



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



## تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية للمترابك النانوي CMC-PAA/MgO

رسالة مقدمة الى  
مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير  
علوم في الفيزياء

من قبل

**هاله منصور حسين**

بكالوريوس علوم فيزياء 2016 م

بإشراف

**أ.م.د. محمد حميد عبدالله**

2022 م

1444 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ

أُنِيبُ}

صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيَّ الْعَظِيمُ

هود {88}

# الإهداء

إلى التي وهبت لي كل العطاء والحنان.....(أمي الغالية)

إلى من كان يدفعني قدماً نحو الأمام لنيل المبتغى.....(أبي الغالي)

إلى من هم سندي وقوتي في الحياة..... (أخي وأخواتي)

إلى كل من كان معي في طريق الخير.....(أصدقائي)

هاله

## الشكر والتقدير

احمدُ الله عز وجل كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، واشكره على نعمه التي لاتعد ولا تحصى، واسجد حمداً وشكراً أن من علي بنعمة الصحة والتوفيق إلى طريق العلم والمعرفة، والصلاة والسلام على سيدنا محمد نبي هذه الأمة وقدوة الأولين والآخرين وعلى آله وصحبه وسلم أجمعين.

وأتقدّم بخالص الشكر والامتنان الى السيد عميد الكلية (أ.د. تحسين مبارك) والمشرف الفاضل (أ.م.د. محمد حميد عبدالله) لاقتراحه موضوع البحث وعلى ما قدمه لي من عطاء متميز، وعلى ما بذله من جهد متواصل ونصح وتوجيه من بداية مرحلة البحث حتى إتمام الرسالة.

كما أتقدّم بجزيل الشكر لمن مد لي يد العون، أو قدّم لي نصيحة، وأخص بالذكر رئاسة قسم الفيزياء، كما لا أنسى أن أتقدم بأرقى وأثمن عبارات الشكر والتقدير والعرفان الى جميع أساتذتي الأفاضل في قسم الفيزياء.

وكذلك أقدم شكري الى (م.م. علي صلال، م.م. مروة رشيد)، كما أقدم شكري وتقديري لجميع زملائي في الدراسة والعمل وخاصة (حسين، نبيل، رافد، مروة، ضحى، سارة، رفل، أريج).

والحمد لله رب العالمين أولاً وأخيراً والصلاة والسلام على نبينا محمد (ﷺ).

هاله

## الخلاصة

تم في هذه الدراسة تحضير مادة أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية باستعمال طريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي. فضلاً عن تحضير أغشية الخليط البوليمري المتكون من كاربوكسي ميثيل سليولوز (CMC) وبولي أكريلك اسيد (PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي باستعمال طريقة صب المحلول (Solution Casting)، حيث يبلغ سُمك الأغشية ( $30 \mu m$ ). بالإضافة الى دراسة تأثير كل من درجة حرارة الكلسنة باختلاف درجات الحرارة ( $400, 600, \text{ and } 800$ ) °C على خصائص أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) وبعدها تم دراسة اضافة ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر بدرجة حرارة ( $800$  °C) وبتراكيز ( $0, 3, 5, \text{ and } 7$ ) wt% على الخصائص (التركيبية، البصرية، الكهربائية، والحرارية) لأغشية الخليط البوليمري (CMC-PAA) المحضرة.

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) الحصول على جسيمات متعددة التبلور لأوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي ومع ازدياد درجة الحرارة يزداد التبلور. بينت نتائج التحليل الحراري الوزني (TGA) هناك عدة مناطق لنقصان الوزن وإن التفاعلات الداخلة في تحضير جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية تتطابق تقريباً عند درجة حرارة ( $430$  °C). من جانب آخر تمثلت نتائج المجهر الإلكتروني الماسح (FE-SEM) بتكوين مجاميع كثيفة ومشتتة. أظهرت نتائج مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) التفاعل الجيد بين جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة والخليط البوليمري (CMC-PAA) ضمن الأغشية البوليمرية المترابطة النانوية.

وتم دراسة طيف النفاذية والانعكاسية، حيث أظهرت النتائج إن إضافة جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية أدى إلى نقصان نسبة النفاذية للغشاء (CMC-PAA) المحضر وهذا الانخفاض يزداد مع زيادة نسب جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية ويقل مع زيادة الطول الموجي، بينما نسبة الانعكاسية للغشاء (CMC-PAA) المحضر تزداد عند إضافة جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية وتتنخفض مع زيادة الطول الموجي للضوء الساقط. يمكننا ان نرى أنه مع زيادة تركيز جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية يزداد معامل الامتصاص، من جانب آخر نلاحظ انه قيمة فجوة الطاقة للغشاء (CMC-PAA) النقي سجلت ( $5.153$  eV) بينما عند زيادة نسبة تركيز جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي يؤدي إلى نقصان قيم فجوة الطاقة للأغشية المدعمة وإن أقل قيمة لفجوة الطاقة سجلت ( $4.888$  eV)، وإن الانتقالات الإلكترونية هي انتقالات الكترونية مباشرة. بينت النتائج ان قيم كل من (معامل الانكسار، معامل الخمود، والجزء الحقيقي

والخيالي لثابت العزل الكهربائي) تزداد عند اضافة جسيمات اوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية.

من جانب آخر بيّنت نتائج الخصائص الكهربائية إن قيم كل من ثابت العزل الكهربائي وعامل فقد العزلي للأغشية المحضرة تزداد عند إضافة جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية، لكنها تنخفض بزيادة التردد. بينما تزداد التوصيلية الكهربائية المتناوبة لجميع الأغشية المحضرة عند اضافة جسيمات اوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية وتزداد ايضاً مع زيادة التردد.

