول

المقدمة والدراسات

السابقة

(1-1) المقدمة

تميز العصر الحالي بهيمنة العلوم الحديثة على كل مظاهر الحياة وعلى مصير وتقدم الأمم والشعوب. كان لابد من إيجاد مكونات تفي بالغرض نتيجة التطورات والتقدم الصناعي والتكنولوجي بشكل سريع، وهذا يعود بدوره إلى تطلب دراسة شاملة وملمة بالعلم، وأن بروز علم الإلكترونيات الدقيقة أو ما يسمى بعلم أشباه الموصلات جعل منها مواد ذات خصائص الكرتونية جيدة [1]. تعد الأكاسيد الموصلة المساهمة الأكبر في دراسة مواد أشباه الموصلات لما لها من خصائص كهربائية وضوئية كما يعود الفضل لبنيتها المتميزة والمختلفة واستخدامها في مجالات متعددة مثل الكواشف ومرشحات التداخل ودخولها في تصنيع مكونات الأجهزة الإلكترونية كما لصغر حجمها وخفة وزنها دخلت في بناء الحاسبات الإلكترونية الرقمية وتطوير أجهزة الفضاء [2,3]. ومن أبرز هذه الأكاسيد أكسيد النحاس (CuO)، وهو من أشباه الموصلات المهمة بوصفه أحد أبرز مركبات النحاس الكيميائية الذي لا يذوب في الماء أو القواعد، لكنه يذوب في الحوامض كما يمتاز بتركيب بلوري أحادي الميل، وتتراوح قيمه فجوة نطاق الطاقة بين (1.2 إلكترون فولت إلى 2.1 إلكترون فولت) ويظهر توصيلية كهربائية من نوع (p-type) نتيجة لوجود فائض من الأكسجين (O) أو النحاس (Cu) في هيكله البلوري، يحتوي (CuO) أيضاً على فجوة طاقة مباشرة، ولديه امتصاص بصري عالٍ في منطقة الضوء المرئي، ومنطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR. بالإضافة إلى ذلك، فإنه مادة غير سامة، ومنخفضة التكلفة. تؤدي خصائص CuO هذه إلى استخدام وتطبيق أغشية الرقيقة ذات البنية النانوية في التطبيقات المحتملة المختلفة مثل الخلايا الشمسية، والديود الضوئي، ووسط استشعار الغاز، وتطبيقات أشباه الموصلات [4]. وهناك طرائق مختلفة يتم استخدامها في إنتاج الأغشية الرقيقة وبدرجات متفاوتة من الجودة والسرعة والتكلفة، ويمكن إدراج هذه الطرائق تحت أسلوبين هما الطرائق الفيزيائية، والطرائق الكيميائية، وتشمل هذه الطرائق تحضير الأغشية الرقيقة بطرائق التخليق الكيميائي الرطب، والرش الكيميائي، وترسيب الليزر النبضي، وتكسير الحزم الجزئية، والترسيب الكهربائي [6]. ومن بين الطرائق وأهمها لتحضير الأغشية الرقيقة هي طرائق الطلاء البرمي (spin coating) إذ تتميز ببساطتها في التحضير، وقلة التكلفة، وإمكانية الحصول على أغشية متجانسة لمساحة كبيرة وكما تتمتع هذه الطرائق بإمكانية تصميم الخصائص النهائية للأغشية الرقيقة المحضرة، حسب النوع وتراكيز المواد وكذلك درجات حرارة التلدين [7].

(2-1) طرائق تحضير الأغشية الرقيقة

إنّ التطور العلمي والتكنولوجي الكبير أدى إلى تنوع البحوث الخاصة في دراسة الخواص الفيزيائية لذا تعددت تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة وتطورت وتعقدت الأجهزة الدقيقة والمكلفة جدا المستخدمة في تحضيرها، مما أدى هذا إلى البحث عن تقنيات اقل تعقيداً وتكلفة وبنفس المميزات وكل تقنية من هذي التقنيات تمتاز بمميزات خاصة بها من حيث الدقة والسيطرة على سمك الغشاء و تجانسه ودرجة عالية من النقاوة تحضيرها للغشاء [3, 4]. يمكن تقسيم تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة على قسمين أساسيين هما [5]:

أولاً: تقنيات فيزيائية (Physical Techniques): وتتمثل بترسيب طبقات للشعاع الجزيئي، والترديز (Sputtering) والترسيب البخاري (PVD) وغيرها من التقنيات

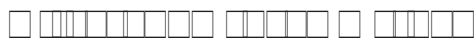
ثانياً : تقنيات كيميائية (Chemical Techniques): تتمثل بالترسيب بالطور الغازي (Gas Phase) والترسيب بالمحلول (Solution Deposition) والطلاء الكهربائي (Electro polarity) والمحلول الغروي (Sol-Gel) [6].

(□) الطرائق الفيزيائية

من طرائق ترسيب الأغشية الرقيقة لمجموعة من المواد بما في ذلك الأكاسيد الموصلية الشفافة هي الطرائق الفيزيائية نذكر منها .

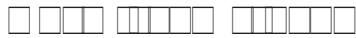
• طرائق الترديز

هي طرائق تعتمد على قصف جسيمات دقيقة بسرعة عالية على المادة (الهدف) التي يراد تحضير الغشاء منها إذ تؤدي الجسيمات الدقيقة ذات السرعة العالية على قلع ذرات من سطح الهدف لتستقر على القاعدة المكونة لذلك الغشاء الرقيق، عند استخدام جسيمات ذات أيونات موجبة عند ذلك تدعى الطرائق بطرائق الترديز السالب (D.C sputtering) من مميزات هذه الطرائق أنّ الأغشية تكون شديدة الالتصاق بالقاعدة ويمكن الحصول منها على أغشية رقيقة ذات مساحات كبيرة ومتجانسة [7].



• طرائق الرش بالأمواج فوق الصوتية

تعتمد الطرائق على طاقة الأمواج فوق الصوتية لرش المحلول متكون من عناصر متفاعلة بشكل رذاذ يتم توليد الموجات فوق الصوتية بواسطة مولد موجات عالية التردد (40 khz)، إذ يتم تقسيم المحلول المتفاعل بشكل حبيبات صغيرة جدا يبلغ قطر كل قطرة بحدود (40µm) على قاعدة ساخنة، و تكون درجة حرارة القاعدة كافية لتنشيط التفاعل الكيميائية حتى يمكننا تحقيق هذه التقنية في الهواء (الضغط الجوي) أو في غرف تحت الفراغ[8].



