



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



دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لغشاء
المتلون كهربائياً $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$

رسالة قدمتها

الى مجلس كلية العلوم - جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

الطالبة

لارا فالح حسن

(بكالوريوس علوم فيزياء - 2017)

بإشراف

أ. د. بثينة عبد المنعم إبراهيم

أ. د. زياد طارق خضير

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ
وَ قُلْ رَبِّ زِدْنِيْ عِلْمًا

﴿114﴾

صدق الله العظيم

سورة طه اية ﴿114﴾

الاهداء

اذا كان الاهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء

فالاهداء

إلى منارة العلم ومعلم البشرية إلى قدوتنا الأولى وسيد الخلق إلى رسولنا الكريم

محمد (صلى الله عليه وسلم)

إلى الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر، إلى من رفعت رأسي عالياً افتخاراً به

والذي رحمه الله

إلى النبي الذي لا يمل العطاء، إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها، إلى من أختص الله الجنة تحت

قدميها، إلى التي رأيت قلبها قبل عينيها وحضنتني أحشائها قبل يديها، إلى التي كانت

دعواها لي بالتوفيق تبعتني خطوة خطوة في عملي

والدتي العزيزة

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي، إلى من يحملون في عيونهم ذكريات طفولتي وشبابي،

إلى اخواني (احمد وعمر واوس وحسن)

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء، إلى الذي لم يخل بشيء من أجل دفعي في طريق النجاح

زوجي

قرة عيني والبسمة المضيئة في حياتي

ابني شام

اهدي ثمرة جهدي هذا

لارا

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على معلم البشرية
وهادي الإنسانية وعلى آله وصحبه أجمعين كل الشكر موصول أولاً لله
تعالى على فضله في التسهيل بإنجاز هذا العمل، فله الحمد أولاً وآخراً.

يسعدني أن أهدي شكري وامتناني الى عمادة كلية العلوم في جامعة ديالى
ورئاسة قسم الفيزياء لمنحي هذه الفرصة العلمية. وكل الشكر والتقدير الى
أساتذتي الفاضلين أ. د. زياد طارق خضير، و أ. د. بثينة عبد المنعم ابراهيم
لتفضلهما بالإشراف على هذه الدراسة ولما قدماه لي من جهود كبيرة وتوجيهات
قيمة ومتابعة مستمرة طوال مدة البحث. والشكر والامتنان أهديه لأساتذتي
الافاضل في قسم علوم الفيزياء لما قدموه لي من مساعدة والاسهام بأرائهم
المهمة واقتراحاتهم القيمة والدعم المتواصل طيلة فترة البحث اسأل الله لهم دوام
الصحة والعافية وان يحفظهم لخدمة العلم. واتقدم بجزيل شكري وامتناني الى
جميع منتسبي مكتبة كلية العلوم والى الذين لم يبخلوا بالعون والمساعدة
والنصيحة.

الخلاصة

تم تحضير منظومة مصغرة من اغشية ازرق بروسيا $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$ الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على زجاج (ITO) ولثلاثة مجاميع مختلفة وتكونت المنظومة المصغرة في المجموعة الاولى بتركيز مختلفة (1.5,1.7,1.9, M) باستخدام الكتروليت كلوريد البوتاسيوم وبمسافة فاصلة (0.7 mm) والمجموعة الثانية تم تحضيرها بسماكات مختلفة (500,600,700 nm) باستخدام الكتروليت طبيعي من جل الالوفيرا وبمسافة فاصلة (0.2 mm) اما المجموعة الثالثة تم تحضيرها بسماكات مختلفة (450,530 nm) بأستعمال الكتروليت كلوريد البوتاسيوم وبمسافة فاصلة (0.3 mm) . وقد أجريت بعض الفحوصات لدراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية باستخدام حيود الأشعة السينية وفحص المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال مع مطياف تشتت الطاقة ، والتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية، وقياس الفولتية المستخرجة باستخدام الأوفوميتر. تم تشعيع اغشية ازرق بروسيا الرقيقة بأشعة كما باستخدام مصدر كوبلت-60 بطاقتين هما (1.33 MeV) و(1.173 MeV) ولمدة نصف ساعة .

وقد اجريت الفحوصات التركيبية و البصرية والكهربائية بعد التشعيع ، و قد اظهرت نتائج حيود الأشعة السينية زيادة شدة الاشعة السينية بعد التشعيع و ازاحة القمم نحو اليمين، و تبين من خلال نتائج حيود الاشعة السينية ان جميع الاغشية هي متعددة التبلور و من النوع المكعب قبل و بعد التشعيع، كذلك بين فحص المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال ان جميع الاغشية قبل وبعد التشعيع تظهر باشكال شبه كروية نانوية التركيب ومن خلال فحص مطياف تشتت الطاقة تبين وجود جميع مكونات العناصر للغشاء قبل التشعيع ، في حين انخفضت النفاذية بعد التشعيع بأشعة كما وللمجاميع الثلاثة، وزيادة كل من الامتصاصية و معامل الامتصاص و معامل الخمود اما فجوة الطاقة للانتقال الالكتروني المباشر المسموح فقد قلت بعد التشعيع بأشعة كما ، وزيادة الجهد في المجاميع الثلاثة عند تحول اللون من المعتم الى الشفاف وكذلك زيادة في الزمن اذ في المجموعة الاولى والثالثة من(10sec) الى(13sec) والمجموعة الثانية من(20sec) الى(30sec) .

تشير هذه النتائج إلى زيادة كفاءة الطبقة الرقيقة المتلونة كهربائيا التي تعد واحدة من الخصائص الموعودة للطاقات المتجددة التي يتطلع إليها العالم في هذه التقنيات باستعمال طاقات نظيفة للحصول على بيئة غير ملوثة والحصول على نظام يعمل بالطاقة الذاتية اي لا يحتاج الى مصدر طاقة خارجي.

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
17-1	المقدمة والدراسات السابقة	الفصل الأول
1	المقدمة	1-1
3	طرائق تحضير الأغشية الرقيقة	2-1
6	آلية تكون الأغشية الرقيقة	3-1
7	مكونات ازرق بروسيا	4-1
7	فيروسيانيد البوتاسيوم	1-4-1
9	كلوريد الحديد الثلاثي	2-4-1
9	كلوريد البوتاسيوم	3-4-1
11	الالكترووليتات المستخدمة	5-1
12	الدراسات السابقة	6-1
17	الهدف من البحث	7-1
42-18	الجانب النظري	الفصل الثاني
18	المقدمة	1-2
18	ظاهرة التلون الكهربائي	2-2
18	المواد المتلونة كهربائياً	3-2
21	أشباه الموصلات	4-2
22	أشباه الموصلات البلورية	1-4-2
22	أشباه الموصلات العشوائية	2-4-2
23	أنواع أشباه الموصلات	5-2
23	أشباه الموصلات الذاتية	1-5-2
24	أشباه الموصلات غير الذاتية	2-5-2
25	العيوب البلورية	6-2
27	الخصائص التركيبية	7-2
27	حيود الأشعة السينية	1-7-2
28	قانون براك	2-7-2
30	المعلمات التركيبية	3-7-2
31	المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)	4-7-2
33	الخصائص البصرية	8-2
33	النفذية	1-8-2
34	الامتصاصية	2-8-2
34	معامل الامتصاص	3-8-2
34	معامل الخمود (k_0)	4-8-2
35	حافة الامتصاص الاساسي	9-2
35	منطقة الامتصاص العالي	1-9-2
35	منطقة الامتصاص الاسي	2-9-2
36	منطقة الامتصاص الواطئ	3-9-2
36	الانتقالات الالكترونية	10-2
37	الانتقالات المباشرة	1-10-2
37	الانتقالات غير المباشرة	2-10-2