كذلك أظهرت نتائج دراسة التوصيلية الحرارية إن معامل التوصيل الحراري (K) في حالة زيادة بصورة ملحوظة عند إضافة جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية وإن اعلى قيمة له سجلت ( $0.00514 \text{ W/m.K}$ ) عند ( $CMC-PAA: 7\% MgO_{NPs}$  at  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

# المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
I-V	المحتويات	
VI-IX	قائمة الاشكال	
X	قائمة الجداول	
XI-XII	قائمة الرموز	
XIII	قائمة المختصرات	
<b>الفصل الاول: (المقدمة والدراسات السابقة)</b>		
1	المقدمة	1-1
1	البوليمرات	2-1
4	الخلاط البوليمرية	3-1
5	تصنيف الخلاط البوليمرية	1-3-1
5	المواد المترابطة	4-1
6	المادة الاساس	1-4-1
6	كاربوكسي ميثيل سليولوز (CMC)	1-1-4-1
7	بولي أكريلك اسيد (PAA)	2-1-4-1
8	مواد التدعيم	2-4-1
9	جسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية ( $MgO_{NPs}$ )	1-2-4-1
9	السطح البيني وقوة التلاصق	3-4-1
11	الدراسات السابقة	5-1

17	الهدف من الدراسة	6-1
<b>الفصل الثاني: (الجزء النظري)</b>		
18	المقدمة	1-2
18	أشباه الموصلات	2-2
19	التركيب البلوري لأشباه الموصلات	3-2
19	أشباه الموصلات البلورية	1-3-2
19	أشباه الموصلات أحادية التبلور	1-1-3-2
19	أشباه الموصلات متعددة التبلور	2-1-3-2
20	أشباه الموصلات العشوائية	2-3-2
20	حزم الطاقة في المواد الصلبة	4-2
21	العيوب البلورية	5-2
22	الخصائص التركيبية	6-2
22	حيود الأشعة السينية (XRD)	1-6-2
23	قانون براك	1-1-6-2
24	المعلومات التركيبية	2-1-6-2
25	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)	2-6-2
26	تحويل فوريير للأشعة تحت الحمراء (FTIR)	3-6-2
26	الخصائص البصرية	7-2
27	حافة الامتصاص الأساسية	1-7-2
28	النفاذية (T)	2-7-2



29	الانعكاسية (R)	3-7-2
29	الثوابت البصرية	4-7-2
29	معامل الامتصاص ( $\alpha$ )	1-4-7-2
30	معامل الانكسار ( $n_o$ )	2-4-7-2
31	معامل الخمود ( $k_o$ )	3-4-7-2
31	ثابت العزل البصري ( $\epsilon^{opt}$ )	4-4-7-2
32	الخصائص الكهربائية (العزلية)	8-2
38	الخصائص الحرارية	9-2
38	التحليل الحراري الوزني (TGA)	1-9-2
39	التوصيلية الحرارية (K)	2-9-2
<b>الفصل الثالث: (الجزء العملي)</b>		
42	المقدمة	1-3
42	المواد المستعملة	2-3
42	المادة الأساس	1-2-3
42	مواصفات كاربوكسي ميثيل سليولوز المستخدم	1-1-2-3
43	مواصفات بولي أكريلك اسيد المستخدم	2-1-2-3
44	المادة المدعمة	2-2-3
44	المواد المستعملة	1-2-2-3
44	تحضير جسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية	2-2-2-3
46	تحضير النماذج	3-3
46	تحضير الأغشية البوليمرية النقية	1-3-3

47	تحضير الأغشية النانوية المركبة	2-3-3
50	الأجهزة المستعملة	4-3
50	أجهزة الفحوص التركيبية	1-4-3
50	جهاز حيود الأشعة السينية	1-1-4-3
51	جهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	2-1-4-3
51	جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء	3-1-4-3
52	فحص الخصائص البصرية	2-4-3
53	فحص الخصائص الكهربائية	3-4-3
53	فحص الخصائص الحرارية	4-4-3
53	جهاز التحليل الحراري الوزني	1-4-4-3
54	جهاز التوصيلية الحرارية	2-4-4-3
<b>الفصل الرابع: (النتائج والمناقشة)</b>		
55	المقدمة	1-4
55	الخصائص التركيبية	2-4
55	حيود الأشعة السينية (XRD)	1-2-4
57	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)	2-2-4
60	نتائج فحوصات مطيافية تشتت الطاقة (EDS)	3-2-4
61	مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)	4-2-4
63	الخصائص البصرية	3-4
71	الخصائص الكهربائية	4-4

71	ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ )	1-4-4
72	عامل فقد العزلي ( $\tan\delta$ )	2-4-4
74	التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ )	3-4-4
75	الخصائص الحرارية	5-4
75	التحليل الحراري الوزني (TGA)	1-5-4
77	التوصيلية الحرارية (K)	2-5-4
79	الاستنتاجات	6-4
80	المشاريع المستقبلية	7-4

## قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
3	انواع السلاسل البوليمرية	1-1
7	التركيب الكيميائي لبوليمر (CMC)	2-1
7	التركيب الكيميائي لبوليمر (PAA)	3-1
8	انواع المواد المترابكة	4-1
9	التركيب البلوري لأوكسيد المغنيسيوم	5-1
18	حزم الطاقة في المواد	1-2
20	التركيب البلوري للمواد (a) بلوري (b) متعدد التبلور (c) عشوائي	2-2
21	الانشطار في حزم الطاقة لمادة الماس	3-2
22	العيوب البلورية (a) عيوب الفراغ (b) عيوب شوتكي (c) العيوب البينية (d) عيوب فرنكل	4-2
22	آلية التشخيص بالأشعة السينية	5-2
23	حيود الأشعة السينية (a) عشوائية (b) أحادية التبلور (c) متعددة التبلور	6-2
24	حيود براك	7-2
26	أطياف الأشعة تحت الحمراء	8-2
28	مناطق حافة الامتصاص الأساسية (a) منطقة الامتصاص العالي (b) منطقة الامتصاص الأسي (c) منطقة الامتصاص الواطئ	9-2
38	أنواع الاستقطاب (a) الإلكتروني (b) الأيوني (c) الاتجاهي (d) البيني	10-2

41	قياس التوصيلية الحرارية	11-2
42	الشكل واللون لبوليمر (CMC)	1-3
43	الشكل واللون لبوليمر (PAA)	2-3
45	الخطوات العملية للتفاعل الكيميائي لتحضير مادة أكسيد المغنيسيوم النانوي	3-3
45	مسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي المحضر	4-3
47	غشاء الخليط الابيض اللون (CMC-PAA) النقي الشفاف	5-3
48	الأغشية المترابطة البوليمرية بنسب وزنية مختلفة 7% (c) 5% (b) 3% (a)	6-3
49	مخطط للأغشية البوليمرية المحضرة والفحوص المنجزة	7-3
50	جهاز حيود الأشعة السينية (XRD)	8-3
51	جهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)	9-3
52	مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)	10-3
52	جهاز مطياف (UV-VIS)	11-3
53	جهاز فحص الخصائص الكهربائية (LCR Metter)	12-3
54	جهاز التحليل الحراري الوزني (TGA)	13-3
54	جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	14-3
56	أنماط حيود الأشعة السينية (XRD) لأكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة $400, 600, \text{ and } 800\text{ }^{\circ}\text{C}$	1-4
58	صور (FE-SEM) لمسحوق ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر قبل عملية الكلسنة	2-4
58	صور (FE-SEM) لمسحوق ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر بعد	3-4