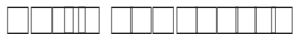
(□) الطرائق الكيميائية

يمكن استخدام طرائق كيميائية لترسيب مجموعة من المواد ومن ضمنها الأكاسيد الموصلة الشفافة نذكر منها :



• طرائق الترسيب بالبخر الكيميائي

يمكن استخدام هذه الطرائق للحصول على أغشية رقيقة نقيه من المعادن وأشبه الموصلات والعوازل. إذ تعتمد تقنية هذه الطرائق على تفاعل بخار المادة مع الغازات أو السوائل أو الأبخرة أخرى على قاعدة المراد الترسيب عليها الغشاء، ناتج هذا التفاعل غير المتطاير تترسب تدريجيا بشكل ذرة بعد ذرة على القاعدة[9].



(3-1) عملية المحلول الهلامي

على الرغم من اكتشاف هذه الطرائق منذ ما يقارب من 200 سنة، إذ اتخذت هذه الطرائق موضعا في الصناعة منذ ستينيات القرن الماضي، وفي السنوات الأخيرة قد تزايد استخدامها لما تقدمه من مميزات لا تمتلكها الطرائق الأخرى وخصوصا الحرارية منها. فهي طرائق موجهة لتشكيل الأكاسيد العضوية، وتحويلها من بنى هلامية إلى بنى زجاجية (غير متبلورة) صلبة عند درجات حرارة منخفضة[10]. فهي طرائق تجمع بين التحكم في البنية المجهرية للتركيب للمستوى الذري والجزيئي وكذلك لها القدرة على تشكيل المواد وفق تكوينات مختلفة. تعد طرائق المحاليل الهلامي من الطرائق المثالية في تحضير كل من المواد النانوية والمواد الخزفية والألياف والأغشية الرقيقة. يعتمد مبدأ التوليف للمحلول الهلامي على مواد أولية ذات حالة صلبة وقابلة الذوبان في المذيبات لينتج عنها محاليل رائقة متجانسة في ظروف قابلة للرعاية كدرجة الحرارة، والوقت، والضغط، وغيرها بعد ذلك

يتحول المحلول لمادة لزجة تحت تأثير الظروف ذاتها[11, 12]. ان التقنية الكيميائية لتحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة اللزجة تدعى بعملية المحلول الهلامي (Sol-Gel)[13]، ان التقنية الكيميائية الرطبة المستخدمة في تحضير جسيمات نانوية غروية أو أكاسيد غروية من المحاليل الكيميائية تدعى (Sol) ومن ثم نظام متكامل هلامي يدعى (Gel)، وتعد طرائق المحلول الهلامي من أكثر العمليات تنوعا لتحضير الأكاسيد اذ تخضع لأشكال متنوعة من تفاعلات التحلل المائي والتكثيف المتعدد لتكوين المادة الهلامية، يتكون النظام من جسيمات صغيرة صلبة يتراوح قطرها بين (1 نانومتر-1 مايكرومتر) متجانس داخل المذيب، وتتطلب العملية إزالة السوائل متمثلة بالمذيبات بعملية التجفيف وعادة مصحوبة بانكماش بكميات كبيرة ولتكوين مادة مسامية ويتم زيادة عملية التكثيف وتعزز الخواص الميكانيكية بالمعالجة الحرارية[12, 14]، هناك معلمات كثيرة تؤثر على عمليتي التحلل المائي والتكثيف وهذه المعلمات لها أثرهم في تحديد تركيب وخصائص المواد المركبة منها: الأس الهيدروجيني، والنسبة المولية، ودرجة حرارة، ونوع المادة، ونوع المذيب، وظروف التعتيق، والتجفيف[15]. و من مميزات طرائق المحلول الهلامي هي إمكانية تحضير بحرارة واطئة تعمل على تقليل خطر التبلور وانفصال الأشكال والتفاعل بين المواد ذات الحرارة الواطئة، والحصول على نقاوة عالية[16].

يمكن تقسيم عمليات الطلاء بطرائق المحلول الهلامي إلى ما يلي:

1. الطلاء البرمي (spin coating).
2. الطلاء بالغمر (Dip coating).
3. الطلاء المسحوب (Drawdown coating).
4. الطلاء بالترذيذ (Spray coating).

□□□□ □ □□□□□ □□□□□□

□□ - 4) عملية الطلاء البرمي

هي التقنية التي سوف نستخدمها في بحثنا لتحضير الأغشية الرقيقة، إذ تعد طرائق الطلاء البرمي من الطرائق التي تم وصفها قديما إذ تم وصفها لأول مرة من قبل (Emslie) وجماعته عام (1958)، ومن قبل (Meyerhofer) بعد إجراء العديد من التبسيط عليها عام (1987)[17]، تقنية الطلاء البرمي من الطرائق المستخدمة بشكل واسع لترسيب اغشيه بسمك واحد على قواعد صلبة مستوية[18]. في هذه التقنية يتم وضع قطرة من محلول المراد ترسيبه في منتصف القاعدة ويتم

تدويرها حتى تصل إلى السرعة المطلوبة ومن خلال الاستفادة من قوة الطرد المركزي التي تعمل على انتشار المحلول المرسب إلى حواف القاعدة والتخلص من الفائض خارج هذه الحواف [19] وأخيراً يترك المحلول المرسب ليُجف للحصول على السمك المطلوب من الغشاء مع التجفيف والتلدين إذ يعمل التلدين على زيادة صلادة الغشاء وزيادة قوة التصاق مع القاعدة. أما بقية الخصائص فتعتمد على طبيعة كل من (لزوجة المحلول المراد ترسيبه، ونسبة التجفيف، ومقدار أو تركيز المواد الصلبة المستخدمة والشد السطحي وغيرها). ويمكن تقسيم عملية الطلاء البرمي على عدد من المراحل الأساسية كما بينها الشكل (1-2) [20, 21]:-

1- المرحلة الأولى ترسيب المحلول أو الطلاء (Deposition or Coating)

يتم في هذه المرحلة توزيع المحلول على القاعدة ويمكن الترسيب بعدة طرائق منها

- يتم وضع قطرة صغيرة في منتصف القاعدة .
- يتم الترسيب بشكل التدفق المستمر على القاعدة إلى ان يتم تغطية القاعدة بالكامل.
- يتم بوضع قطرة كبيرة تغطي القاعدة بالكامل.