38	فجوة الطاقة البصرية	11-2
39	الخصائص الكهربائية	12-2
39	أشعة كاما	13-2
39	تفاعلات اشعة كاما مع المادة	14-2
40	التأثير الكهروضوئي	1-14-2
41	تأثير كومبتون	2-14-2
42	انتاج الزوج	3-14-2
52-43	الجزء العملي	الفصل الثالث
43	المقدمة	1-3
43	تصميم منظومة التحلل الكيميائي الحراري	2-3
46	تحضير الأغشية الرقيقة	3-3
47	الظروف المثلى المنتخبة للحصول على اغشية ازرق بروسيا	4-3
49	قياس سُمك الأغشية الرقيقة	5-3
50	تحضير نظام التلون الكهربائي	6-3
51	فحص وتشخيص الأغشية المحضرة	7-3
51	الفحوصات التركيبية	1-7-3
52	القياسات البصرية	2-7-3
52	التشعيع بأشعة كاما	8-3
93-53	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
53	المقدمة	1-4
53	القياسات التركيبية	2-4
53	فحوصات حيود الأشعة السينية	1-2-4
64	فحوصات المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال	2-2-4
73	مطياف تشتت الطاقة	3-2-4
75	نتائج القياسات البصرية	3-4
75	النفاذية (T)	1-3-4
78	الامتصاصية	2-3-4
81	معامل الامتصاص	3-3-4
84	معامل الخمود	4-3-4
86	فجوة الطاقة (Eg)	5-3-4
90	القياسات الكهربائية	4-4
93	الاستنتاجات	5-4
93	المشاريع المستقبلية	6-4
94	المصادر	

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
	مقدمة عامة	الفصل الأول
8	بعض الخصائص الفيزيائية لفيروسيانيد البوتاسيوم	1-1
9	بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد الحديد المائي	2-1
10	بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد البوتاسيوم	3-1
11	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة البرواسي الازرق	4-1
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
58	النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الأولى قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما.	1-4
59	النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الثانية قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما.	2-4
60	النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الثالثة قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما.	3-4
62	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) للمجموعة الأولى.	4-4
63	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) للمجموعة الثانية.	5-4
64	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) للمجموعة الثالثة.	6-4
73	معدل القطر في المجاميع الثلاثة التي تم حساب الجسيمات لها بوحدة (nm).	7-4
87	قيم فجوة الطاقة للانتقال الإلكتروني المباشر المسموح قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما.	8-4
91	الفحص الكهربائي باستخدام الفولتميتر لحساب الجهد المستخرج من اختفاء اللون للمجموعة الأولى قبل وبعد التشعيع.	9-4
92	الفحص الكهربائي باستخدام الفولتميتر لحساب الجهد المستخرج من اختفاء اللون للمجموعة الثانية قبل وبعد التشعيع.	10-4
92	الفحص الكهربائي باستخدام الفولتميتر لحساب الجهد المستخرج من اختفاء اللون للمجموعة الثالثة قبل وبعد التشعيع.	11-4

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	الرقم
	مقدمة عامة	الفصل الأول
4	مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة	1-1
5	مخطط لتقنية التحلل الكيميائي الحراري	2-1
7	المراحل الاساسية لتكوين الأغشية الرقيقة	3-1
8	التنسيق الهندسي لفيروسيانيد البوتاسيوم	4-1
	الجزء النظري	الفصل الثاني
21	ألية عمل الزجاج الذكي المتلون كهربائيا	1-2
23	التركيب البلوري للمواد (a) أحادية التبلور (b) متعددة التبلور (c) العشوائية .	2-2
24	حزم الطاقة في المواد شبه الموصلة النقية (الذاتية)	3-2
25	الشوائب السطحية (a) شوائب سطحية مانحة. (b) شوائب سطحية قابلة	4-2
26	بعض أنواع العيوب البلورية	5-2
28	حيود الأشعة السينية للمواد العشوائية و المتبلورة ومتعددة التبلور	6-2
28	مخطط للتشخيص بالأشعة السينية	7-2
29	المستويات البلورية (حيود براك)	8-2
32	الشكل التخطيطي لجهاز FE-SEM	9-2
36	مناطق حافة الامتصاص الاساسي في شبه الموصل البلوري	10-2
38	كيفية حساب معامل الامتصاص	11-2
40	الظاهرة الكهروضوئية	12-2
41	استطارة كومبتن	13-2
42	انتاج الزوج	14-2
	الجزء العملي	الفصل الثالث
43	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	1-3
44	مخطط توضيحي لجهاز الرش	2-3
51	(a) صورة لجهاز التلون الكهربائي (b) مخطط توضيحي لجهاز التلون الكهربائي	3-3
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
55	منحنيات (XRD) للمجاميع الثلاثة ولجميع الاغشية المحضرة قبل التشعيع بأشعة كاما	1-4
56	منحنيات (XRD) للمجاميع الثلاثة ولجميع الاغشية المحضرة بعد التشعيع بأشعة كاما	2-4
57	جزء من بطاقة . (ICDD 01-0239)	3-4
57	جزء من بطاقة (ICDD 032-080)	4-4
65	صور FE-SEM للمجموعة الاولى مع مخطط كاوس قبل التشعيع (a) للتركيز 1.5M	5-4

66	صور FE-SEM للمجموعة الاولى مع مخطط كاوس قبل التشعيع (b) للتركيز 1.9M .	5-4
67	صور FE-SEM للمجموعة الثانية قبل التشعيع ومخطط كاوس للسلك (600 nm).	6-4
68	صور FE-SEM للمجموعة الثالثة قبل التشعيع للسلك (530nm) ومخطط كاوس.	7-4
69	صور FE-SEM للمجموعة الاولى بعد التشعيع ومخطط كاوس (a) للتركيز (1.5M) .	8-4
70	صور FE-SEM للمجموعة الاولى بعد التشعيع ومخطط كاوس (b) للتركيز (1.9M).	8-4
71	صور FE-SEM للمجموعة الثانية بعد التشعيع ومخطط كاوس للسلك (600nm).	9-4
72	صور FE-SEM للمجموعة الثالثة قبل التشعيع للسلك (530 nm) ومخطط كاوس.	10-4
74	نتائج فحص (EDS) للمجموعة الاولى بتركيز (1.5 M) والمجموعة الثانية للسلك (600 nm) والمجموعة الثالثة للسلك (530 nm).	11-4
76	طيف النفاذية (T) كدالة للطول الموجي للمجاميع الثلاثة قبل التشعيع بأشعة كاما.	12-4
77	طيف النفاذية (T) كدالة للطول الموجي للمجاميع الثلاثة بعد التشعيع بأشعة كاما.	13-4
79	الامتصاصية (A) كدالة للطول الموجي للمجاميع الثلاثة قبل التشعيع بأشعة كاما.	14-4
80	الامتصاصية (A) كدالة للطول الموجي للمجاميع الثلاثة بعد التشعيع بأشعة كاما.	15-4
82	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون والمجاميع الثلاثة قبل التشعيع بأشعة كاما.	16-4
83	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون والمجاميع الثلاثة بعد التشعيع بأشعة كاما.	17-4
85	معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون للمجاميع الثلاثة قبل التشعيع بأشعة كاما.	18-4
86	معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون للمجاميع الثلاثة بعد التشعيع بأشعة كاما.	19-4
88	قيم فجوة الطاقة (Eg) للانتقال المباشر المسموح كدالة لطاقة الفوتون لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الاولى (a) قبل التشعيع (b) بعد التشعيع .	20-4
89	قيم فجوة الطاقة (Eg) للانتقال المباشر المسموح كدالة لطاقة الفوتون لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الثانية (a) قبل التشعيع (b) بعد التشعيع .	21-4
90	قيم فجوة الطاقة (Eg) للانتقال المباشر المسموح كدالة لطاقة الفوتون لأغشية فيروسيانيد البوتاسيوم للمجموعة الثالثة (a) قبل التشعيع (b) بعد التشعيع .	22-4