	عملية الكلسنة عند (800 °C).	
59	صور (FE-SEM) للأغشية النقية	4-4
59	صور (FE-SEM) للأغشية المدعمة بالجسيمات النانوية (MgO <sub>NPs</sub> )	5-4
60	صورة (Cross-Section) لغشاء (CMC-PAA: 7 wt% MgO <sub>NPs</sub> at 800 °C)	6-4
60	مخطط (EDS) لجسيمات (MgO <sub>NPs</sub> ) النانوية قبل عملية الكلسنة	7-4
61	مخطط (EDS) لجسيمات (MgO <sub>NPs</sub> ) النانوية بعد عملية الكلسنة عند درجة حرارة (800 °C).	8-4
62	طيف الأشعة تحت الحمراء لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية المكلسن عند درجة حرارة (800 °C)	9-4
64	(a) طيف النفاذية (b) الانعكاسية لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO <sub>NPs</sub> ) النانوية	10-4
66	(a) معامل الامتصاص (b) فجوة الطاقة لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO <sub>NPs</sub> ) النانوية	11-4
68	(a) معامل الانكسار (b) معامل الخمود لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب مختلفة (0, 3, 5, and 7)wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO <sub>NPs</sub> )	12-4

70	(a) الجزء الحقيقي (b) الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).	13-4
71	تغير ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) المنفردة والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية المكلسنة عند ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	14-4
73	تغير ثابت عامل فقد العزلي كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) المنفردة والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية المكلسنة عند ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	15-4
74	تغير التوصيلية الكهربائية المتناوبة كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) المنفردة والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية المكلسنة عند ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	16-4
76	منحني التحليل الحراري الوزني (TGA) لمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) قبل عملية الكلسنة	17-4
77	معامل التوصيل الحراري للأغشية المحضرة (CMC-PAA) قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم (0, 3, 5, and 7) wt% ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).	18-4

## قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
43	خصائص بوليمر كربوكسي ميثيل سليولوز	1-3
44	خصائص بوليمر بولي أكريليك اسيد	2-3
48	النسب الوزنية المستعملة في تحضير الأغشية البوليمرية النقية والمترابطة النانوية	3-3
57	المعلّات البلورية لجسيمات أكسيد المغنسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) للاتجاه المفضل للنمو قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة ( $400, 600, \text{ and } 800$ ) °C	1-4
61	نسبة العناصر في جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة قبل عملية الكلسنة	2-4
61	نسبة العناصر في جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة بعد عملية الكلسنة عند ( $800$ °C)	3-4
65	نفاذية الاغشية المحضرة عند (حافة الامتصاص، متوسط الامتصاص، وأعظم امتصاص)	4-4
69	قيم (فجوة الطاقة، معامل الامتصاص، أعلى قمة لمعامل الانكسار، وأعلى قمة لمعامل الخمود) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة	5-4
72	قيم ثابت العزل الكهربائي للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة	6-4
74	قيم عامل فقد العزلي للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة	7-4
75	قيم عامل التوصيلية الكهربائية المتناوبة للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة	8-4
78	قيم معامل التوصيل الحراري (K) للنماذج المحضرة	9-4



## قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
n	عدد صحيح يمثل مرتبة الحيود	-
$\lambda$	الطول الموجي للأشعة الساقطة	nm
$\theta$	زاوية حيود براك	degree
$d_{hkl}$	المسافة بين مستويين متعاقبين في البلورة	nm
hkl	معاملات ميلر	-
a, c	ثوابت الشبكة	Å
D	حجم البلورات	nm
$\beta_{FWHM}$	عرض المنحني عند منتصف القمة	Radian
$\alpha$	معامل الامتصاص	$cm^{-1}$
h $\nu$	طاقة الفوتون	eV
$E_g$	فجوة الطاقة	eV
r	معامل أسي يعتمد على طبيعة الانتقال	-
T	النفذية	-
$I_t$	شدة الاشعاع النافذ	eV/m <sup>2</sup> .s
$I_o$	شدة الاشعاع الساقط	eV/m <sup>2</sup> .s
R	الانعكاسية	-
$n_o$	معامل الانكسار	-
$k_o$	معامل الخمود	-
$\epsilon_o$	سماحية الفراغ	Farad/m

-	عامل الفقد العزلي	$\tan\delta$
-	ثابت العزل الكهربائي	$\epsilon'$
S/m	التوصيلية المادة الكهربائية للتيار المتناوب	$\sigma_{a.c}$
S/m	التوصيلية المادة الكهربائية للتيار المستمر	$\sigma_{d.c}$
C/m <sup>2</sup>	الاستقطاب البيئي	$\vec{P}_s$
C/m <sup>2</sup>	الاستقطاب الإلكتروني	$\vec{P}_e$
C/m <sup>2</sup>	الاستقطاب الاتجاهي	$\vec{P}_d$
C/m <sup>2</sup>	الاستقطاب الأيوني	$\vec{P}_i$
-	ثابت الاستقطابية الإلكترونية	$\alpha_e$
-	ثابت الاستقطابية الاتجاهية	$\alpha_d$
-	ثابت الاستقطابية الأيونية	$\alpha_i$
J/K	ثابت بولتزمان	$k_B$
W/m.K	التوصيلية الحرارية	$K$

## قائمة المختصرات

المختصر	معناه	Meaning
<b>CMC</b>	كاربوكسي ميثيل سليولوز	Carboxymethyl cellulose
<b>PAA</b>	بولي أكريلك اسيد	Poly acrylic acid
<b>NPs</b>	الجسيمات النانوية	Nanoparticle's
<b>FCC</b>	مكعب متمركز الوجه	Face Centerd Cubic
<b>PVA</b>	بولي فايثيل الكحول	Polyvinyl alcohol
<b>PVP</b>	بولي فايثيل بايرونولون	Polyvinylpyrrolidone
<b>PEG</b>	بولي ايثيلين جلايكول	Polyethlene glycol
<b>XRD</b>	حيود الأشعة السينية	X-ray Diffraction
<b>TGA</b>	التحليل الحراري الوزني	Thermogravimetic Analysis
<b>FE-SEM</b>	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	Field Emission-Scanning Electron Microscopes
<b>FTIR</b>	تحويل فورير للأشعة تحت الحمراء	Fourier Transformation Infrared
<b>EDS</b>	مطيافية تشتت الطاقة	Energy Dispersive Spectrometer
<b>FWHM</b>	العرض الكامل عند منتصف الشدة	Full width half maximum

الفصل الأول

(المقدمة والدراسات السابقة)

Chapter One

(Introduction and Literature Review)

## (1-1) المقدمة

## Introduction

نظراً لمتطلبات الصناعة الحديثة فإنه من الضروري استعمال مواد جديدة تتصف بخصائص ميكانيكية عالية جداً تتميز بخفة الوزن والمتانة والمرونة بالإضافة إلى كونها مقاومة للظروف البيئية المختلفة، لذلك تم تصنيع المواد المتراكبة (Composite Materials). تعرف المواد المتراكبة بأنها نظام مادي يتكون من مزيج من مكونين أو أكثر من المواد، يختلفان في الشكل والتركيب لكنهما غير قابلان للذوبان مع بعضهما البعض [1].

