

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



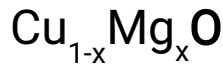
مذكرة ماستر

ميدان علوم المادة
فرع فيزياء
تخصص فيزياء طاوقية و طاوقات متجددة
رقم :

إعداد الطالبتين :
سبتي لبنى - صغير شيماء
يوم : 2022

تأثير السمك على الخصائص الكهربائية و الضوئية

لأغشية أكسيد النحاس المطعم بالمغنزيوم



لجنة المناقشة :

مقرر	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ محاضر - أ -	علمي كنزة
رئيسا	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ محاضر - أ -	بن شارف زهية
ممتحنا	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ محاضر - أ -	أعراب لويضة

اللاهدى



إِلَى

أَبِي الَّذِي رَسَمَنِي وَأُمِّي

الَّتِي لَوَّحَنِي



الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات وبتوفيقه لنا أتممنا عملنا وتحقق منا لنا، هي خطوات كتبت علينا في دربنا فمشيناها خطوة تلوى خطوة للنجاح
ها نحن نصل إلى ضوء آخر النفق، إلى خاتمة المشوار ونهاية المطاف وعندما تكون عند
عبات مسك الختام يعجز اللسان عن الكلام ولكن الواجب يقتضي أن تنزل
الناس منازلهم من أهل وأصدقاء وغرباء وجدناهم وقت المحن جبا وسندا، نتوجه
بديل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد على انجاز هذا العمل
وفي تذليل ما واجهنا من صعوبات، ونخص بالذكر الأستاذة المشرفة علي كززة التي لم
تخل علينا بتوجيهاتها ونصائحها القيمة التي كانت عوننا لنا في إتمام هذه المذكرة حفظها
الله وأرعاه، كما نشكر أعضاء اللجنة التحكيم على قبولهم المناقشة وتقييم عملنا هذا

شرف لنا

والاخير اخيه من عائلة سبتي غيمتي الصغيرة اختي جنة، ومن عائلة صغير لؤلؤة قلبي
وقطعة روعي سلسبيل، لهما كل الحب والامتنان

الفهرس

إهداء

شكرو تقدير

قائمة الأشكال

قائمة الجداول

قائمة الرموز

01	.....المقدمة العامة
	الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة و طرق التسيب
04	.....1.I تمهيد
04	.....2.I الأكاسيد الناقلة
04	.....3.I خصائص الأكاسيد الناقلة
04	.....1.3.I الخصائص الكهربائية
04	.....1.1.3.I النطاق الطاقى
05	.....2.1.3.I الناقلية الكهربائية والمقاومية
05	.....3.1.3.I المقاومة السطحية
06	.....4.1.3.I الحركية الكهربائية
06	.....2.3.I الخصائص الضوئية
06	.....1.2.3.I النفاذية
07	.....2.2.3.I الانعكاسية
07	.....3.2.3.I لامتصاصية
07	.....3.3.I معامل الامتصاص
07	.....4.3.I معامل الخمود
08	.....5.3.I معامل الانكسار
08	.....6.3.I معامل الجودة
08	.....4.I تطبيقات الأكاسيد الموصلة
09	.....5.I أكسيد النحاس
09	.....1.5.I تعريف
09	.....2.5.I خصائص أكسيد النحاس
10	.....3.5.I البنية البلورية لأكسيد النحاس
11	.....4.5.I تطبيقات أكسيد النحاس
11	.....6.I أكسيد النحاس المطعم
12	.....7.I المغنزيوم Mg
13	.....8.I مفهوم الأغشية الرقيقة
13	.....9.I مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة

13	.....10.I آليات نمو الطبقات الرقيقة
14	.....11.I مراحل نمو الأغشية الرقيقة
14	.....1.11.I مرحلة توضع الايونات
14	.....2.11.I مرحلة الالتحام
14	.....3.11.I مرحلة النمو
15	.....12.I أنماط نمو الأغشية الرقيقة
15	.....13.I العوامل المؤثرة على تكوين الأغشية
15	.....1.13 البنية البلورية للركيزة
16	.....2.13.I درجة حرارة الركيزة
16	.....3.13.I تأثير موقع الركيزة ومساحتها
16	.....14.I طرق ترسيب الأغشية الرقيقة
17	.....1.14.I الطرق الفيزيائية
17	.....أ-التبخير في الفراغ
18	.....ب-الرش المهبطي
19	.....ج-الاقتلاع بالليزر
20	.....2.14.I الطرق الكيميائية
20	.....1.2.14.I الترسيب الكيميائي للأبخرة CVD
20	.....أ-الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة لبلازما
21	.....ب-الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض LPCVD
21	.....ج-الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي (UHV- CVD)
21	.....د-تقنية المحلول الهلامي (gel-sol)
22	.....الترسيب بالغمس: (dip-coating)
22	.....الطلاء بالدوران (spin-caoting)
23	.....الخلاصة
23	.....بحوث و أعمال سابقة
26	.....المراجع

الفصل الثاني: طرق المعاينة و العمل التجريبي

33	.....1.II تمهيد
33	.....2.II البروتوكول التجريبي
33	.....1.2.II الادوات المستعملة في التجربة
34	.....2.2.II المواد الكيميائية في تحضير محلول اكسيد النحاس الغير مطعم والمطعم بالمغنيزيوم
35	.....3.2.II اختيار الركيزة
36	.....4.2.II تنظيف الركيزة
36	.....5.2.II تحضير المحاليل
36	.....1.5.2.II المحلول النقي
37	.....2.5.2.II المحلول المطعم

37	.....6.2.II الترسيب بطريقة Sol-Gel
38	.....3.II طرق المعاينة وتحليل الأغشية
38	.....1.3.II الخصائص الضوئية
38	.....1.1.3.II جهاز التحليل الطيفي للأشعة المرئية فوق بنفسجية
40	.....2.1.3.II تحديد معامل الامتصاص
40	.....3.1.3.II تحديد سمك الغشاء
41	.....4.1.3.II معامل الانكسار n
41	.....5.1.3.II تحديد عرض الفاصل الطاقى
42	.....6.1.3.II تحديد طاقة أورباخ
43	.....2.3.II الخصائص الكهربائية
43	.....1.2.3.II تقنية المسابر الأربعة
44	.....الخلاصة
45	.....المراجع

الفصل الثالث: مناقشة و تحليل النتائج

47	.....1.III تمهيد
47	.....2.III تعيين التطعيم الأمثل لأكسيد النحاس بذرات المغنيزيوم ومدى تأثيره على الخصائص البصرية و الكهربائية.....
47	.....1.2.III الخصائص الضوئية
50	.....2.2.III الخصائص الكهربائية
51	.....3.III تأثير السمك على الخصائص الكهربائية والضوئية لأكسيد النحاس المطعم 9% من المغنيزيوم.....
52	.....1.3.III الخصائص الضوئية
56	.....2.3.III الخصائص الكهربائية
58	.....المراجع
59	.....الخلاصة العامة

قائمة الأشكال

الصفحة

الشكل

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة و طرق التوسيب

- الشكل I.1: بعض تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة..... 09
- الشكل I.2: البنى البلورية بنية أكسيد النحاس الثنائي CuO والأحادي Cu₂O..... 11
- الشكل I.3: عينة من معدن المغنيزيوم..... 12
- الشكل I.4: رسم تخطيطي يمثل مرحلة توضع الأيونات..... 14
- الشكل I.5: رسم تخطيطي يوضح مرحلة الالتحام..... 14
- الشكل I.6: رسم تخطيطي يوضح مرحلة النمو..... 15
- الشكل I.7: رسم يوضح أنماط النمو..... 15
- الشكل I.8: طرق الترسيب المتبعة في تحضير الأفلام الرقيقة..... 17
- الشكل I.9: رسم يوضح مرحلة التبخر في الفراغ..... 18
- الشكل I.10: رسم يوضح تقنية الرش المهبطي..... 19
- الشكل I.11: رسم يوضح طريقة الاقتلاع بالليزر..... 19
- الشكل I.12: رسم يوضح ترسيب الأغشية بطريقة البخار الكيميائي..... 20
- الشكل I.13: طرق ترسيب المحلول الهلامي..... 21
- الشكل I.14: رسم تخطيطي يوضح طريقة الغمس..... 22
- الشكل I.15: رسم تخطيطي يوضح طريقة طلاء بالدوران..... 23

الفصل الثاني: طرق المعاينة و العمل التجريبي

- الشكل II.1: جهاز التحليل الطيفي للأشعة المرئية و فوق البنفسجية..... 39
- الشكل II.2: رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل الجهاز..... 39
- الشكل II.3: رسم تخطيطي $(\alpha hv)^2$ بدلالة hv 42
- الشكل II.4: رسم تخطيطي $\ln \alpha$ بدلالة hv 42
- الشكل II.5: رسم يوضح تقنية المسابر الأربعة..... 43

الفصل الثالث: مناقشة و تحليل النتائج

- الشكل III.1: منحنى النفاذية بدلالة الطول الموجي..... 48
- الشكل III.2: منحنيات تبين رسم الفاصل الطاقلي لأكسيد النحاس المطعم و النقي..... 49
- الشكل III.3: تغيرات قيم كل من الناقلية و المقاومة السطحية بدلالة نسبة التطعيم لأكسيد النحاس (Cu₂O:Mg)..... 51
- الشكل III.4: صور للعينات التالفة..... 52
- الشكل III.5: منحنى النفاذية والامتصاصية بدلالة الطول الموجي..... 53
- الشكل III.6: منحنيات تبين رسم الفاصل الطاقلي (Cu₂O:Mg) لمختلف العينات..... 53

- 54 الشكل III.7: منحنيات تمثل $\ln(\bar{i}(\alpha))$ بدلالة $h\nu$ لإيجاد طاقة أوريباخ
- 55 الشكل III.8: منحنى طاقة أوريباخ والفاصل الطاقى
- 56 الشكل III.9: تغيرات الناقلية والمقاومة السطحية بدلالة السمك

قائمة الجداول

الصفحة	الشكل
الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة و طرق التوسيب	
04	الجدول 1.I: الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة.....
09	الجدول 2.I: بعض خصائص أكسيد النحاس.....
11	الجدول 3.I: بعض خصائص معدن المغنيزيوم.....
الفصل الثاني: طرق المعاينة و العمل التجريبي	
30	الجدول 1.II: المواد المستخدمة في البروتوكول التجريبي.....
32	الجدول 2.II: نسب التطعيم بين المحاليل.....
الفصل الثالث: مناقشة و تحليل النتائج	
49	الجدول 1.III: قيم الفاصل الطاقي لأكسيد النحاس المطعم و النقي.....
50	الجدول 2.III: نتائج قياس الناقلية و المقاومة السطحية لعينات أكسيد النحاس المطعمة و النقية.....
52	الجدول 3.III: سمك العينات بدلالة عدد الطبقات.....
54	الجدول 4.III: قيم طاقة أورباخ المرافقة للفاصل الطاقي بدلالة سمك السطح.....
55	الجدول 5.III: قيم المقاومة و الناقلية بدلالة سمك السطح.....

قائمة الرموز و المصطلحات

معامل الجودة	TC
النفاذية (%)	T
المقاومة السطحية (Ω)	R_s
سمك الطبقة (nm)	d
معامل التصحيح	c
فرق الجهد (v)	v
شدة التيار (A)	i
الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون (C)	q
الكتلة الفعالة للإلكترون (kg)	m^*
متوسط المسير الحر	L
السرعة الحرارية للإلكترون (m/s)	v_e
شدة الشعاع النافذ	I_T
شدة الشعاع الساقط	I_0
الانعكاسية	R
معامل الإنكسار	n
معامل الخمود	K
الامتصاصية	A
سرعة الضوء	C
الفاصل الطاقي	E_g
طاقة أورباخ	E_u
الكتلة	m
التركيز المولي (mol/L)	C
الكتلة المولية (g/mol)	M
الحجم	V
المقاومية الكهربائية للمادة ($\Omega.cm$)	ρ
حركية الكهربائية ($cm^2/V.s$)	μ
زمن الاسترخاء بين التصادمين (s)	τ
معامل الامتصاص (cm^{-1})	α

الناقلية ($\text{cm}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$)	σ
الطاقة الضوئية	$h\nu$
الأكاسيد الناقلة الشفافة	TCO
الترسيب الفيزيائي للأبخرة	PVD
الترسيب الكيميائي للأبخرة	CVD
فوق البنفسجية	UV
المرئية	VIS
LPCVD	الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض
UHV- CVD	الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي
Cu ₂ O:Mg	أكسيد النحاس الاحادي المطعم بالمغنزيوم

المقدمة العامة



المقدمة العامة

إن أغلب الأجهزة الالكترونية الحديثة تعتمد على أشباه الموصلات، التي تملك خواص العوازل في درجات الحرارة الواطئة، وخواص النواقل عند ارتفاع درجة الحرارة بشكل نسبي [1]، كذلك قدرتها على النقل الكهربائي، حيث بدأت بحوث مكثفة وموسعة لتعرف على هذه المواد لإمكانية الاستفادة القصوى منها عمليا، وأثمرت هذه البحوث في تصنيع المقاومات،الديود،الترانزيستور، الخلايا الشمسية، الروبوتات، كاميرات رقمية [2] وما زال السعي وراء تطور أشباه الموصلات ودراسة خواصها البنوية والفيزيائية والكيميائية مستمرا. رغم كل البحوث السابقة يبقى مجال أشباه الموصلات حقلًا واسع الأفق نجهد الكثير فيه. من بين أشباه الموصلات المدروسة "الأكاسيد الناقلة" مثل: ZnO , SnO , CuO، أخذت هذه الأخيرة اهتمام العديد من الباحثين من خلال مساهمتها في تطوير عدة مجالات صناعية و بحثية منها : مجال الالكترونيات البصرية ومجال البطاريات والكواشف و المحفزات الضوئية [3]. في الوقت الحالي أضحت دراسة المواد المرسبة بشكل أغشية رقيقة إحدى أهم الوسائل المناسبة لتحديد خصائص هذه المواد التي يصعب الحصول عليها وتحديدتها على هيئتها الطبيعية، كما أنها قليلة التكلفة وتوفير للمواد باهظة الثمن منها، لكونها منحصرة في طبقات لا تتجاوز الميكرومتر.

نسلط الضوء على أكسيد النحاس الذي يعتبر من الأكاسيد الناقلة التي استعملت على شكل غشاء رقيق، نظرا لخصائصه الفريدة، إذ يتميز بمدى جيد من الاستقرار، كما أنه يملك معامل امتصاص عالي في المجال المرئي [4]. وغيره من المميزات التي يمكن دراستها من خلال تغيير مواصفات ترسيبه مثل تغيير التطعيم، سمك الغشاء، درجة حرارة الترسيب، طريقة الترسيب وغيرها. تبقى الدراسات جارية لتحسين خصائص هذا المركب وذلك ليشمل عدة تطبيقات في مجالات متعددة. نركز في عملنا هذا على تحسين الخصائص الكهربائية والضوئية لمركب أكسيد النحاس وذلك بدراسة تأثير التطعيم بذرات المغنيزيوم و تغيير السمك للحصول على الشروط المثلى لتحضير رقائق أكسيد النحاس المتعلقة بهذا التطعيم. حيث أثبتت الدراسات فاعلية التطعيم بذرات المغنيزيوم في تحسين الناقلية الكهربائية للمواد الناقلة الشفافة [5]. للقيام بذلك استخدمنا طريقة السائل الهلامي (sol-gel) بواسطة الطرد المركزي لتحضير العينات، كونها أثبتت نجاحها في هذا المجال لبساطة الجهاز وسهولة استعماله، وكذا كلفته المنخفضة.

قسمت المذكورة إلى ثلاث فصول أساسية يصف كل منها جزءا من العمل المنجز خلال هذه الدراسة وهي مرتبة كالتالي:

الفصل الأول: تحت عنوان "عموميات حول الأكاسيد الناقلة وطرق الترسيب" تناول دراسة نظرية لأهم المعلومات والمفاهيم حول الأكاسيد الناقلة، وأبرز ما تتميز به هذه الأخيرة، وبعدها نخص بالذكر أكسيد النحاس الأحادي والثنائي، الذي يعتبر محل الدراسة وتم التعرف على خصائصه وبنيته ومجال استخدامه، إضافة إلى مفهوم الأغشية الرقيقة ومبدأ واليات وطرق الترسيب

الفصل الثاني: تحت عنوان "طرق المعاينة والعمل التجريبي" تناول المراحل التجريبية المتبعة والأجهزة المستعملة في التجربة، كما تطرق فيه إلى ذكر الأجهزة المستعملة في الدراسة الضوئية والكهربائية (جهاز المسابر الأربعة وجهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية)، وذكر أهم العلاقات الرياضية

الفصل الثالث: تحت عنوان "مناقشة وتحليل النتائج" ويعتبر هذا الفصل بمثابة حوصلة للعمل التجريبي حيث لخص فيه أهم النتائج المتحصل عليها وتحليلها واستخلاص أهم الاستنتاجات من خلال عرض المنحنيات الطيفية ومقارنتها بالجزء النظري ختم كل ذلك بخلاصة تحتوي أهم النتائج التي تحصلنا عليها

المراجع

مراجع العربية

- [1] بن علي, & بوشول . (2018). تحضير ودراسة الأغشية الرقيقة لكبريتيد الكاديوم (CdS) المرسبة بطريقة الحمام الكيميائي (CBD)، مذكرة ماستر

مراجع الأجنبية

- [2] Rahman, M. A. (2014). A review on semiconductors including applications and temperature effects in semiconductors. American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences, 7(1), 50-70.
- [3] Bouhssira, N. (2013). Elaboration des films minces d'oxyde de zinc par évaporation et par pulvérisation magnétron et étude de leurs propriétés (Doctoral dissertation, Université Constantine 1).
- [4] J.B.Forsyth, S.Hull, "The effect of hydrostatic pressure on the ambient temperature structure of CuO", J.Phys.Condens.Matter, 3(1991), pp. 5257.
- [5] Avelas Resende, J. (2017). Copper-based p-type semi conducting oxides: from materials to devices (Doctoral dissertation, Université de Liège, Liège, Belgique



الفصل الأول:

عموميات حول الأكاسيد الناقلة

الشفافية وطرق الترسيب

الفصل الأول: عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة و طرق الترسيب

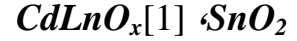
1.1. تمهيد:

إن الأغشية الرقيقة أو الأكاسيد الناقلة تعد إحدى أهم أشباه الموصلات، وذلك لتطبيقاتها الواسعة، وحظيت باهتمام كبير من طرف الباحثين، إذ أنها تمتاز بنفاذية بصرية عالية في المنطقة المرئية، وهذا ما جعلها تستعمل في الكثير من التطبيقات خصوصا في مجال الالكترونيات والبصريات.

