



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى - كلية العلوم
قسم علوم الفيزياء



تأثير درجة حرارة الترسيب والتلدين على الخصائص التركيبية والبصرية
والكهربائية لأغشية Cu_2CdSnS_4 الرقيقة

رسالة مقدمة

الى

مجلس كلية العلوم - جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

من قبل

هبة جعفر احمد

(بكالوريوس علوم الفيزياء 2016)

فائز الأول
مؤهل عال

أ.م.د.عمار عايش حبيب

أ.د.نبيل علي بكر

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قُلْ أَطِيعُوا اللَّهَ وَأَطِيعُوا الرَّسُولَ
قُلْ إِنَّمَا أَسْأَلُكَ الْجَنَّةَ
وَأَسْأَلُكَ الْجَنَّةَ

قُلْ أَطِيعُوا اللَّهَ وَأَطِيعُوا الرَّسُولَ
قُلْ إِنَّمَا أَسْأَلُكَ الْجَنَّةَ
وَأَسْأَلُكَ الْجَنَّةَ

الاهداء

إلى من كلله الله بالهبة والوقار ..

إلى من علمني العطاء بدون انتظار ..

إلى من أحمل أسمه بكل افتخار ..

أرجو من الله ان يتغمذك برحمته وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها إلى الأبد

(روح ابـي)

الى النور الذي يضيء حياتي، والنبع الذي أرتوي منه حباً وحناناً،

(أمي الحبيبة)

الى سندي وملاذي وشريكي في حياتي

(زوجي العزيز)

الشكر والتقدير

الحمد لله الذى بنعمته تتم الصالحات... الحمد لله رب الارض والسماوات
الحمد لله الكبير المتعال .. صاحب العز والكمال... والنعمة والافضال
والقدرة والجلال .. والعظمة والجمال .. المنزه عن النقص والزوال.
واصلي واسلم على امام المتقين وسيد المرسلين وعلى آله واصحابه الغر الميامين.

لا يسعني وانا اضع اللمسات الأخيرة لهذه الرسالة الا أن أتقدم بوافر الشكر والامتنان إلى
أستاذي الفاضل الاستاذ الدكتور نبيل علي بكر و الاستاذ اسعد احمد كامل، لاقتراحهما
موضوع البحث وإشرافهما على الرسالة ومتابعتهما المستمرة لي والدعم المتواصل طيلة
فترة البحث أسأل الله لهما دوام الصحة والعافية وأن يحفظهم خدمةً للعلم. اتقدم بالشكر الجزيل
للأستاذ المساعد الدكتور عمار عايش حبيب لأكماله الأشراف على رسالتي.
وأقدم بالشكر الجزيل الى رئاسة جامعة ديالى -عمادة كلية العلوم - وقسم الفيزياء لاتاحتهم
الفرصة لي لاكمال مسيرتي العلمية، وبالاعتزاز أتقدم بشكري إلى جميع اساتذتي زملائي
طلبة الدراسات العليا في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة ديالى داعية الله لهم بدوام
النجاح والموفقية.

وأقدم شكري و عرفاني بالجميل الى أفراد أسرتي لما منحوني من الدعم والتشجيع خلال فترة
البحث والدراسة وأقدم جزيل شكري وعظيم إمتناني الى رفيق عمري (زوجي العزيز)
داعية الله عز وجل ان يمدّه بالصحة والعافية. وإلى من وقفوا بجانبني وأخص بالذكر منهم
(علي عبد الستار صلال، محمد علي عبد، مريم ستار جبار) لهم مني كل الوفاء .

الخلاصة:

تم في هذا البحث ترسيب أغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) الرقيقة على قواعد زجاجية وبدرجات حرارة مختلفة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري (CSP) وسمك تقريبا ($300 \pm 10 \text{ nm}$) وتأثير اختلاف درجة حرارة القاعدة ($300, 350, 400, 450^\circ\text{C}$)، ثم دراسة درجات حرارة التلدين ($450, 500, 550^\circ\text{C}$) للعينات المرسبة عند درجة حرارة (400°C).

تم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للعينات المحضرة من خلال استخدام تقنيات حيود الأشعة السينية (GIXRD) و مطياف رامان و المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)، ومطياف الأشعة فوق البنفسج المرئية تحت الحمراء القريبة بالمدى ($400 - 900 \text{ nm}$) وكذلك تأثير هول (Hall Effect).

اظهرت نتائج حيود الأشعة السينية بأن جميع الأغشية المرسبة بدرجات حرارة القاعدة و التلدين انها تعود للمركب الرباعي ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) النقي بتركيب متعدد الأطوار (Stannite) الرباعي القائم متعدد التبلور وبالالاتجاه السائد (112). وبالاعتماد على طريقة (Scherer Formula) تم حساب معدل الحجم البلوريات اذ بلغت اقصى قيمة له (8.09 nm) للغشاء عند درجة حرارة قاعدة (400°C) واقصى قيمة للحجم البلوري بلغت (19.77 nm) للغشاء عند درجة حرارة تلدين (500°C). ثم أكد تحليل مطياف رامان نقاوة طور تشكل اغشية المركب بطور القمة الأساسية للمركب في المدى ($333-283 \text{ cm}^{-1}$) ترافقها القمم الثانوية المعززة لها لجميع الاغشية المحضرة باختلاف درجة حرارة القاعدة واختلاف درجة حرارة التلدين ودلت نتائج (FE-SEM) على تكون تراكيب نانوية بشكل شبه قرنابيطي (Cauliflower) مع وجود نمو ثانوي، إذ كانت أكبر قيمة لمعدل الحجم الحبيبي (62.84 nm) للغشاء عند درجة حرارة قاعدة (300°C)

وكانت أكبر قيمة لمعدل الحجم الحبيبي (84.99nm) للغشاء عند درجة حرارة
تلدن (450°C) .

تمت دراسة الخصائص البصرية للأغشية كافة من خلال تسجيل طيف النفاذية
والامتصاصية ولمدى الأطوال (400-900nm) ، إذ اظهرت النتائج ان الامتصاص
يحدث في المنطقة المرئية وفوق البنفسجية . من خلال معادلة (Tauc) تم حساب فجوة
الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح وكانت قيمتها تتراوح بين (1.59-1.40eV)
للأغشية المحضرة باختلاف الحرارة و قلت قيمتها بعد التلدن وكانت (1.38-1.32eV)
لذا تعد هذه الاغشية مناسبة للاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية كطبقة ماصة وحسبت
الثابت البصرية (معامل الامتصاص وثابت العزل البصري بجزأيه الحقيقي والخيالي)
كدالة لطاقة الفوتون ومعامل الانكسار ومعامل الخمود كدالة للطول الموجي اذ كانت قيم
معامل الامتصاص اكبر من (10^4cm^{-1}) . يبين قياس تأثير هول ان جميع الاغشية تمتلك
موصلية من نوع (P-type) وإن أعلى قيمة للتوصيلية كانت ($0.288(\Omega.\text{cm})^{-1}$) عند
درجة حرارة (400°C) ، إن أعلى قيمة للتوصيلية كانت ($0.385(\Omega.\text{cm})^{-1}$) عند
درجة حرارة (500°C) .