تعد المواد المتراكبة النانوية (Nanocomposite Materials) من أهم فئات المواد المتقدمة بسبب توافق العقل البشري مع التكنولوجيا الحديثة في مجال إنتاج الفلزات والمواد الهندسية على سبيل المثال إن إنتاج المتراكبات الداخلة في صناعة المركبات الجوية (الطائرات، الصواريخ، المركبات الفضائية، والأقمار الصناعية) تتم عن طريق إضافة الياف الكربون (Carbon Fibers) الى سبائك التيتانيوم والألمنيوم الفلزية التي تستعمل لإنشاء أجسام وهياكل ذات نسب حجم مختلفة تعمل على تطوير وتحسين الخصائص الميكانيكية لمادة الاساس للسبيكة الفلزية وحمايتها من مخاطر الانهيار عند تعرضها لضغوط جوية مختلفة ودرجات حرارة مختلفة أثناء رحلة الفضاء الخارجي (Outer Space)، وتعمل المواد المضافة على زيادة مقاومة السبيكة لعوامل الصدأ عند وجودها في بيئات وظروف جوية قاسية [2]. تعتبر الأغشية البوليمرية الرقيقة المدعمة أحد الفروع المهمة للمواد المتراكبة، والتي سهلت تطوير دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة لخصائصها الفيزيائية العديدة. يستخدم المصطلح غشاء رقيق لوصف طبقة واحدة أو عدة طبقات من ذرات مادة ، سمكها ليس أكثر من المايكرومتر الواحد [3].

## (2-1) البوليمرات

## Polymers

البوليمر هي كلمة لاتينية تتكون من مقطعين، الاول (بولي) ويعني متعدد والثاني (مير) ويعني الوحدة أو الجزء، لذا البوليمر يعني وحدات متعددة (Polymer). إن البوليمرات تتكون من سلاسل من الجزيئات الكبيرة بواسطة ارتباط عدد من الجزيئات الصغيرة تمثل الوحدة الاساسية لبناء البوليمر تسمى المونومير (Monomers)، وتسمى عملية تفاعل جزيئات المونومير مع بعضها بالبلمرة (Polymerization) [4]. يتم تحضير البوليمرات مختبرياً وصناعياً من موادها الأولية أو عن طريق تحويل البوليمرات الأخرى بطرق تعتمد على طبيعة نظام البلمرة. تنقسم تفاعلات البلمرة إلى تفاعلات

إضافة (Addition) وتفاعلات تكثيف (Condensation) [5]. تعرف البوليمرات ذات درجة البلمرة الكبيرة بالبوليمرات ذات الوزن الجزيئي العالي بينما تعرف البوليمرات ذات درجة البلمرة الصغيرة بالبوليمرات ذات الوزن الجزيئي الواطئ [6].

تختلف البوليمرات عن السبائك والمعادن من حيث أنها أقل كثافة ومتانة وذات موصلية حرارية منخفضة ومعامل التمدد الحراري لها أقل بكثير من المعادن كما إنها عازلة للكهرباء [7]. تستعمل البوليمرات في العديد من التطبيقات لعدة أسباب منها: (قليلة التكلفة، لها القابلية على التشكيل، امتصاصيتها للرطوبة قليلة، مقاومة للتآكل، خفيفة الوزن، و تحتاج إلى طاقة تصنيع قليلة لأنه يمكن تشكيلها في درجات حرارة واطئة) [8]، وتمتلك البوليمرات بعض المساوئ على الرغم من المميزات السابقة منها: (معامل المرونة والمتانة لها قليل ولا يمكن تشكيلها في درجات حرارة مرتفعة) [9].

ترتبط جزيئات البوليمر مع بعضها البعض مكونة سلسلة، لذلك تصنف البوليمرات بالاعتماد على شكل السلاسل إلى [10,11]:

### Linear Polymers

#### • البوليمرات الخطية

ترتبط الوحدات التركيبية في هذه البوليمرات ببعضها البعض بشكل خطي (linear) متواصل. نوع قوى الربط بين اواصرها هي قوى ربط فاندر فالز (Force Van Der Waals). وتكون قدرة هذه البوليمرات على التبلور أكثر من اصناف البوليمرات الأخرى، مثل كاربوكسي مثل السليلوز.

### Branched Polymers

#### • البوليمرات المتفرعة

هي بوليمرات تتكون من تفرعات جانبية متشابهة تركيبيا ومرتبطة بالسلاسل الرئيسية. يمكن أن تحدث هذه التفرعات في البوليمرات الخطية أو اي نوع آخر من البوليمرات مثل البولي بروبيلين.

### Cross-linked Polymers

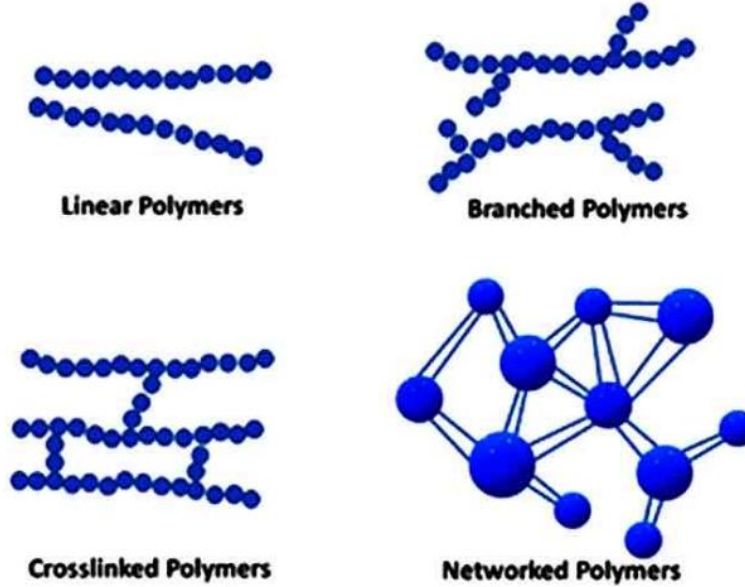
#### • البوليمرات المتشابكة

تكون قوى الربط التي تربط السلاسل في هذه البوليمرات هي قوى تساهمية ( Covalent Forces)، وفي بعض الأحيان تتشكل الروابط التساهمية بين السلاسل عن طريق إضافة الذرات (Atoms) أو الجزيئات (Molecules)، والعديد من أنواع المطاط يمتلك هذا التركيب. تؤثر درجة التشابك على الصفات الميكانيكية والفيزيائية للبوليمر حيث تقل المطاطية بازدياد درجة التشابك.