ويعتمد معدل القطرات على مقدار مساحة السطح ولزوجة المحلول

2- المرحل الثانية مرحلة بدء البرم (Spin up)

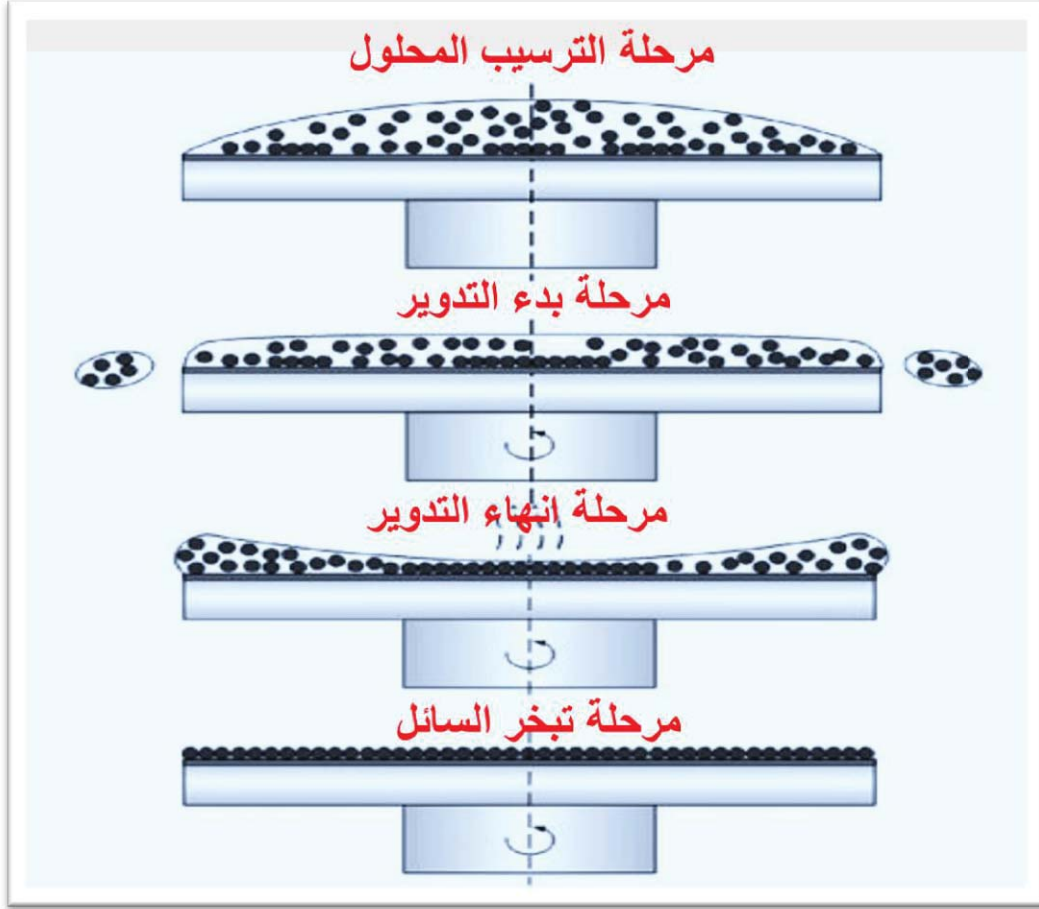
يتم في هذه المرحلة تدوير القاعدة وصولاً إلى السرعة المطلوبة ويتأثير قوة الطرد المركزي يتم نشر المحلول الهلامي المراد ترسيبه على القاعدة (في هذه المرحلة يتم تحديد السمك عن طرائق السرعة والزمن للدوران)

3- المرحلة الثالثة مرحلة إنهاء التدوير (Spin off)

يتم في هذه مرحلة إزالة السائل الفائض من سطح القاعدة بشكل قطرات متطايرة خارج حواف القاعدة بسبب التناقص في سرعة التدوير قد يكون عدد الألف إلى بضعة عشرات

4- المرحلة الرابعة مرحلة تبخر المذيب (Solvent Evaporation)

يتم في هذه المرحلة التي فيها تبخر المذيب وبدأ عملية التنوي والنمو للمواد العالقة أو المذابة في السائل المرسب لتنتج طبقة ذات انتشار منخفض تدعي الغشاء الرقيق



الشكل (1-1): مراحل عملية الطلاء البرمي (Spin Coating) [21].

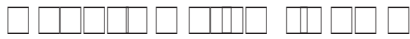
هنالك عوامل تؤثر على تجانس الغشاء المحضر بتقنية الطلاء البرمي والتي يتعين النظر إليها منها لزوجة المحلول، وتركيز المحلول المرسيب، وسرعة دوران القاعدة، وزمن دوران القاعدة، ونسبة تبخر المذيب من المحلول المرسيب. ولكل تقنية إيجابيات وسلبيات من إيجابيات تقنية الطلاء البرمي سهولة الحصول على المعدات المستخدمة في الترسيب، وإمكانية الحصول على أكثر من طبقة مختلفة على القاعدة نفسها، والسرعة في الية الترسيب، وإمكانية تغطية سطح القاعدة الواسع بكميات صغيرة من المحلول المراد ترسيبه أما السلبيات منها إشكالية في سمك الغشاء في القواعد الكبيرة، وصعوبة الحصول على نقاوة في طبقاتها، وتتطلب مذيبيات بضمن خواص محددة [22].