قائمة الرموز والوحدات

الوحدة	المعنى	الرمز
eV	طاقة مستوى التوصيل	E_c
eV	طاقة فجوة الطاقة البصرية	E_g
eV	طاقة مستوى التكافؤ	E_v
eV	طاقة الفوتون	$h\nu$
Å	المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين	d_{hkl}
-	معاملات ميلر	hkl
nm	الطول الموجي	λ
nm	طول موجة كومبتن	λ_c
degree	زاوية حيود براك	θ_B
-	معامل الانكسار العقدي	n^*
-	رتبة الحيود (عدد صحيح)	N
-	معامل الانكسار	n_o
Å	ثوابت الشبكة	a, b, c
-	النفاذية	T
nm	سمك الغشاء	T
cm ²	مساحة القاعدة	A_o
m/s	سرعة الضوء في الفراغ	C
cm ⁻¹	معامل الامتصاص	α
eV/m ² . s	شدة الشعاع الساقط	I_o
eV/m ² . S	شدة الشعاع النافذ	I_t
eV/m ² . S	شدة الشعاع الممتص	I_A
-	الامتصاصية	A
cm ⁻¹	المتجه الموجي	K
-	معامل الخمود	k_o
-	الانعكاسية	R
-	معامل أسي يحدد نوع الانتقال	r
-	ثابت يعتمد على نوع المادة	B
eV	طاقة الفونون	E_{ph}
ml	الحجم	V
Hz	تردد الفوتون الساقط	ν
MeV	الطاقة السكونية للإلكترون	$m_o c^2$
G	الوزن المطلوب إذابته	W_t
g/mol	الوزن الجزيئي	M_{wt}
mol/l	التركيز المولاري	M
g/cm ³	الكثافة الكلية	ρ_{total}

(1-1) المقدمة

Introduction

تعد اليوم دراسة المواد شبه الموصلية من العوامل المهمة التي اسهمت في التطور التقني للعالم الذي نعيشه كواقع ملموس في مختلف المجالات، فأصبحت الأجهزة الالكترونية الحديثة وغيرها تستند أساساً على هذه المواد. وقد اسهمت تقنيات الاغشية الرقيقة (Thin films Techniques) والتي تمثل أحد فروع فيزياء الحالة الصلبة (Solid State Physics) في تطور الدراسات المختصة بالمواد شبه الموصلية ، إذ تم تحديد العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية لها بهدف استعمالها في التطبيقات المختلفة، فقد تم الحصول على أغشية رقيقة لأول مرة عام 1838م عن طريق عملية التحليل الكهربائي، وقد شهد مجال الاغشية الرقيقة تقدماً كبيراً على يد عدد من العلماء ومنهم (بنسن وكروف) اللذان حضرا أغشية رقيقة من المعادن عام 1852م عن طريق التفاعل الكيميائي والترديد بالتفريغ التوهجي، وفي عام 1857م تمكن العالم فارداي (Faraday) من الحصول على الأغشية الرقيقة من المعادن بطريقة التبخير الحراري، أما في سنة 1876 فقام العالم (ادم) بتحضير أغشية رقيقة من السلينيوم الملاصقة للبلاتينيوم. إضافة لما سبق فقد أسهمت أبحاث العالم درود النظرية وقياسات كل من الفيزيائيان (جامين وكينك) في تطوير دراسة تقنيات الأغشية الرقيقة [1].

يستخدم مصطلح الاغشية الرقيقة لوصف طبقة (Layer) او طبقات عدة من ذرات المادة لا يتعدى سمكها المايكرون الواحد [2,3]. ولأن طبقة الغشاء تكون رقيقة جداً وقابلة للتشقق لذا فهي ترُسب على سطوح صلبة تعرف بقواعد الاساس (Substrates) التي تصنع من مواد مختلفة مثل الزجاج بمختلف انواعه والسليكون، وبعض المعادن والاملاح ويعتمد ذلك على طبيعة الدراسة ومجال استعمال الاغشية المحضرة [4].

يحظى موضوع الطاقات المتجددة والطاقات النظيفة في الوقت الحالي بعناية كبيرة من قبل العلماء والباحثين وذلك لاستعمالاتها الواسعة في مجالات مختلفة من الحياة اذ اصبح من ضروريات التقنيات الحديثة في هذا العصر ولما توفره من بيئة نظيفة بعيد عن التلوث الذي يسعى العالم لتقليل اثاره الصحية على البيئة ولما تخلقه من اثار وخيمة تدمر الكرة الارضية، وقد لوحظ من خلال البحوث ان هناك تطورا في هذا المجال خلال عقد الثمانينيات، وما زال في توسع مستمر اذ تعددت التقنيات والمواد المستعملة للحصول على هذا النوع من الطاقة ومنها استعمال المواد المتلونة كهربائياً (Electrochromic) التي تحدث فيها ظاهرة التلون الكهربائي (Electrochromism) ، وهي عبارة عن التغير اللوني الحاصل بمرور تيار

كهربائي ضعيف مسببا تفاعلات الاكسدة الكيميائية، والتي تعمل على تغيير كمية الضوء النافذ مما يؤدي الى تغيير اللون من الشفافية الى المعتم وبالعكس [5] .

تصنف المواد المتلونة كهربائيا (EC) (Electrochromic Materials) إلى مواد عضوية وأخرى غير عضوية، إذ أن تحضير المواد غير العضوية يكون اسهل واكثر استقراراً من المواد العضوية. يمكن استعمال انواع مختلفة من المواد للحصول على خصائص التلون الكهربائي، اذ ان اكاسيد العناصر الانتقالية هي اوسع عائلة تستعمل في هذا المجال ومن ضمنها اوكسيد التنجستن (WO_3) الذي يستعمل لتصنيع الزجاج الذكي، واوكسيد النيكل (NiO) اذ يستعمل بشكل واسع في اقطاب العد في اجهزة التلون الكهربائي وكذلك النوافذ الذكية [6]، ومن المواد الاخرى هي بولي انيلين (Polyaniline) الذي يمكن تكوينه من التأكسد الكيميائي للانيلين عند غمر اقطاب في حامض الهيدروكلوريك المحتوي على تركيز قليل من الانيلين عندها سيتكون غشاء على القطب من بولي انيلين وبالاعتماد على حالة التأكسد اما يكون لونه اصفر شاحب او اصفر مسود [7] .

وتوجد انواع اخرى من المواد المتلونة كهربائيا التي تستعمل في تطبيقات التكنولوجيا والتي تشمل فايولوجين (Viologen) وبولي اوكسوتنجستيت (Polyoxotungstates) وان اكثر استعمالها شيوعا في مصانع السيارات اذ يتم تصنيع المرايا باستعمال الفالوجين مع ثنائي اوكسيد التيتانيوم (TiO_2) لتكوين شاشات عرض رقمية ويكون لونها ازرقاً غامقاً ولها قدرة تحليلية عالية موازنة بالأبيض اللامع للتيتانيا (Titania)، ولها استعمالات اخرى في القطارات والطائرات.

من الانواع الشائعة للمواد المتلونة كهربائيا هو ازرق بروسيا (Prussian blue) والذي تم استعماله في بحثنا هذا، وهناك دراسات عدة حول خصائص المتلونة كهربائيا (ازرق بروسيا) بدأت سنة 1978م اذ جلبت انظار العديد من العلماء والباحثين وان الغشاء الرقيق من ازرق بروسيا له صيغة معقدة للعلاقة بين الالكتروكيميائية والسلوك البصري بسبب تغير اللون مع تغير الجهد الكهربائي والذي من الممكن اعطاء اربع الوان مختلفة الشدة [8]، اذ يستعمل بشكل واسع في النوافذ الذكية واجهزة التلون الكهربائي لما تحققة من ترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية لأمتلاكها القدرة على توفير تكاليف التدفئة وتكييف الهواء والإضاءة، وذلك بإبقاء درجات الحرارة معتدلة داخل الابنية فضلا عن التحكم في مستويات الإضاءة الداخلية، اذ يمكن تعقيم الزجاج الذكي الى (99.4%) وهو غير نفاذ للاشعة فوق البنفسجية [9].