وعلى هذا الأساس سوف نتطرق في هذا الفصل إلى بنية هذه الأكاسيد إضافة إلى مختلف خواصها حيث سنعرض في هذا الفصل مقتطفات حول الأكاسيد الناقلة والأغشية الرقيقة، كذلك إلى بعض طرق الترسيب.

2.1. الأكاسيد الناقلة:

هي أنصاف نواقل منحلة (من نوع n عموما)، ثنائية أو ثلاثية، بسيطة أو مركبة، تحتوي على عناصر معدنية [1]، تملك فجوة طاقة واسعة بالنسبة لأنصاف نواقل الأخرى تقارب 4eV [2]، حيث تتميز بشفافية عالية في المجال المرئي والقريب من الأشعة تحت الحمراء [3]، كما أنها تملك ناقلية جيدة، وتزداد مع زيادة درجة الحرارة، ومن بين الأكاسيد الناقلة الشفافة نذكر : CuO ، ZnO ،



أصبح الحصول على هذه المركبات التي تتميز بشفافية للضوء وناقلة في آن واحد ذا أهمية كبيرة وتحدي صناعي مهم.

3.1. خصائص الأكاسيد الناقلة:

1.3.1 الخصائص الكهربائية:

منذ سنة 1970 بدأ الاهتمام بدراسة الخواص الكهربائية للأكاسيد الناقلة بحيث تصنف الأكاسيد حسب الخواص الكهربائية على أنها أنصاف نواقل بفجوة كبيرة نسبيا [4]

1.1.3I النطاق الطاقى:

تظهر فجوة في مفهوم فيزياء بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل وهو فاصل لا يمكن أن نجد فيه حامله شحنة سواء إلكترون أو ثقب، وهذا النطاق يمكن اعتباره محظورا على حاملات الشحنة الخاصة بالمادة، ويسمى بالفاصل الطاقى أو الفجوة الطاقية [5] حيث:

ويتغير حسب التقنية المستعملة في الترسيب وشروط التجربة.

الجدول 1.I: الفاصل الطاقى لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة

المراجع	$E_g(eV)$	TCO
[6]	4.2	ITO
	4,2-3,6	SnO ₂
	4-3,6	NiO
[7]	3,3-3,2	ZnO
	3,2-3	TiO ₂

2.1.3I الناقلية الكهربائية المقاومة:

تمثل الناقلية الكهربائية على أنها قدرة المادة الكهربائية على تمرير الشحنات، يؤثر عليها طول المادة ومساحتها وكذلك نسبة الشوائب بها [8]، يرمز لها ب σ وحدتها $(\Omega.cm)^{-1}$

q : شحنة الحاملات (C).

n : كثافة حاملات الشحنة (cm^{-3}).

μ : حركية حاملات الشحنة ($cm^2 V^{-1} s^{-1}$).

أما المقاومة ρ فهي مقلوب الناقلية و وحدتها $\Omega.cm$

3.1.3I المقاومة السطحية:

تعتبر المقاومة السطحية من الخصائص المهمة للأكاسيد الناقلة كونها شرائح رقيقة، إذ تعبر عن نسبة المقاومة الكهربائية على سمك الطبقة الرقيقة d ورمزها R_s ووحدتها Ω [9]

ρ : المقاومة ($\Omega.cm$)

d : سمك الطبقة الرقيقة (cm)

c : معامل التصحيح ويساوي 4,532

v : فرق الجهد (V)

i : شدة التيار (A)

4.1.3I الحركة الكهربية:

تعتبر الحركة من المقادير التي تؤثر على الناقلية الكهربية، حيث الزيادة فيها تحسن من خصائص TCO، تعتمد بشكل أساسي على انتشار حاملات الشحنة في شبكة المادة. عند زيادة تركيز حاملات الشحنة تنقص قيمة الناقلية الكهربية، يرمز لها ب μ و وحدتها $s^{-1} * v^{-1} * cm^2$ [10]

q : شحنة الإلكترون C

τ : زمن الاسترخاء (الزمن بين تصادمين لإلكترون) (s)

m^* : الكتلة الفعالة للإلكترون

V : سرعة الإلكترون

ρ : المقاومة

l : متوسط المسير الحر

2.3.I الخصائص الضوئية:

تتمثل الخصائص الضوئية في ثلاث ظواهر أساسية تجاه الأمواج الضوئية وهي الانعكاس والانكسار والنفوذ حيث تتمثل هذه الظواهر في ثلاث متغيرات:

(النفذية) T، (الانعكاسية) R، (الامتصاصية) A

1.2.3I النفذية:

يعرف على انه النسبة بين شدة الشعاع الضوئي العابر للمادة المدروسة على شدة شعاع الضوء الوارد

[11]

يعتمد طيف النفاذية بالتركيب الكيميائي والبلوري للمادة وتعتمد على عوامل منها سمك الشريحة ودرجة الحرارة والتطعيم

2.2.3I الانعكاسية:

هي النسبة بين شدة الضوء الذي ينعكس على سطح المادة (العائد)، وشدة الحزمة الضوئية ذات الطول الموجي المعين الساقط عليه [12]

3.2.3I الامتصاصية:

الامتصاصية لمادة ما تعبر عن نسبة شدة الشعاع الضوئي الممتص وشدة الشعاع الضوئي الوارد [12]

3.3.I معامل الامتصاص:

من أجل تحديد هذا المعامل نستخدم علاقة بير-لامبرت التي تربط معامل الامتصاص بالتدفق النافذ وسمك الغشاء [13]

α : معامل الامتصاص (cm^{-1})

d : سمك الطبقة (cm)

4.3.I معامل الخمود:

يمثل معامل الخمود كمية الطاقة الممتصة في المادة أي الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية، يعني فقدان من الطاقة بسبب التفاعل بين الموجة والمادة وغيرها من العوامل التي تسبب فقدان في طاقة الموجة [14]، ويمكن حساب معامل الخمود بالعلاقة:

5.3.I معامل الانكسار:

يستخدم على تسمية النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في أي وسط مادي أخر بمعامل أو قرينة الانكسار الذي يمكن إيجاده اعتمادا على معرفة قيمة ثابت الخمود K ومقدار قيمة الانعكاسية R ونجد قيمته على النحو التالي: [15]

$$n_0 = \left(\right.$$

يعتمد معامل الانكسار على نوع المادة والتركيب البلوري لها إذ يتغير تبعا للحجم الحبيبي حتى لو كان التركيب البلوري نفسه للمادة. [16]

6.3.I معامل الجودة:

بالنسبة للأكاسيد الناقلة يوجد معامل يمثل النسبة بين الخصائص الضوئية والخصائص الكهربائية، ويعرف هذا المعامل العلاقة بين النفاذية المتوسطة في المجال المرئي على المقاومة السطحية لطبقة الأكسيد الناقل الشفافة [17]

يمكننا انطلاقا من معامل الجودة المقارنة بين العديد من الأكاسيد الناقلة وذلك بمن تملك أكثر امتصاصا و توصيلية اقل أو العكس. بشكل عام أفضل ناقل شفاف من يملك توصيلية عالية و امتصاص اخفض.

4.I تطبيقات الأكاسيد الموصلة: [18]

للأكاسيد تطبيقات واسعة نذكر منها:

- تستعمل في منظومات الخلايا الشمسية كنوافذ وطلاء مانع للانعكاس
- المرايا الحرارية أي ترسب على زجاج النوافذ الأبنية لتأمين الانبعائية المنخفضة للزجاج.
- الصمامات الباعثة للضوء.
- متحسسات الغاز.
- أجهزة الموجات السمعية السطحية.
- تستعمل في صناعة شاشات العرض المسطحة الخاصة بالتلفزيون و الحاسبات.



الشكل I.1: بعض تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة

5.I. أكسيد النحاس :

1.5.I تعريف :

النحاس معدن متعدد التكافؤ و متوفر في الطبيعة ويتفاعل بسهولة مع الأكسجين ليشكل ثلاث أنواع من الأكاسيد CuO و Cu_2O و Cu_3O_4 .

أكسيد النحاس الثنائي CuO و أكسيد النحاس الأحادي Cu_2O هما مركبان كيميائيان يتكونان من الأكسجين والنحاس، وهما من أنصاف النواقل من نوع P ، حيث يكون Cu_2O لونه احمر وهو الأكثر انتشارا [19]، بينما CuO اسود اللون، يملك CuO فجوة طاقة 1,3 eV تساوي، إما Cu_2O فتساوي 2,1 eV [20] ~ [22]

2.5.I خصائص أكسيد النحاس:

▪ يختلف معامل الانكسار لـ OuC على شكل طبقة رقيقة ومعامل امتصاصه وفقاً لظروف

الإنتاج. معامل الانكسار له قيمة تتراوح بين 1,2 و 3 اعتماداً على طريقة الترسيب. [23]

- يمتلك معامل امتصاص عالي في المجال المرئي ومدى جيد من الاستقرار. [24]
 - يعرف CuO كمادة صلبة الفيرومغناطيسية في درجة حرارة $T_N=160\text{ K}$. [24]
 - توصيلية فائقة في درجات الحرارة العالية. [19]
- نذكر بعض خصائص CuO و Cu₂O: [25]

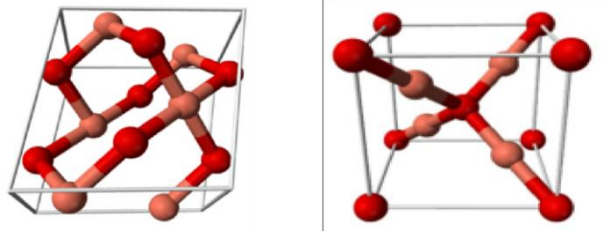
جدول 2.I: بعض خصائص أكسيد النحاس

نوع الخصائص			
Cu ₂ O	CuO	الصيغة الجزيئية	الخواص الكيميائية
143,09 g/mol	79.545 g/mol	الكتلة المولية	
1800 C°	2000 C°	درجة الغليان	
6,106 g/cm ²	6,32g/cm ²	الكثافة	الخصائص البصرية
أحمر بني	أسود	اللون	
2,6- 1,2 ev	2,1- 3,1 ev	الفجوة الطاقية	الخصائص الكهربائية
a=4.1678 Å cubique	a=4.687Å b=3.4226Å c=5.1288Å γ = 99,5 α=β=90° Monoclinique	البنية البلورية	الخصائص البنيوية

3.5.I البنية البلورية لأكسيد النحاس:

أكسيد النحاس الثنائي هو مركب كيميائي يتكون من أكسجين ونحاس، يتميز هذا المركب بتركيبية بلورية أحادية الميل، ويعتبر من النوع متمركز القاعدة BCC، وتحتوي الخلية الواحدة لأكسيد النحاس أربع جزيئات من CuO، وتحيط بكل من Cu أو O أربع ذرات مجاورة، عدد الجوار الأقرب $z=4$. [26]

أما أكسيد النحاس أحادي التكافؤ لديه بنية مكعبة بحيث تحتوي بنيتها البلورية على ستة ذرات لكل خلية واحدة، ذرات الأوكسجين تشكل شبكة مكعبة ممرزة في حين ذرات النحاس في رؤوس رباعي السطوح حول كل ذرة أوكسجين [27]، بنية متناظرة للشبكة البلورية لأكسيد النحاس Cu_2O يتكون من أيونات Cu في شبكة CFC من الموقع $(1/4, 1/4, 1/4)$ وأيونات O^{2-} في شبكة CC في الموقع $(3/4, 3/4, 3/4)$ في هذه البنية تتبع ذرات النحاس خطياً بذرتي أوكسجين وبالتالي تشكل بنية ثلاثية الأبعاد. [28]



الشكل I.2: البنى البلورية بنية أكسيد النحاس الثنائي CuO والأحادي Cu_2O .

4.5.I تطبيقات أكسيد النحاس: [29]

أصبح أكسيد النحاس محل اهتمام في العديد من التطبيقات من بينها:

- متحسسات الغاز
- تطبيقات الطاقة (تستعمل في المجمعات الضوئية)
- يستخدم أكسيد النحاس كصبغة لإنتاج أضواء زرقاء في الألعاب النارية
- يشارك في إنتاج محاليل كاشف شفائيسر
- كما يستخدم كمادة كاشطة في البصريات وفي صناعة بعض البطاريات الكهربائية
- يتم استخدامه أحيانا كبديل لأكسيد الحديد في الثرمائيت لجعله متفجرا منخفض الطاقة بدلا من مادة حارقة

6.I أكسيد النحاس المطعم:

تطعيم أكسيد النحاس هو اقتحام ذرات خارجية للحالة الذاتية (النقية) ليست من نفس نوع المادة تقوم بأخذ موقع بعض الذرات الأصلية وترتبط بما جاورها وتكوين مستويات طاقة جديدة تقع في الفاصل الطاقى لأكسيد النحاس وتسمى بالشوائب، ولهذا فان أكسيد النحاس المطعم يصنف إلى نوعين رئيسيين وذلك حسب نوع الذرات المضافة: [30]

تطعيم من نوع P: هذا النوع من التطعيم يسمى من النوع الموجب لكون حاملات الشحنة الأغلبية فجوات والأقلية هي الإلكترونات، وللحصول على هذا النوع يتم بإضافة شوائب مستقبلة إلى أكسيد النحاس حيث تقوم ذرات التطعيم بتكوين فاصل طاقي قريب جدا من عصابة التكافؤ. [30]

ومن بين الذرات التي يمكن استخدامها في عملية تطعيم أكسيد النحاس: Zr, Co, Zn, Sn, Ag, Pt, W, Mg, Ni, Pd. [31] ونختار التطعيم بالمغنزيوم لما يمتلكه من خصائص كذلك لكونه من العناصر الأكثر وفرة في الطبيعة وقلة تكلفته.

7.I. المغنزيوم Mg:

هو عنصر كيميائي فلزي في الجدول الدوري ترتيبه 8 من بين العناصر الأكثر وفرة في الطبيعة يشكل 2%، عدده الذري $Z=12$ ، توزيعه الإلكتروني الخارجي $3s^2$. هذا المعدن يمكن ان يتواجد في حالتي أكسدة هما $(1+)$ ، $(2+)$ ، بالإضافة انه يتميز بـ [32]

صلابة

لون رمادي لامع عند درجة حرارة الغرفة



الشكل 3.I: عينة من معدن المغنيزيوم.

جدول 3.I: بعض خصائص معدن المغنيزيوم [32]

Mg	الرمز الكيميائي
صلب رمادي لامع	المظهر الكيميائي
	التوزيع الإلكتروني
فلزي قلوي ترابي	تصنيف العنصر
نظام بلوري سداسي	البنية البلورية

24,3050	الكتلة الذرية g/mol
650	درجة الانصهار C°
1091	درجة الغليان C°
1,738	الكثافة g/cm
160	نصف القطر الذري pm
43.9	المقاومة الكهربائية nΩ.m
24,869	السعة الحرارية J/mol.°K

8.I مفهوم الأغشية الرقيقة:

يستخدم مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات المادة لا يتعدى سمكها بالميكرومتر واحد أو عدة نانومترات ، ولأنها رقيقة وهشة يجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج وتتميز هذه الأخيرة بكون مساحتها السطحية كبيرة وخواصها الفيزيائية والكيميائية تختلف عن المادة المكونة منها [33] كما أن تغير خواصها البصرية والكهربائية يعتمد على طرق وظروف تحضيرها كتغيير نوع الشوائب المضافة أو نسبتها أو تغير درجة الحرارة. [34]

9.I مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة:

تتمثل عملية ترسيب الطبقات الرقيقة من مادة معينة يتم وضع جسيماتها على الركيزة حيث يجب أن تمر جسيمات المادة المكونة لغشاء رقيق عبر وسط ناقل يكون في اتصال مباشر مع الركيزة بمجرد وصول جسيمات المادة إلى السطح جزء منها يتمسك بالسطح من خلال قوى *van der waals* أو تتفاعل كيميائياً معها حيث تكون هذه الجسيمات إما ذرات جزيئات أو ذرات أما بالنسبة لوسط النقل قد يكون صلباً سائلاً غازياً أو في الفراغ. [35]

وسط صلب: في هذه الحالة المادة المراد ترسيبها في تماس مع الركيزة ، حيث تنتشر جسيمات المادة على الركيزة، لتشكيل طبقة رقيقة [36]

وسط سائل: تمتاز هذه الطريقة بسهولة استخدامها ويرجع ذلك لتنوع طرق الترسيب. [35]

وسط غازي أو في الفراغ: وتتمثل هذه الطريقة في أساليب الترسيب بالأبخرة الكيميائية ويكمن الاختلاف الأساسي بين الوسط الغازي والفراغ في متوسط المسار الحر للجزيئات (المسار بين تصادمين). [35]

10.I. آليات نمو الطبقات الرقيقة:

تتشارك طرق الترسيب في ثلاثة مراحل نذكر منها: [37]

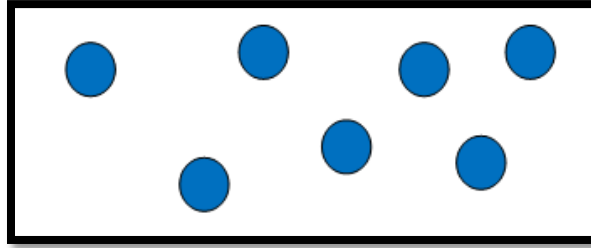
- إنتاج المواد المرسبة.
- نقل المواد المرسبة للركيزة.
- ترسيب ونمو الطبقة على الركيزة إما مباشرة أو عن طريق التفاعل الكيميائي.