(5-1) الأكاسيد الموصلية الشفافة

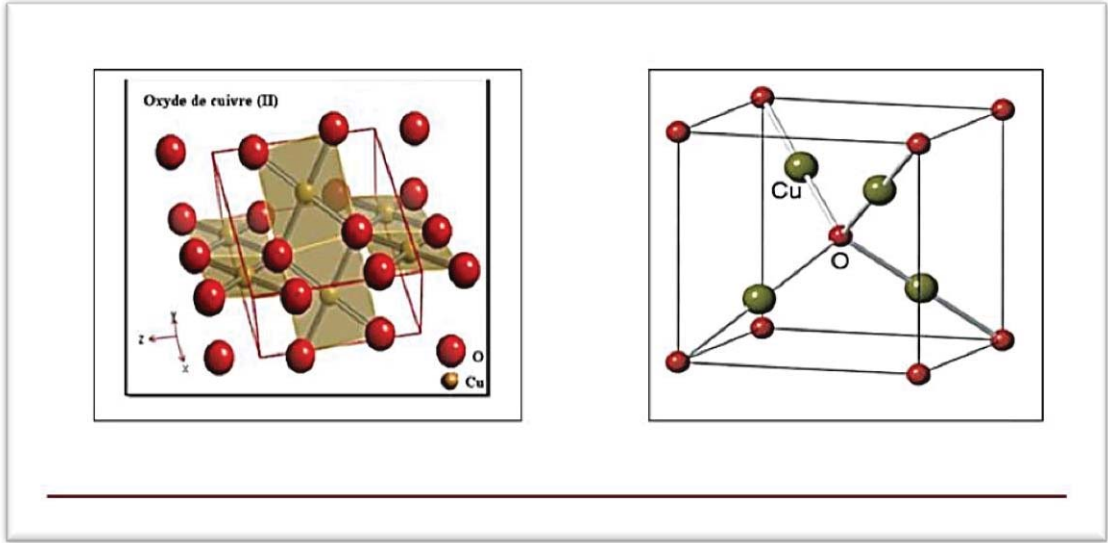


جذبت في السنوات الماضية الأكاسيد الموصلية الشفافة (TCO) الكثير من الاهتمام من قبل الباحثين لما تمتاز فيه هذه المواد من مميزات عن غيرها من المواد ، اذ تمتلك هذه الأكاسيد انعكاسية عالية في مناطق تحت الحمراء ونفاذية بصرية عالية في المنطقة المرئية هي أشباه موصلات مركبة من معدن متحد مع الأوكسجين . أي بصورة أخرى أشباه الموصلات أوكسيد مثل أوكسيد النحاس (CuO) وأوكسيد الزنك (ZnO) وأوكسيد النيكل (NiO) الخ[23]. ويرمز لها بصورة عامة برمز (M_xO_y) إذ يمثل M الرمز الكيميائي للمعدن أما O فيمثل رمز الأوكسجين الكيميائي وتمثل كل من x و y أعداد الستيوكنتريهه [24]. سنتناول بعض الأكاسيد التي تخص دراستنا في هذا البحث

(1-6-1) أوكسيد النحاس



أوكسيد النحاس هو مركب كيميائي ذو صيغة (CuO) ويعد أحد أهم أوكسيد من أشباه الموصلات التي تنتمي لعائلة الأكاسيد الموصلية المعتمدة. إنَّ أوكسيد النحاس معروف بتركيبية البلوريات أحادي الميل (Monoclinic) ذو ثابت شبكية (a=4.683Å) تحتوي الخلية الواحدة منة على اربع جزيئات من CuO تحيط بكل ذرة من Cu أو O اربع ذرات من نوع الأخر كما موضح في الشكل (1-1) [25].



الشكل (1-2): البنية البلورية لأوكسيد النحاس [26].

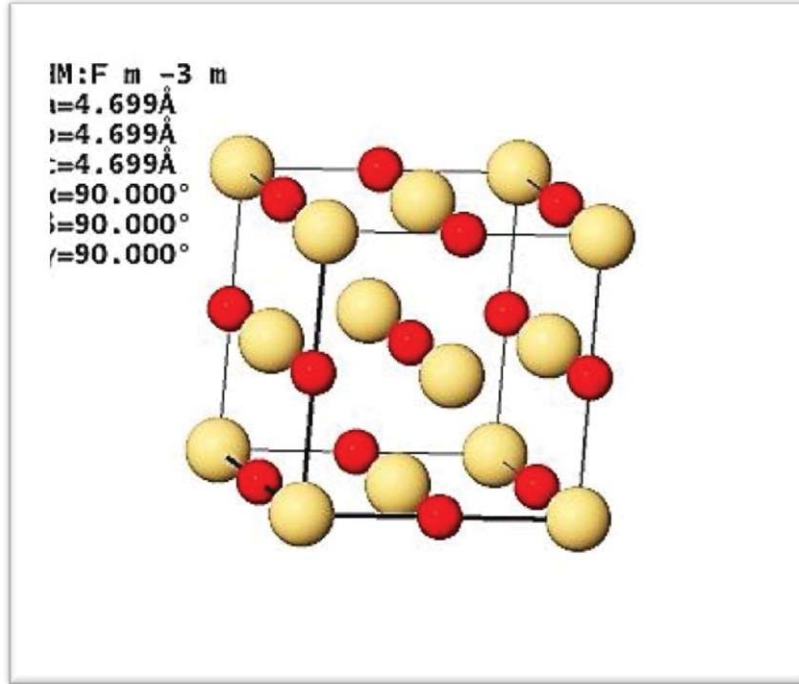
وأن أكسيد النحاس ذو موصلية من نوع (p-type) إذ يعرف كمادة وفيرة وذو مغناطيسية مضادة، وهو ذي عزم مغناطيسي محلي يبلغ (0.69-6.65 μ_B) وأن أكسيد النحاس ذو ناقلية منخفضة. وله تباين في قيم المقاومة وذلك بحسب طرائق الترسيب [27]، ولا يذوب في الماء أو القاعدة وهديم الراحة، وله فجوة الطاقة مستقرة (2.1eV-1.3eV) [28]. يتمتع أكسيد النحاس بخصائص بصرية مميزة عن غيره مما جعله محط اهتمام الباحثين والعلماء منها: امتصاصيته العالية في المجال المرئي إذ يبلغ معامل الامتصاص (10^4 cm^{-1}) عند (500 nm) وله نفاذية تتراوح بين (0%-80%) ومعامل انكسار عالي يتراوح بين (1.3-3) [29]. من خلال الخصائص الفريدة لأغشية أكسيد النحاس رقيقة لقيت اهتمام في السنوات الأخيرة لدخولها في تطبيقات واسعة منها في تطبيقات الخلايا الشمسية إذ استخدمت في تطبيقات نبات تحويل الطاقة الشمسية، وفي متحسسات الغاز (Gas Sensors) وبطاريات الليثيوم، ووسائط الخزن المغناطيسي (Magnetic storage Media)، وفي النبائط المغناطيسية (Magnetic Devices)، وفي صناعة الدايودات الباعثة للضوء، والترانستور، وفي الأجهزة الكهروضوئية، ومن خلال ميزة انخفاض درجة حرارة النحاس استخدمت كموصل الإلكتروني [30].

□ □ □ □ □ □ □ □

(2-6-1) الكاديوم

يعدُّ الكاديوم من الفلزات الانتقالية. والرمز الكيميائي له (Cd) والطبقة الإلكترونية ما قبل الخارجية في ذرته شبة مشبعة (18 إلكترون) في حين طبقة الخارجية بالكرونيين والكاديوم شبيه بعنصر الخارصين في الجدول الدوري، يمتلك الكاديوم حالتين من الأكسدة (Cd^{+1}, Cd^{+2}) وبفضل خواصه الممتازة يعمل كناقل كهربائي، ويشبه الكاديوم في سلوكه الكيميائي عناصر المعادن القلوية الترابية وخاصة المغنسيوم (Mg) فدرجة أكسدة (+2) ولا يأخذ أعلى من ذلك بسبب جهد التأين الثالث اللازم لا بعدد الكترون (d) كما ان أكسيده صعب الانحلال في الماء ويشكل الكاديوم أملاحا كثيرة تشبه أملاح المغنيزيوم من حيث البنية البلورية والتركيب [31]. ومن أكاسيده أكسيد الكاديوم (CdO) من أشباه الموصلات ذات الحاملات من (n-type) ويمتلك فجوة طاقة ضيقة (2.2 eV-2.6 eV) فجوة نطاق غير مباشرة ومباشرة على التوالي [32]. أما عن البنية البلورية أكسيد الكاديوم ذو تركيبية مكعب متمركز الأوجه (Fcc)، إذ تتكون الخلية الواحدة الاعتيادية من أربع نقاط شبكية يرافق كل نقطة من هذه النقاط أساس مكون من أيونين أحدهما أيون الأوكسجين السالب (O^{-2}) وأيون الكاديوم الموجب (Cd^{+2}) وكما في الشكل (1-3)، وبذلك تكون الخلية الواحدة تحتوي على أربع