وان جهود العلماء مستمرة لاستعمال الطاقة المخترنة في الغشاء المتلون كهربائيا في النوافذ الذكية لتوفير الطاقة اذ ان تلوينها لمقاومة اشعة الشمس وامكانية تخزين طاقة اشعة الشمس

واطلاقها من خلال دائرة كهربائية خارجية وامكانية استعمالها لتشغيل معدات داخل المبنى مما يولد افكار اخرى في استعمال موارد الطاقة، اذ تكون هذه من الاستعمالات الواعدة في المستقبل لأنها تحقق الاهداف التي نطمح لها [10].

تستعمل الأغشية الرقيقة في كثير من تطبيقات الاجهزة الالكترونية لأنها تظهر صفات مماثلة وبكفاءة اكبر من الاجزاء التقليدية للدوائر الالكترونية كما في الترانزستورات (Transistors) والتمسعات (Capacitors) والحاسبات الرقمية (Digital Computers)، كذلك تستعمل الأغشية الرقيقة في طلاء المرايا والعدسات ومرشحات بعض الاطوال الموجية ذات المواصفات الخاصة وذلك للإفادة منها في تصنيع الخلايا الشمسية (Solar cells) والخلايا الضوئية (Photocells) والكواشف (Detectors)، كذلك تستعمل في عملية التداخل في أجهزة التصوير الفوتوغرافي والاستنساخ [11,12].

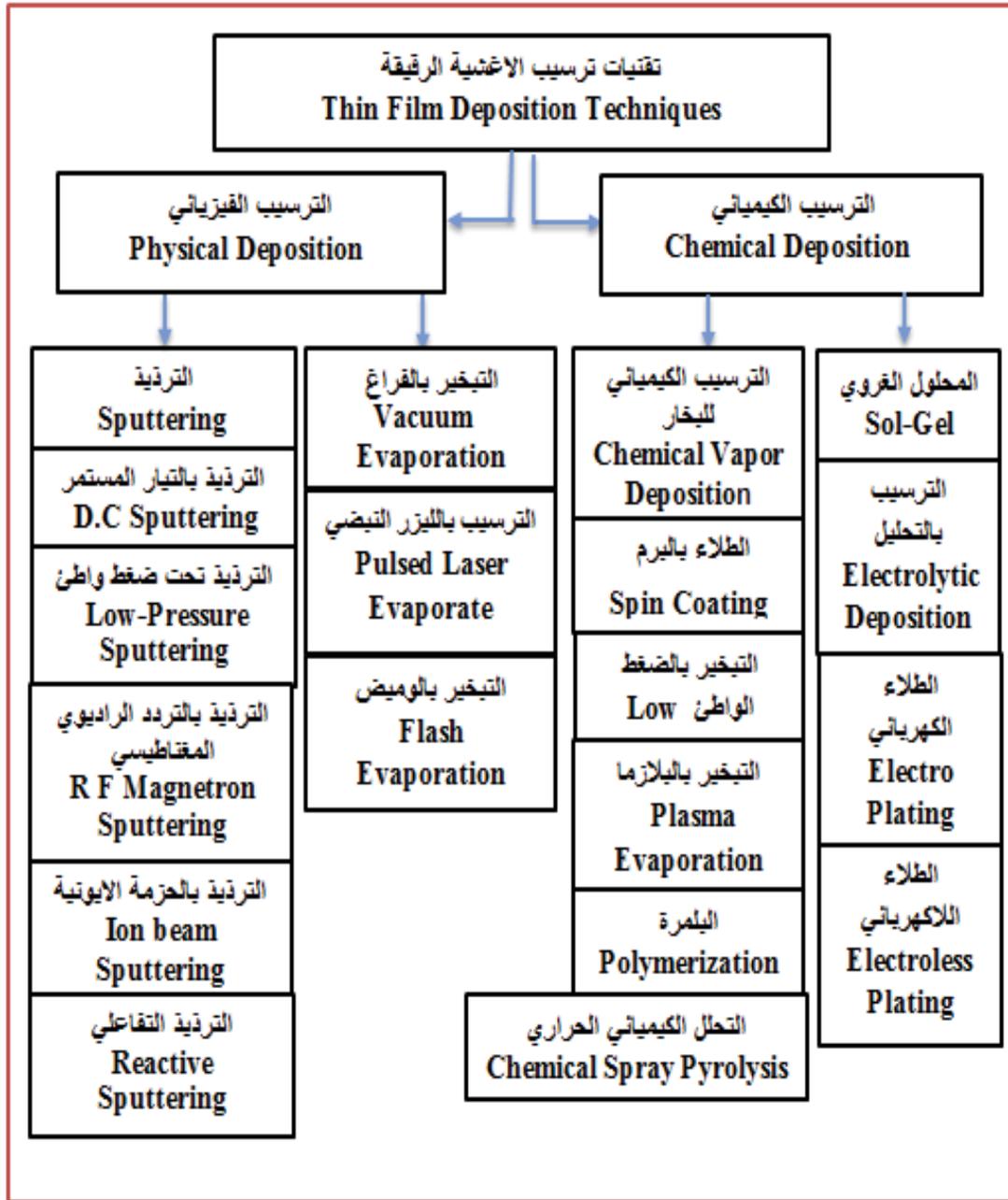
ان حصول التطور في مجال الأغشية الرقيقة ادى الى تنوع في البحوث التي تعنى بدراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الأغشية، وقد اسهمت طرائق عدة حديثة في تحضير أغشية رقيقة ذات مواصفات على درجة عالية من النقاوة والدقة والتي تعتمد على سمك الغشاء وتجانسه مما يتطلب منظومات واجهزة دقيقة ومعقدة تحتاج الى تكاليف باهضة الثمن، كل ذلك ادى الى البحث عن طرائق تكون فيها كلفة التحضير منخفضة وبأجهزة اقل تعقيدا، علما أن الأغشية المحضرة بهذه الطرائق قد تكون اقل جودة وكفاءة موازنة بالأغشية المحضرة باستخدام الطرائق المتطورة، ومع ذلك بالامكان تحضير أغشية ذات مواصفات جيدة يمكن الاستفادة منها في تطبيقات عملية مهمة في مجالات عدة.

(2-1) طرائق تحضير الأغشية الرقيقة

Thin Films Preparation Methods

يمكن استعمال الأغشية الرقيقة في التطبيقات التقنية بمختلف انواعها مما ادى إلى توجه الباحثين إلى استحداث طرق مختلفة من اجل تحضيرها ، اذ حدث تطور وتوسع كبير في طرائق تحضير هذه الأغشية اذ امتازت بالدقة العالية في تحديد سمك الغشاء الرقيق و تجانسه ، وقد اصبحت كل طريقة من هذه الطرق تتصف عن غيرها بصفات وخصوصيات لتؤدي الغرض الذي استعملت من أجله ، اذ تؤثر عوامل عدة منها نوع المادة المستعملة في تحضير الأغشية ومجال استخدامها، فضلا عن كلفة التحضير، إذ إن بعض هذه الطرائق مناسبة لتحضير أغشية من مواد معينة وغير مناسبة لتحضيرها من مواد أخرى، ومنها سهل الاستعمال ومنها ما تكون