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الفقرة
I	قائمة المحتويات
II	قائمة الجداول
III	قائمة الاشكال
IV	قائمة الرموز
V	قائمة الاختصارات
1-14	مقدمة عامة
	الفصل الاول
1	المقدمة
1	Introduction
2	طرائق تحضير الاغشية
2	Thin Films Preparation Methods
2	طريقة الترسيب بالتحلل الكيميائي الحراري
2	Pyrolysis Deposition Chemical Method
5	آلية تكون الأغشية الرقيقة
5	Mechanism of Thin Films Formation
7	تأثير حجم القطرة
7	The Drop Size Effe
8	تركيب أغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) الرقيقة
8	Structural of (Cu ₂ CdSnS ₄)Thin films
10	تطبيقات أغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) الرقيقة
10	Applications of (Cu ₂ CdSnS ₄)Thin Films
10	الدراسات السابقة
10	Literature Review

14	Aim of The Work	الهدف من البحث	(9-1)
15-45	Theoretical Part	الجزء النظري	الفصل الثاني
16	Introduction	المقدمة	(1-2)
16	Semiconductors	أشباه الموصلات	(2-2)
17	Crystal Structure of Semiconductors	التركيب البلوري لأشباه الموصلات	(3-2)
17	Crystalline Semiconductors	أشباه الموصلات البلورية	(1-3-2)
18	Single Crystal Semiconductors	أشباه الموصلات أحادية التبلور	(1-1-3-2)
18	Polycrystalline Semiconductors	أشباه الموصلات متعددة التبلور	(2-1-3-2)
18	Amorphous Semiconductors	أشباه الموصلات العشوائية	(2-3-2)
20	(Cu ₂ -II-IV-VI ₄) Compound	مركبات (Cu ₂ -II-IV-VI ₄)	(4-2)
22	Energy Band Theory is Solid Materials	نظرية حزم الطاقة في المواد الصلبة	(5-2)
23	Crystal Defects	العيوب البلورية	(6-2)
24	Structural Properties	الخصائص التركيبية	(7-2)
24	X-Ray Diffraction (XRD)	حيود الأشعة السينية	(1-7-2)
26	Structure Parameters	المعلمات التركيبية	(2-7-2)
26	Lattice Parameters	ثوابت الشبكة	(1-2-7-2)
27	Crystallite Size	الحجم البلوري	(2-2-7-2)
27	Texture Coefficient	عامل التشكيل	(3-2-2-7)

28	كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات Dislocation Density and Number of Crystales	(4-2-7-2)
28	مطياف رامان Raman Spectroscopy	(8-2)
31	المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال Field Emission Scanning Electron Microscopy	(9-2)
33	الخصائص البصرية Optical Properties	(10-2)
33	تفاعل الضوء مع شبه الموصل The Interaction of Light With Semiconductor	(1-10-2)
34	حافة الامتصاص الأساسية Fundamental Absorption Edge	(2-10-2)
34	منطقة الامتصاص العالي High Absorption Region	(1-2-10-2)
35	منطقة الامتصاص الأسي Exponential Absorption Region	(2-2-10-2)
35	منطقة الامتصاص الواطئ Low Absorption Region	(3-2-10-2)
36	النفاذية (T) Transmittance	(3-10-2)
36	الامتصاصية (A) Absorbance	(4-10-2)
37	الانعكاسية (R) Reflectance	(5-10-2)
38	الانتقالات الالكترونية (Electronic Tranitions)	(6-10-2)
38	الانتقالات الالكترونية المباشرة (Direct Transition)	(1-6-10-2)
39	الانتقالات الالكترونية غير المباشرة (Indirect Transition)	(2-6-10-2)
40	الثوابت البصرية Optical Constants	(7-11-2)
40	معامل الامتصاص (α) Absorption Coefficient	(1-7-11-2)
41	معامل الخمود (K_0) Extinction Coefficient	(2-7-11-2)
42	ثابت العزل البصري Optical Dielectric Constant(ϵ)	(3-7-11-2)
43	تأثير هول Hall Effect	(1-12-2)

46-60		الجزء العملي	الفصل الثالث
46	Introduction	مقدمة	(1-3)
47	Chemical Pyrolysis Deposition Method	منظومة التحلل الكيميائي الحراري للرش	(2-3)
51	Preparation of Thin Films	تحضير الأغشية الرقيقة	(3-3)
51	Cleaning Substrates Deposition	تنظيف قواعد الترسيب	(1-3-3)
52	Preparation of solution	تحضير المحلول	(2-3-3)
54	Factors Affecting on the Preparation of Thin Films	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة:	(4-3)
55	Thin Films Deposition	ترسيب الأغشية الرقيقة	(5-3)
56	Thin Films Thickness Measurement	قياس سُمك الأغشية الرقيقة	(6-3)
57	Structural Measurements	القياسات التركيبية	(7-3)
57	Grazing Incidence X-Ray Diffraction (GIXRD)	تقنية حيود الأشعة السينية	(1-7-3)
58	Field Emission Scanning Electron Microscopy	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(2-7-3)
58	Raman spectroscop	مطياف رامان	(3-7-3)
59	Optical Measurements	القياسات البصرية	(8-3)
60	Electrical Measurement	القياسات الكهربائية	(9-3)
61-87	Results and Discussion	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
61	Introduction	المقدمة	(1-4)

62	نتائج الفحوصات التركيبية Results of Structural Measurements	(2-4)
62	نتائج فحوصات حيود الاشعة السينية Results of X-Ray diffraction (XRD) Tests	(1-2-4)
66	Lattice Constant ثوابت الشبيكة	(1-1-2-4)
67	Texture Coefficient عامل التشكيل	(2-1-2-4)
67	Crystallite Size average معدل حجم البلوريات	(3-1-2-4)
69	نتائج تحليل طيف رامان Results of Raman Spectroscopy Analysis	(2-2-4)
72	نتائج فحوصات المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال Results of Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) Tests	(3-2-4)
75	نتائج القياسات البصرية Optical Measurements Results	(3-4)
75	Absorbance الامتصاصية	(1-3-4)
76	Absorption Coefficient (α) معامل الامتصاص	(2-3-4)
77	Calculation of energy gap (E_g) حساب فجوة الطاقة	(3-3-4)
79	Refractive index(n_0) معامل الانكسار	(4-3-4)
80	Extinction Coefficient (k_0) معامل الخمود	(5-3-4)
81	الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل Real and Imaginary Part of The Dielectric Constant	(6-3-4)
83	نتائج القياسات الكهربائية Results of Electrical Measurements	(4-4)
86	Conclusions الاستنتاجات	(5-4)
87	Future work المشاريع المستقبلية	(6-4)