أيونات كاديوم موجبة تحتل رؤوس المكعب ومراكز أوجه المكعب أما أيونات الأوكسجين السالبة فتحتل أنصاف أضلع المكعب وهو ذو نصف قطر أيوني (0.95Å)[33].



الشكل (3-1): التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم (CdO)[33].

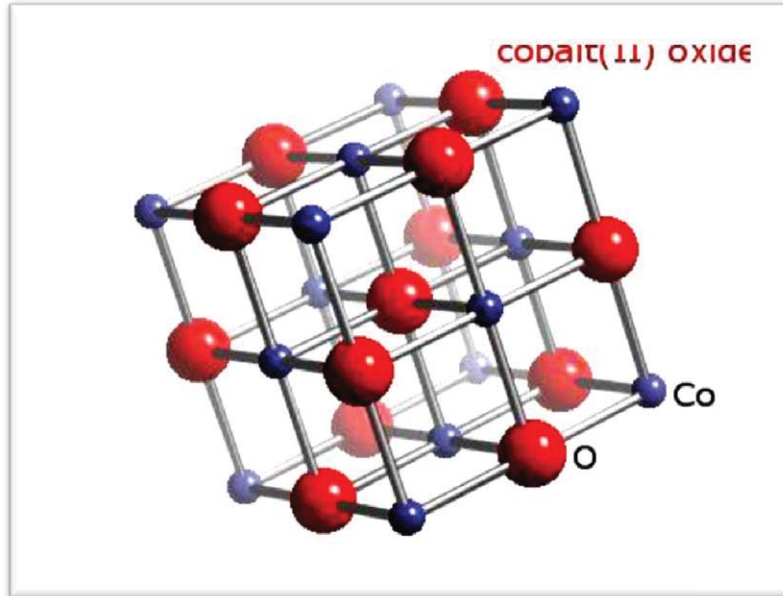
إنَّ تركيبة أوكسيد الكاديوم مع أنواع من المواد الأخرى مختلفة تؤكد إمكانية ضبط خصائص المواد الخاصة ليتم تطويرها واستخدامها في تطبيقات جديدة منها أجهزة تحسس الإلكتروني الضوئية، وفي المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب امتلاكها عامل امتصاص عالٍ بالإضافة لاستخدامها في ثنائيات الباعثة للضوء أو النوافذ الذكية أو ترانزستورات أو متحسس الغازات[34].

□ □ □ □ □

(3-6-1) الكوبالت

الكوبالت معدن رمزه الكيميائي Co، عدده الذري 27، وهو في زمرة الحديد (الفصيلة 8) التي تشمل إضافة إلى الكوبالت في هذه الزمرة الحديد Fe (عدده الذري 26)، والنيكل Ni (عدده الذري 28)، وصنفت هذه العناصر في ثلاثية واحدة؛ لأن التشابه بينها أشد من التشابه المعتاد بين العنصر والعناصر التي تقع تحته في عمود واحد في الجدول الدوري. الكوبالت عنصر كيميائي فلزي، لونه أبيض فضي، يستخدم أصلاً في صناعة السبائك. وله كثير من الخصائص الحديد والنيكل،

والفلزات الثلاثة الصلبة والمغناطيسية، ويتفاعل مع الأحماض العادية لتكوين الهيدروجين. له تكافؤان $2+$ و $3+$. ودرجة الأكسدة $2+$ أثبت في حالة المركبات البسيطة. مثال ذلك مركبات الكلور مع الكوبالت، فالمركب $CoCl_2$ ذو اللون الزهري أثبت من $CoCl_3$ لأن الأيون (الشاردة) Co^{3+} ذو قوة مؤكسدة كبيرة؛ فهو يؤكسد الماء، وينطلق الأكسجين. يسلك الكوبالت - كيميائياً - سلوك معدن انتقالي (transition metal) نموذجي. ومن أكاسيده أو أكسيد الكوبالت (Co_3O_4) هو من الأكاسيد متعددة الاستخدامات من بين العديد من الأكاسيد الفلزات الانتقالية. وهو عبارة عن أشباه موصلات من أكاسيد الحديد المغناطيسي المضاد من نوع (p-type) عند درجات حرارة منخفضة وموصلية من (n-type) عند درجات حرارة عالية ولهو فجوة نطاق مقدارها $(1.6eV)$ [35]، أما التركيب البلوري فهو ذو تركيب من نوع المكعب يحتوي على أيونات Co^{2+} بحالتي أكسدة (Co^{2+}) و (Co^{3+}) مختلفين شاغلة بذلك موقع رباعي الأسطح وثمانية الأسطح كما في الشكل (1-4)، وثابت شبكية (8.08Å) ونصف قطر أيوني مقداره (0.72Å) [36]. جذبت المواد التي تعتمد على أكاسيد الكوبالت اهتمام كبير نظراً لتطبيقاتها المحتملة في الاستخدامات العلمية والتكنولوجية فهي تدخل في إنتاج مستشعرات الحالة الصلبة ومحفزات غير متجانسة ومركبات اقتحام لتخزين الطاقة وغالباً ما يتم استخدامها أقطاب كهربائية مضادة بسبب التلون الأيوني كما يتم استخدامها في تكسير الخام [37, 38].



الشكل (1-4): التركيب البلوري لأوكسيد الكوبالت [38].