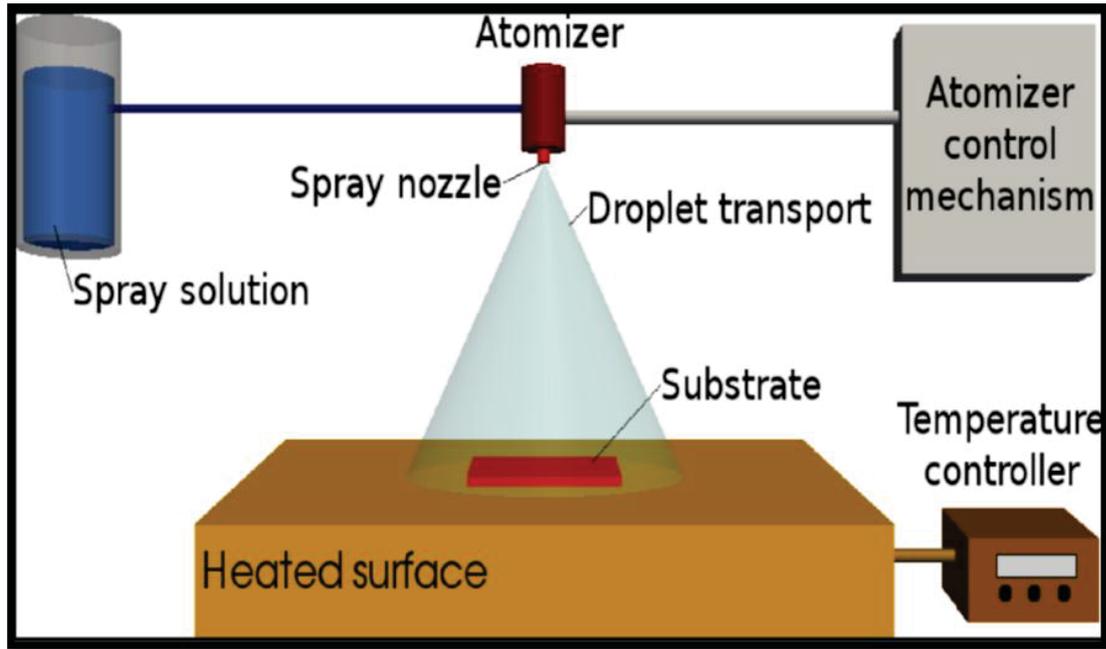
معقدة الاستعمال [13]. والشكل (1-1) يمثل مخططا توضيحيا لبعض التقنيات المستعملة في تحضير الاغشية الرقيقة [14].



الشكل (1-1): مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة [13].

وتم في هذا البحث اختيار طريقة التحلل الكيميائي الحراري ، اذ تحضر الأغشية الرقيقة عن طريق ترسيب محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على قاعدة ساخنة بدرجة حرارة تكون اقل من درجة حرارة تطاير المادة ويتكون الغشاء بالتفاعل الكيميائي بين المادة و الحرارة، ويمكن التحكم بسمك الغشاء عن طريق السيطرة على

مدة الترسيب وعدد الرشاشات، وتمتاز الأغشية المحضرة بهذه الطريقة بالتصاقها القوي مع القاعدة، وعلى الرغم من أن الأغشية المحضرة بهذه الطريقة قد لا تكون بصفاتها العامة كذلك المحضرة باستخدام طريقة التبخير الحراري مثلاً، إلا أنها يمكن أن تستخدم في تطبيقات الطاقة الشمسية وتصنيع الخلايا الضوئية والكواشف. وكان أول من أستعمل هذه الطريقة الباحثان هوتل وهنجر عام (1959) واللذان حضرا غشاءً من النحاس الاسود على قاعدة الألمنيوم و الشكل (1-2) يُبيّن مخططاً لتقنية التحلل الكيميائي الحراري [15].



الشكل (1-2): مخطط لتقنية التحلل الكيميائي الحراري [15].

لهذه التقنية مميزات وعيوب ، فهي تمتاز عن غيرها من تقنيات التحضير بما يأتي [16,17]:

1. الأجهزة والأدوات تكون بسيطة وذات تكلفة قليلة مقارنة مع الأجهزة المستخدمة في الطرائق الأخرى.
2. يمكن أن تحضر أغشية بتجانس مقبول وبمختلف المساحات .
3. تستعمل هذه التقنية في التطبيقات التي تحتاج الى درجة عالية من النقاوة ، وليس بالضرورة ان تكون على درجة عالية من التجانس للغشاء، كما في المجمعات الشمسية .
4. يمكن ان يتم تحضير الأغشية الرقيقة في هذه التقنية من خلال تطعيم او خلط مادتين أو أكثر للحصول على أغشية رقيقة ذات مواصفات جيدة ، فقد يصعب الحصول على غشاء ناتج من تطعيم او مزج مادتين او اكثر باستعمال التقنيات الأخرى .
ومن عيوب هذه التقنية هي :

1. هذه الطريقة تحتاج إلى جهد كبير و وقت طويل للحصول على أغشية ذات سمك وتجانس .
2. تستعمل في تحضيرها المحاليل الكيميائية فقط، إذ تتم عملية الترسيب من خلال إذابة وترسيب أملاح المواد الكيميائية إذ من غير الممكن ترسيب الغشاء من مسحوق المادة بشكل مباشر .

(3-1) آلية تكون الأغشية الرقيقة

Mechanism of Thin Films Formation

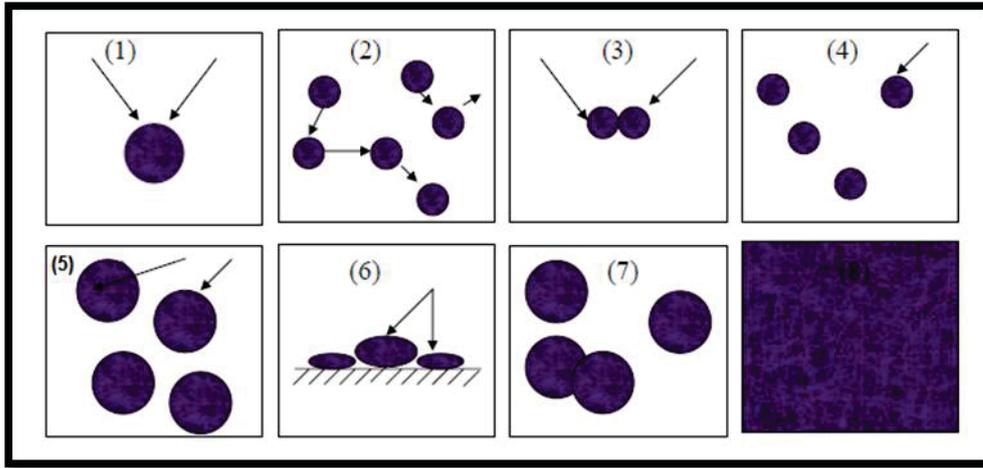
تتميز البنية التركيبية للأغشية الرقيقة بدرجة كبيرة من التعقيد مقارنة مع المواد الكبيرة (Bulk) سواء أكانت احادية التبلور أم متعددة التبلور وذلك لأنها مواد ذات حجوم حبيبية صغيرة جداً" وبذلك ستملك مناطق عدم انتظام وكثافة وعيوب اكبر بكثير مقارنة بالمواد الاخرى. هناك عوامل عدة تحدد الانتظام في الغشاء والبنية البلورية للأغشية، فضلاً عما تقدم فإن التحلل الكيميائي الحراري يضيف عوامل اخرى لها أثر في البنية التركيبية وبداية نمو الأغشية المحضرة مثلاً حجم القطرة وكثافة توزيع القطرات على وحدة المساحة وقطر فتحة جهاز الترذيد. وذلك فأن تأثير هذه العوامل يكون مباشراً" في تجانس الغشاء وبنيته التركيبية التي بدورها تنعكس على الخصائص البصرية والكهربائية [18] .

يمكن تلخيص الخطوات الأساسية في عملية تحضير الاغشية كما يأتي :

1. إنتاج الجزيئات أو الايونات أو الذرات لمحلول مادة الغشاء .
2. انتقال الجزيئات أو الايونات أو الذرات الى قواعد الترسيب خلال الوسط الناقل (مثل الهواء).
3. ترسيبها على القواعد الساخنة مثل الزجاج .