11.I. مراحل نمو الأغشية الرقيقة:

1.11.I مرحلة توضع الايونات:

يظهر في هذه المرحلة تجمع عناصر صغيرة من المادة المرسبة على الواجهة العلوية للمسند (الشكل 4.I)، ترافق هذه الحالة تغيرات تطراً على المادة، ومن بين هذه التغيرات في نقطة تحول التي

تطور حالة المادة إلى البنية فيزيائية وكيميائية. [38]

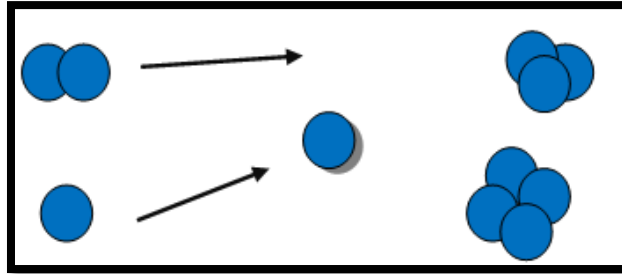


الشكل 4.I: رسم تخطيطي يمثل مرحلة توضع الايونات

2.11.I مرحلة الالتحام:

تتميز هذه المرحلة بالالتحام بالمجموعات فيما بينها لتشكيل طبقة تغطي تدريجياً الركيزة ويوضح الشكل

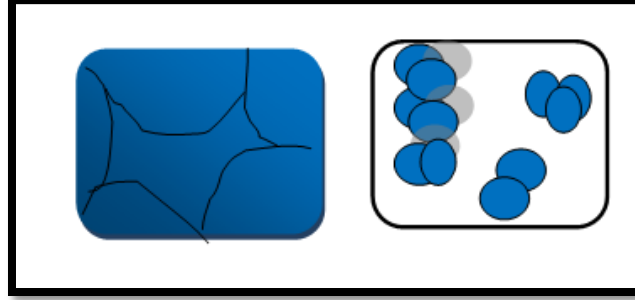
التالي هذه المرحل (الشكل 5.I) [39]



الشكل 5.I: رسم تخطيطي يوضح مرحلة الالتحام

3.11.I مرحلة النمو:

تعتبر هذه المرحلة الخطوة الأخيرة في عملية تركيب الطبقة الرقيقة وتعد هذه الظاهرة تكملة لعملية الالتحام بحيث يتم تشكيل طبقة مستمرة ويتم ذلك عن طريق عملية ملء الفجوات وذلك بزيادة درجة حرارة الركيزة يوضح الشكل المقابل عملية النمو (الشكل.I.6) [40]



الشكل.I.6: رسم تخطيطي يوضح مرحلة النمو

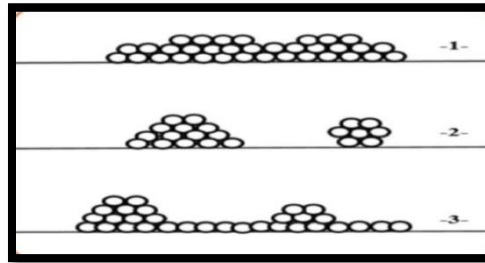
12.I. أنماط نمو الأغشية الرقيقة:

عند الدراسة على الأغشية الرقيقة لوحظ وجود ثلاث أنماط للنمو نوضحهم في (الشكل.I.7) و نعرفهم: [39]

نمط ثنائي الأبعاد : يتم فيه نمو الطبقة بالتوازي والتتالي على سطح الركيزة ويعرف بنمط *Frank-Vander-Merwe*

نمط ثلاثي الأبعاد : يتم فيه نمو الطبقة بالتعامد وعلى شكل مجموعة على سطح الركيزة ويعرف بنمط *Weber-Volumer*

نمط مختلط : هو عبارة عن مزيج من النمطين السابقين ويعرف *Stranski-krastanov*



الشكل.I.7: رسم يوضح أنماط النمو. [40]

13.I. العوامل المؤثرة على تكوين الأغشية:**1.13.I البنية البلورية للركيزة: [41]**

- التقارب في الأبعاد بين مادة الركيزة ومادة الغشاء
- ألا يحدث تفاعل كيميائي بين الركيزة والغشاء في درجة الحرارة العالية

2.13.I درجة حرارة الركيزة:

تتعرض الذرات، أمام ما تصل إلى الركيزة إلى عدة عمليات، تتمثل في الاهتزاز، التطاير، التنوية، التبخير، إذا كانت الجسيمات تملك طاقة أعلى من طاقة الترابط المميزة فإنها تتبخر من جديد من سطح الركيزة إلى وسط الناقل، لذلك نحتاج إلى تسخين الركيزة، إضافة إلى أن سطح الركيزة سطح غير أملس مما يؤدي إلى زيادة تنوية، إما الزيادة في تسخين الركيزة فينتسبب في إعادة تبخر الغشاء بعد أن يتشكل، أما في الحالة التي تكون درجة حرارة الركيزة مرتفعة، فإن الذرات تملك طاقة حركية كافية لتعديل مواضعها على الركيزة بحث تتوزع بشكل متجانس. [41]

3.13.I تأثير موقع الركيزة ومساحتها:

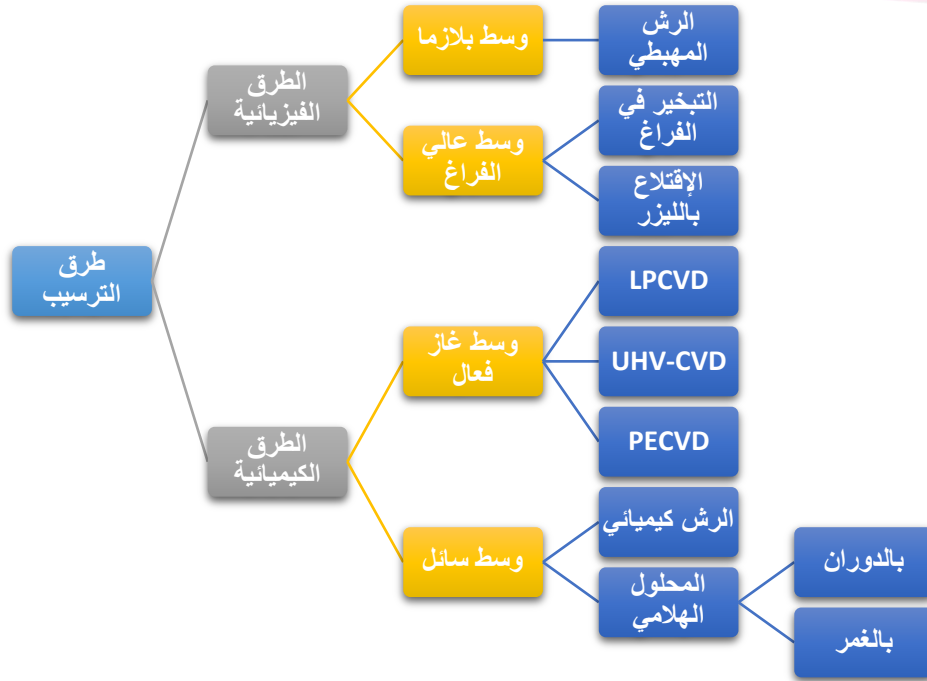
إن الركائز المتواجدة فوق الهدف مباشرة تحصل على أعلى توضع ممكن، ويكون الغشاء أكثر ثخانة وتقل ثخانة الغشاء تدريجياً مع أبعاد موقع الركيزة عن الهدف، إضافة إلى أن كبر مساحة الركيزة الموضع عليها تتسبب في وجود غشاء مختلف في السماكة بشكل واضح لذلك نلجأ إلى قص الركائز إلى مساحات صغيرة للحصول على أغشية منتظمة السماكة. [42]

14.I. طرق ترسيب الأغشية الرقيقة:

إن الاستخدامات الواسعة في مجال الأغشية الرقيقة دفعت الباحثين إلى تطوير وتحديث طرق الترسيب والتحضير، هذا ما أدى إلى الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه.

- نوع المادة.
- مجال استخدام الأغشية المحضرة.
- كلفة التحضير.

وقد تكون هذه الطرق مناسبة لعينة ما وغير مناسبة لعينة أخرى رغم تحقق كل العوامل، وقد تكون سهلة لبعضها أو معقدة. [43] ، ومن بين طرق الترسيب (الشكل 8.I)



الشكل 8.I: طرق الترسيب المتبعة في تحضير الأفلام الرقيقة.

1.14.I الطرق الفيزيائية:

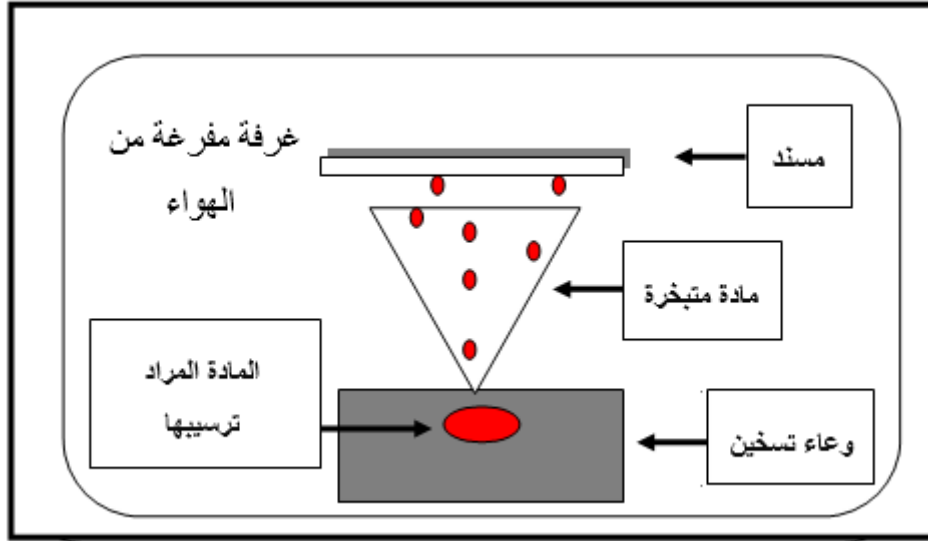
1.1.14I الترسيب الفيزيائي للأبخرة (PVD):

أ-التبخير في الفراغ:

تتم هذه الطريقة على تبخير المادة المراد ترسيبها وذلك بتسخينها الدرجات حرارة عالية مناسبة داخل غرفة مفرغة من الهواء وتحت ضغط يتراوح بين 10^{-3} و 10^{-4} Pa. كما في (الشكل 9.I) [45]

بعد تبخير هذه المادة تتكاثف وتترسب على سطح الركيزة وتشكل طبقة رقيقة، ويتم التسخين بعدة طرق منها فعل جول (للمواد سهلة الذوبان) أو التسخين بحزمة الالكترونات المكثفة عالية الطاقة (المواد المقاومة للحرارة)، وتعتمد سرعة ترسيب هذه المواد على:

- درجة حرارة المصدر.
- المسافة بين المادة المبخرة والركيزة.
- أفضل نتيجة لترسيب عندما يكون السطح عامودي على تدفق البخار. [46]



الشكل 9.I: رسم يوضح مرحلة التبخر في الفراغ

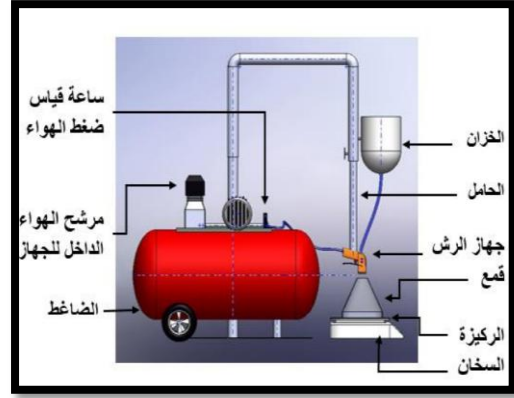
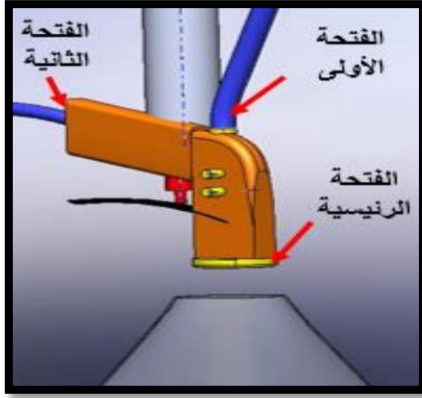
من سلبيات هذه التقنية:

- تفكك الأكاسيد نتيجة درجة الحرارة العالية
- عندما يكون الضغط غير منخفض فان الترسيب يكون قليل التماسك [47]

ب-الرش المهبطي:

تتم هذه التقنية في وضع الركيزة داخل غرفة فيها غاز خامل وضغط منخفض، وهذا الأخير يسبب تفريغ شحني و التفريغ يلعب دورا مهما في تأين ذرات الغاز، والايونات الناتجة تسرع بفرق جهد يتراوح بين (3 و 5 keV) لتسقط على الكاثود بطاقة كبيرة تحت تأثير ايونات الغاز المسرع الساقط على الكاثود تقتلع منه الذرات و تتوضع على سطح الركيزة. يمكننا إضافة غاز الأخر مع الغاز الخامل عند الرغبة في ترسيب مركب به الذات المقتلعة والغاز المضاف، حيث يتم تفاعل الغاز المضاف مع الذرات المقتلعة لتشكيل مركب يتوضع على الركيزة و يترسب. [48] نوضح هذه الطريقة في

(الشكل 10.I)



الشكل 10.I: رسم يوضح تقنية الرشالمهبطي

من ايجابيات هذه الطريقة:

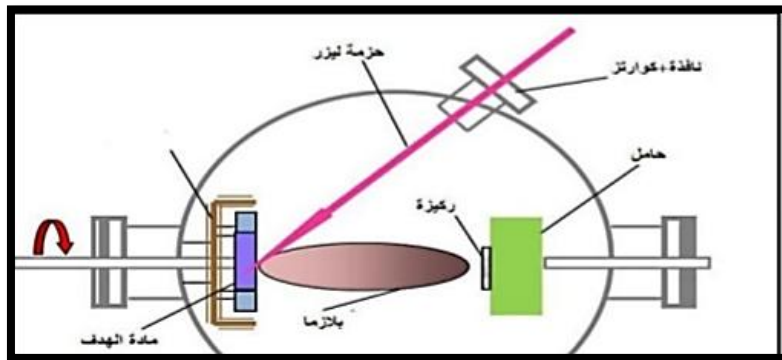
▪ الترسيب تحت أجواء مراقبة من سلبياتها:

▪ التكلفة العالية في تركيب جهاز الرش المهبطي

▪ بطيء عملية الترسيب [49]

ج-الاقتلاع بالليزر

تعتمد هذه الطريقة على تسليط شعاع ليزر ذو شدة عالية من خلال نافذة الغرفة المفرغة على المادة المراد ترسيبها تكون استطاعتها عالية بما فيه الكفاية لإخراج كمية من مادة الهدف (المادة المراد ترسيبها) التي تكون عمودية على سطح الركيزة لتشكيل سحابة من المادة المقتلعة التي تترسب على الركيزة ساخنة وهذا من اجل توفير الطاقة الأزمنة لتحفيز تبلور الطبقة الرقيقة بحيث هذه الأخيرة تكون موضوعة على التوازي مع الهدف [50] وهذا موضح في (الشكل 11.I)



الشكل 11.I: رسم يوضح طريقة الاقتلاع بالليزر

ايجابيات هذه التقنية:

- بسيطة التنفيذ
 - الالتصاق الجيد
 - إمكانية استخدام أهداف صغيرة
 - لا تتطلب أي مصدر للحرارة المسببة للتلوث داخل الغرفة
- من سلبيات هذه الطريقة:

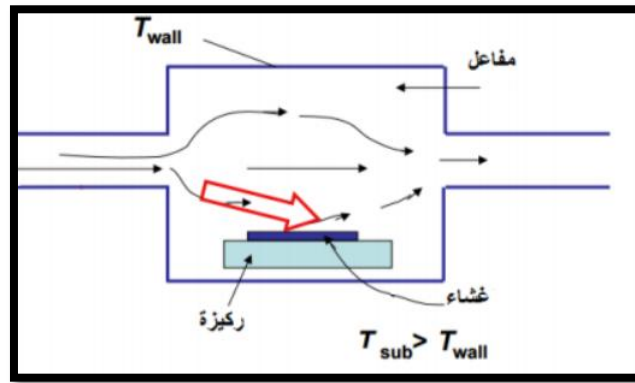
- مكلفة
- تتطلب دقة عالية في التعامل مع الليزر