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	الرقم
52	بعض من خصائص المواد الأولية المستخدمة في تحضير الأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$)	(1-3)
53	الأوزان والتراكيز المطلوبة في عملية تحضير المحاليل	(2-3)
61	رموز الأغشية وتفصيل التحضير لكل غشاء باختلاف درجة حرارة القاعدة	(1a-4)
61	رموز الأغشية وتفصيل التحضير لكل غشاء باختلاف درجة حرارة التلدين	(1b-4)
65	مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات البلورية ومعاملات ملر لأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) باختلاف درجات الحرارة	(2-4)
66	مواقع القمم والمسافة البينية للمستويات البلورية ومعاملات ملر لأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) باختلاف درجات حرارة التلدين	(3-4)
68	قيم المعلمات التركيبية عند الاتجاه السائد (112) لأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المحضرة بدرجات حرارة مختلفة	(4-4)
69	قيم المعلمات التركيبية عند الاتجاه السائد (112) لأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المحضرة باختلاف درجات حرارة التلدين	(5-4)
70	نتائج تحليل طيف رامان	(6-4)
72	معدل الحجم الحبيبي المحسوب من خلال صور المجهر الإلكتروني الماسح	(7-4)
78	قيم فجوة الطاقة	(8-4)
84	نتائج قياسات تأثير هول لأغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$)	(9-4)

قائمة الاشكال

1-14	مقدمة عامة	الفصل الأول
3	مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة	(1-1)
6	المراحل الاساسية لتكوين الاغشية الرقيقة	(1-2)
8	تأثير طبيعة الاغشية الرقيقة المترسبة بحجم القطرة ودرجة حرارة القاعدة	(3-1)
9	البناء البلوري لمركب (Cu_2CdSnS_4)	(4-1)
15-45	الجزء النظري	الفصل الثاني
17	مخطط حزم الطاقة في المواد	(1-2)
19	التركيب البلوري للمواد	(2-2)
21	اشتقاق المركبات الثلاثية والرابعة من مشبك الزنك	(3-2)
22	انشطار حزم الطاقة	(4-2)
24	العيوب البلورية	(5-2)
25	حيود الاشعة السينية للمواد البلورية ومتعددة التبلور والعشوائية	(6-2)
26	المستويات البلورية لقانون براغ	(7-2)
30	استطارة رامان واستطارة رايلي	(8-2)
32	الرسم التخطيطي لجهاز المجهر الالكتروني الماسح	(9-2)
36	مناطق الامتصاص البصرية	(10-2)
40	الانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة	(11-2)
45	التكوين الاساسي لظاهرة هول	(12-2)
46-60	الجز العملي	الفصل الثالث
46	مخطط للخطوات المتبعة في الجزء العملي	(1-3)
47	منظومة التحلل الكيميائي الحراري المستخدمة في العمل	(2-3)
48	مخطط توضيحي لجهاز التريذ	(3-3)
50	صورة لمقياس تدفق الهواء	(4-3)
59	المخطط يوضح اجزاء المطياف الضوئي	(5-3)

60	صورة جهاز قياس تأثير هول	(6-3)
61-87	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
64	أنماط حيود الاشعة السينية لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) الرقيقة بتأثير اختلاف درجات حرارة القاعدة	(1-4)
64	أنماط حيود الاشعة السينية لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) الرقيقة بتأثير اختلاف درجات حرارة التلدين	(2-4)
65	بطاقة (ICDD) لمركب (Cu ₂ CdSnS ₄) المرقمة (29-0537)	(3-4)
68	تغير معدل الحجم الحبيبي مع درجات حرارة القاعدة ودرجات حرارة التلدين للعينات المحضرة	(4-4)
71	قمة طيف رامان الناتجة لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(5-4)
73	صور FE-SEM للعينات لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) المحضرة عند درجت حرارة قاعدة مختلفة	(6-4)
74	صور FE-SEM للعينات لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) المحضرة عند درجت حرارة تلدين مختلفة	(7-4)
76	طيف الامتصاصية لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) كدالة للطول الموجي	(8-4)
77	معامل الامتصاص لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(9-4)
78	فجوة الطاقة لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) بتأثير حرارة القاعدة المختلفة	(10-4)
79	فجوة الطاقة لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) المحضرة باختلاف حرارة التلدين	(11-4)
80	معامل الانكسار لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄) المحضرة باختلاف قبل وبعد التلدين	(12-4)
81	تغير سلوك معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(13-4)
82	الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(14-4)

83	الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(15-4)
85	العلاقة بين اختلاف درجات الحرارة قبل وبعد التلدين وتوصيلية اغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(16-4)
85	العلاقة بين عدد حاملات الشحنة وتحركيتها مع اختلاف درجات الحرارة لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(17-4)
86	العلاقة بين عدد حاملات الشحنة وتحركيتها مع اختلاف درجات حرارة التلدين لأفضل عينة المرسبة عند (400°C) لأغشية (Cu ₂ CdSnS ₄)	(18-4)

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
λ	الطول الموجي للأشعة الساقطة	nm
θ	زاوية حيود براك	degree
I_0	الشدة للشعاع الساقط	eV/m ² .s
d_{hkl}	المسافة بين المستويات البلورية	Å
a , c	ثوابت الشبكة	Å
D	حجم البلوريات	nm
N_0	عدد البلوريات لوحدة المساحة	cm ⁻²
β	عرض منحنى منتصف القمة (FWHM)	Radian
T_C	عامل التشكيل	---
I	الشدة للشعاع النافذ	eV/m ² .s
δ	كثافة الانخلاعات	cm ⁻²
α	معامل الامتصاص	cm ⁻¹
E_g	فجوة الطاقة البصرية	eV
$h\nu$	طاقة الفوتون	eV
I_A	شدة الشعاع الممتص	eV/m ² .s
p	ثابت يعتمد على طبيعة المادة	---
r	معامل اسي يحدد نوع الانتقال	---
α_0	ثابت تناسب	cm ⁻¹
K_0	معامل الخمود	---
A	الامتصاصية	---