تمر عملية نمو الأغشية بمراحل عدة ، تبدأ بمرحلة التنوية (Nucleation) إذ تتكون النويات التي تمثل الاساس الذي تبنى عليه الأغشية والتي تتكون بعد انتقال الجزيئات او الايونات من جهاز الترذيد الى القواعد إذ تمتاز النويات الملتصقة بالقواعد بحجمها الصغير. بعد عملية التنوية تبدأ النويات بالنمو بثلاثة أبعاد ويكون النمو أفقياً أي بمحاذاة قواعد الترسيب أكثر من نموها عمودياً وسبب ذلك يعود إلى الانتشار السطحي لذرات المادة وهي صفة مميزة لنمو الاغشية الرقيقة [18,19]. بعد نمو النويات تتصل مع بعضها البعض فتكون ما يسمى بالجزر (Island)، التي تتأثر بعوامل عدة مثل درجة حرارة القاعدة والمعدل الزمني للترسيب وتوفر

مواقع للتنوية على سطح القاعدة ، ثم تبدأ مرحلة نشوء الحدود الحبيبية الثابتة الناتجة من التحام الجزر مع بعضها البعض لتكوين بلورة أحادية التبلور عندما تكون الاتجاهات البلورية لهذه الجزر باتجاه واحد ، وتستمر عملية التحام الجزر مع بعضها فتبدأ بتغيير شكلها فتستطيل وتمتد مرتبطة بعضها ببعض فتتكون مناطق ضيقة بالقرب من منطقة التصاق الجزر مع بعضها البعض وتمتاز المناطق الضيقة بانها غير منتظمة وطويلة تسمى القنوات (Channels) ، وباستمرار عملية الترسيب ستنتج نوى وجزر جديدة داخل هذه القنوات فتندمج بسرعة عند ملامستها لجدران القنوات فتكون ما يشبه الجسور (Bridges) مخلفةً تجاوزيف داخل الغشاء ، وتستمر العملية إلى أن تتلاشى القنوات فيتكون الغشاء المستمر (Continuous Film) ، وباستمرار انشاء الجزر الثانوية التي بدورها تلامس حافات الفجوات الناتجة عن اندماج الجزر فتندمج مع الغشاء الرئيسي [20]. والشكل (1-3) يوضح المراحل الاساسية الثمانية لتشكيل الأغشية الرقيقة .



الشكل (1-3) المراحل الاساسية لتكوين الأغشية الرقيقة (1) التنوية (2) الجزر (3) نشوء الحدود الحبيبية (4) القنوات (5) الجسور (6) تلاشي القنوات (7) استمرار انشاء الجزر الثانوية [21].

(4-1) مكونات أزرق بروسيا

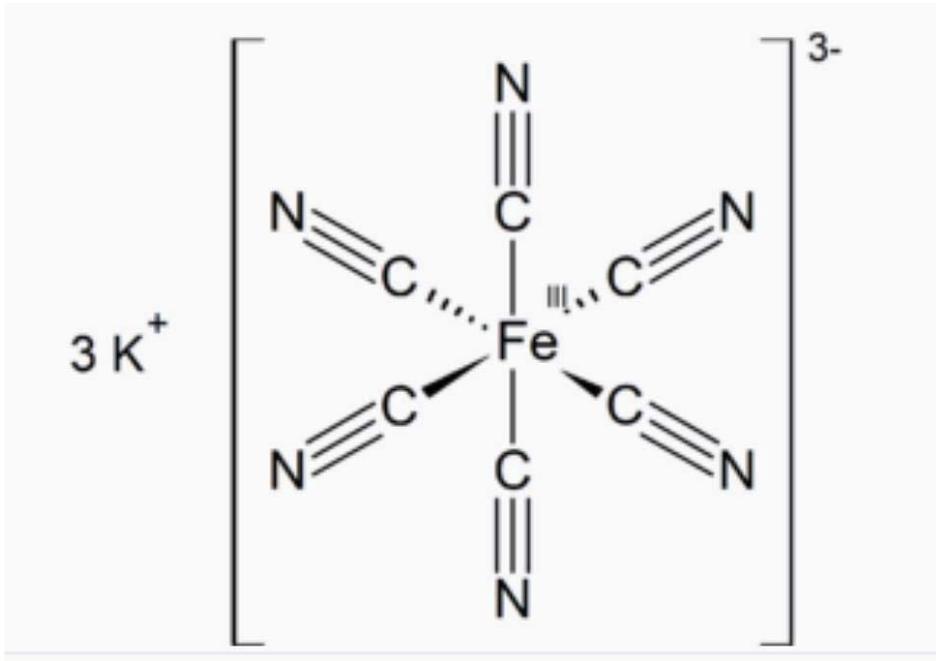
Prussian Blue Ingredients (PB)

Potassium ferrocyanide

(1-4-1) فيروسيانيد البوتاسيوم

هو مركب يتكون من بلورات حمراء غامقة اللون احيانا تكون على شكل حبيبات صغيرة او مسحوق برتقالي الى احمر غامق، يحمل الصيغة $(K_3(Fe(CN)_6))$ ، وهو متناسق ثماني

السطوح كما في الشكل (4-1). وعند اذابته في الماء يظهر محلوله تألقا ذي لون أصفر مخضر، والجدول (1-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية لفيروسيانيد البوتاسيوم [22,23].



شكل (4-1): التنسيق الهندسي لفيروسيانيد البوتاسيوم [22,23].

الجدول (1-1) بعض الخصائص الفيزيائية لفيروسيانيد البوتاسيوم [22,23]

Cemical formula	$K_3[Fe(CN)_6]$
Molar mass	329.24 g/mol
Density	1.89 g/cm³, solid
Melting point	300 °C (572 °F; 573 K)
Solubility	slightly soluble in alcohol soluble in acid soluble in water
Crystal structure	Monoclinic

Iron trichloride**(2-4-1) كلوريد الحديد الثلاثي**

يتكون من بلورات صفراء، ينحل مركب كلوريد الحديد الثلاثي بشكل جيد في الماء مشكلا محلولاً ذي خاصية حامضية اذ ان الأس الهيدروجيني للمحلول (0.1) مولي مقداره (2.0) ، كما ينحل ايضا في الايثانول والاسيتون وثنائي ايثيل الايثر، والجدول (2-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد الحديد [24,25].

. لجدول (2-1) بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد الحديد الثلاثي [24,25].

Chemical formula	FeCl₃
Molar mass	162.2 g/mol
Density	2898 g/cm³
Melting point	304 °C
Solubility	soluble in Ethanol soluble in Acetone diethyl ether
Crystal structure	Hexagonal

Potassium chloride**(3-4-1) كلوريد البوتاسيوم**

مركب يتكون من بلورات بيضاء او عديمة اللون زجاجية ،ويكون عديم الرائحة في حالته النقية ،يذوب جيدا في الماء وفي المقابل لا يذوب كلوريد البوتاسيوم في المحلات العضوية وهو مكعب بوجه وسط، والجدول (3-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد البوتاسيوم [26].

جدول (3-1) بعض الخصائص الفيزيائية لكلوريد البوتاسيوم [26].

Chemical formula	KCl
Molar mass	74.551 g/mol
Density	1.987g/cm³
Melting point	776°C
Solubility	soluble in water
Crystal structure	Face centered cube

عند دمج فيروسيانيد البوتاسيوم وكلوريد الحديد الثلاثي وكلوريد البوتاسيوم سيتكون أزرق بروسيا (PB) اذ يعد مادة لا عضوية متلونة كهربائيا، ويعد واحداً من اقدم المواد التي تستعمل في صناعة الاصبغ اللاعضوية، تم إنتاجه لأول مرة من قبل ديسباك (Diesbach) في برلين في 1704 م، تبرز اهميته بشكل كبير في مجال صناعة الاصبغ والاحبار وتكوين المبيدات الحشرية وتوظف بشكل واسع في مجال الطب لتخليص الجسم من السيزيوم المشع المستخدم في علاج اغلب الامراض السرطانية ويستعمل ايضا في علاج حالات التسمم بالثاليوم لطرحة خارج الجسم [27,28]، ويوضح الجدول (4-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأزرق بروسيا [29,30].

الجدول (4-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة ازرق بروسيا [29,31].