2.14.I الطرق الكيميائية:

تعتمد هذه الطرق على تحضير الأغشية للمواد من محاليلها أو محاليل مركباتها ونذكر منها:

1.2.14I الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD): [51]

يتم استخدام هذه التقنية للحصول على أغشية رقيقة من المعادن وأشباه الموصلات والعوازل ويتم ذلك انطلاقاً من تبخير المادة من مركب متطاير ويتفاعل هذا البخار مع غازات أو سوائل أو مع أبخرة أخرى على القاعدة المراد ترسيب الغشاء عليها، حيث تتطلب هذه التقنية درجة حرارة الركيزة عالية تكون ما بين (500°C) إلى (2000°C) وهذا حسب طبيعة المادة في حين إن الاحتياجات الصناعية تتطلب درجة حرارة منخفضة [51]، نوضح الطريقة في الشكل 12.I



الشكل 12.I: رسم يوضح ترسيب الأغشية بطريقة البخار الكيميائي

وقد تم وضع بعض التحسينات في هذه الطريقة منها

أ- الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة لبلازما:

يتمثل دور هذه الطريقة في تحسين وتنشيط سرعة التفاعل مما يسمح بترسيب المادة في درجة حرارة منخفضة، ويتمثل عيب هذه الطريقة في إمكانية تفاعل لبلازما مع الركيزة ناتجا عن ذلك طبقة غير متجانسة [51]

ب-الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض LPCVD: [52]
تحدث التفاعلات الكيميائية ضغط منخفض يتراوح ما بين 10PA إلى 10^3

ج-الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي (UHV-QED): [52]
يتم الترسيب في هذه الطريقة تحت ضغط منخفض اقل من 10PA
من ايجابيات هذه التقنية:

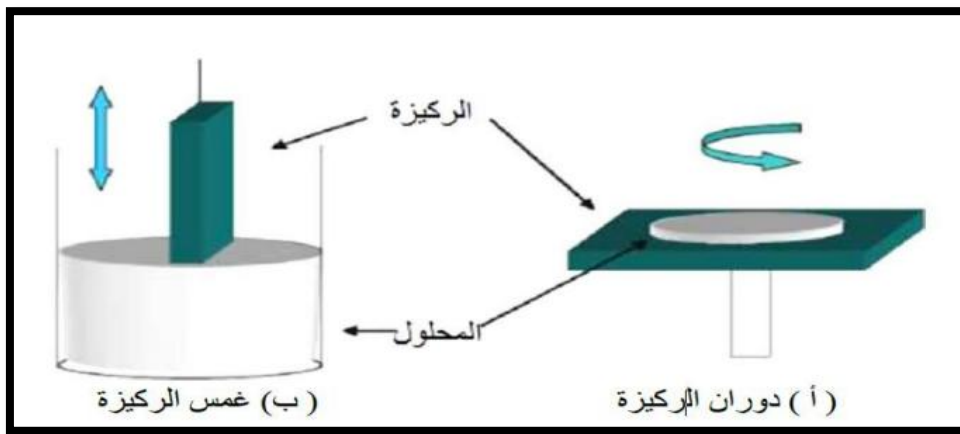
- القدرة على التحكم في الطبقة المرسبة خلال عملية الترسيب
 - الحصول على شرائح موحدة السمك وممتازة الالتصاق
- إما بالنسبة للسلبات تتمثل في:

- درجة حرارة تنشيط التفاعل عالية
- إعطاء شرائح غير نقية لوجود بقايا من غازات المتفاعلة للشرائح السابقة

د-تقنية المحلول الهلامي (gel-sol): [50 – 53]

عرفت هذه التقنية تطورات كبيرة على مدى العقود الثلاثة الماضية، والمبدأ الأساسي لهذه التقنية تتمثل في تحويل المحلول إلى هلام وذلك انطلاقا على مجموعة من التفاعلات الكيميائية عند درجة حرارة الغرفة كمرحلة أولى يتم إذابة مساحيق المادة الأولية في محلول يكون عبارة على ماء، حمض، قاعدة أو كحول يصبح لدينا محلول (sol) نتيجة تفاعلات الذوبان، وبعد إزالة الماء من sol الذي يتجفف لنا سريعا يتكون لنا هلام (gel) ويعتمد ترسيب الهلام على أسلوبين نبيينهما في (الشكل 13.I):

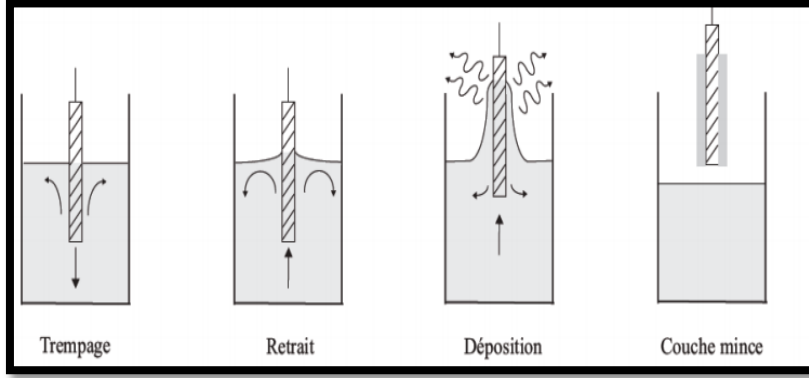
- بواسطة الغمس
- بواسطة الطرد المركزي.



الشكل 13.I: طرق ترسيب المحلول الهلامي

الترسيب بالغمس (dip-coating) [54 – 55]

نعمل في هذه الطريقة على غمس الركيزة في المحلول الهلامي ثم نسحبها بسرعة ثابتة في الهواء وبذلك نحصل على طبقة ذات طبيعة هلامية، حيث يتأثر سمك الطبقة الرقيقة بالسرعة العمودية للغمس والسحب وكذلك لزوجة السائل ولهذه التجربة 3 خطوات أساسية موضحة في (الشكل 14.I) التالي:

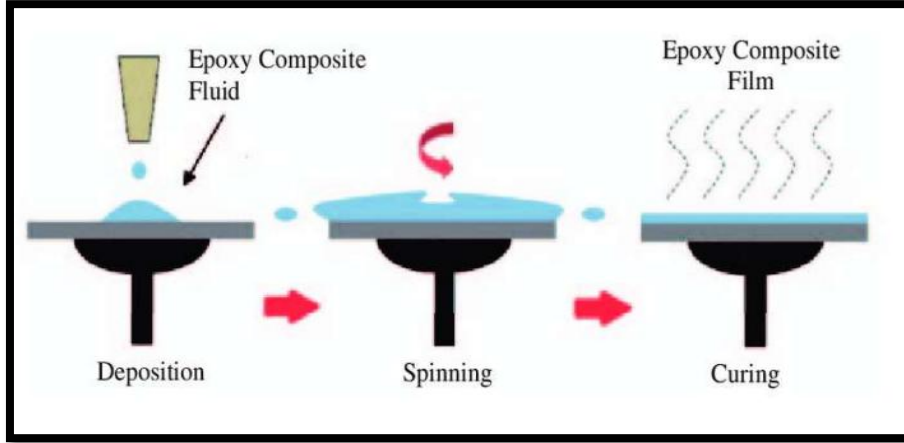


الشكل 14.I: رسم تخطيطي يوضح طريقة الغمس

الطلاء بالدوران (spin-coating): [54 – 56]

في هذه العملية نضع المحلول فوق الركيزة ويوزع على سطحها بواسطة قوة الطرد المركزي، وبعد ذلك يتم تدوير المحرك بسرعة عالية وتنقيط المحلول على الركيزة، وبعدها نحضر الشريحة تترك ليتبخر المذيب (معالجة حرارية) فبذلك تتشكل طبقة رقيقة، وتمكننا هذه الطريقة من الحصول على وجه واحد مرسب ونلخصها في (الشكل 15.I) ونعبر عنها في أربعة خطوات التالية:

- الخطوة الأولى: وضع المحلول على الشريحة وتوزيعه على سطحها بشكل متساوي في جميع الطبقات لتكون هذه الأخيرة متجانسة
- الخطوة الثانية: يتم تسريع الشريحة بدوران حلزوني إلى غاية السرعة القصوى المطلوبة حيث يتجانس توزيع المحلول على كامل سطح الشريحة بفعل قوة الطرد المركزي
- الخطوة الثالثة: نقوم بتدوير الشريحة بسرعة ثابتة حيث تتحكم اللزوجة في سمك الطبقة
- الخطوة الرابعة: إن نسبة تبخر المذيب تتحكم في سمك الطبقة وتتحول هذه الطبقة إلى جيلتين ويكون سمك الطبقة متناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لسرعة الدوران، غير أن اللزوجة، وكثافة السائل، تؤثر على سمك الطبقة



الشكل 15.I: رسم تخطيطي يوضح طريقة طلاء بالدوران

من ايجابيات هذه التقنية:

- كمية صغيرة من سائل الترسيب تكفي لمسح سطح كامل العينة
- سهولة الحصول على المعدات اللازمة
- آلية الترسيب سريعة جدا
- تستخدم لترسيب طبقات متوالية مختلفة على نفس السند
- النقاوة العالية
- درجة حرارة منخفضة

من سلبيات هذه التقنية:

- تظهر إشكالية انتظام السمك في المساند الكبيرة
- تتطلب خواص محددة للمذيب

الخلاصة

لقد تناولنا في هذا الفصل إلى مفهوم الشرائح الرقيقة و آليات نموها ومختلف تقنيات ترسيبها، فلاحظنا إن الأغشية الرقيقة عدة تقنيات فيزيائية وكيميائية لكن مهما اختلفت يبقى الهدف واحد بالإضافة إلى ذلك التعرف على أكسيد النحاس ومعرفة خصائصه وتطبيقاته الواسعة وتعرف وعلى خصائص المغنيزيوم.

بحوث وأعمال سابقة

- قام الباحثون (S.Santhosh Kumar jacob ,I.Kulamdaismy..) [57] بدراسة الخواص الكهروضوئية المحسنة للأغشية الرقيقة لأكسيد النحاس الأحادي المطعم بالمغنزيوم أعدت بتقنية الانحلال الحراري البخاخات ،حيث وجد ان الامتصاصية تزداد بزيادة التطعيم فضلا أن التطعيم أدى إلى تغير النطاق الطاقى الممنوع وذلك بتناقصه من 2,25 الى 1,9 ،وسجلت أحسن مقاومة $10^2 \times 1,23 \Omega$ و اقل نفاذية لنسبة تطعيم 7% من المغنزيوم
- قام الباحثان (Abryant ,mater 1977) [58] بتأثير سائبة الفلور على الصفات البصرية لاغشية اكسيد النحاس ،اذ وجد ان معامل الامتصاص للأغشية المشوبة اصغر من معامل الامتصاص للأغشية غير المشوبة فضلا عن أن التشويب أدى إلى التغيير في الفجوة الممنوعة في كل من الانتقالات الكترونية المباشرة ، وكذلك التغيير الواضح في ثابت العزل
- قام الباحثون (Habubiet.A 1994) [58] بدراسة تأثير التشويب بالكور على الصفات بصرية لاغشية اكسيد النحاس ومن خلال الدراسة تبين ان زيادة التشويب يؤدي الى زيادة معامل الاتصاص ونقصان طاقة الفجوة بنوعها المسموحة و الممنوعة
- درس الباحث (سعد فرحات 1994) [58] الخواص البصرية والكهربائية لأكسيد النحاس المطعم بمجموعة من الهلوجينات باستخدام طريقة الترسيب الكيميائي الحراري ،وقد ادى التشويب بالفلور و البروم الى زيادة طاقة الفجوة الممنوعة ،بينما ادى التشويب بالكور و اليود الى نقصان طاقة الفجوة ان قيمة الانعكاسية لا تتغير بتغير نوع الشائبة، ومعامل الانكسار له قيمة ثابتة للأغشية كلها
- قام الباحث (Hadeel Abdalbari Hussein) [59] وغيره من الباحثين بدراسة " تأثير السمك على الخواص البصرية لاغشية أكسيد النحاس الرقيقة بواسطة FDTD حيث استخدم محاكاة FDTD لدراسة تأثير السماكة على الامتصاص والنفاذية والانعكاس لفيلم CuO بسماكة تتراوح من 0.3 إلى 3 ميكرومتر. أشارت النتائج المتوقعة إلى أن فيلم CuO بسماكة 1.5 ميكرومتر يعرض الامتصاص البصري الأمثل. ومع ذلك ، أظهر الجهاز الذي يحتوي على طبقة 1.5 ميكرومتر من النحاس معدل امتصاص واسع النطاق في الطيف المرئي وتوزيعاً موحداً لشدة الضوء داخل الطبقة النشطة. يمكن أن تساعد هذه الدراسة في تحسين المعلمات الضوئية قبل تصنيع الجهاز لتحسين أداء الجهاز.
- قام الباحثون (D. Naveena,2022) [60] وغيرها بدراسة تحقق من تأثير تطعيم أغشية أكسيد النحاس CuO بشائبة La كمادة ماصة لتطبيق الخلايا الشمسية ، حيث تم تحضير

أغشية الأكسيد النحاس المطعمة La بتقنية الانحلال الحراري بالرش الكيميائي بنسب (2%، 4%، 6%، 8% و 10%)، حيث وحد انخفاض في المستوى البلوري بزيادة تطعيم كذا معامل زيادة في معامل امتصاص ونقصان في الفجوة الطاقية من 1.62 eV إلى 1.49 eV، كما سجلت اقل مقاومة عند نسبة 6% بقيمة (1.33 Ω cm)

- قام الباحثان [61] (Siregar, N., & Panggabean, J) بدراسة "تأثير التطعيم بالمغنزيوم لأكسيد الزنك ZnO:Mg بطريقة الطلاء الدوراني Sol-gel حيث تم تطعيم أكسيد الزنك بنسب (0.5%، 1%، 1.5%، 2%، 2.5%) من المغنزيوم، حيث وجد أجد بزيادة التطعيم تتناقص قيمة الفاصل الطاقية من 3.185 eV إلى 3.155 eV وذلك مصطحب بانخفاض النفاذية
- قام الباحثان (SameerAtta. MakkiHiba M. Ali) [62]، بدراسة "خصائص تأثير السمك لأغشية أكسيد النحاس الرقيقة المحضرة بتقنية التبخير الحراري"، حيث تم ترسيب أغشية CuO الرقيقة على ركائز زجاجية بسمك مختلف (250، 300 و 350 و 400) نانومتر، أشارت نتائج XRD إلى أن الأغشية الرقيقة يزداد حجم بلوراتها مع زيادة السماكة. لكن حجم الحبيبات وخشونة الأغشية الرقيقة تعتمد على السماكة. وجد أن أنماط XRD والتشكيلات السطحية للأغشية الرقيقة تغيرت بشكل كبير عندما يكون للفيلم الرقيق سماكة أكبر بسبب التحسن في الخصائص البصرية. كذا أظهرت أطياف قياس UV-vis أن شدة نفاذية الأشعة فوق البنفسجية (UV) انخفضت مع زيادة السماكة المختلفة وانخفض فجوة الطاقة من (1.62 إلى 1.48) فولت عندما تتراوح السماكة المختلفة من 250 إلى 400 نانومتر. يمكن ملاحظة سلوك معامل الانكسار والانعكاس أن معامل الانكسار يتناقص مع زيادة الطول الموجي (550-750) نانومتر ثم يزداد الانعكاس مع الطول الموجي UV-vis (0.2) الطول الموجي والدخول مع زيادة السماكة المختلفة (250 و 300 و 350 و 400 نانومتر).