(7-1) الدراسات السابقة



♣ درس الباحث (Yunus Akaltun عام 2015 م) [39] تأثير سمك الغشاء على الخصائص التركيبية والبصرية الرقيقة النحاس والتي نمت من خلال امتصاص وتفاعل الطبقة الأيونية المتتالية إذ حضر أغشية CuO الرقيقة على قواعد زجاجية في درجة حرارة الغرفة باستخدام امتزاز الطبقة الأيونية المتتالية والتفاعل (SILAR). تأثير سمك الغشاء على المعلمات المميزة مثل التركيبية، إذ تم دراسة الخصائص المورفولوجيا والبصرية للأغشية من خلال حيود الأشعة السينية (XRD) والمسح الضوئي. أظهرت دراسات المجهر الإلكتروني (SEM) أن جميع الأغشية أظهرت بنية متعددة البلورات مع أحادية الميل وتغطي القواعد الزجاجية جيدا، وتحسنت البلورية وتشكل الأغشية مع زيادة سماكة الغشاء. كما انخفضت فجوة النطاق البصري من 2.03 إلى 1.79 إلكترون فولت اعتمادًا على سمك الغشاء. معامل الانكسار (n) والكتلة الفعالة للإلكترون (m_e^*/m_0) وثوابت العزل الكهربائي الثابت والتردد ($\epsilon_\infty, \epsilon_0$) تم تحديدها باستخدام قيم فجوة نطاق الطاقة.

♣ حضر الباحثون (shariffudin et al. سنة 2015 م) [40] اغشية رقيقة نانوية لأوكسيد النحاس وذلك بترسيبها على قواعد من الكوارتز باستعمال طرائق (sol-gel) تم من خلال إذابة خلات النحاس في الايزوبروبانول و بمولاريه (0.25M) وأجريت عليه إعادة تسخين و بدرجات حرارة ثابتة (250°C) ولدنت في درجة حرارة (600°C) وتم تغيير السمك للأغشية المحضرة، إذ تم دراسة سمك الغشاء الذي يتراوح بين (87.14nm–253.58nm) وعلاقته بالخصائص الكهربائية وتركيب سطح الغشاء وذلك باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح. كذلك درسوا الخصائص البصرية باستعمال جهاز تحليل الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية (UV-VIS) وأوجدت قيمة فجوة الطاقة ضمن القيم (1.9-2.35 eV) ومعروف أن هذه الأغشية تكون أكثر كثافة عند أعلى سمك بسبب قلة الفراغات الموجودة على السطح وان أقل مقاومة كانت عند سمك (235.58 nm).

♣ درس الباحث (Amaliyana Raship et al. عام 2016 م) [41] تأثير قيمة pH على تحضير اغشية النحاس الرقيقة بالأوكسيد بتقنية الطلاء بالغمس أو الغمر، إذ تم استخدام هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) للتحكم في درجة الحموضة في المحاليل. تختلف قيم الأس الهيدروجيني للمحلول ومن ثم تم تحديد 12.0 و 12.3 و 12.5 للأس الهيدروجيني لتحديد الحالة المثلى لعملية الطلاء بالغمس. بعدها تم فحص بنية وتشكل الأغشية الرقيقة بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD) والماسح انبعاث المجال المجهر الإلكتروني (FESEM)، على التوالي. وفي الوقت نفسه، تم قياس سمك الأغشية باستخدام

بروفيل السطح وأكدت مع المقطع العرضي FESEM. كذلك تم تحديد الخواص الكهربائية باستخدام أداة من أربع نقاط. كشفت نمط XRD أن الأغشية المشوبة متعددة البلوريات بطبيعتها مع تشكيل طور أحادي الميل من CuO. وكشفت الدراسات المورفولوجية أن (petals) الفردية تصبح أكبر، الأغشية كان سمكها 19.6 ميكرومتر عند الرقم الهيدروجيني 12.0 الذي زاد إلى 25.3 ميكرومتر و 52.4 ميكرومتر عند الرقم الهيدروجيني 12.3 و الرقم الهيدروجيني 12.5، على التوالي. وبالتالي فإنه لوحظ أن قيم الأس الهيدروجيني المختلفة لها تأثيرات قوية على الخصائص التركيبية، والمورفولوجيا نوالكهربائية.

♣ قام الباحث (Rajeev R. Prabhu et al. عام 2016 م) [42] بتصنيع الصمام الثنائي غير المتجانس p-CuO / n-ZnO عبر طلاء المحلول الهلامي بتقنية البرم. تم فحص تأثير درجة حرارة التلدين على الخواص الفيزيائية للأغشية الرقيقة CuO و ZnO. تمت دراسة الخواص الكهربائية والبصرية للأغشية الرقيقة، إذ تم الحصول على أغشية رقيقة من CuO و ZnO في المنطقة الطيفية المرئية أعلى من 80% و 95% على التوالي. تم فحص تغيرات طاقة فجوة النطاق على درجة حرارة التلدين للأغشية CuO وكذلك ZnO. يوضح الشكل السطحي الذي تم تحليله بواسطة FESEM أن الأغشية المحضرة سلسلة أو ناعمة للغاية. وكل المحاليل التي تم تصنيع الوصلة غير المتجانسة ل (p-n) باستخدام أغشية p-CuO و n-ZnO في التركيب ITO / n-ZnO / p-CuO / Au أظهرت سلوك تصحيح بجهد 2.5 فولت وعامل مثالي 3.15.

♣ قام الباحث (Silan Baturay et al. عام 2016 م) [43] بتعديل الخواص الكهربائية والبصرية لأغشية CuO الرقيقة بواسطة أيونات Ni المضافة، إذ تم ترسيب أغشية CuO الرقيقة غير المطعمة والمغطاة بالنيكل على قواعد زجاجية باستخدام تقنية الطلاء البرمي بتركيز مختلفة (0, 2, 4, 6, 8, 10%)، أشارت أنماط حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة غير المطعمة والمطعمة إلى أن الأغشية كانت متعددة البلورات، مع نمو تفضيلي في الاتجاهات (002) و (111) و (311). كشفت الصور المجهرية للقوة الذرية أن الأشكال السطحية للأغشية لم تكن موحدة، وأكد الفحص المجهر الإلكتروني وجود جزيئات متكتلة على الأسطح؛ إذ تزداد مع زيادة التطعيم ب Ni. تم استخدام نظام تأثير (Hall) للتحقيق في الخواص الكهربائية لأغشية CuO. إذ انخفض تركيز حامل الشحنة السالبة وزادت قابلية النقل بالفجوات مع زيادة تركيز النيكل، باستثناء العينة 10% من أكسيد النحاس المشبع بالنيكل.