---	النفاذية	T
---	الانعكاسية	R
---	عدد صحيح يمثل مرتبة الحيود	n
---	معاملات ميلر	hkl
---	معامل الانكسار الحقيقي	n°
---	ثابت يعتمد على طبيعة المادة	B°
cm^{-1}	متجه الموجة	k
eV	طاقة الفونون	E_{ph}
---	معامل الانكسار المعقد	N
---	الجزء الحقيقي لثابت العزل	ϵ_1
---	الجزء التخيلي لثابت العزل	ϵ_2
---	ثابت العزل المعقد	ϵ
V	فولتية هول	V_H
W_b/m^2	شدة المجال المغناطيسي	B_Z
g/cm^3	كثافة مادة الغشاء	ρ
Mol/L	التركيز المولاري	M
nm	السماك	t
cm^2	المساحة	A
cm^3/C	معامل هول	R_H
cm^{-3}	تركيز حاملات الشحنة	n_H
$\text{cm}/\text{v.s}$	تحركية هول	μ_H
g/mol	الوزن الجزيئي	M_{wt}

قائمة المختصرات

المعنى	الاختصار
Chemical Spray Pyrolysis	CSP
Full Width at Half Maximum	FWHM
Field Emission Scanning Electron Microscopy	FE-SEM
X-ray diffraction	XRD
International Center for Diffraction Data	ICDD
Graing Incidence X-ray diffraction	GIXRD
Ultra Violet	UV
Soda Lime Glass	SLG



الفصل الأول

مقدمة عامة

CHAPTER ONE

General Introduction



(1-1) المقدمة :

(Introduction)

الغشاء الرقيق (Thin film) هو عبارة عن طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد. إذ تكون طبقة الغشاء رقيقة جدا مما يعني سهولة كسرها، لذلك تُرَسَّب على مواد معينة تختلف باختلاف طبيعة الاستعمال والدراسة وتسمى هذه المواد بالقاعدة (Substrate) مثل: الكوارتز، الزجاج والسليكون وغيرها [1].

أسهمت تقنية الأغشية الرقيقة بشكل كبير في دراسة اشباه الموصلات التي بدأ الاهتمام فيها منذ أوائل القرن التاسع عشر، واعطت صورة واضحة عن العديد من خواصها الكيميائية والفيزيائية التي تختلف عن خواص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) [2,3].

يتم الاستفادة من الأغشية الرقيقة في العديد من المجالات فقد أسهمت في التطور الحالي في مجال الحاسبات الالكترونية الرقمية (Digital Computers), وذلك لصغر حجمها وخفة وزنها [1]. وتستخدم كذلك في الدوائر الكهربائية التي تدخل في الأجهزة الحديثة مثل: الحاسبة الالكترونية, أجهزة ليزر أشباه الموصلات, المفاتيح الكهربائية والتصوير الضوئي المرشحات الضوئية وصناعة الخلايا الشمسية وزيادة كفاءتها البصرية مثل صناعة المرايا الاعتيادية, الحرارية, كذلك تستعمل في مجالات الأقمار الصناعية, الاتصالات والعديد من الصناعات الأخرى. يمكن تصنيف تقنيات الأغشية الرقيقة الى صنفين أساسيين هما [4]:

- الطرائق الفيزيائية (Physical Methods)
- الطرائق الكيميائية (Chemical Methods)

(1-2) طرائق تحضير الأغشية: (Thin Films Preparation Methods)

وجد إن التطبيقات الواسعة في مجال الأغشية الرقيقة قد دفعت الباحثين إلى استحداث طرائق عديدة ومختلفة لتحضير الأغشية الرقيقة، ونتيجة للتطور العلمي فقد تطورت وتوسعت طرائق تحضير الأغشية الرقيقة وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد السُمك وتجانس الغشاء الرقيق إذ وجد ان لكل طريقة من هذه الطرائق خصائصها ومميزاتها لتؤدي الغرض الذي استخدمت من أجله، وأن اعتماد طريقة من هذه الطرائق من دون غيرها يعتمد على عدة عوامل من أهمها كلفة التحضير ونوع المادة المستخدمة في تحضير الغشاء ومجال استخدام الاغشية الرقيقة المحضرة، إذ تكون بعض الطرائق مناسبة لتحضي مواد وغير مناسبة لمواد أخرى وبعضها سهلة الاستخدام وبعضها تكون صعبة [5]. والشكل (1-1) يُبين مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة [6].

(1-3) طريقة الترسيب بالتحلل الكيميائي الحراري :

(Chemical Pyrolysis Thermal Deposition Method)

تكون طريقة التحلل الكيميائي الحراري من أكثر الطرائق الكيميائية الشائعة في تحضير الاغشية الرقيقة ويمكن وصف هذه الطريقة بترسيب محلول المادة المراد تحضير الغشاء الرقيق منها على قواعد ساخنة من الزجاج أو الكوارتز وبدرجة حرارة معينة يتم فيها الاعتماد على نوع المادة المستخدمة، ومن خلال التفاعل الكيميائي الحراري بين القاعدة الساخنة وذرات المادة يتم تكوين الغشاء الرقيق [5]. أن الأغشية الرقيقة التي يتم تكوينها بطريقة التحلل الكيميائي الحراري تكون ذات مواصفات جيدة إذ يمكن استعمالها في تطبيقات عديدة مثل الخلايا الشمسية والكواشف، وتطبيقات أخرى.



الشكل (1-1): مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة [6].

ومن مميزات طريقة التحلل الكيميائي الحراري [5]:

- 1- تعد من التقنيات الاقتصادية لقلّة تكلفة الاجهزة المستخدمة في تحضير الاغشية.
 - 2- استخدمت في ترسيب الاغشية على مساحات واسعة اكثر مما توفره الطرائق الاخرى.
 - 3- يمكن تحضير أغشيتها الرقيقة من مزج مادتين أو اكثر لها درجات انصهار مختلفة.
 - 4- تعد من الطرق الملائمة لتحضير اكاسيد وكبريتات المواد.
 - 5- قابلية التصاق قوي مع القاعدة عند توفر الظروف الملائمة.
 - 6- تعد هذه التقنية افضل لتحضير اغشية ذات انعكاسية قليلة للاستخدام في الخلايا الشمسية من تقنية التبخير في الفراغ .
- وقد اظهرت هذه التقنية كفاءة عالية في تحضير العديد من أغشية اكاسيد المعادن مثل اوكسيد الحديد والنحاس وغيرها .

أما عيوب هذه الطريقة فهي:-

- 1- تحتاج هذه الطريقة إلى وقت كثير وجهد كبير للحصول على أغشية جيدة و متجانسة.
- 2- يتم فيها استعمال المحاليل الكيميائية فقط، إذ لا يمكن ترسيب مسحوق المادة بصورة مباشرة .