## Ladder Polymers

### • البوليمرات السلمية

هي بوليمرات تتألف من سلسلتين اثنتين من البوليمرات الخطية المرتبطة بصورة منتظمة. وتكون أكثر صلابة من البوليمرات الخطية [10,12]. الشكل (1-1) يبين انواع تراكيب السلاسل البوليمرية [13].



الشكل (1-1): انواع السلاسل البوليمرية [13].

ويمكن تصنيف البوليمرات حسب خصائصها التطبيقية والاستعمالات العملية إلى الاصناف الاتية [10]:

## Thermoplastic Polymers

### • البوليمرات المطاوعة للحرارة

وهي من البوليمرات ذات السلاسل الطويلة تتفرع بتفرع صغير أو على شكل سلاسل خطية (Linear Chains). تؤثر الحرارة على صفاتها فتحوّلها إلى منصهرات وعندما تقترب درجة الحرارة من درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) تصبح مرنة (Elastic) ثم تزداد مرونتها و تتحول إلى منصهرات لزجة، وعندما تنخفض درجة الحرارة تعود إلى حالتها الأصلية، مما يعني أنه يمكن إعادة تدويرها واستعمالها عدة مرات مثل النايلون. وتمتاز هذه البوليمرات بقدرتها على التمدد (Stretching) والاستطالة (Elongation) وانها ذات صلادة ومقاومة عالية.

## Thermoset Polymers

### • البوليمرات المتصلدة بالحرارة

وهي من البوليمرات ذات الارتباط التشابكي، تصبح مواد صلبة أكثر هشاشة من البوليمرات المطاوعة للحرارة بالتشابك الكيميائي، ويمكن الحصول عليها عند درجة حرارة معينة والتخلص من الإجهادات ثم الحصول على أفضل النتائج مثل راتنج البولي استر. ومن مميزاتها (الاستقرار الحراري العالي، ذات درجة انتقال زجاجي عالية، لا تذوب في جميع أنواع المذيبات ولكن تميل إلى الانتفاخ في المذيبات القوية، رديئة التوصيل للحرارة والكهربائية، وهي غير بلورية) [14].

## Elastomer Polymers

### • البوليمرات المرنة المطاطية

وهي بوليمرات ذات سلاسل جزيئة خطية (Linear Molecular Chains) مع وجود القليل من التشابك بين سلاسلها. وتصنف هذه البوليمرات وفقاً لترتيب السلاسل البوليمرية إلى (وجود ذرة كربون واحدة فقط في العمود الفقري للسلسلة البوليمرية مثال على ذلك المطاط الطبيعي، عدم وجود ذرة كربون في العمود الفقري للسلسلة البوليمرية مثال على ذلك ذرة الأوكسجين كما في أوكسيد بولي بروبيلين). وللبوليمرات المرنة صفتان مهمتان هما درجة انتقالها الزجاجي تكون أقل من درجة حرارة الاستعمال وتتمتع جزيئاتها بقوة التواء عالية [15].

## Fibers

### • الألياف

إن هذا الصنف من البوليمرات يتميز بمواصفات خاصة مثل القوة والمتانة والتبلور. ويجب أن تكون سلاسل البوليمر خطية وغير متفرعة لذا يمكنها المحاذاة في اتجاه محور الألياف مثل البولي استرات الخطية.

## Polymer Blends

### (3-1) الخلائط البوليمرية

تعرف الخلائط البوليمرية على إنها خلط نوعين أو أكثر من البوليمرات خلطاً فيزيائياً بدون وجود أواصر تساهمية بين كلا البوليمرين تربط أحدهما بالآخر، ويكون للخليط الناتج خصائص فيزيائية مرغوبة. إن عملية خلط بوليمرين يمكن أن تؤدي إلى تكوين مركب معقد تختلف خصائصه اختلافاً كبيراً عن خصائص البوليمرات المنفردة المكونة له. هناك العديد من الخلائط البوليمرية التي تمتلك خصائص قد تفوق خصائص العناصر المكونة لها بينما جودة بعض الخلائط البوليمرية تكون أقل من أي من العناصر المكونة لها [6].



### (1-3-1) تصنيف الخلائط البوليمرية

## Polymer Blends Classification

تصنف الخلائط البوليمرية تبعاً لنوع البوليمر الى:

### Rubber Blend

#### • خلائط المطاط

قد لا يمتلك المطاط الصناعي معظم الصفات الصناعية المطلوبة لذلك فإنه يخلط غالباً مع أنواع طبيعية أخرى في عملية التصنيع، ومن المعروف إن حوالي (75%) من المطاط يستخدم كسبيكة مزدوجة بدلاً من بوليمرات منفردة.

#### • خلائط البوليمرات المطاوعة للحرارة

### Thermoplastic Polymer Blends

يتم تحضير سبائك البوليمرات المطاوعة للحرارة بهدف تحويل بعض الصفات مثل (مقاومة الاحتكاك، وسهولة التشكيل) وعلى هذا الأساس فإن سبائك البوليمرات المطاوعة للحرارة تملأ الفراغ بين البوليمرات المطاوعة للحرارة ذات الاستهلاك الاقتصادي والبوليمرات باهظة الثمن.

#### • خلائط المطاط والبوليمرات المتصلدة حرارياً

### Rubber Blends and Thermosetting Polymers

إن إضافة المطاط إلى البوليمرات المتصلدة حرارياً تؤدي إلى زيادة الاستطالة وتقليل قوة الشد ومعامل المرونة إلى حد ما إذ يصبح البوليمر المتصلد حرارياً أقل تقصفاً بنقصان درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ )، يعتبر التحول الفيزيائي للبوليمرات المتصلدة حرارياً الناتج من إضافة كمية من المطاط له فائدة اقتصادية وصناعية كبيرة [13,16].