المراجع

المراجع العربية

- [1] ش.العبد (2016)،"الدراسة الطيفية لطبقات أكسيد النحاس المتوضعة على ركائز من أكسيد الزنك (CuO/ZnO)" شهادة ماستر، جامعة ورقلة
- [2] ع.دقة & و.مصباحي (2017)،تحديد بعض خصائص أغشية أكسيد النيكل NiO المطعم بالحديد Fe مذكرة ماستر الأكاديمي،جامعة الوادي
- [4] عبد العالي مدخل (2019)،ترسيب الأغشية الرقيقة لأكسدة النحاس المحضرة بطريقة (الترديد البلازمي المستمر)،ماستر أكاديمي، جامعة الوادي
- [7] نصر الدين فرحات, & شلالى لخضر (2020),دراسة بنيوية وضوئية لشرائح أكسيد النحاس لمطعم بالنيكل, ماستر أكاديمي, جامعة الوادي
- [10] طيب أرفيس. (2018). الخصائص البنيوية والضوئية للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك المطعم بذرات النيكل والمحضرة بطريقة الطرد المركزي (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de 'MSila
- [12] محدي عبدالقادر، (2017). دراسة الطبقات الرقيقة ذات الخاصية المغناطيسية (Doctoral Mohamed Boudiaf, M'sila
- [13] س.الجواد، ا.صبر، ع.الطيف،"تأثير التشويب على الخواص التركيبية والتحسية لأغشية ثنائي أكسيد القصدير نانوية التبلور"،مجلة الهندسة والتكنولوجيا،المجلد34، العدد5، 2016،
- [15] سمية قنفود, & سعيدان عابدة (2020)، دراسة الخصائص البصرية لأغشية أكسيد النيكل NiO المشوب بالمغنيسيوم (Mg)،مذكرة ماستر،جامعة بسكرة
- [16] سليمة ربيعي & طيار أميرة عالية (2020)، تحضير ودراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الضوئية لشرائح أكسيد الزنك المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري، ماستر أكاديمي، جامعة الوادي
- [17] رحيم احمد علي، تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية Cd-CrO الرقيقة -كلية العلوم -ديالي، رسالة ماجستير
- [18] بوصبيح صالح, & جهينة (2018)، دراسة الخصائص التركيبية والبصرية (NiO) المطعمه بالنحاس (Cu)، ماستر أكاديمي، جامعة الوادي.
- [19] أ.د، زياد محمد عبود، أ. خضير عباس مشجل آيه عبد الكريم جاسم، تأثير درجة حرارة القاعدة عمى الثوابت البصرية الغشية CuO المحضرة بتقنية التحمل الكيميائي الحراري الجامعة المستنصرية

- (كمية التربية) قسم الفيزياء، 2017
- [25] ن.حمروني & ع.بليلة (2017)، الدراسة البنيوية والضوئية والكهربائية لشرائح أكسيد القصدير المطعم بالنحاس، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي
- [26] وهاب أمينة & بنادي زهرة (2019)، دراسة تأثير طريقة التلدين على الخصائص البنيوية والضوئية لجزيئات أكسيد النحاس النانوية، مذكرة ماستر، جامعة بسكرة
- [30] ن، محمد علي الكرخي (2012)، "دراسة خصائص التركيبية لأغشية (ZnO:Sn) المحضرة بطريقة التحليل الكيميائي الحراري"، جامعة ديالي، العراق
- [32] س. بن عمر (25/05/2016)، دراسة الخواص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك المطعم بالحديد المتوضع بتقنية رذاذ الانحلال الحراري، مذكرة أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة
- [33] ح. عدوية جمعة، ح. ناهد هبخت، ح. علي صالح، دراسة تأثير التطعيم بالمغنيز Mn على الخصائص البصرية لأغشية كبريتيد الخرسين ZrS₂ المحضرة بتقنية الترسيب بالليزر النبضي، مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية، مجلد 22، العدد 1، 2012
- [36] ص. جاسم محمد، ا. اسعد حمدي (2013)، "دراسة تأثير التشويب بالنحاس على الخصائص البصرية لأغشية CdO الرقيقة"، كلية التربية جامعة تكريت، العراق
- [39] حريز بلقاسم منال (2012)، "دراسة الخصائص البنيوية والضوئية والكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية" مذكرة ماستر، فرع فيزياء، جامعة الوادي
- [42] م. زين العابدين، تصنيع أغشية رقيقة من مادة أكسيد النيكل ودراسة خواصها الفيزيائية، درجة ماجستير، جامعة دمشق، سوريا
- [53] غ. جردان نياب & ص. عايد نجم (2017)، تأثير التطعيم بالحديد والقصدير على الخواص الفيزيائية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة الطلاء الدوراني، مجلة تكريت العلوم الصرفة، المجلد 22، العدد 12،
- [54] م. الحامض & ع. المالك، م. غياث، دراسة الخصائص البنيوية والضوئية والكهربائية لأفلام أكسيد اليريديوم المستعملة في النوافذ الذكية، دراسات العلوم السياسية، المجلد 39، العدد 13
- [56] ح. مهدي & ع. ايمان (2019)، دراسة أكسيد القصدير المطعم بالحديد بطريقة spin coating ماستر أكاديمي، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي
- [58] ماجد حميد حسوني (2003)، دراسة الخصائص البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس المشوب بأكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري، درجة ماجستير، جامعة المستنصرية، العراق

المراجع الأجنبية

- [3] Tosoni, O. (2013). Conception, élaboration et intégration d'électrodes transparentes optimisées pour l'extraction des charges dans des dispositifs photovoltaïques (Doctoral dissertation, Université de Grenoble).
- [5] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-gap-5120/>
- [6] Kihel, M., & Berbadj, A. E. (2018). Etude des oxydes transparents conducteurs: exemple l'oxyde de zinc (ZnO) (Doctoral dissertation, University of Jijel).
- [8] <https://www.gostten.com/2021/01/conductivity-definition-and-types-of-conductivity.html?m>
- [9] T. Abdelaziz, Optimization des conditions d'élaboration (température de substrat et distance bec-substrat) des films minces de ZnO par spray, Thèse de Magister, Université Mohamed Khider, Biskra, (2013).
- [11] J.I.Pankove," Optical Processes In Semiconductors" By Prentice-Hall,Inc (1971).
- [14] K. L.MENOUER , ” Etude et réalisation d'une cellule solaire multicouches du type SiO₂-SnO₂-ZnO par APCVD ” , THESE , université mouloud Mammeri de TIZIOUZOU,(2011).
- [20] Arroyo, R. B. (2018). Synthesis of Copper Oxide Aided by Selective Corrosion in Cu Foils. Advances in Materials Science and Engineering, 2018.
- [21] Resende, J., Chaix-Pluchery, O., Rovezzi, M., Malier, Y., Renevier, H.,

- Nguyen, N. D., ... & Jiménez, C. (2019). Resilience of cuprous oxide under oxidizing thermal treatments via magnesium doping. *The Journal of Physical Chemistry C*, 123(14), 8663-8670.
- [22] Moura, A. P., Cavalcante, L. S., Sczancoski, J. C., Stroppa, D. G., Paris, E. C., Ramirez, A. J., ... & Longo, E. (2010). Structure and growth mechanism of CuO plates obtained by microwave-hydrothermal without surfactants. *Advanced Powder Technology*, 21(2), 197-202.
- [23] P.K. Ooi, S.S. Ng, M.J. Abdullah, H. Abu Hassan, Z. Hassan *Materials Chemistry Journal of Physics Dappled Physics*, vol. 38, pp. 266-271, 2005a.and *Physics*,140_243,(2013).
- [24] J. B. Forsyth, S.Hull, "The effect of hydrostatic pressure on the ambient temperature structure of CuO",*J.Phys.Condens.Matter*,3(1991)5257.
- [27] A.Altaweel, «Synthèse de nanostructures d'oxyde de cuivre par micro-post-décharge micro-ondes à pression atmosphérique», Thèse de doctorat, Université de Lorraine,(2014).
- [28] S.Mehadjbi, «La synthèse des nano poudres de CuO avec la méthode précipitation Sol-Gel en utilisant le précurseur CuSO4 et l'étude de leurs propriétés structurales et optiques», Mémoire de Magister, Université Mentouri-Constantine, (2015)
- [29] Noreen, M., Khan, M. N. M., Ahmed, A., & Hussain, G. (2020). A perspective study on copper oxide nano particles and their role in different fields of biomedical sciences. *Int J SciRes Eng Dev*, 3, 1246-56.
- [31] <https://answers.mawdoo3.com/>
- [34] K. L. Chopra, I. Kaur, "Thin Film Device Applications", Plenum press, New York, (1983)

- [35] A. Rahal, Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires, mémoire de magister, université d'eloued, (2013)
- [37] I. Guesmi, Dépôt de couches minces de cuivre sur substrats polymère de formes complexes par pulvérisation cathodique magnétron avec ionisation de la vapeur, thèse de doctorat, Université Paris Sud – XI, 2003
- [38] Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur RAHA des verres ordinaires", Mémoire de Magister, UNIVERSITE D'ELOUED , (2013).
- [40] H.J. Mathieu, E. Bergmann, R. Gras, "Traite Des Matériaux 4. Analyse Et Technologie Des Surfaces, Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes". Lausanne 1ere Edition,(2003)
- [41] E.Cetinorgu, S:Goldsmith, yurosenbrg, R.L.Boxman, "influences of annealing on the physical properties of filtered vacuum are deposited in the oxide thin film", journal of monocrytalline solid ,vol.353, pp.25
- [43] Pere Roca i Cabarrocas, Thèse de Doctorat, Paris V11 (1988)
- [44] I.Gioroudi, J.Kosel, C.Scheffer, "Rcent Developments and Patents on Thin Film Technology", Recent Patents on Materials Science, 1,(2008),200 208
- [45] D 'Influence Des Défauts Sur Les Propriétés Optiques Et Tain off Electroniques De Nanoparticules De ZnO",Thèse De Doctorat, Université De Claude Bernard-Lyon 1,(2009).
- [46] A. Benzagouta, " Effet De La Stœchiométrie Sur Les Propriétés Structurelles, Dynamiques Et Electroniques Des Systèmes Si-C, Etude Par La Dynamique Moléculaire" ,Thèse De Doctorat , Université De Constantine (2004).

- [47] J. JacquesBessot, S. Audisio, Techniques De L'ingénieur ; Traitement De Surface M5,1655-1660, (1989)
- [48] S.Benramache,.Elaboration et caractérisation des couches minces de ZnO dopées cobalt et indium ", Université Mohamed Kheider, Biskra(2012)
- [49] Y-M. Jiang ,"Pulvérisation Cathodique Assistée Par Ordinateur", Thèse De Doctorat, Université De Paris-Sud , (1992).
- [50] F.Ynineb," Contribution A L'élaboration De Couches Minces D'oxydes Transparents Conducteurs (TCO)" ,Mémoire De Magister, Université Mentouri De Constantine, (2009)
- [51] L.Bornstein. Semiconductor quantum structures. Sub volume C;optical properties, part3, Vol 34. Springer, (2004)
- [52] L. B. Freund, S. Suresh, Thin Film Materials :Stess, Defect Formation and Surface Evolution Cambridge University, (2003)
- [55] K. Daoudi, Elaboration et caractérisation de films minces d'oxide d'indium dope a l'étain obtenu par voie sol-gel potentialité pour la réalisation d'électrode sur silicium, thèse de doctorat, Université Claude Bernard, lyon, 2003
- [57] Jacob, S., Kulandaisamy, I., Valanarasu, S., Arulanantham, A. M. S., Ganesh, V., AlFaify, S., &Kathalingam, A. (2019). Enhance dop to electronic properties of Mg doped Cu₂O thin films prepared by nebulizer pyrolysis technique. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(11), 10532-10542.
- [59] Hussein, H. A., & Al-Mayalee, K. H. (2021). Study the Effect of Thickness on the Optical Properties of Copper Oxide Thin Films by FDTD Method. Turkish Journal of Computer and Mathematics

Education (TURCOMAT), 12(12), 3865-3870.

- [60] Naveena, D., Dhanabal, R., & Bose, A. C. (2022). Investigating the effect of La doped CuO thin film as absorber material for solar cell application. *Optical Materials*, 127, 112266
- [61] Siregar, N., & Panggabean, J. (2020). The effect magnesium (Mg) on structural and optical properties of ZnO: Mg thin film by sol-gel spin coating method. In *Journal of Physics : Conference Series* (Vol. 1428, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- [62] Ali, S.A.M.H. M. (2016). The thickness effects characterization properties of copper oxide thin films prepared by thermal evaporation technique. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies*, 2, 532-535.

الفصل الثاني:

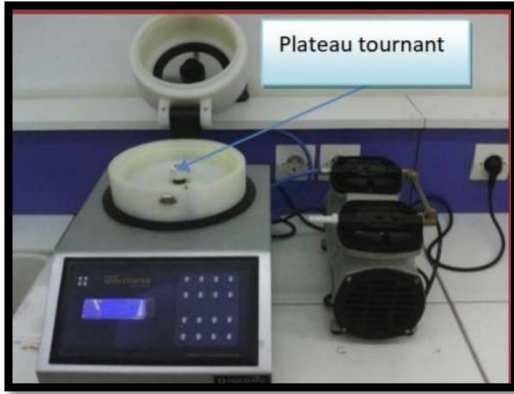
طرق المعاينة والعمل التجريبي

1.II تمهيد :

يتضمن هذا الفصل دراسة ومعرفة طرق المعاينة والعمل التجريبي وخصائص الضوئية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس النقي والمطعم ب Mg والمرسبة بطريقة المحلول الهلامي Sol-Gel وذلك بالاستعمال تقنية الطلاء الدوراني spin-coating لما تتمتع به هذه التقنية من ايجابيات ولما تنتجه من أغشية متجانسة، وذلك باستخدام تقنية مطيافية التحليل في المجال المرئي وفوق البنفسجي وتقنية المسابر الأربعة.

2.II البروتوكول التجريبي:**1.2.II الأدوات المستعملة في التجربة:**

- ميزان
- فرن
- مخلاط مغناطيسي
- جهاز الطرد المركزي
- Etuve
- قلم القص الماسي



جهاز الترسيب الدوراني



مخلاط مغناطيسي



قلم قص حاد



Etuve



الفرن

2.2.II المواد الكيميائية في تحضير محلول اكسيد النحاس الغير مطعم والمطعم بالمغنيزيوم:
ونلخص ذلك في الجدول 01:

جدول 1.II: المواد المستخدمة في البروتوكول التجريبي



أسياتات النحاس:

الصيغة الجزيئية: $C_4H_6CuO_4 \cdot H_2O$

الكتلة المولية: $199,65 \text{ g/mol}$

الحالة الفيزيائية: مسحوق صلب

	<p>أسيات المغنيزيوم: $C_4H_6MgO_4 \cdot 4H_2O$: الصيغة الجزيئية الكتلة المولية: $214,45 \text{ g/mol}$ الحالة الفيزيائية : مسحوق صلب</p>
	<p>أحادي ايثانولامين: $NH_2CH_2CH_2OH$: الصيغة الجزيئية الكتلة المولية: $61,08 \text{ g/mol}$ الحالة الفيزيائية : سائل</p>
	<p>الايثانول: $C_2H_5 - OH$: الصيغة الجزيئية الكتلة المولية: $199,65 \text{ g/mol}$ الحالة الفيزيائية : سائل</p>
	<p>الاسيتون: C_3H_6O: الصيغة الجزيئية الكتلة المولية: $58,08 \text{ g/mol}$ الحالة الفيزيائية : سائل</p>

3.2.II اختيار الركيزة:

يعد اختيار نوعية الركيزة من بين أهم العوامل التي تساهم في نجاح عملية الترسيب لذلك اخترنا الزجاج لما يحتويه من مميزات نذكر منها:

- شفافية عالية في المجال المرئي مما يسمح في الحفاظ على الخصائص الضوئية للشريحة
- اقل تكلفة ومتوفر
- التصاق جيد لشريحة مع المسند الزجاجي

4.2.II تنظيف الركيزة:

يتوجب تنظيف الركائز الزجاجية للتخلص من الشوائب والمواد العالقة لكونها تؤثر على خصائص ونمو الطبقات الرقيقة، وتنظيف هذه الركائز يتم وفق الخطوات الآتية:

- (1) غسل الشرائح الزجاجية بالماء المقطر ثم نجفها
- (2) نغمر شرائح الزجاج المجففة في الأسيتون لمدة 10 دقائق
- (3) نقوم بإخراجها ونسكب عليها ماء مقطر ونجفها
- (4) نغمر مرة أخرى في الايثانول لمدة 10 دقائق
- (5) تسحب الشرائح من الايثانول ونسكب عليها ماء مقطر وتجفف
- (6) وفي الأخير تمسح بالورق الماص وتوضع في علبة مغلقة لتفادي التصاق الغبار

5.2.II تحضير المحاليل:

من اجل ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النحاس النقي والمطعم على شرائح الزجاج قمنا بتحضير عدة محاليل بنسب تطعيم مختلفة

1.5.2II المحلول النقي:

تم اختيار تركيز $C=0,3\text{mol/l}$ في حجم $V=15\text{ mL}$ وقمنا بحساب كتلة أسيتات النحاس المرافقة لهذه الشروط حسب القانون :

$$m=M.C.V$$

1.II

m: كتلة المادة المستعملة g

M: الكتلة المولية للمادة g/mol

C: تركيز المحلول mol/l

V: حجم المحلول l

- تم حساب كتلة أسيتات النحاس ووزنها ووضعها في حجم 15ml من محلول الايثانول، ونقوم بخلط المحلول في الخلاط المغناطيسي تحت درجة حرارة 60C° لمدة ساعة
- بعد مرور ساعة نظيف للمحلول قطرات من أحادي ايثانولامين ويترك ليتجانس مع المحلول لمدة ساعة أخرى
- بعد انتهاء الوقت نوقف عملية الخلط ونتركه لمدة 24 ساعة لضمان تجانس المحلول وتشكيل أكسيد نحاس

2.5.2II المحلول المطعم:

لتحضير المحلول المطعم نستعمل نفس الشروط السابقة (الكتلة، التركيز، الحجم)، ونقوم بحساب كتلة أسيتات المغنيزيوم المرافقة لكل نسبة تطعيم (9%; 7%, 5%, 3%, 1%) من القانون التالي :

جدول 2.II: نسب التطعيم بين المحاليل

9%	7%	5%	3%	1%	
0,8984	0,8984	0,8984	0,8984	0,8984	كتلة أسيتات النحاس
0,2271	0,1766	0,1261	0,0757	0,0252	كتلة أسيتات المغنيزيوم

- وضع كتلة أسيتات النحاس في محلول الايثانول
- يوضع الخليط في الخلاط المغناطيسي تحت درجة حرارة 60°C لمدة ساعة
- بعد مرور ساعة نظيف للمحلول قطرات من أحادي ايثانولامين ويترك ليتجانس مع المحلول لمدة ساعة أخرى
- بعد انتهاء الوقت نوقف عملية الخلط ونتركه لمدة 24 ساعة لضمان تجانس المحلول وتشكيل أكسيد نحاس المطعم بالمغنيزيوم
- تكرر نفس الخطوات لكل النسب

6.2.II الترسيب بطريقة (spin-coating):

ويتم ذلك ب:

- وضع المسند الزجاجي على الجهاز
- وضع المحلول المحضر على سطح المسند وتوزيعه بشكل متساوي
- يتم تشغيل الجهاز و دوران الشريحة لمدة 30 ثانية ونوقف الجهاز
- ننزع المسند ونضعه في etuve في درجة حرارة 200°C لتجفيف الطبقة والتصاقها
- نكرر العملية 6 مرات للحصول على 6 طبقات
- بعد تحضير كل الشرائح المطعمة وغير المطعمة بـ 6 طبقات نأخذها إلى الفرن تحت درجة حرارة 450°C لمدة ساعة. بعد إخراجها نقوم بقصها بالقلم الماسي وتصبح جاهزة للدراسة الضوئية والكهربائية

3.II. طرق المعاينة وتحليل الأغشية:

أن تقنيات المعاينة ووصف هذه الطبقات تعتبر عامل مهم حيث من خلاله يمكن معرفة الخصائص الكهربائية والضوئية والخصائص البنوية لهذه الأغشية ونذكر من بين هذه التقنيات:

- جهاز الأشعة السينية
- التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية
- أشعة تحت الحمراء
- جهاز المسابر الأربعة

1.3.II الخصائص الضوئية:

تعمل الدراسة التحليل الطيفي للخواص الضوئية للأغشية الرقيقة في تعيين عدد مهم من الثوابت البصرية، وتتميز الطرق الضوئية على الكهربائية بأنها غير متلفة وحساسة، ومن بين الأساليب التي تعمل على تحليل الخصائص الضوئية نذكرها على التوالي:

- النفاذية
- الامتصاصية

1.1.3II جهاز التحليل الطيفي للأشعة المرئية و الأشعة فوق بنفسجية: [2]

يعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها، عندما تمتص المادة الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية فان جزء من الشعاع الساقط يمتص أو ينفذ عبر العينة، عندما تمتص المادة الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، فان الطاقة الممتصة تسبب اضطرابات في البنية الإلكترونية للأغشية الرقيقة، مما ينتج عنها انتقال الكترونات من مستوي طاقي اقل إلى مستوي نطاقي أعلى , نوضح صورة الجهاز في الشكل التالي :



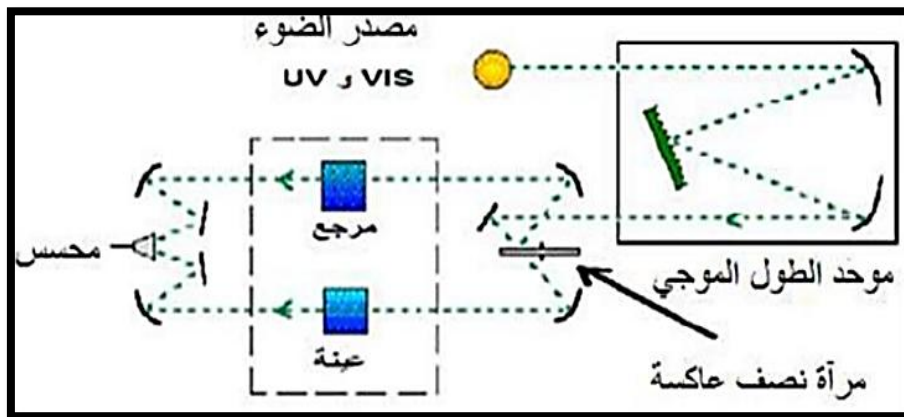
الشكل II.1: جهاز التحليل الطيفي للأشعة المرئية و الأشعة فوق البنفسجية

ومن إيجابيات هذه التقنية:

- غير مدمرة للعينة
- يمكن أن نعمل على كميات صغيرة للمادة

مبدأ عمله: [3]

يعتمد على مصدر ضوء مكون من مصباحين (التنغستن-الديتريوم) حيث تمر حزمة الضوء من خلال موحد للطول الموجي لتحديد الطول الموجي تنتج حزمة من الفوتونات في كل مرة لها طول موجي موحد حيث توجه هذه الحزمة نحو مرآة نصف عاكسة لتقسيم الحزمة الأولى إلى حزمتين الأولى تمر عبر العينة المراد دراستها والأخرى تمر عبر مرجع من زجاج، ومن ثم توجه الحزمتين نحو لاقط من أجل مقارنة النتائج ورسمها. وهذا ما يوضحه الشكل :



الشكل II.2: رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل الجهاز

2.1.3II تحديد معامل الامتصاص [4]

يمكننا طيف النفاذية من تحديد معامل الامتصاص، وكذلك معامل الإخماد وذلك باستخدام علاقة Bouguer-Lambert-beer والذي يكتب كالتالي:

حيث

α : معامل الامتصاص. (cm^{-1})

d : سمك الغشاء الرقيق. (cm)

ومن علاقة النفاذية المعطاة يمكن كتابة عبارة معامل الامتصاص على النحو التالي:

3.1.3II تحديد سمك الغشاء:

هناك عدة تقنيات نستعملها لقياس السمك نذكر منها:

الطريقة الوزنية: [5]

تعتبر هذه الطريقة غير دقيقة نوعا ما، حيث يتم فيها وزن الركيزة باستعمال ميزان حساس قبل الترسيب وبعد الترسيب وبعد ذلك نقوم، بحساب الفرق بينهم ونستطيع حساب السمك بالعلاقة

Δm : الفرق في وزن الركيزة (g)

ρ : كثافة الطبقة الرقيقة (g/cm^3)

A: مساحة الركيزة او الغشاء (cm^2)

استخدام برنامج Hebal:

يسمح بتحديد سمك العينة ومعامل الانكسار للأغشية المحضرة ويتم ذلك انطلاقاً من قيم النفاذية وهي الطريقة المستخدمة بكثرة نظراً لدقتها وسرعتها بالنسبة لسابقتها

4.1.3II معامل الانكسار:

يمكن التعبير عن معامل الانكسار لعينات الأغشية الرقيقة المحضرة بالعلاقة **II.I** الموجودة في الفصل 1.

5.1.3II تحديد عرض الفاصل الطاقى [6]

تعتبر فجوة الطاقة من الثوابت البصرية المهمة، حيث يعتبر الطاقة اللازمة لنقل الإلكترونات من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة النقل وقد سميت بالمنوعة لأن المستويات فيها خالية من حاملات الشحنة، ولا تستقر فيها الإلكترونات في أشباه النواقل النقية، إلا أنها تتواجد في أشباه النواقل المطعمة لفترة قصيرة، وقد تزداد قيمته في بعض أنصاف النواقل، وتقل في بعضها الآخر.

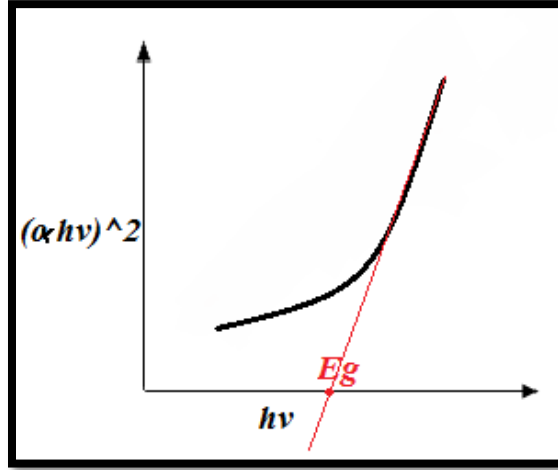
حيث يمكن حساب قيمة الفجوة الطاقية من خلال نموذج Tauc كالتالي: [7]

B: ثابت.

Eg : الفاصل الطاقى ووحدته (eV)

hν : طاقة الفوتون ووحدتها (eV)

برسم منحني بين $(\nu h \alpha)^2$ وطاقة الفوتون (νh) وبمبدأ الجزء المستقيم أو رسم المماس للجزء الخطي من هذا البيان ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h \nu)^2 = 0$ فنحصل على قيمة الفاصل الطاقى وهذا يحقق المعادلة $(E_g = \nu h)$ ويمثل الفاصل الطاقى البصري الممنوع للانتقال المباشر المسموح، أي أن نقطة القطع سوف تمثل قيمة الفاصل الطاقى الممنوع للانتقال المباشر المسموح



الشكل II.3: رسم تخطيطي $(\alpha hv)^2$ بدلالة hv

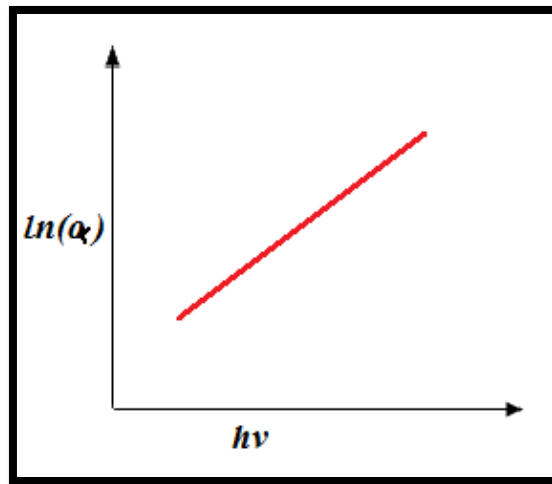
6.1.3II تحديد طاقة أورباخ [7. 6]

تعد طاقة أورباخ uE من الثوابت المهمة التي تميز الخصائص البصرية لطبقة الرقيقة، يعبر عن العلاقة التي تربط بين طاقة أورباخ ومعامل الامتصاص كالتالي:

α_0 : معامل الامتصاص الذي من أجله تكون قيمة الامتصاص دنيا.

uE : طاقة أورباخ .

يمكن تحديد طاقة أورباخ من هذه العلاقة وذلك بحساب ميل المنحنى $\frac{1}{Eu}$



الشكل II.4: رسم تخطيطي $\ln \alpha$ بدلالة hv

2.3.II الخصائص الكهربائية:

يتم دراسة الخصائص الكهربائية للطبقات الرقيقة لأكسيد النحاس المطعمة والنقية عن طريقة تقنية المسابر الأربعة وذلك لتحديد المقاومة والناقلية النوعية للعينة

1.2.3II تقنية المسابر الأربعة [8]

تهدف هذه التقنية لمعرفة المقاومة السطحية للأغشية الرقيقة ويحدد فيها قيمة الناقلية، ويتكون جهازها من أربعة مسابر متصلة بالعينة متباعدة بشكل متساوي في خط مستقيم ومسافات متساوية، يتم إرسال تيار I يمر عبر المسبارين الخارجيين ويقاس فرق الجهد V بين المسبارين الداخليين من خاصية هذه التقنية إن المسافة s بين المسابر تكون أكبر بكثير من سمك الطبقة الرقيقة لذا نعتبر أبعاد الأطراف لا نهائية والعينة تعتبر نموذج ثنائية بعد التوصيل، من هذا يمكن حساب مقاومة العينة من العلاقة:

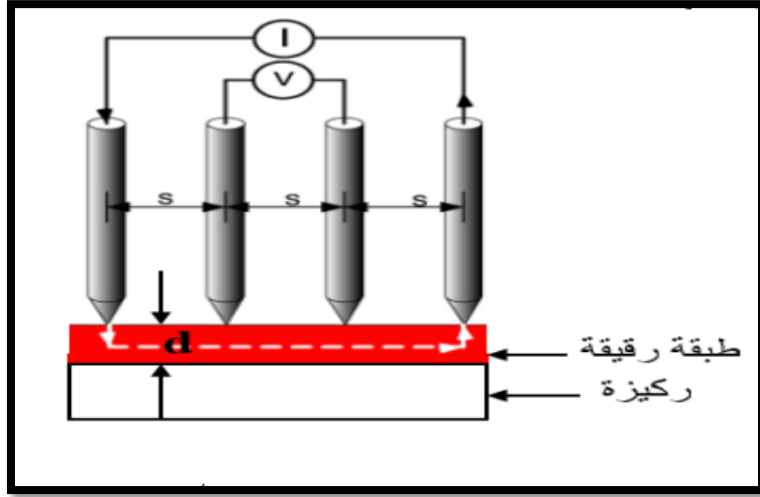
$$\rho : \text{مقاومة الطبقة الرقيقة (}\Omega \cdot \text{cm)}$$

$$d : \text{سمك الطبقة الرقيقة (cm)}$$

$$\frac{\rho}{d} : \text{تمثل هذه النسبة مقاومة الطبقة ووحدتها الأوم } \Omega$$

$$k : \text{تمثل معامل التناسب من الشكل } \ln 2/\pi$$

تعتبر هذه التقنية أكثر دقة مقارنة بالطريقة التقليدية ذات المسبارين لأنه يتم قياس الجهد والتيار من خلال مسابير منفصلة فانه ينفي تأثير مقاومة تلامس ومقاومة السلك اعتمادا على هندسة المسابر وتباعدها وهذا ما يبينه الشكل



الشكل II.5: رسم توضح تقنية المسابر الاربعة

الخلاصة:

تم من خلال هذا الفصل التعرف على التركيب التجريبي المستخدم لتحضير الأغشية الرقيقة لأكسيد النحاس النقية والمطعمة بـ Mg بتقنية الطرد المركزي ومعرفة ايجابيات هذه التقنية وسلبياتها، وكيفية دراسة الخواص البنيوية والضوئية والكهربائية وتطرق إلى الأجهزة المستعملة في المعاينة وكيفية ومبدأ عملها

مراجع


المراجع العربية

- [3] المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، "طرق التحليل الطيفي"، المملكة العربية السعودية، ص. 2-5 1429
- [4] م. بن خالد، دراسة بعض الخواص البصرية لأغشية لكبريتيد الرصاص المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد.30، العدد.6، 2012
- [5] ح. شهاب عبد، تصنيع ودراسة الخواص الكهربائية لخ لايا الأغشية الرقيقة الشمسية من نوع CdS ، Cu_2S ، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد.16، العدد.3، 2011

المراجع الأجنبية

- [1] H. Villavicencio Garcia, M. Hernandez Vélez, O. Sanchez Garrido, J. MMartinez Duart, J.Jiménez, CdS doped-MOR type zeolite characterization, Solid State Electronics, Vol. 43, N.6, P. 1171-1175, (1999).
- [2] G. Huertas, "Etude de Nouveaux Matériaux D'électrode Positive et d'électrolyte Solide Vitreux Sous Forme de Couches minces pour des Couches Minces Micro batteries au Lithium", thèse de doctorat, université of Bordeaux, (2006).
- [6] Y. SIROTIN, AND Y. M. SHASKOLSKAYA, "Fundamentals of crystal physics Mir publishers Moscow 198
- [7] A. S. Hassanien, A. A. Akl, Effect of Se addition on optical and electrical properties of chalcogenide CdSSe thin films, Journal of Superlattices and Microstructures (Elsevier), 89, P. 153-169 (2016).

- [8] S. J. Ikhmayie, R. A. Bitar, A study of the optical band gap energy and Urbach tail of spray-deposited CdS:In thin films, Journal of Material Research and Technology (Elsevier), 2(3), P. 221-227 (2013).



الفصل الثالث:
مناقشة و تحليل النتائج

الفصل الثالث: مناقشة و تحليل النتائج

1.III تمهيد :

يعرض هذا الفصل نتائج الدراسة الضوئية والكهربائية، من تحليل ومناقشة وتفسير لأغشية أكسيد النحاس المطعم بالمغنزيوم. النتائج منقسمة إلى قسمين، القسم الأول متعلق بتعيين التطعيم الأمثل بذرات المغنزيوم من ناحية الخصائص البصرية والكهربائية لأكسيد النحاس، أما القسم الثاني يتضمن تأثير السمك المتعلق بالتطعيم الأمثل على هذه الخصائص.

2.III تعيين التطعيم الأمثل لأكسيد النحاس بذرات المغنزيوم ومدى تأثيره على

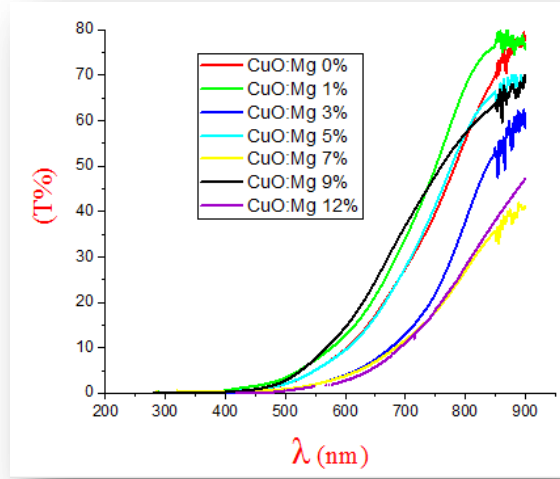
الخصائص البصرية و الكهربائية:

الهدف من نتائج هذه الدراسة هو تعيين نسبة المغنزيوم التي تحسن من الخصائص الضوئية و الكهربائية لأكسيد النحاس والتي تقوم على أساسها الدراسة الحالية. تمت دراسة نسب التطعيم 0%، 3%، 5%، 7%، 9%، 12%، بتثبيت شروط العمل التجريبي التالية: مولارية المحلول 0.3mol/L، سرعة دوران الجهاز عند 3000 tr\s، درجة حرارة التلدين عند 450C ° لمدة ساعة و سمك الأغشية عند 6 طبقات.