(4-1) آلية تكون الأغشية الرقيقة: (Mechanism of Thin Films Formation)

ان البنية التركيبية للأغشية الرقيقة تمتاز بدرجة كبيرة من التعقيد مقارنة مع المواد الكتلية سواء كانت متعددة التبلور أم احادية التبلور وذلك لأنها مواد ذات حجوم حبيبية صغيرة جدا" وبذلك سوف تمتلك مناطق عدم انتظام وكثافة وعيوب اكبر بكثير مقارنة بالمواد الاخرى. هناك العديد من العوامل تحدد الانتظام في الغشاء والبنية البلورية للأغشية فضلا" عما تقدم فإن التحلل الكيميائي الحراري بالرش يضيف عوامل اخرى لها أثر في البنية التركيبية وبداية نمو الغشاء للأغشية المحضرة مثلا كثافة توزيع القطرات وحجم القطرة على وحدة المساحة وقطر فتحة جهاز التريذ. ويكون تأثير هذه العوامل مباشرة" في تجانس الغشاء وبنيته التركيبية التي بدورها انعكست على خصائصها البصرية والكهربائية[5].

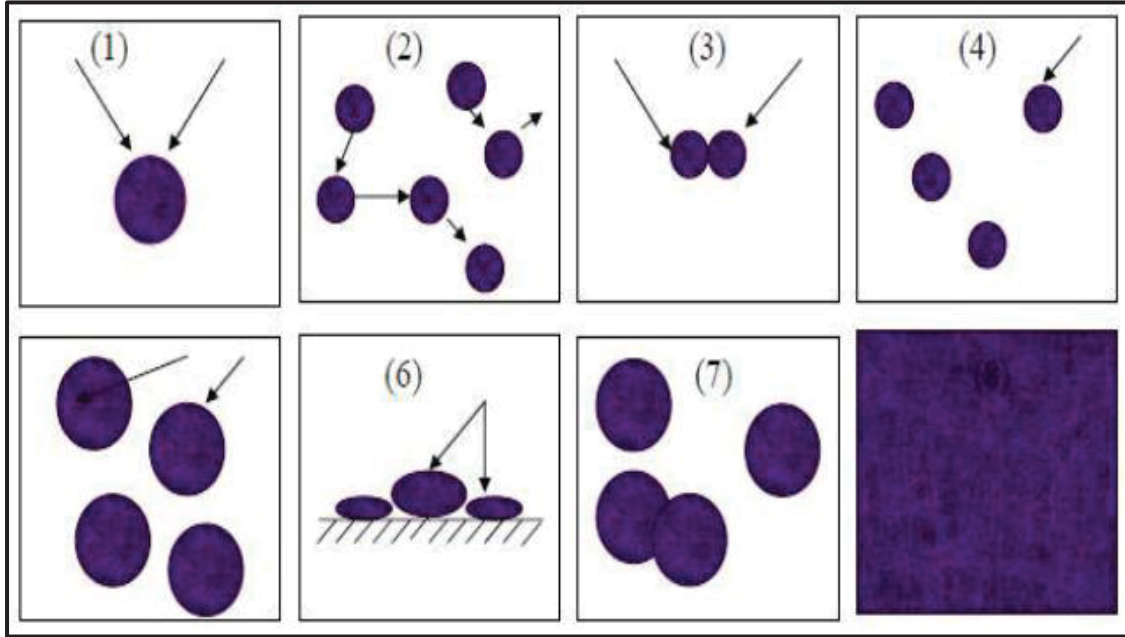
إن الخطوات الرئيسية لعملية تحضير الاغشية تتلخص بالخطوات الآتية:-

1. إنتاج الجزيئات أو الذرات أو الايونات لمحلول التحلل لمادة الغشاء.
2. يتم انتقال الذرات الى القواعد المهينة خلال وسط ناقل (كالهواء).
3. يتم ترسيب الذرات على القاعدة.

تكون عملية نمو الاغشية على مراحل اساسية وتبدأ بمرحلة التنوية أي تكوين النويات التي تعد الاساس الذي يبني عليه الغشاء الرقيق والتي تتكون عند انتقال الذرات او الجزيئات او الايونات من المصدر الى القاعدة وتمتاز النويات الملتصقة بالقاعدة بحجمها الصغير وبعد عملية التنوية تبدأ مرحلة نمو النويات إذ تنمو النويات بالأبعاد الثلاثة ويكون النمو على سطح القاعدة أي النمو يكون أفقيا" أكثر مما هو عموديا" بسبب الانتشار السطحي للذرات إذ تعد هذه الصفة المميزة لنمو الاغشية الرقيقة [5,7].

ثم بعد نمو النويات تتصل الواحدة بالأخرى وتكون جزر وهناك عوامل تؤثر على تكوين الجزر وهي (درجة حرارة القاعدة المرسب عليها، معدل الترسيب وتوفر مواقع التنوية على سطح القاعدة)، بعدها تبدأ مرحلة تكوين الحدود الحبيبية الثابتة بسبب التحام

الجزر مع بعضها لتكوين بلورة احادية التبلور إذا كانت الاتجاهات البلورية للجزر الملتحمة باتجاه واحد. وتستمر الجزر بالالتحام مع بعضها وتبدأ عندها بتغير شكلها فتمتد وتستطيل مرتبطة مع بعضها فتكون مناطق ضيقة بالقرب من منطقة الالتصاق مع بعضها البعض ومن مميزات هذه المناطق بأنها غير منتظمة وطويلة تدعى القنوات، وعند الاستمرار بعملية الترسيب تنتج نوى وجزر داخل هذه القنوات وتندمج بسرعة عند ملامسة جدران القنوات مكونة ما يشبه الجسور تاركة تجاويف داخل الغشاء وفي النهاية تتلاشى هذه القنوات مكونة الغشاء المستمر من خلال استمرار تكوين الجزر الثانوية التي تلامس حافات الفجوات وتندمج مع الغشاء الرئيس [8]. والشكل (2-1) يبين المراحل الاساسية لتكوين الأغشية الرقيقة [9].



الشكل (2-1) المراحل الاساسية لتكوين الاغشية الرقيقة [9].

(1-5) تأثير حجم القطرة : (The Drop Size Effect)

بعد ان تغادر القطرة جهاز الرش فإنها تنتقل خلال الوسط المحيط بها متجهة نحو القاعدة بسرعة ابتدائية مختلفة يحددها جهاز الرش و إن حجم القطرات المتولدة من المحلول لا ترتبط بخواص السائل يعتمد فقط على كثافة توزيع القطرات على وحدة المساحة في اثناء عملية الترسيب وإن خصائص الاغشية فضلا عن تأثيرها بحجم القطرات فإنها تتأثر بطبيعة ودرجة حرارة القاعدة وغيرها وتوجد أربعة حالات محتملة يمكن ان تأخذها القطرة عندما تتحرك باتجاه القاعدة كما في الشكل (1-3).