## Composite Materials

### (4-1) المواد المترابطة

بالنظر إلى إن المواد المترابطة لها بعض الخصائص المناسبة للعديد من التطبيقات الصناعية، لذا أصبحت ذات مكانة مهمة بين المواد الهندسية المختلفة [17]. وتعرف المواد المترابطة بأنها الأنظمة الناتجة من اشتراك مادتين أو أكثر، إذ إن كل مادة تمثل طوراً مستقلاً في النظام، الهدف من ذلك للحصول على مواد جديدة تختلف في خصائصها عن خصائص المواد الأولية الداخلة في تحضير المادة المترابطة حيث تتجاوز الصفات غير المرغوب بها من أجل ان تصبح أكثر ملاءمة للتطبيقات

الصناعية، ويقصد بالصفات المرغوبة للمواد المتراكبة بانها عبارة عن صفات المكونات الأساسية للمادة المتراكبة التي تعتمد على كل من (المادة الأساس، مواد التدعيم، والسطح البيئي وقوة التلاصق) [18].

## Matrix Material

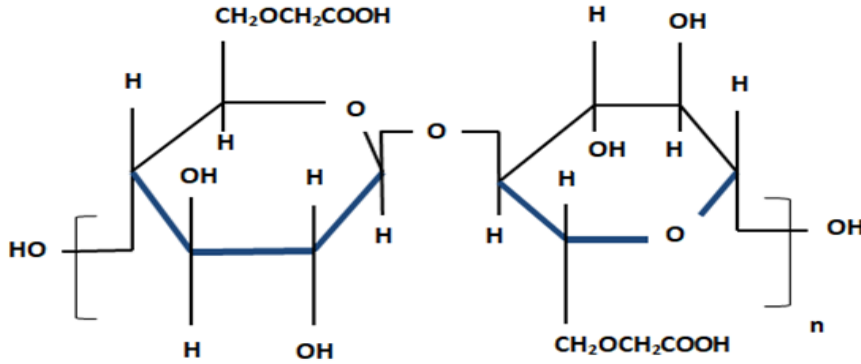
### (1-4-1) المادة الأساس

تعتبر المادة الأساس أحد مكونات المواد المتراكبة، وظائفها الأساسية هي ربط مادة التدعيم والمحافظة على مواد التدعيم من التآكل والأكسدة والتغير في درجات الحرارة. ويمكن أن يعتمد اختيار المادة الأساس على تحسين الخصائص الحرارية أو الكهربائية أو سهولة التشكيل [17,19,20]. تتميز مادة الأساس عادةً بانخفاض كل من الكثافة والصلادة والمقاومة مقارنة بمواد التدعيم [21]. ويمكن تصنيف المواد المتراكبة اعتماداً على مادة الأساس إلى أنواع عديدة منها المواد ذات الأساس المعدني ( $MMC_s$ ) مثل الألمنيوم والحديد تتميز بمتانتها العالية لكن ثقل وزنها جعل استعمالها محدوداً، والنوع الأخر المواد ذات الأساس السيراميكي ( $CMC_s$ ) والتي يمكنها تحمل درجات الحرارة العالية ولكن مقاومتها للصدمة ضعيفة، أما المواد ذات الأساس البوليمري ( $PMC_s$ ) فهي من أفضل الأنواع لما لها من خصائص ميكانيكية عالية وسهولة تصنيعها [22].

### (1-1-4-1) كاربوكسي ميثيل سليلوز (CMC)

## Carboxymethyl Cellulose

كاربوكسي ميثيل سليلوز (CMC) هو بوليمر حيوي مشتق من السليلوز الطبيعي، وهو عبارة عن بولي السكريد (Polysaccharide) الخطي، ذو السلاسل الطويلة، يتميز بقابليته للذوبان في الماء، ولزوجته العالية، وله القابلية الجيدة جداً على تشكيل الغشاء، وهو مسحوق ابيض إلى كريمي اللون، غير سام، عديم الرائحة والمذاق [23,24]. الشكل (1-2) يوضح التركيب الكيميائي له [16].

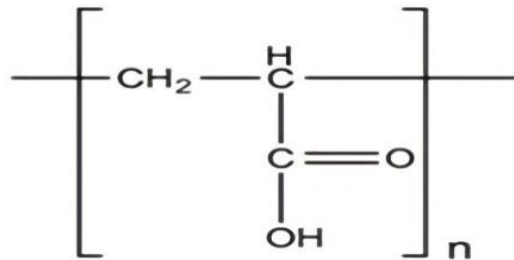


الشكل (2-1): التركيب الكيميائي لبوليمر (CMC) [16].

يستعمل بوليمر (CMC) في الكثير من المجالات التطبيقية كالغذائية والصناعية والطبية (كالمثلجات، معجون الاسنان، مستحضرات التجميل، الدهان، المنظفات، والحبوب) [25,26].

### (2-1-4-1) بولي أكريلك اسيد (PAA)

في عام (1843) تمت صياغة مصطلح أكريلك لمشتق كيميائي من مادة الأكرولين، وهو زيت مشتق من الكليسيرين، الاسم التجاري له هو (Carbomer)، وهو بوليمر قابل للذوبان في الماء، وهو مسحوق بلوري أبيض اللون يتحول إلى عديم اللون بعد اذابته في الماء المقطر [27]. الشكل (3-1) يوضح التركيب الكيميائي له [28].



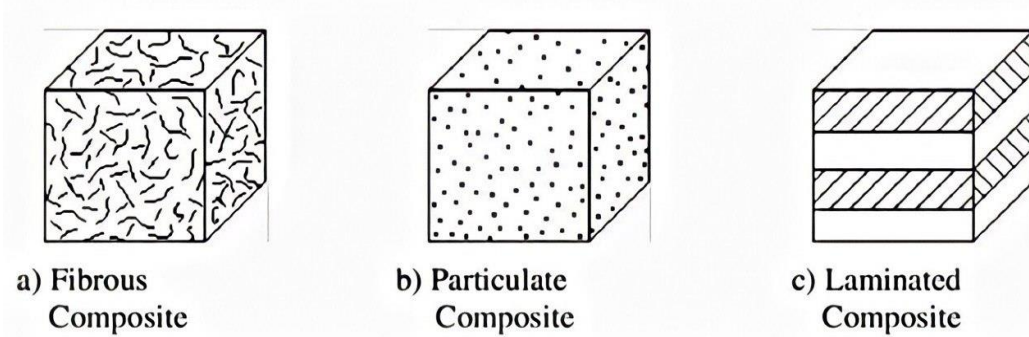
الشكل (3-1): التركيب الكيميائي لبوليمر (PAA) [28].