1.2.III الخصائص الضوئية :

تمت دراسة الخصائص الضوئية للأغشية الرقيقة لأكسيد النحاس النقي والمطعم بالمغنزيوم اعتمادا على التحليل الطيفي لأشعة فوق البنفسجية و المرئية، باستخدام الجهاز: UV/VIS Spectromètre Lambda 25 بطول موجة يتغير من 200 الى 1100 نانومتر. تمت دراستنا على المجال [300-900] نانو متر

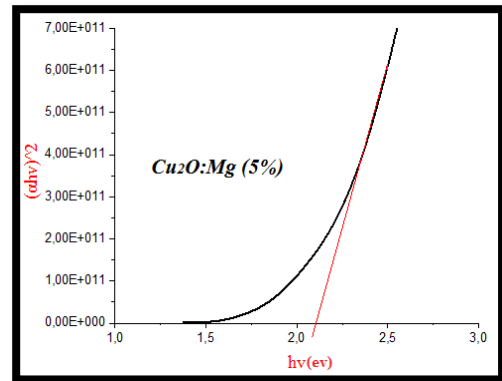
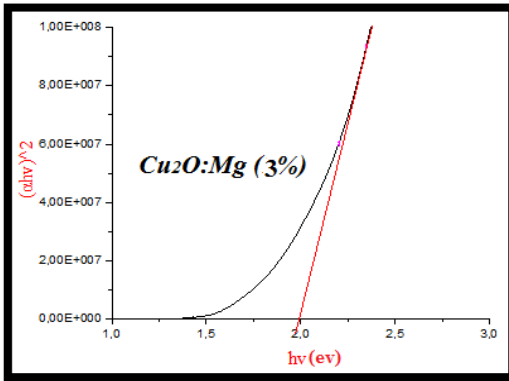
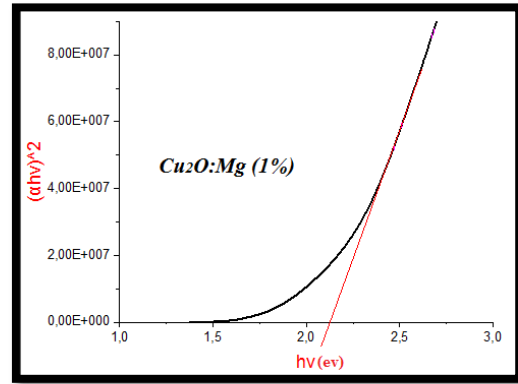
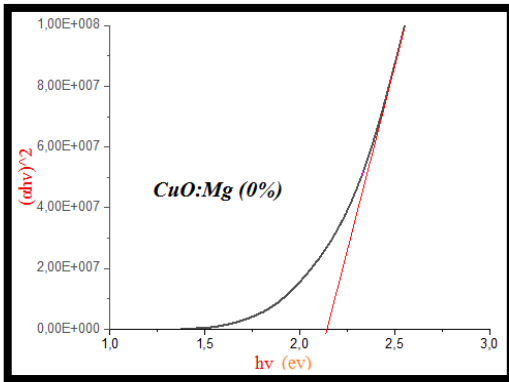
يوضح الشكل (1.III) منحنى النفاذية بدلالة الطول الموجي لشرائح أكسيد النحاس المطعم بالمغنزيوم بنسب 0%، 1%، 3%، 5%، 7%، 9%، 12%. نلاحظ تزايد النفاذية بزيادة طول الموجة وذلك في المجال المرئي. وتبين النتائج أن قيم النفاذية تتغير بين 28% إلى 69% في هذا المجال كما يبين الشكل أن ميل منحنيات نفاذية العينات 9% و 1% حاد بالنسبة لميل منحنيات العينات الأخرى و ذلك ابتداء من 500 نانومتر. حيث نسجل أعلى نفاذية عند نسبة 9% عند المجال (500, 750) نانومتر، و أقل نسبة نفاذية عند تطعيم 7% في المجال المرئي، توافق هذه النتيجة الأخيرة نتائج بحوث سابقة.[1]

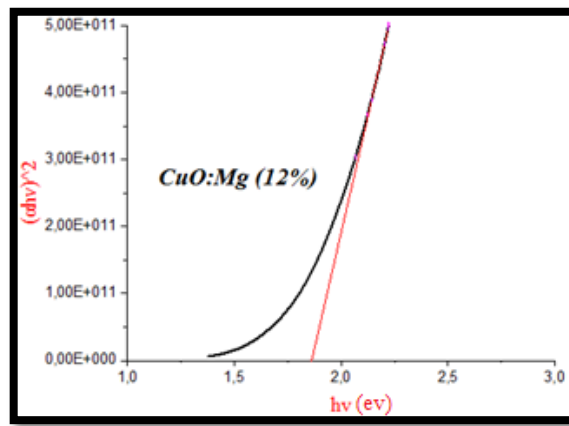
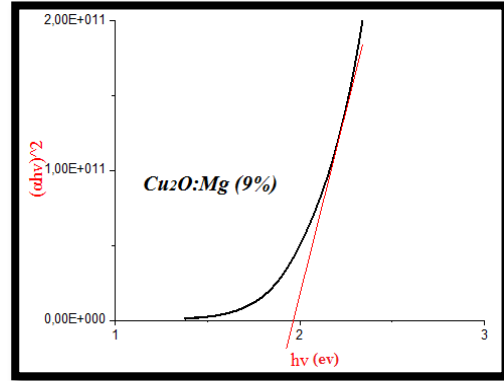
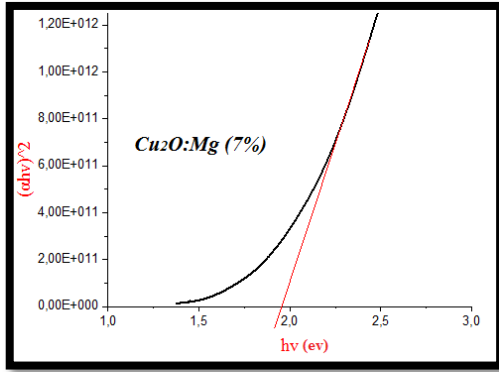


الشكل (1.III): منحنى النفاذية بدلالة الطول الموجي

الفاصل الطاقى :

الشكل (2.III) يبين طريقة (Tauc) لتعيين الفاصل الطاقى للعينات المدروسة من اجل التطعيمات (0%، 1%، 3%، 5%، 7%، 9%، 12%).





الشكل (2.III): منحنيات تبين رسم الفاصل الطاقى لأكسيد النحاس المطعم و النقي

نلخص النتائج المتحصل عليها في الجدول (1.III).

الجدول (1.III): قيم الفاصل الطاقى لأكسيد النحاس المطعم و النقي

نسبة التطعيم (%)	0%	1%	3%	5%	7%	9%	12%
الفاصل الطاقى (eV)	2,15	2,14	2	2,11	1,96	1,96	1,86

من الجدول (1.III) قيمة الفاصل الطاقى محصورة بين 2.15 eV الموافقة لأكسيد النحاس النقي و 1.86 eV الموافقة لأكسيد النحاس المطعم بالمغنزيوم بنسبة 12%. الفاصل الطاقى لأكسيد النحاس النقي المتحصل عليه في هذه الدراسة يوافق قيمة الفاصل الطاقى في المنشورات العلمية [1]~[4]، مما يرجح أن أكسيد النحاس المتحصل عليه هو أكسيد النحاس الأحادي Cu_2O ، ويحتاج إثبات ذلك إلى الدراسة البنوية

تبين النتائج عموماً أن بزيادة نسبة التطعيم تنقص قيمة الفاصل الطاقى وهي نتيجة موافق لما هو موجود في البحوث السابقة [1]، وذلك راجع إلى تأثير ذرات المغنزيوم البيئية في شبكة أكسيد النحاس على إنتاج مستويات الطاقة في المجال الممنوع. تحصلنا على أصغر قيمة للفاصل الطاقى عند نسبة تطعيم 12%.

2.2.III الخصائص الكهربائية :

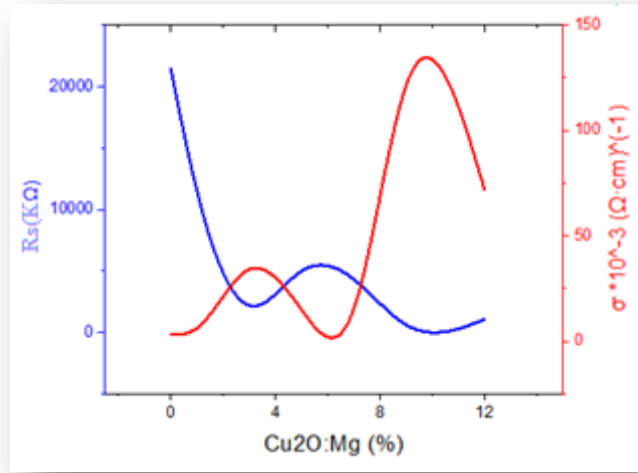
تم قياس قيم المقاومة السطحية بتقنية المسابر الأربعة انطلاقاً من قياسات فرق الجهد والتيار الكهربائي لأغشية أكسيد النحاس النقي والمطعم بالمغنزيوم. تعد الناقلية من أهم الخصائص الكهربائية، ويعبر عنها انطلاقاً من قيم المقاومة السطحية والسمك بالعلاقة التالية:

متوسط السمك للعينات هو 133 nm

الجدول(2.III): نتائج قياس الناقلية و المقاومة السطحية لعينات أكسيد النحاس المطعمة و النقية

نسبة التطعيم (%)	0%	1%	3%	5%	7%	9%	12%
المقاومة السطحية $R_s (K\Omega)$	21500	11568,33	2182,1	4964,499	4325,475	617,42	1041,626
الناقلية $\sigma(\Omega.Cm)^{-1}$	0,003	0,006	0,034	0,015	0,017	0,121	0,072

النتائج الموضحة في الجدول(2.III) تبين أن التطعيم بذرات المغنزيوم يحسن من ناقلية أكسيد النحاس المطعم بالنسبة لأكسيد النحاس الغير مطعم كما هو مبين في الشكل (3.III)، حيث نسجل أكبر قيمة للناقلية عند نسبة التطعيم 9% ذلك راجع إلى زيادة كثافة حاملات الشحنة عند التطعيم بذرات المغنزيوم عند 9% النسبة، حيث يمكن إرجاع هذه النتيجة إلى تداخل مستويات طاقة المغنزيوم وأكسيد النحاس، أو لزيادة المواقع الشاغرة لذرات النحاس نتيجة لوجود ذرات المغنزيوم في المواقع البيئية مما يؤدي إلى زيادة تركيز الفجوات وبالتالي زيادة الناقلية.[5]



الشكل (3.III): تغيرات قيم كل من الناقلية و المقاومة السطحية بدلالة نسبة التطعيم لأكسيد النحاس (Cu₂O:Mg)

3.III تأثير السمك على الخصائص الكهربائية والضوئية لأكسيد النحاس المطعم 9% من المغنيزيوم:

في هذا الجزء تم استخدام نفس الشروط التجريبية سابقة الذكر من مولارية سرعة دوران الجهاز و درجة حرارة ومدة التلدين لتحضير أغشية ذات سمك مختلف من أكسيد النحاس المطعم بالمغنيزيوم بنسبة 9%، و ذلك لما أعطى هذا الأخير من نتائج ضوئية وكهربائية جيدة بالنسبة للتطعيمات الأخرى. تم تغيير السمك بتغيير عدد طبقات الأغشية من 4 إلى 10، الجدول التالي يعرض سمك العينات المستعملة:

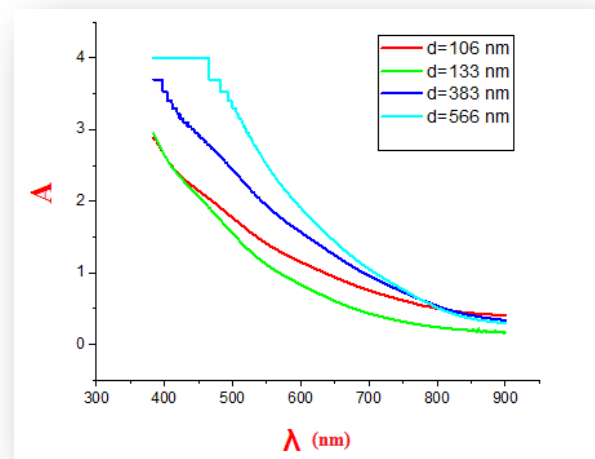
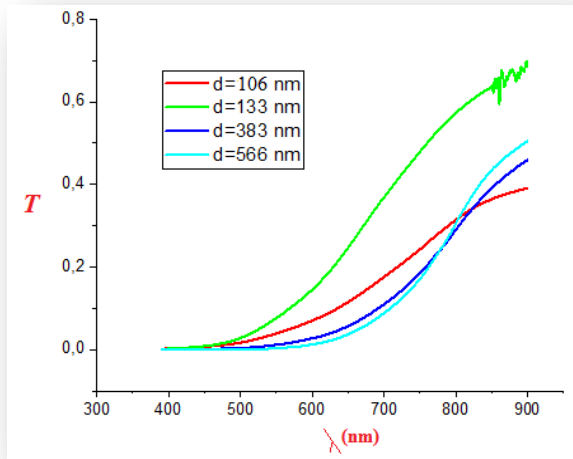
الجدول (3.III): سمك العينات بدلالة عدد الطبقات

عدد الطبقات	4	6	8	10
السمك (نانومتر)	106	133	383	566

1.3.III الخصائص الضوئية :

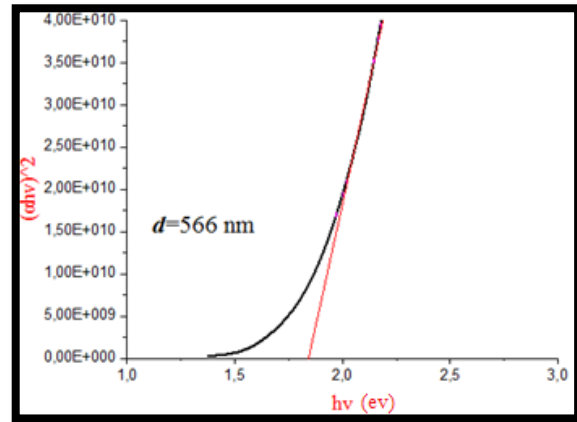
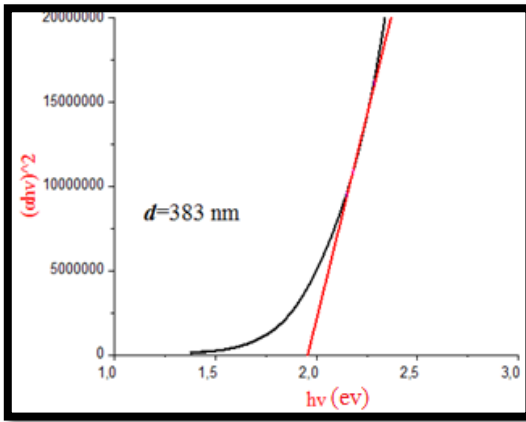
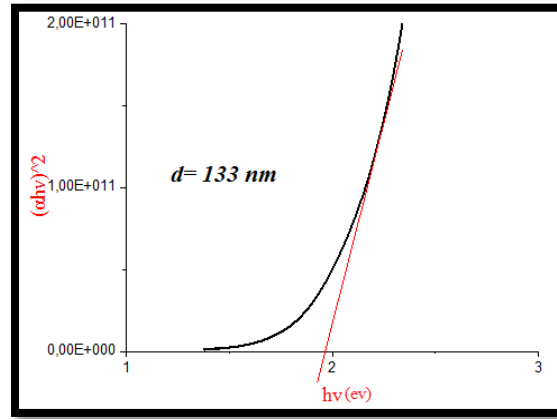
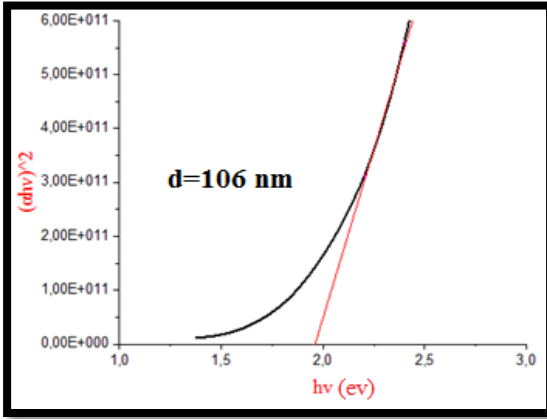
الشكل (5.III) يمثل الفعالية T لأغشية أكسيد النحاس المطعم بنسبة 9% من المغنيزيوم ذات قيم مختلفة للسمك (106 و 133 و 383، 566) نانومتر في النطاق الطيفي (300-900) نانومتري. نلاحظ نقصان

في قيمة النفاذية بزيادة سمك الأغشية. كما نعلم أن نفاذية الضوء تتغير بشكل متناقص مع زيادة السمك. حيث بزيادة السمك يسلك الضوء المنبعث على سطح الأغشية الرقيقة مساراً طويلاً للنفاذ من العينة حيث يتعرض فيه للتفاعل مع ذرات المادة، فيحدث فيها امتصاص للفوتون، كما يمكن تفسير ذلك أيضاً إلى زيادة العيوب السطحية وزيادة خشونة السطح مما يعمل على زيادة تشتت الإشعاع الساقط وبالتالي نقصان نفاذية الأغشية المحضرة [6]. مع ذلك تبين النتائج نقصان غير متوقع في نفاذية العينة ذات سمك 106 نانومتر بالنسبة للنفاذية العينة ذات سمك 133 نانومتر حيث يمكن إرجاع ذلك إلى ظاهرة تشتت الضوء و ليس لامتصاص الضوء خاصة و إن سمك العينتين متقارب. نرجح وجود عيوب سطحية عند العينة الأولى أكثر منه عند الثانية مما ساعد على تشتت الضوء أكثر على مستوى العينة الأولى وبالتالي نقصان النفاذية بشكل أكبر.