المسار A: يكون حجم القطرة كبيرا نسبيا فالحرارة الممتصة من الوسط المحيط تكون غير كافية لتبخر المحلول عند رشه باتجاه القاعدة وبمجرد وصول القطرات الى القاعدة الساخنة يتبخر المحلول تاركا الراسب صلبا، واثناء التبخر يتبدد جزء من الحرارة فتتخفض درجة حرارة القاعدة عند هذه النقطة مما قد يؤدي الى اجهادات داخلية وبالتالي يكون الغشاء غير متجانس.

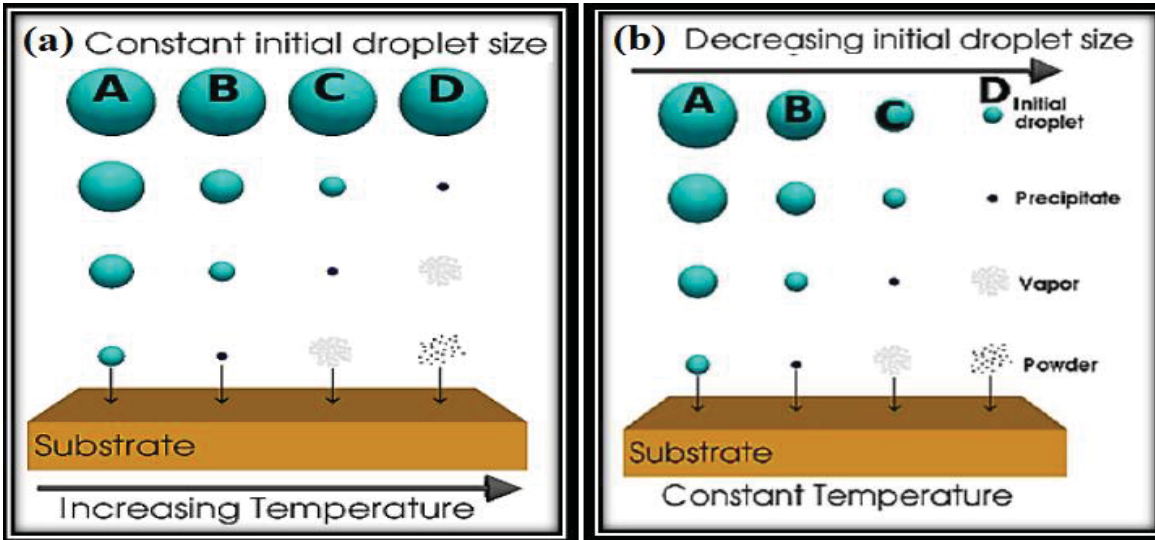
الحالة B: في هذه الحالة تجف القطرات قبل وصولها الى سطح القاعدة الساخنة فيحدث تحلل جزئي للمحلول مسببا تكون رواسب.

الحالة C: هو المسار المطلوب اثناء عملية الترسيب الذي يقود الى غشاء متجانس عالي الجودة، اذ أن القطرة تتبخر قبل الوصول الى القاعدة بقليل وسوف يتشكل الراسب بوقت مبكر وسيصل الى محيط القاعدة فورا، وبعد ذلك فإن الجزيئات المتفاعلة سوف تنتشر على السطح وسيحدث امتزاز لبعض الجزيئات على السطح فضلا عن ذلك سوف يحدث دمج للانتشار السطحي والتفاعل الكيميائي داخل الشبيكة.

الحالة D: حجم القطرة صغير، فيحدث تبخر للمحلول بصورة كاملة بعيدا عن القاعدة وتصبح الدقائق بلورات صغيرة تكون راسبا أشبه بالمسحوق يعكر الغشاء ويقلل من نفاذية المادة وذلك لأن التفاعل في هذه الحالة يكون اسرع مما عليه في المسارات السابقة لها [10].

هنالك أربع قوى تؤثر على مسار القطرة عندما تخترق الوسط المحيط بها أذ تعمل في وقت واحد، وتلك القوى هي

- 1- قوة الجاذبية: هي القوة التي تعمل على سحب القطرة باتجاه الأسفل وان هذه القوة تعتمد على كتلة القطرة المنتقلة، فعندما تكون القطرات صغيرة الحجم فإن هذه القوة تكون قليلة بحيث تسمح لها بالوصول إلى سطح القاعدة قبل ان تتبخر كلياً لكن عندما تكون القطرات كبيرة فإن قوة الجاذبية تكون كبيرة أيضاً بحيث لا تسمح للقطرة ان تتبخر كلياً قبل الوصول إلى القاعدة مما يؤثر ذلك على سمك الغشاء وتجانسه.
- 2- القوة الكهربائية: هي القوة التي تزود منظومة التحلل الكيميائي الحراري بحيث تشتمل هذه المنظومة على مصدر كهربائي إضافي ينظم مسار القطرة. يستخدم جهاز الرش لدخول الهواء المضغوط حيث ان السرعة العالية للهواء تسبب الانحلال للقطرات وبالتالي تتحول الى رذاذ.
- 3- قوة ستوكس: هي القوة التي تحدث نتيجة للاحتكاك بين القطرة وبين جزيئات الهواء المحيط بها.
- 4- القوة المعرقلة: هي القوة التي تعمل على تأخير القطرة، أي تعمل على خفض سرعتها بشكل كبير عندما تقترب من القاعدة الساخنة.



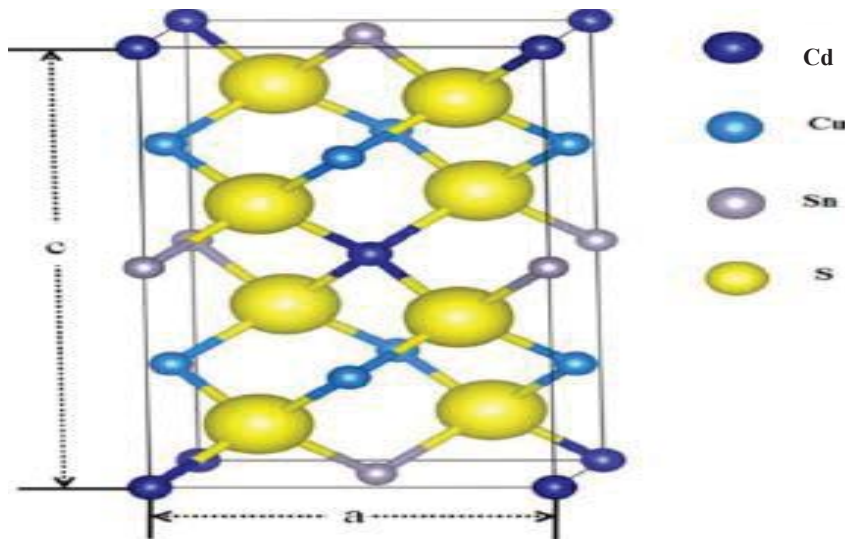
شكل (3-1): تأثير طبيعة الاغشية الرقيقة المترسبة بحجم القطرة ودرجة حرارة القاعدة (a): ثبوت حجم القطرة مقابل حرارة القاعدة (b) تغيير حجم القطرة مقابل ثبات درجة حرارة القاعدة. [10]