اكتسب بوليمر (PAA) اهتماماً كبيراً نظراً لتطبيقاته الهائلة في العديد من المجالات منها المجالات الكهروكيميائية والإلكترونية والطبية، أيضاً تم استعماله في العديد من المنتجات البصرية كاستعماله كعامل طلاء ومانع تآكل فعال [29].

## Reinforcement Materials

### (2-4-1) مواد التدعيم

يستعمل مصطلح المادة المضافة أو المادة المدعمة لوصف المواد المشتتة بشكل طبيعي في المادة الاساس دون التأثير على التركيب الجزيئي للمادة الاساس [11]. إن اضافة المادة المدعمة يعمل على تقوية المادة الاساس، ويمكن أن تكون سيراميكية أو معدنية أو بوليميرية، أما مطيلتها قد تكون عالية أو واطئة اعتماداً على نوع المادة والهدف المستعملة لأجله. ويمكن أن تكون على شكل دقائق (Partices) أو الياف (Fibers) أو قشور (Flakes) أو حشوات (Fillers). وتتنوع مصادر مواد التدعيم بما في ذلك المواد المعدنية الطبيعية أو المواد العضوية وغير العضوية التركيبية [18,30]. الشكل (4-1) يبين بعض من أنواع المواد المترابكة [31].



الشكل (4-1): انواع المواد المترابكة [31].

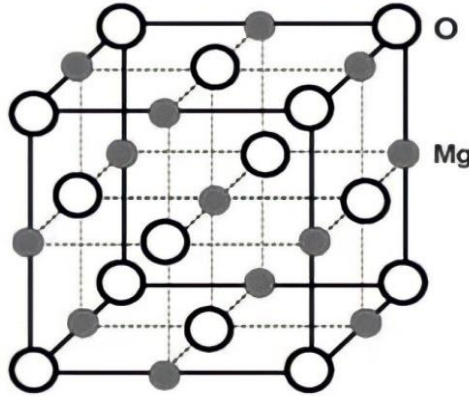
يعد التدعيم باستعمال جسيمات أو أكسيد المعادن النانوية (Metal Oxides Nanoparticles) أحد الأساليب المستعملة في السنوات الأخيرة لتحسين الخصائص التركيبية والكهربائية والبصرية والحرارية للمادة الأساس، وهناك أنواع مختلفة من أكاسيد المعادن المستعملة كمادة داعمة بما في ذلك أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي وغيرها من الأكاسيد المعدنية [32-34].

### (1-2-4-1) جسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية ( $MgO_{NPs}$ )

#### Magnesium Oxide Nanoparticles

أكسيد المغنيسيوم من اشباه الموصلات الشفافة ويكون على شكل مسحوق أبيض بشكل يشبه تركيب الملح، تركيبه مكعب من نوع (FCC). ومن خصائصه (ذو تركيب بلوري مكعب، كثافته  $(3.56 \text{ g/cm}^3)$ ، وزنه الجزيئي  $(40.32 \text{ g/mol})$ ، ودرجة انصهاره  $(3073 \text{ K})$ ) [35,36].

يعتبر أكسيد المغنيسيوم معدناً مهماً للإنسان لأنه ليس فقط مستقراً في ظل الظروف العملية القاسية ولكنه معروف على نطاق واسع بأنه من المواد الآمنة وتعتبر غير سامة [37]. وفي الوقت الحالي يهتم العديد من الباحثين بتحضير أكسيد المغنيسيوم النانوي لما له من خصائص جديدة وفريدة وتطبيقات مختلفة، إذ يمكن استعماله في عملية طلاء المعادن (Metal Plating Process) لأجل منع الصدأ ويمكن استعماله في مجالات الطب (Medicine) والهندسة الإلكترونية (Electronic Engineering)، وهو فعال للغاية ضد البكتيريا والفيروسات [38]. الشكل (5-1) يبين التركيب البلوري لأكسيد المغنيسيوم [39].



الشكل (5-1): التركيب البلوري لأكسيد المغنيسيوم [39].

### (3-4-1) السطح البيني وقوة التلاصق Interface and Bonding Force

السطح البيني هو السطح الرابط بين مواد التدعيم والمادة الأساس، حيث يوجد نوع من عدم الاستمرارية للخصائص الفيزيائية والميكانيكية، يشير عدم الاستمرارية إلى الاختلافات في عدة عوامل منها (التركيب البلوري، معامل المرونة، الكثافة، ومعامل التمدد الحراري) [40].

ان الآلية التي تنتقل بها القوة من المادة الأساس إلى مواد التدعيم هي المبدأ الأساسي لتدعيم المادة الأساس بمواد ذات مقاومة ومعامل مرونة عاليتين اذ تعتمد بشكل أساسي على قوة الربط بين هذه المواد، أي ان في حالة عدم وجود مثل هذا الربط لا يوجد انتقال للقوة وبالتالي فإن مادة التدعيم تعمل كفجوة في المادة الأساس. أيضاً ان سلوك السطح البيئي يؤثر على كيفية فشل المادة والشغل المطلوب لتمزقها وتشققها [41].

يعتمد السطح البيئي على نوع الربط بين المادتين، ومن أهم انواع الربط:

### • الربط الميكانيكي Mechanical Bonding

ان الربط الميكانيكي يعتمد على مقدار تشابك المادتين (المادة الأساس ومادة التدعيم)، وقد تحتوي إحدى المادتين على شقوق أو ثقوب أو نتوءات تتغلغل أو تتداخل بالمادة الأخرى، ومن أهم العوامل التي تؤثر على هذا النوع من الربط هو خشونة السطح وتأثير الاحتكاك بين المادتين [41,42].

### • الربط الكيميائي Chemical Bonding

يعتبر الربط الكيميائي أقوى انواع الترابط ويستعمل هذا النوع عندما يراد الحصول على سطح بيئي يمتلك قوة ومقاومة قص تقارب مقاومة وقوة المادة المترابطة، ان ربط التفاعل (Reaction Bonding) يعتبر أهم انواع الربط الكيميائي ويحصل نتيجة انتقال الجزيئات من مادة إلى أخرى (من سطح إلى آخر) بين سطحين أو ذرتين، وهذه العملية تحكمها عمليات الانتشار (Diffusion)، ممكن أن يحصل الربط نتيجة لانتقال بعض من ذرات المادة الأساس الى الشبيكة الجزيئية لمادة التدعيم أو العكس، أو قد يحصل الانتقال المتبادل بين الاثنتين، ويمكن تحسين هذا النوع من الربط باستعمال المواد الرابطة، ومن أهمها المواد الرابطة السيلانية ( Silane Coupling Agents) [41,42].