♣ درس الباحث (Mehdi Dhaouad عام 2018 م) وأخرون [44] الخواص الفيزيائية لأغشية أكسيد النحاس المحضرة من خلاات النحاس المائية ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) و 2-ميثوكسي إيثانول $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$ واحادي ايثانول امين كمذيب ومذاب وعامل مساعد على توالي مستخدم طرائق (Sol-Gel) إذ وجد الباحث ان تغير درجة حرارة التلدين تؤثر على الخواص التركيبية والبصرية للأغشية الرقيقة كما وجد أنّ في نفس الظروف التحضير. إذ بين التحليل التركيبي عن طريق حيود الأشعة (XRD) أنّ جميع العينات متعددة التبلور مع تركيب بلوري أحادي الميل. وكما أظهرت قياسات رامان لجميع الأغشية الرقيقة تؤكد ان تركيب البلوري CuO ، وتميزت الخواص الفيزيائية البصرية بقياس الطيف الضوئي (UV – visible - NIR) وأن جميع الأغشية تظهر امتصاصية عالية في المنطقة المرئية. تقل الفجوة النطاق البصري من (3.68eV to 2.44eV) عند تزايد تراكيز المحاليل من 0.1 إلى 0.5 مولاري وكما أظهرت قياسات الكهربائية أنّ المقاومة تتغير من (84 $\Omega \cdot \text{cm}$ to 124 $\Omega \cdot \text{cm}$) مع زيادة التركيز المولي.

♣ قام الباحث (Aymen Sendi et al. عام 2018 م) [45] بدراسة طرائق الكشف والتمييز لثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) مع مستشعر أكسيد النحاس. تم العمل مع تعديل درجة الحرارة إذ تم الكشف عن الحاجة ملحة متطلبه لتطوير أساليب وتقنيات فعالة ورخيصة للكشف ومعالجة البيانات في هذا المجال، يعدّ أكسيد النحاس أكسيداً فلزيّاً مرشحاً جيداً وحساساً وانتقائياً لثاني أكسيد النيتروجين بتركيزات أقل من جزء في المليون. استخدم CuO المكوّن من جسيمات نانوية تم ترسيبها تقنية التحلل الكيميائي على لوح تسخين دقيق. يتم الحصول على قدرة الكشف المثلى بفضل تعديل درجة الحرارة المخصص. بفضل وضع التشغيل هذا، طرائق بسيطة لمعالجة البيانات واستغلالها من أجل الحصول على انتقائية جيدة لثاني أكسيد النيتروجين على عدد قليل من الغازات المتداخلة، وأربعة معلمات فقط تم تحصل عليها من استجابة المستشعر، وتسمح هذه التقنية بالتمييز الفعال بين الغازات الفردية وأيضاً في الخلائط الغازية في الجو الرطب.

♣ درس الباحث (Naoual Al Armouzi et al. عام 2019 م) [46] تأثير درجة حرارة التلدين على الخصائص الفيزيائية لـ CuO رسبت الأغشية بواسطة الطلاء البرمي باستعمال تقنية sol-gel على قواعد زجاجية عن طريق البرم من المحاليل، يمكن ببساطة تحسينها باستخدام درجة حرارة تلدين مناسبة. الخصائص المورفولوجية والضوئية والكهربائية، جنباً إلى جانب مع خشونة السطح ونقاء الطور والحجم البلوريات للأغشية المحضرة كلها تتأثر في درجات حرارة التلدين في النطاق من 300

درجة مئوية إلى 500 درجة مئوية. درجة الحرارة الموصى بها لإنتاج طبقة رقيقة من CuO أحاديه الميل مع الخصائص المفضلة هي 500 درجة مئوية. تم فحص الغشاء الرقيق المصنوع من CuO باستخدام مطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FTIR) ، وان دراسات الأطياف فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis) تؤكد النتائج أن اغشيه CuO لها قيم فجوة نطاق ضيقة إلى متوسطة، في النطاق 1.8-2.7 إلكترون فولت. لذلك ، فإن اغشيه CuO تكون غير مستقرة في درجات الحرارة الأعلى.

♣ قام الباحث (Permyakov et al. عام 2020م) [47] بدراسة تأثير التلدين على الخواص الكهربائية لأغشية CuO المحضرة بطرائق Sol-Gel اذ تناولت هذه دراسة تأثير وقت التلدين في درجات حرارة تصل إلى 400 و 500 درجة مئوية الخصائص الكهربائية الفيزيائية لأغشية CuO المحضرة بطرائق sol-gel على أساس الأيزوبروبيل الكحول و خلاص النحاس وثنائي إيثانول أمين. كان سمك الغشاء 440 نانومتر، تم تحديد المقاومة الكهربائية ونوع التوصيل والخصائص البصرية للأغشية، عند 500 درجة مئوية ، استقرت مقاومة الغشاء بشكل أسرع من 400 درجة مئوية. كان سمك الأغشية 440 نانومتر. لدراسة تكوين المرحلة لأغشية، تم إجراء حيود الأشعة السينية. أظهرت المعلمات الضوئية شفافية حوالي 45% ، ومعامل امتصاص $4 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$

♣ قام الباحث (M.H. Babu et al. عام 2020م) [48] بدراسة الانتقال توصيلية من النوع p إلى النوع n مع فجوة واسعة في النطاق البصري إذ تم في هذه الدراسة استعمال طرائق الانحلال الحراري بالرش لتحضير اغشيه أكسيد النحاس CuO المطعمة بـ Cd لعدد من تطبيقات الأجهزة الإلكترونية الضوئية وامكن تعديل توصيلية الكهربائية الضعيفة من (p-type) لغشاء الرقيق CuO عن طريق تطعيمه بالعناصر المناسبة. في هذا العمل، حصل الباحث على موصلية كهربائية من النوع n في الغشاء الرقيق CuO بواسطة أيونات الكاديوم (Cd) المضافة له لأول مرة. تم تصنيع أغشية CuO الرقيقة، والمغطاة بـ Cd عند 325 درجة مئوية باستخدام تقنية الانحلال الحراري بالرش البسيطة بتركيزات منشطات مختلفة (x=0.00, 0.02, 0.04, 0.06, and 0.08). تتطابق أطياف حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية CuO الرقيقة المطعمة بالكاديوم مع البلوريات ذات بنية أحادية الميل ولا توجد ذروة تقابل شوائب الكاديوم أو الأطوار غير المتكافئة في نمط XRD. بناءً على أنماط XRD . علاوة على ذلك، يتم تأكيد الجسيمات النانوية المتقاربة عن طريق المجاهر الإلكترونية الماسحة للانبعاثات الميدانية (FE-SEM). يوضح تحليل تشتت الطاقة أطياف الأشعة السينية (EDAX) تأثير

استبدال أيونات Cu^{+2} بوساطة أيونات Cd^{+2} في شبكة شعرية CuO البكر. كشفت قياسات تأثير هول أن توصيلية من النوع p لأغشية CuO الرقيقة تتغير إلى النوع n نتيجة التطعيم من خلال أيونات الكاديوم. تزايد المقاومة الكهربائية لأغشية CuO الرقيقة المعززة بـ Cd مع تقليل تركيز الحاملات وزيادة حركة الناقلات للشحنة مع زيادة تركيز الكاديوم في الأغشية.