(6-1) تركيب أغشية (Cu₂CdSnS₄) الرقيقة:

(Structural of (Cu₂CdSnS₄)Thin films)

يعدّ (Cu₂CdSnS₄) أحد مركبات مجموعة مركبات كالكوجينايد

النحاس (Cu- Chalcogenides) الرباعية يتكون من II=(Cd) و IV=(Sn) و VI=(S) وهي عناصر متوفرة في الطبيعة. من المعروف انه يمكن تشويب شبكية (Chalcopyrite) المجموعة الفراغية (I $\bar{4}$ 2d) بذرات من المجموعتين الثانية والخامسة، هذا ويشتق من المركب الثلاثي (CuInS₂) ويتم ذلك باستبدال ذرتين من الانديوم بذرة من الكاديوم (Cd) وذرة من القصدير (Sn) حسب قاعدة الثمان، وهو مادة متعددة التبلور من طور (Stannite) بتركيب رباعي قائم (tetragonal) بمجموعة مكعبة مغلقة (I $\bar{4}$ 2m) وابعاد شبكية (a=5.584Å c=10.855 Å) [12]. تتكون كل خلية وحدة في الشكل الرباعي من ثلاث ذرات معدن اذ تحيط بذرة الكبريت ذرة كاديوم واحدة وذرة قصدير واحدة وذرتين من النحاس. يمتلك مركب (Cu₂CdSnS₄) فجوة طاقة مباشرة قيمتها (E_g=1.5eV) ومعامل امتصاص بصري (~10⁴cm⁻¹) وتوصيلية موجبة (P- type).



الشكل (4-1): وحدة بناء مركب (Cu₂CdSnS₄) [12].

(7-1) تطبيقات أغشية $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$:

(Applications of $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$ Thin Films)

يعد المركب $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$ احد مركبات اشباه موصلات Chalcogenides وله تطبيقات عدة منها.

- وجد ان اغشية $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$ الرقيقة تستعمل كطبقة ماصة (ActiveLayer) في خلايا اكاسيد الوقود الصلبة والخلايا الشمسية والخلايا الشمسية الصبغية، اذ اظهرت كفاءة تحويل للطاقة بقيمة (3.23%) [13]. ويمكن كذلك استعمال المحلول الجزيئي للمركب كطلاء مباشرة كطبقة ماصة في الخلايا الشمسية ايضا [14]. كذلك تدخل في صناعة الكواشف البصرية (Photo detector) [16]
- تستعمل في المتحسسات وكقطب كهربائي في المكثفات الكهربائية الثلاثية في الخلايا الشمسية الحساسة الصبغية بديلا عن الـ (Platinum) غالي الثمن لاختزال ثلاثي اليوديد في الخلايا الشمسية العضوية [15].

(8-1) الدراسات السابقة: (Literature Review)

درس الباحثون (Cao et al.) سنة 2012 اغشية $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$ المحضرة بطريقة (Simple Solvothermal) عند درجة حرارة (180°C) . أظهرت نتائج الفحص التركيبي (XRD) ان عرض منتصف القمة رفيع وقمة حادة وكان الاتجاه السائد عند (112). واظهرت نتائج الفحص البصري ان قيمة فجوة الطاقة $E_g=1.37\text{eV}$ [17].

درس الباحثون (Guan et al.) سنة 2013 بدراسة اغشية $(\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4)$ والمحضرة بطريقة (Microwave irradiation). أظهرت نتائج الفحص التركيبي XRD عن ان القمة المتميزة كانت بالاتجاه السائد عند (112) مع وجود قمم أخرى كانت بزوايا $(2\theta=88.2^\circ, 74.4^\circ, 56.2^\circ, 76.2^\circ)$ العائدة للمستويات (112)، (220)، (312) (413) على التوالي واظهر فحص البصري (UV) ان قيمة فجوة الطاقة كانت $E_g=1.26\text{eV}$ [18].

حضر الباحثون (Guan et al.) سنة 2013 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المحضرة بطريقة (Simple Solution method) للعناصر (Cu/Sn)/CdS عن طريق امتصاص الطبقة الايونية المتفاعلة بطريقة ترسيب الحمام الكيميائي . أجريت الفحوصات التركيبية (XRD) و وجد ان الاتجاه السائد كان عند المستوى (112) و اظهرت نتائج الفحص البصري (UV) ان معامل الامتصاص اكبر من (10^4cm^{-1}) ان قيمة فجوة الطاقة كانت عند $E_g=1.45\text{eV}$ [19].

حضر الباحثون (Guo et al.) سنة 2015 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) بطريقة (Co-Sputtering technique) ووجد من خلال الفحوصات التركيبية ان الاتجاه السائد هو (112) و أظهرت نتائج الفحص البصري ان قيمة فجوة الطاقة ($E_g=1.4\text{eV}$) وكانت نتائج فحص رامان وجود قمة قوية عند 333cm^{-1} وكانت نتائج فحص (FE-SEM) ان الاغشية الرقيقة تحتوي على قمم لحبيبات كبيرة ومكتظة بدون ثغوب او شقوق . و اظهر نتائج فحص تأثير هول ان التحركية الكهربائية كانت بقيمة $21.3\text{cm}^2\text{v}^{-1}\text{s}^{-1}$ [20].

قام الباحثون (Odeh et al.) سنة 2016 بدراسة درجات الحرارة للتدلين ($200-500^\circ\text{C}$) اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المحضرة بطريقة (Spin Coating) وجد الفحص البصري ان فجوة الطاقة تتراوح ($1.29-1.31\text{eV}$) وعند دراسة الفحوصات التركيبية وجد ان الاتجاه السائد عند (112) بطور Stannite رباعي التركيب و اظهر فحص (SEM) ان شكل وحجم الحبيبات متناسب مع درجات حرارة التدلين تحت تأثير الموجات فوق الصوتية [21].