الشكل (5.III): منحنى النفاذية والامتصاصية بدلالة الطول الموجي

من جهة أخرى تبين منحنيات النفاذية باتجاه الطاقات الكبيرة نقصان حاد للنفاذية بالنسبة للعينة ذات السمك الصغير 106 و 133 نانومتر متمثل في الميل الكبير لمنحنى هذه العينات بالنسبة للمنحنيات الأخرى. تمثل هذه المنطقة حافة الامتصاص الأساسية والتي نلاحظ زحفها باتجاه أطوال موجة تفوق 500 نانومتر كلما زاد السمك، و يتمثل ذلك في نقصان ميل منحنيات العينات ذات السمك 383 و 566 نانومتر وهو ما ترسخه منحنيات الامتصاص كما هو موضح في الشكل (5.III). يمكن تفسير ذلك بنقصان الفجوة الطاقية عند ارتفاع السمك وهذا ما وضحه الشكل (6.III) و هي نتيجة توافق ما تم نشره في بعض البحوث [7].

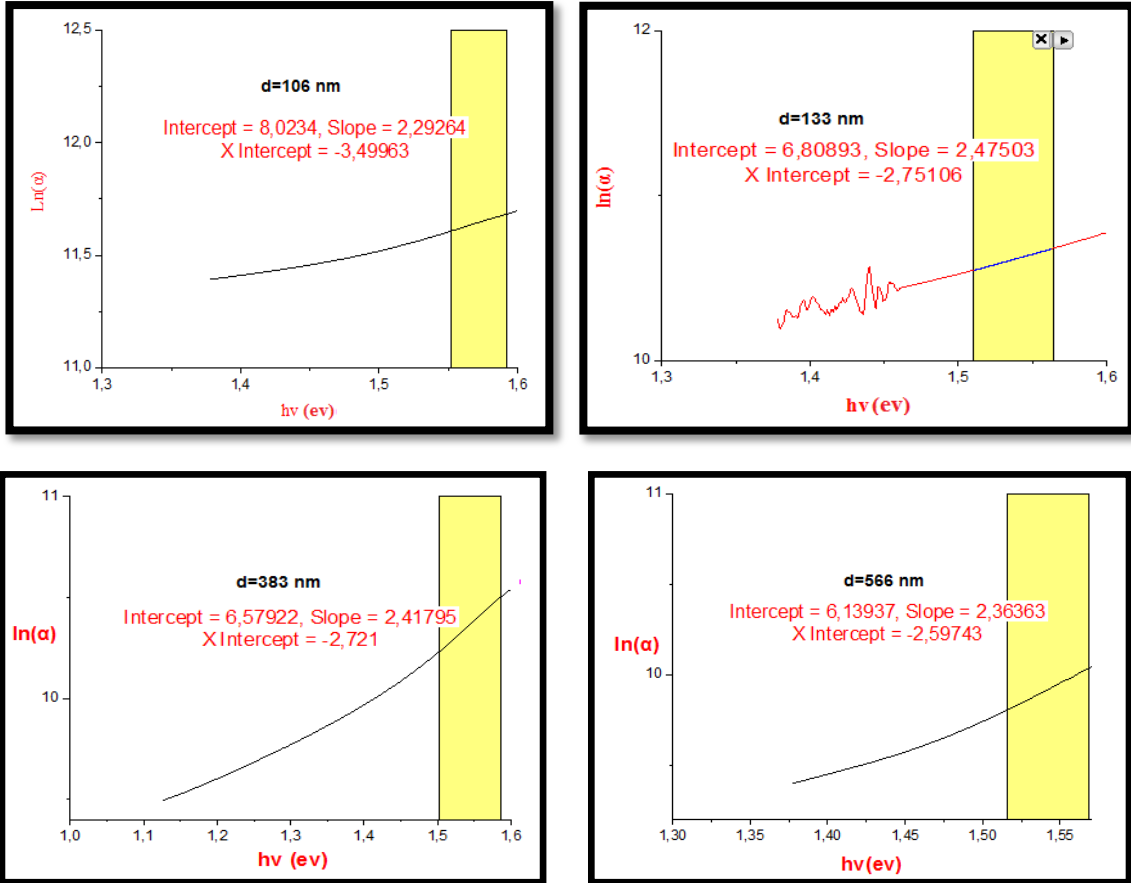


الشكل (6.III): منحنيات تبين رسم الفاصل الطاقى ($\text{Cu}_2\text{O}:\text{Mg}$) لمختلف العينات

الجدول (4.III) يلخص قيم الفاصل الطاقى للعينات المدروسة. نلاحظ إن الفجوة الطاقية تقل بزيادة سمك الغشاء و ذلك يعزز ما قد قيل في نتائج النفاذية. في الحقيقة علاقة النطاق الممنوع بسمك الأغشية الرقيقة ليست علاقة واضحة و بسيطة. عموما يمكن إرجاع هذا التأثير إلى أن زيادة سمك الغشاء يزيد من تشكل أغشية بلورية مجتمعة وذلك ينقص من إثر الحجز الكمومي الذي من شأنه زيادة النطاق الطاقى كلما كان السمك صغيرا بما أننا في السلم النانومتري. بالمقارنة مع النتائج المنشورة نجد أن فجوة الطاقة بقيمة 1.86eV الموافقة لأغشية النحاس المطعمة ب 9% بسمك 566 نانومتر هي قيمة مناسبة للخلايا الشمسية كطبقة ماصة [8].

طاقة أورباخ:

الشكل (7.III) : يمثل طريقة (Tauc) لتعيين طاقة أورباخ

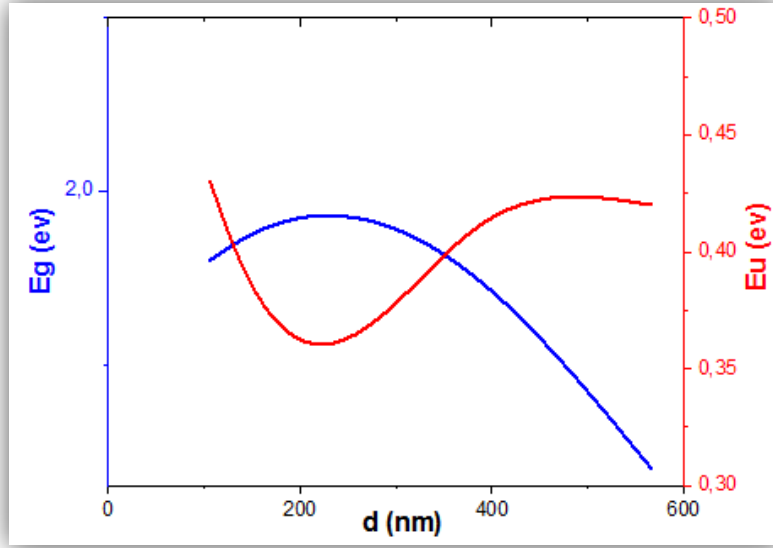


الشكل (7.III): منحنيات تمثل $\ln(\alpha)$ بدلالة $h\nu$ لايجاد طاقة أورباخ

الجدول (4.III): قيم طاقة أورباخ المرافقة للفواصل الطاقية بدلالة سمك السطح.

566	383	133	106	سمك الغشاء (nm)
1,84	1,95	1,97	1,96	الفصل الطاقى (eV)
0,42	0,41	0,4	0,43	طاقة اورباخ (eV)

من خلال القيم المتحصل عليها في الجدول (4.III) نجد أن طاقة اورباخ تتغير بزيادة السمك، حيث تتزايد انطلاقاً من 133 نانومتر، ونفسر هذه الزيادة بزيادة عرض عصابة المستويات مما أدى إلى نقصان في قيمة الفاصل الطاقى، وهذا يؤكد أن السلوك البصري لقيمة طاقة اورباخ يتناسب عكسياً مع السلوك البصري لقيمة الفاصل الطاقى وهذا ما نوضحه في الشكل (8.III).



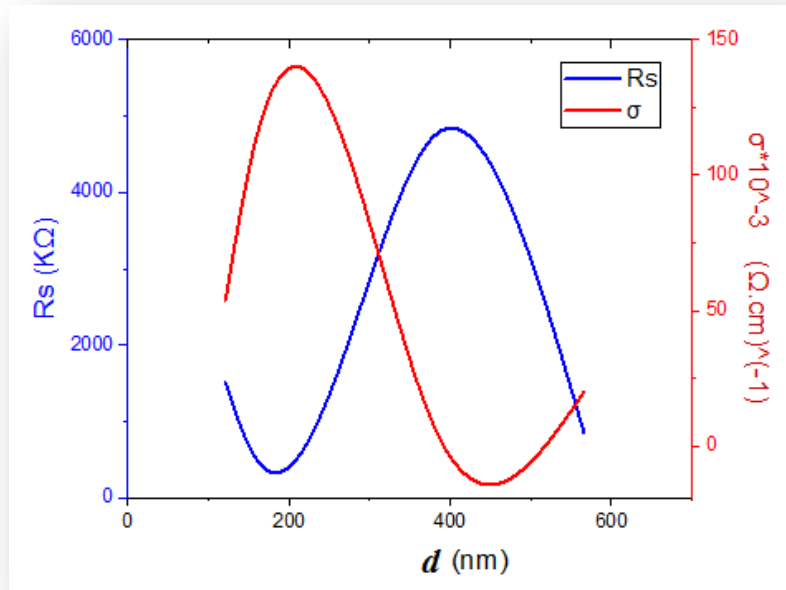
الشكل(8.III):منحنى طاقة اورباخ والفاصل الطاقى

2.3.III الخصائص الكهربائية :

النتائج الممثلة في الجدول (5.III) تبين ان هناك تباين في قيم الناقلية و المقاومة السطحية بدلالة السمك. يتغير المقاومة السطحية من $4761.16 \text{ K}\Omega$ الى $617.4 \text{ K}\Omega$ و الناقلية من $(\Omega. \text{Cm})^{-1}$ 0.00548 الى $0.121(\Omega. \text{Cm})^{-1}$ حيث سجلت اكبر قيمة للناقلية عند سمك 133 نانومتر بقيمة $0,121(\Omega. \text{Cm})^{-1}$ و ذلك يدل على زيادة في تركيز حاملات الشحنة عند هذا السمك و يمكن إرجاع السبب إلى تبلور أغشية هذه العينة بشكل جيد مما يقلل من وجود حدود الحبيبات التي تلعب دورا هاما في إعاقة انتقال حاملات الشحن.

الجدول (5.III): قيم المقاومة و الناقلية بدلالة سمك السطح.

سمك الغشاء (nm)	566	383	133	106
المقاومة السطحية $R_s(K\Omega)$	851,51	4761,16	617,42	1510
الناقلية $\sigma(\Omega \text{Cm})^{-1}$	0,02	$5,4810^{-3}$	0,121	0,06



الشكل (9.III): تغيرات الناقلية والمقاومة السطحية بدلالة السمك.

المراجع

المراجع العربية

- [6] ع،مريم (2017)،"دراسة تأثير زمن ترسيب الطبقات الرقيقة لأكسيد النيكل (NiO) على بعض الخصائص الفيزيائية"،مذكرة ماستر جامعة ورقلة
- [7] منصور،ميخائيل عيسى،محمد،ياسر،حسين،يونس،تغريد محمود(2011)،دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية $ZnO: Mg$ المحضرة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي، قسم الفيزياء كلية التربية،جامعة الموصل

المراجع الأجنبية

- [1] Jacob, S., Kulandaisamy, I., Valanarasu, S., Arulanantham, A. M. S., Ganesh, V., AlFaify, S., & Kathalingam, A. (2019). Enhanced optoelectronic properties of Mg doped Cu₂O thin films prepared by nebulizer pyrolysis technique. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(11), 10532-10542.
- [2] Arroyo, R. B. (2018). Synthesis of Copper Oxide Aided by Selective Corrosion in Cu Foils. *Advances in Materials Science and Engineering*.
- [3] Resende, J., Chaix-Pluchery, O., Rovezzi, M., Malier, Y., Renevier, H., Nguyen, N. D., ... & Jiménez, C. (2019). Resilience of cuprous oxide under oxidizing thermal treatments via magnesium doping. *The Journal of Physical Chemistry C*, 123(14), 8663-8670.
- [4] Moura, A. P., Cavalcante, L. S., Sczancoski, J. C., Stroppa, D. G., Paris, E. C., Ramirez, A. J., ... & Longo, E. (2010). Structure and growth mechanism of CuO plates obtained by microwave-hydrothermal without surfactants. *Advanced Powder Technology*, 21(2), 197-202.
- [5] Avelas Resende, J. (2017). Copper-based p-type semiconducting oxides: from materials to devices (Doctoral dissertation, Université de Liège, Liège, Belgique).

- [8] Saâd, H. B., Ajili, M., Dabbabi, S., & Kamoun, N. T. (2020). Investigation on thickness and annealing effects on physical properties and electrical circuit model of CuO sprayed thin films. Superlattices and Microstructures, 142, 106508.

الخلاصة العامة

شهدت تطبيقات الأغشية الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة تقدماً ملحوظاً في ميدان الصناعة خاصة مجال الإلكترونيك و الإلكترونيك وذلك من خلال تتالي الأبحاث والدراسات على هذه المواد و يعود الفضل في ذلك إلى الخصائص الجيدة والتميزة لهذه المواد.

تضمن هذا العمل على دراسة نظرية للاكاسيد الناقلة الشفافة بصفة عامة وأكسيد النحاس بصفة خاصة، قمنا بتوضيح طرق الترسيب بنوعها الفيزيائية والكيميائية وقد أكدت هذه الدراسة بان تقنية spin-coating ناجحة لقلّة تكلفتها وبساطتها، ثم تطرقنا إلى طرق المعاينة التي تصف مميزات هاته الأغشية والتي كانت من ضمنها مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية و المسابر الأربعة.

قسم العمل إلى قسمين قسم خاص باختيار النسبة الأمثل للتطعيم وانطلاقاً منها يتم دراسة تأثير السمك على اغشية أكسيد النحاس المطعم.

تم تحضير أغشية أكسيد النحاس المطعم بنسب 0%، 1%، 3%، 5%، 7%، 9%، 12% من المغنيزيوم على ركائز زجاجية باستعمال المحلول الهلامي بتقنية الطلاء الدوراني، ثم تمت معالجتها حرارياً عند درجة حرارة 450°C لمدة ساعة تم تعيين نسبة التطعيم المناسبة لدراستنا على أساس دراسة أثر التطعيم بالمغنيزيوم على الخصائص البصرية والكهربائية للأغشية المحضرة.

في القسم الثاني من العمل قمنا بتحضير عينات من أكسيد النحاس المطعم بنسبة 9 % من المغنيزيوم بسمك (106، 133، 383، 566) نانومتر، بالمحافظة على نفس شروط العمل التجريبي، ثم قمنا بدراسة خواصها البصرية والكهربائية.

بينت الدراسة الضوئية المتمثلة في النفاذية للعينات في المجال (300 - 900) نانومتر تناقص قيمة هذه الأخيرة مع زيادة السمك و سجلت أكبر قيمة للنفاذية في المجال 500 إلى 750 نانومتر عند سمك 133 نانومتر كما بينت النتائج ان فجوة الطاقة تناقص مع زيادة السمك من 1.96eV الموافقة لسمك 106 إلى 1.84 الموافقة لسمك 566. من جهة أخرى أظهرت نتائج الدراسة الكهربائية المتمثلة في المقاومة السطحية و الناقلية الكهربائية للشرائح المحضرة ان ناقلية العينة ذات السمك 133 نانومتر هي الأكبر بالنسبة للعينات الأخرى .

نقترح إجراء دراسة أعمق مكملة لما قمنا به و ذلك بإجراء تشخيصات أخرى مثل الدراسة البنوية و المورفولوجية، قياسات اثر هول و قياسات الممانعة الكهربائية .. الخ و ذلك للتأكد من ما توصلنا إليه من نتائج.

المخلص :

قمنا في هذا العمل بترسيب شرائح رقيقة لأكسيد النحاس المطعم وغير مطعمة بالمغنيزيوم على مساند زجاجية بطريقة الطلاء الدوراني، والهدف من هذا العمل دراسة تأثير السمك على الخصائص الضوئية والكهربائية وتحسينها. ولدراسة خصائص الشرائح استخدمنا تقنيات تشخيص مختلفة المطيافية فوق بنفسجية - المرئية، وطريقة النقاط الأربعة. الدراسة الضوئية والكهربائية بالنسبة لعينات أخرى أوضحت إن شرائح أكسيد النحاس المطعم ب 9% من المغنيزيوم تتميز بأحسن نتائج ضوئية وكهربائية وأثبتت النتائج ان خصائص هذه الأخيرة تتغير بتغير السمك . حيث كلما زاد السمك تنقص النفاذية والفاصل الطاقى. أما الدراسة الكهربائية فقد أظهرت ان أكبر قيمة للناقلية ترجع الى سمك 133 نانومتر بالنسبة للعينات المدروسة بقيمة $0,121 \Omega.Cm^{-1}$

الكلمات الدالة: أكسيد النحاس المطعم بالمغنيزيوم ، الخصائص الضوئية ، الخصائص الكهربائية ، الطلاء الدوراني

Summary

In this work ,we deposited thin films of doped and undoped copper oxide with magnesium atoms, on glass substrates by using spin coating method , this work aims to study the effect of thickness on the optical and electrical properties of doped and undoped copper oxide thin films .we have used ultraviolet-visual spectroscopy analysis and the four points methods to study the properties of the prepared samples .The optical electrical results showed that 9% of Mg doped copper oxide has the optimal properties in regards to the other samples .On the other hand, thickness effect study showed that the properties of the latter are effected by the thickness values ,as the thickness increases ,the transmittance and the band gap decreases. As for the electrical study, it reveals that the highest value of the conductivity belongs to thickness of 133 nm which is $0.121(\Omega cm)^{-1}$

Key words ;Magnesium-doped copper oxide,optical properties,Electrical properties,spin coating