♣ حضر الباحث (Emeka Charles عام 2021م) [49]، أغشية أكسيد النحاس الرقيقة بعددًا أشباه الموصلات من النوع P لتطبيقات الخلايا الشمسية وتم استخدام طرائق السائل الهلامي بتقنية الطلاء البرمي لتخليق اغشيه CuO الرقيقة . تم فحص الغشاء الرقيق المحضر من CuO باستخدام مطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، ودراسات الأطياف فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis). وتشتت الطاقة التحليل الطيفي للأشعة السينية (EDX) وتحليل حيود الأشعة السينية (XRD) والمسح بالمجهري الإلكتروني (SEM).

♣ درس الباحث (Mohammed et al. عام 2021 م) [50] تأثير المثبت على محلول هلامي لغشاء CuO الرقيق، إذ تم تصنيعها بواسطة طرائق المحلول الهلامي بتقنية طلاء البرمي وتم تغيير درجة حرارة التلدين لتعزيز التبلور مع تحسن الخصائص البصرية. تم تأكيد ان الأغشية المحضرة الرقيقة ذات بنية بلورية أحادية الميل متعددة البلورات باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (XRD). كان الحد الأقصى من التبلور واضحًا لأمثل درجة حرارة تلدين (550 درجة مئوية) مع حجم بلوري (31 نانومتر). تم تقليل فجوة النطاق البصري المباشر من 3.72 إلى 3.48 إلكترون فولت لدرجة حرارة التلدين من 450 إلى 550 درجة مئوية مع إظهار إزاحة حمراء في أطياف الامتصاص. واختلفت النسبة المولية من 1:1 إلى 3:1 مما أدى إلى تمديد استقرار المحلول من 1 ساعة إلى 24 ساعة. يمكن أن تكون هذه النتائج مفيدة للغاية لاستغلال المزايا تعتيق طويل الأمد لمحلول المائي لتحسين الخصائص الإلكترونية الضوئية.

♣ حضر الباحث (Wenbo Peng et al. عام 2021) [51] اغشيه CuO عن طريق رش المغنطرون بالترددات الراديوية (RF) ومن ثم تلدين الأغشية المرسبة بواسطة فرن التلدين الحراري تحت درجات حرارة (300, 500, 700, and 900°C) على التوالي، إذ تم فحص التراكيب البلورية، ومورفولوجيا السطح، والخصائص البصرية والكهربائية لأغشية CuO الرقيقة بشكل منهجي. أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية أن شدة حيود ذات معامل ميلر (002) للغشاء CuO الرقيق قد تحسنت بشكل كبير بينما لم يتغير الاتجاه البلوري بعد التلدين. علاوة على ذلك، تم أيضا تحديد الحجم البلوريات،

والتباعد بين مستويات البلورات. من صورة المجهر الإلكتروني الماسح أظهر التشكل السطحي لأغشية CuO انتقالاً من الشكل الهرمي إلى الشكل البيضوي مع زيادة درجة الحرارة التلدين. أظهر قياس الامتصاص اختلاف فجوة الطاقة البصرية لأغشية CuO المحضرة عن 1.485 إلى 1.631 إلكترون فولت. علاوة على ذلك ، وأشار تأثير هول إلى إمكانية تحسين التوصيلية وتركيز الحاملات للشحنة لأغشية CuO الرقيقة يمكن ضبطه.

♣ قام الباحث (Anil Maini et al. عام 2021 م) [52] بدراسة الخصائص الفيزيائية لأوكسيد النحاس النانوي (CuO) مطعم بالكوبالت (Co): إذ أظهرت هذه الدراسة تحضير وتوصيف جسيمات أوكسيد النحاس نانوية (CuO) مطعمة بنسب من الكوبالت عند درجة حرارة منخفضة بواسطة طرائق المحلول الهلامي. تم استخدام تقنيات التوصيف مثل حيود الأشعة السينية (XRD)، المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، مطيافية رامان، والتحليل الطيفي للانعكاس (DRS)، وقياس التيار المستمر. لتأكيد تشكيل الطور بشكل أحادي الميل، ويؤكد الانزياح لقمم رامان حسب الفونون البصري، في حين أن زيادة فجوة النطاق تشير إلى تأثير الحبس الكمي. تمت ملاحظة طبيعة شبه الموصلة للعينات من خلال طريقتين للمطياف. علاوة على ذلك ، ركزت الدراسة بالتفصيل على تأثير التطعيم بالكوبالت بنسب متفاوتة لتراكيز في سماتها التركيب، والبصرية والتوصيلية.

♣ درس الباحث (Wen-Jen Lee et al. عام 2021 م) [53]. الخصائص التركيب، والبصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس التي نمت بطرائق (SILAR) مع التلدين اللاحق، إذ تم ترسيب أغشية أكسيد النحاس على قواعد زجاجية بواسطة طرائق امتصاص وتفاعل الطبقة الأيونية المتتالية (SILAR) مع التلدين اللاحق تحت ظروف بيئة الغلاف الجوي. تم تمييز الأغشية المحضرة باستخدام مقياس حيود الأشعة السينية (XRD) ومطياف Raman ومجهر المسح الإلكتروني (SEM) ومقياس الطيف الضوئي (UV-Visible-NIR) وقياس تأثير هول. إذ أظهرت النتائج أن الغشاء المرسب يحتوي على تركيب بلوري من نوع Cu₂O،

(1 - 7) هدف الدراسة

- 1- تهدف الدراسة الحالية إلى تحضير أغشية أكسيد النحاس (CuO) الرقيقة بطرائق المحلول الهلامي (Gel-Sol) والمرسبة بتقنية الطلاء البرمي Spin-coting.
- 2- دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية CuO الرقيقة المحضرة عند درجات حرارة تليدين مختلفة.
- 3- تحضير أغشية CuO المطعمة بنسب متساوية من العنصرين الكاديوم (Cd) والكوبالت (Co) بطرائق المحلول الهلامي (Gel-Sol) والمرسبة بطرائق الطلاء البرمي Spin-coting.
- 4- دراسة تأثير التطعيم الثنائي بالكاديوم والكوبالت على الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة،
- 5- تطبيق الأغشية المحضرة غير المطعمة والمطعمة بالعنصرين (Cd+ Co) في تصنيع متحسس كيميائي لأجل الحصول على غشاء رقيق متجانس بمواصفات جيدة ليكون مناسباً للاستعمال في التطبيقات الفوتوفولتائية (Photovoltaic Application)، وتطبيقات تحسس الغاز والتطبيقات المختلفة الأخرى.