Molecular formula	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
Molar mass	859.25g/mol
Density	1.83 g/cm ³
Color	Dark blue powder
Crystal structure	Cubic
Solubility in H₂O	Soluble
Solubility in alcohol	Insoluble

Used electrolytes

(5-1) الالكتروليتات المستخدمة

الإلكتروليت هو أحد المكونات المهمة لأي جهاز كهربائي ذي طبقات عدة. إذ تستعمل كثير من الإلكتروليتات المعتمدة على المواد العضوية وغير العضوية والأنظمة الهجينة [32,33]. تم استخدام بيركلورات الليثيوم (LiClO_4) وسداسي فلورو الفوسفات الليثيوم (LiPF_6) المذاب في كربونات الإيثيلين وكربونات البروبيلين كإلكتروليتات. وكذلك استعمل محلول مائي من كلوريد البوتاسيوم (KCl) كإلكتروليت للجهاز الكهربائي القائم على صبغة ازرق بروسيا [34]. ويعد العيب الرئيس لهذه الإلكتروليتات السائلة هو تسرب الالكتروليت والتي جعلت الباحثين يتوجهون الى الالكتروليت الهلامي. تعمل الإلكتروليتات القائمة على الهلام في الوقت الحاضر والتي تتجنب التسرب على استبدالها بالإلكتروليتات السائلة نظراً لسهولة اغلاقها. وتم اقتراح إلكتروليتات جل مختلفة من قبل العديد من الباحثين. إذ تحتوي معظم الإلكتروليتات الهلامية على أملاح الليثيوم (LiCO_4 , LiCF_3SO_3 or $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)$) التي تعمل كموصل أيوني مع المصفوفة الهلامية مثل بولي إيثيلين - أكسيد (PEO)، بولي (ميثيل ميثاكريلات) (PMMA) وبولي (فينيل كلوريد) (PVC) وما إلى ذلك [35,36]. إذ يتم تحضير مصفوفات الهلام من هذه الإلكتروليتات عن طريق إذابة مواد ملدنة في مذيبات مختلفة مثل بيثا-

بيوتيرولاكتون و كربونات الإيثيلين و كربونات البروبيلين وما إلى ذلك. تعد البوليمرات الحيوية مثل السكريات والنشا والكتين والسليلوز هي بعض البوليمرات التي تحدث بشكل طبيعي والتي يمكن استعمالها كإلكترونيات اذ توفرها الطبيعة بكثرة. تتمثل مزايا هذه الإلكترونيات الصديقة للبيئة ("الخضراء") في قابليتها للتحلل البيولوجي ، ولها القدرة على العمل في نطاق درجات حرارة واسعة ، وتوافقها مع تفاعل الأكسدة والاختزال ، مما يجعلها مرشحاً قوياً لتحل محل الإلكترونيات الكيميائية الأخرى المستعملة في الأجهزة الكهربائية. تم اختبار البوليمرات الطبيعية مثل النشا والسليلوز كإلكترونيات في جهاز كهربائي [37]. كما تم استعمال إلكترونيات طبيعية أخرى تعتمد على الهلام، اذ يعد هلام الالوفيرا من أكثر المواد الهلامية وفرة التي تقدمها الطبيعة للمجتمع البشري ، اذ يتم استعماله في منتجات التجميل والأدوية [38-39] والذي استخدم في هذا البحث فضلا عن استعمال محلول KCl.

Literature Review

(6-1) الدراسات السابقة

- تمكن الباحث (Niklasson et.al) في عام (2007) من تحضير اغشية اوكسيد النيكل واوكسيد التنكستن المتلونة كهربائيا متعددة الطبقات باستخدام تقنية الترسيب والمستعمل في صناعة النوافذ الذكية ودراسة الخواص البصرية والهيكلية لها اذ تمكنوا من الحصول على أفلام أكسيد النيكل التي لديها بنية مسامية تتكون من الحبوب الصغيرة، يتناول الجزء الأخير التطبيقات، مع التركيز على النوافذ الذكية المعمارية القادرة على تحقيق راحة داخلية محسنة بالاشتراك مع توفير كبير في الطاقة، يتم التطرق إلى تطبيقات النظارات أيضاً [40].
- طور الباحث (Hee Kang et.al) في عام (2008) جهاز كهربائي باسم القرحية البصرية وهو عبارة عن غشاء التلون الكهربائي محضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، اذ تمكنوا من التحكم في نفاذية الضوء اذ يتكون الغشاء من اوكسيد التنكستن ازرق بروسيا وهذا الجهاز يمكن أن يعلق مباشرة على عدسة الكاميرا من دون أي معدات ميكانيكية، وبهذه الطريقة سوف يقلل الجهاز من استهلاك الطاقة. [41]
- عمل الباحث (Mohamed ,et al.) في عام (2009) بترسيب اغشية رقيقة من اكسيد قصدير الأنديوم (ITO) وبسماكات مختلفة على قواعد من البوليمر محتفظا بها بدرجة

حرارة الغرفة ، وبأستخدام طريقة تبخير الحزمة الالكترونية تمت الدراسة اعتمادا على الخصائص التركيبية والخصائص البصرية ومقاومة درجة حرارة الغرفة على سمك الغشاء (ITO) ،وبفحص حيود الاشعة السينية لوحظ بان التركيب غير المتبلور لجميع الاغشية المحضرة من اكسيد قصدير الانديوم تبين ان الخشونة العالية لقواعد البوليمر تؤثر على خصائص اغشية قصدير الانديوم ،وتتناقص النفاذية والمقاومة وفجوة الطاقة البصري مع زيادة سماكة الغشاء بينما يزداد معامل الانكسار، اوضح الباحث ان اغشية قصدير الانديوم غير المتبلورة والشفافة تكون ذات مقاومة منخفضة نسبيا مما يجعل خصائصها مناسبة كقطب كهربائي شفاف للتنائيات العضوية الباعثة للضوء وشاشات اللمس [42].

● رسب الباحث (Sani Demiri et al.) في عام (2011) اغشية رقيقة من مادة ازرق بروسيا PB المتلون كهربائيا والمحضرة بطريقة التحلل الكهربائي اذ تم دراسة فحوصات الاشعة السينية (X-ray) والمجهر الإلكتروني الماسح والتي اظهرت ان لهذه الاغشية استقرارية وعكس ممتاز وهذا ما يجعلها مناسبة للاستعمال في الاجهزة الكهربائية [43].

● حضر الباحثان (Baloukas and Martinu) في عام (2012) اغشية بصرية متراكبة من ($WO_3 / SiO_2WO_3 / SiO_2$) تستعمل مرشحات تداخل المواد المتلونة كهربائيا في الاجهزة الامنية وفلاتر التداخل الكهربائي، من خلال مطابقة الأطياف بشكل دقيق، يتم تقليل حساسية الجهاز للتغيرات في مصادر الضوء، نظراً للتحويل اللوني الداخلي لمرشحات التداخل، يمكن إنشاء صورة مخفية تظهر عند زاوية مراقبة محددة، يؤدي وجود الصورة المخفية في بعض الحالات من المواد غير المتقلبة، التي تعمل كمرجع للألوان، وكذلك الكشف التلقائي باستخدام الليزر عند زاوية محددة، وتحليل حساسية المرشحات لأخطاء الترسيب ، وتقييم أداء الأجهزة النموذجية التي تم أعدادها من خلال ترسيب الايونات ثنائية الحزمة. [44].

● حضر الباحثان (Sanetuntikul and Shanmugam) في عام (2014) محفز كهربائي من مادة ازرق بروسيا المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد تحتوي على جزيئات الكربون النانوية، المستعمل للحد من الاوكسجين في وسط قلوي وأظهرت قياسات القطب الكهربائي بالتناوب أن PBC / C كان عندها نشاط كتلة أعلى

بمقدار 7 أضعاف نشاط كتلة الأكسجين مقارنة بالمزيج الفيزيائي PB / VXC-72. وقد أظهر المحفز الهجين PBC / C متانة فائقة في وسط قلوي مائي بالمقارنة مع Pt / C ، كما اغتم توفيره من H₂O₂ production من خلال قياس قطب كهربائي لقياس الحلقة. أظهر محفز PBC / C نشاطاً أفضل وانتقائية ، والتي يمكن أن تعزى إلى تأثيرات اقتران التآزر بين PBnanocubes ودعم الكربون [45].