درس الباحثون (Kum et al.) سنة 2017 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المرسبة بدرجات حرارة منخفضة واسماك مختلفة باستخدام تقنية (Spin Coating) حيث اظهرت نتائج فحص XRD عن قمة قوية متميزة عند المستوى (122) وان الحجم البلوري يزداد مع زيادة السمك و أظهرت نتائج الفحص البصري ان معامل الامتصاص اكبر من (10^4cm^{-1})

ويزداد الامتصاص مع زيادة السمك و ان قيمة فجوة الطاقة تتغير من 1.65 eV الى 1.35eV [22].

درس الباحثون (Odeh et al.) سنة 2016 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) بطريقة (spin coating) يتم ترسيب الاغشية على قواعد زجاجية بتراكيز مختلفة للنحاس (0.2M-1.0M) ولدنت بدرجة حرارة 300°C ومن نتائج الفحص البصري تبين ان فجوة الطاقة تتراوح (1.25-1.6eV) تتغير فجوة الطاقة مع نقصان تركيز Cu وأجريت فحوصات XRD وظهرت ان الحجم الحبيبي له علاقة مباشرة مع تراكيز النحاس وان الاتجاه السائد كان عند مستوى (112) [23].

حضر الباحثون (Odeh et al.) سنة 2018 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) المترسبة على قواعد زجاجية بطريقة (spin-coating) بسرعات مختلفة (1500, 2000, 3500) rpm, ثم لدنت بدرجة حرارة 300°C ثم أجريت الفحوصات البصرية باستخدام الاشعة فوق البنفسجية من خلالها تم حساب فجوة طاقة تتراوح (2.7, 2.4eV). تم دراسة الخصائص التركيبية باستخدام حيود الاشعة السينية وظهر ان عدد وشدة القمم يتغير مع تغير السرعة [24].

درس الباحثون (Pilvet et al.) سنة 2017 بدراسة الأدلة التجريبية لوجود اضطراب Cu-Cd في اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$). تم دراسة تأثير درجات التلدين من ($100-400^\circ\text{C}$) على الخواص البصرية والتركيبية. أظهر فحص رامان انه يمكن إعادة تحديد درجة الاضطراب مع درجة حرارة منخفضة تقع في حدود ($200-250^\circ\text{C}$) وأظهر الفحص عن قمة قوية عند (333cm^{-1})، وأظهر الفحص التركيبي XRD عن قمة قوية عند المستوى (112)، وأجريت الفحوصات البصرية فوجد ان قيمة فجوة الطاقة $E_g=1.215\text{eV}$ [25].

قام الباحثون (Zhang et al.) سنة 2017 بدراسة اغشية (Cu_2CdSnS_4) بطريقة (Liquid Coating method) أذ تمت دراسة تأثير درجة الحرارة على الغشاء . أجريت الفحوصات التركيبية فوجد ان الاتجاه السائد عند المستوى (112) و اظهر طيف رامان عن قمة قوية عند ($326cm^{-1}$) وتبين من خلال فحص XRD انه عند زيادة درجة الحرارة يؤدي الى تحسين التبلور. و اظهر طيف رامان عن وجود اطوار ثانوية للمركب (Cu_2S) عند زيادة درجة حرارة التلدين. وأجريت الفحوصات البصرية للأغشية المحضرة فوجد ان فجوة الطاقة تتراوح ($1.31-1.14eV$) [26].

قام الباحثون (Rouchd et al.) سنة 2017 بدراسة اغشية (Cu_2CdSnS_4) استخدام تقنية (Chemical spray) تحت تأثير زمن الترسيب المختلفة (20,40,60min) وكان سمك الغشاء عند (20min) حوالي (309nm) وعند (40min) كان سمك الغشاء (505nm) وعند (60min) كان سمك الغشاء (901nm). أظهرت نتائج XRD ان الاغشية من طور Stannite وبالاتجاه السائد 211 وكشف طيف رامان عن قمة قوية حوالي ($333cm^{-1}$) و اظهرت نتائج الفحص البصري عن فجوة طاقة تتراوح ($1.3 - 1.5 eV$) ووجد افضل غشاء عند زمن ترسيب (60min) حيث كانت فجوة الطاقة التابعة له ($1.3eV$) و اظهرت نتائج الفحص الكهربائي ان التحركية الكهربائية حوالي ($3.212 \times 10^{+2} cm^2 v^{-1} s^{-1}$) [27].

قام الباحثون (Odeh et al.) سنة 2018 بدراسة اغشية (Cu_2CdSnS_4) بطريقة Spin Coating يتم الترسيب على قواعد زجاجية بسرعات مختلفة (1500,2000,2500rpm) ولدنت بدرجة حرارة ($300^\circ C$) . أجريت الفحوصات البصرية فوجد ان فجوة الطاقة تتراوح ($2.4-2.7eV$) وان فجوة الطاقة تقل مع زيادة سرعة الدوران و أجريت الفحوصات التركيبية XRD ووجد إن الاتجاه السائد هو (002) [28].

حضر الباحثون (Odeh et al.) سنة 2018 بدراسة اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) حيث قاموا بترسيب الغشاء على سطح (Si/SiO_2) بطريقة Sol-gel. تم تلدين الغشاء بدرجة حرارة 400°C وأجريت الفحوصات التركيبية XRD وأظهرت عن وجود (4) قمم وكان الحجم البلوري (18.13nm) وتم إيجاد فجوة الطاقة البصرية من خلال الفحوصات البصرية وكانت $E_g=1.32\text{eV}$ [29].

قام الباحثون (AL-Douri et al.) سنة 2018 بدراسة ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) حيث تم الترسيب على سطح SiO_2/Si بطريقة Sol/gel ولدنت بدرجة حرارة 400°C . أجريت الفحوصات التركيبية ووجد ان الاتجاه السائد للنمو عند (112) وكان الحجم الحبيبي 26.8nm وأجريت الفحوصات البصرية فوجد ان فجوة الطاقة $E_g=(1.35\text{eV})$ [30].

(Aim of The Work)

(9-1) الهدف من العمل:

تهدف دراسة البحث الى تحضير اغشية ($\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$) الرقيقة على قواعد زجاجية بتراكيز ثابتة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري للحصول على اغشية تمتاز بالتجانس العالي وقوة تلاحق عالية بالقاعدة وبسمك تقريبي (300±10 nm) ، ودراسة تأثير اختلاف درجات حرارة القاعدة ($300, 350, 400, 450^\circ\text{C}$) للغشاء المحضر ومن ثم دراسة اختلاف درجات حرارة التلدين لأفضل عينة مرسبه ومعرفته خصائصها التركيبية والبصرية والكهربائية وذلك لغرض الحصول على اغشية ذات مواصفات فيزيائية جيدة أي الحصول على غشاء ذو توصيلية عالية وفجوة طاقة قليلة وذا تجانس عالي ويمكن استخدامها في تطبيقات الخلايا الشمسية والكهروضوئية.