• صنع الباحث (Wang ,et al.) في عام (2014) منظومة EC تعمل هذه المنظومة بالطاقة الذاتية و تتكون من ازرق بروسيا (PB) ويتم ترسيبه كهروكيميائيا على قطعة من زجاج مطلي بأكسيد القصدير الانديوم (ITO) اذ يكون القطب الكهربائي (PB) وشريط من صفيحة المنيوم (AL) يكون متصل على قطعة من زجاج اخرى وأستخدم 3 مول لتر المنحل بالكهرباء المائي KCl وبأستخدم المنظومة كنافذة ذكية EC يتم توصيل شريحة الصفيحة AL على جانب واحد من زجاج ITO حيث يتم ترك معظم مساحة المنظومة التي تم اعدادها مسبقا شفافة اذ اللون الازرق الاصلي الموجود في الجهاز مأخوذ من (PB) بدون تطبيق اي مصدر خارجي يمكن تبييض هذه المنظومة من الازرق الى ابيض عن طريق توصيل الاقطاب الكهربائية (PB ، AL) ويمكن ان تعيد نفسها تلقائيا عن طريق فصل الاقطاب اذ قام الباحث بقياس النفاذية بأستعمال مقياس طيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية لتوصيل الاقطاب (PB ، AL) لمدة 10 ثواني ثم فصل 59 ثانية تم ملاحظة ان النفاذية ستزداد بنسبة (43.9%) في 10 ثواني الاولى و انخفضت بنسبة (21.3%) في 59 ثانية القادمة تعد هذه سمة من سمات التبييض السريع والتلوين البطيء [46].

• حضر الباحث (Jianxi Liu et.al) في عام (2015) اغشية رقيقة لمادة ازرق بروسيا المتلون كهربائيا على قواعد من الزجاج الموصل بأستعمال طريقة الترسيب، وتمكنوا من الحصول على اغشية رقيقة متجانسة تكشف الفحوصات عن الاستقرار على المدى الطويل حتى بعد دورات عديدة من الأكسدة والاختزال، كما أن الغشاء لا يزال سليما أثناء عملية التحويل للتلوين الكهربائي [47].

• حضر الباحث (Boyadji ,et al.) في عام (2017) اغشية رقيقة من مادة (WO₃) لتطبيقات التلون الكهربائي اذ تم دراسة مورفولجيا السطح والخصائص البصرية لهذه الاغشية الرقيقة والتي حضرت بمساعدة التبخر بنبضات الليزر ، وبمساعدة مصفوفة من

(MAPLE) من جسيمات نانوية من WO_3 اذ تم استخدام طول موجي (248nm) تم دراسة الاغشية الرقيقة عن طريق الفحص المجهرى للقوة الذرية AFM وفحص XRD و التحليل الطيفي بالاشعة تحت الحمراء من فوريير وقد اجريت قياسات ايضا للفولتية الدورية لوحظ هنا التلوين والتبييض وكشفت نتائج الفحوصات التركيبية الى ان الحصول على اغشية WO_3 احادي الطور تتكون من الحبيبات النانوية البلورية وان هذا جزء لايتجزء من المصفوفة اذ اظهرت جميع نتائج الاغشية الرقيقة خصائص كهروضوئية جديدة ومن ثم تم التحقق من صحة تطبيق تقنية الترسيب MAPLE من اجل زيادة تطوير الاجهزة الكهروكيميائية [48].

● اعد الباحث (Beatirz,et al.) في عام (2017) اغشية رقيقة من اكسيد القصدير الانديوم ITO وذلك عن طريق غمس طبقة زجاجية في ITO وتم استعمال طريقة الرش بالانحلال الحراري اذ يتالف ITO من جسيمات كروية بأقطار مختلفة تتم معالجة الاغشية الرقيقة ITO بالليزر تم اجراء فحص حيود الاشعة السينية وكانت النتيجة ان الانحلال الحراري بالرش ينتج جزيئات ITO كروية وكشف فحص النفاذية انتاج اغشية شفافة بسمك يتراوح من 0.800 الى 1.200 مايكرومتر وقد ادت الى انخفاض الموصلية وان مقاومة الاغشية تكون دالة على عدد طبقات الاغشية الرقيقة من (ITO) [49].

● تمكن الباحثون (Buthainanh,et al.) في عام (2018) بتحضير اغشية رقيقة من الازرق بروسيا (PB) المتلون كهربائيا (EC) على زجاج موصل FTO وبسماكات (150-250-350 nm) ، باستعمال تقنية الانحلال الحراري الكيميائي محلية الصنع. وتم تشييع الاغشية الرقيقة بأشعة كما بمصدر CS-137 وبطاقة (0.662 MeV) لمدة نصف ساعة قبل وبعد التشييع تم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للاغشية المحضرة بواسطة حيود الاشعة السينية، والتحليل الطيفي UV، وقياس الجهد الدوري، على التوالي بعد زيادة امتصاص التشييع (525-750 nm) من الطول الموجي، تنخفض النفاذية بطول الموجة المنخفضة. وينخفض الجهد الناتج من تلوين اغشية (EC) بعد التشييع وكذلك انخفض وقت التلوين والتبييض لأغشية (EC) الرقيقة بعد التشييع ايضا [50].

- حضرت الباحثة (Mayada, et al.) في عام (2018) اغشية رقيقة متلونة كهربائيا (EC) محضرة من محلول (NiO) (2.6) و (H₂O) والكارباميد (CH₄N₂O) المترسب على زجاج (FTO) باستعمال الانحلال الحراري بالرش الكيميائي محلي الصنع عند (250 °C) وبسمك (200nm). وتم تشييع الاغشية باشعة كاما بمصدر CS-137 وبطاقة 0662MeV ولمدة نصف ساعة. وتم دراسة الخصائص الضوئية والكهربائية للغشاء الرقيق الكهروضوئي NiO بواسطة التحليل الطيفي (UV) ومقياس الجهد الدوري (cv) قبل وبعد التشييع. اذ اظهرت النتائج زيادة الامتصاص بعد التشييع للاطوال الموجية (300-700 nm) وانخفاض النفاذية في هذا النطاق. وتغير جهد التبييض الغشاء بعد التشييع من (45-70 mv) وكذلك انخفاض زمن التبييض من 65 ثانية الى 50 ثانية ووقت التلوين انخفض من 25 ثانية الى 20 ثانية [51].
- حضر الباحثون (Ibrahim, et al.) في عام (2020) اغشية رقيقة من اكسيد الكوبالت (Co₃O₄) وكلوريد الكوبالت مع الماء المقطر. على قواعد من الزجاج الموصل FTO وعند درجة حرارة (400°C) باستعمال طريقة الرش بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وبسمك (200 nm) وتم دراسة الخصائص التركيبية بواسطة (XRD) وكذلك تم دراسة الخصائص البصرية والكهربائية للغشاء الرقيق (Co₃O₄) بواسطة التحليل الطيفي للشعة فوق البنفسجية (UV) والفولتميتر الدوري (CV) على التوالي. وتم فحص تأثير اشعة كاما على الخصائص البصرية. اظهرت نتائج (XRD) ان الغشاء متعدد التبلور ومن النوع المكعب باتجاه الطور السائد (111) يظهر غشاء (Co₃O₄) المتلون كهربائيا (EC) سلوكا ملحوظا ذو لون عكسي يتغير من الرمادي الداكن الى الاصفر الباهت مع وقت التبييض (55 sec) ووقت التلوين (40sec). بعد التشييع اظهرت الخصائص البصرية انخفاض النفاذية وكذلك فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح من (3.68 eV) الى (3.55eV) [52].

Aim of Research

(7-1) الهدف من البحث:

تحضير اغشية رقيقة من مادة ازرق بروسيا $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ باستعمال تقنية التحلل الكيميائي الحراري بالرش على قواعد من الزجاج الموصل (ITO). واجراء فحوصات حيود الاشعة السينية XRD و (UV-visible spectroscopy) و FE-SEM+EDS. ومن ثم تشييع هذه الاغشية بأشعة كاما ومقارنة نتائج الفحوصات قبل وبعد التشييع للحصول على افضل النتائج لفجوة الطاقة. وكذلك تحضير نظام مكون من اغشية ازرق بروسيا مع محلول الكتروليت كلوريد البوتاسيوم وكذلك الكتروليت هلامي مكون من جل الصبار للحصول على نظام يعمل بالطاقة الذاتية اي لا يحتاج الى مصدر طاقة خارجي.