## (5-1) الدراسات السابقة

## Literature Review

يعرض هذا الجانب من الفصل بعض البحوث والدراسات السابقة التي تم إجراؤها في مجال دراستنا ومن أبرزها:

- درس الباحث (Abdel-Galil) وجماعته سنة (2014) تأثير إضافة جسيمات أكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ ) النانوي بنسب وزنية مختلفة (1 and 15) wt% على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كربوكسي ميثيل سليولوز (CMC) كمادة أساس والمحضرة بنجاح بطريقة صب المحلول. أدى إضافة جسيمات أكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ ) النانوية إلى زيادة درجة التبلور (Crystallization Degree) للأغشية المحضرة، بالإضافة إلى التوزيع المنتظم للجسيمات النانوية على سطح المادة الأساس. أظهرت النتائج تناقص قيم فجوة الطاقة مع زيادة نسب الجسيمات النانوية المضافة. تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) مع زيادة التردد بينما إن إضافة الجسيمات النانوية لها تأثير متفاوت على التوصيلية الكهربائية المتناوبة، بالإضافة إلى ذلك تنخفض قيم كل من ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) وثابت العزل الكهربائي الفقد ( $\epsilon''$ ) عند زيادة التردد وعند إضافة جسيمات ( $TiO_2$ ) النانوية [43].

- قام الباحث (El Sayed) وجماعته سنة (2015) بدراسة تأثير إضافة جسيمات أكسيد الكوبالت ( $Co_3O_4$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0.3, 0.6, and 0.9) wt% على الخصائص التركيبية والكهربائية للمتراكبات البوليمرية المكونة من الخليط (CMC/PVA) كمادة أساس والمحضرة بطريقة صب المحلول بنسب خلط وزنية (20:80 wt%). أظهرت النتائج انتشار جسيمات ( $Co_3O_4$ ) النانوية ضمن الأغشية المحضرة وإن خشونة السطح تزداد بزيادة نسبة الجسيمات النانوية. أيضاً تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للأغشية المحضرة عند إضافة جسيمات ( $Co_3O_4$ ) النانوية ومن ناحية أخرى تزداد قيم ثابت العزل الكهربائي عند إضافة الجسيمات ( $Co_3O_4$ ) النانوية وتنخفض بزيادة التردد [44].

- قام الباحث (Habeeb) وجماعته سنة (2017) بتحضير كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) وحمض بولي أكريلك (PAA) مع تركيزات مختلفة من الجسيمات النانوية لأوكسيد الرصاص ( $PbO_2$ ) النانوية. تمت دراسة الخصائص الكهربائية والبصرية حيث تم تصنيع جسيمات

نانوية جديدة: (CMC-PAA-PbO<sub>2</sub>). أظهرت النتائج زيادة التوصيل الكهربائي مع زيادة تركيز جسيمات (PbO<sub>2</sub>) النانوية. يزداد امتصاص المزيج (CMC-PAA) وتقل فجوة الطاقة (E<sub>g</sub>) مع زيادة تركيز (PbO<sub>2</sub>) النانوي [45].

• قام الباحثان (Hashim and Hadi) سنة (2017) بدراسة الخصائص الكهربائية والحرارية لمتراكبات بوليمرية محضرة بطريقة صب المحلول والمكونة من الخليط البوليمري (PVP-CMC) كمادة اساس بنسبة خلط وزنية (78:22 wt%) والمدعم بجسيمات أوكسيد المغنيسيوم (MgO) النانوية بنسب خلط وزنية مختلفة (0, 2, 4, and 6) wt%. أظهرت النتائج زيادة قيم كل من ثابت العزل الكهربائي وعامل فقد العزلي مع اضافة نسب مختلفة من جسيمات (MgO) النانوية، بينما تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة مع زيادة نسب الجسيمات النانوية. أدى اضافة جسيمات (MgO) النانوية إلى تحسين الخصائص الحرارية للأغشية المحضرة [46].

• درس الباحث (Youssef) وجماعته سنة (2017) الخصائص التركيبية والحرارية والبصرية لمتراكبات بوليمرية نانوية محضرة بطريقة صب المحلول والمكونة من الخليط البوليمري (CMC/PVA) كمادة اساس بنسب خلط (60:40 v/v %) و (50:50 v/v %) على التوالي والمدعمة بجسيمات أوكسيد الزنك (ZnO) النانوية بنسب وزنية مختلفة (2, 4, and wt%). أظهرت النتائج ان المترابك المدعم بالجسيمات النانوية والمحضر بنسبة (50:50 v/v%) من الخليط البوليمري (CMC/PVA) امتلك أفضل الخصائص التركيبية والحرارية والبصرية. أدى إضافة جسيمات (ZnO) النانوية إلى زيادة الاستقرار الحرارية من (230 °C) إلى (280 °C) وهذه الاستقرارية تزداد مع زيادة نسب الجسيمات النانوية إذ سجل الغشاء المدعم بنسبة (6 %) أعلى استقرار حراري. من ناحية أخرى تبين زيادة نسبة الامتصاصية للأشعة الساقطة بزيادة نسبة جسيمات (ZnO) النانوية لجميع الاغشية المحضرة [47].

• درس الباحث (Al-Attayah) وجماعته سنة (2018) الخصائص التركيبية والكهربائية لمتراكبات بوليمرية المحضرة بطريقة صب المحلول والمكونة من الخليط البوليمري الثلاثي (CMC-PVP-PVA) بنسب وزنية مختلفة (30:30:40) wt% والمدعم بجسيمات أوكسيد



الرصااص ( $PbO_2$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0, 2, 4, 6, and 8) wt%. أظهرت النتائج التركيبية التوزيع المتجانس والتفاعل الجيد بين الخليط البوليمري الثلاثي وجسيمات ( $PbO_2$ ) النانوية، عند نسبة الاضافة (8 %) شكّلت الجسيمات النانوية شبكة مستمرة داخل الخليط الثلاثي. ازدادت التوصيلية الكهربائية للأغشية المدعمة مع زيادة نسب الجسيمات ( $PbO_2$ ) النانوية [48].

- درس الباحث (Algidsawi) وجماعته سنة (2018) الخصائص البصرية للمركبات النانوية ( $MgO$ ). حيث تم تحضير أغشية المركبات النانوية باستخدام مزيج البولي فينيل بيرليدون (PVP) وكاربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) وجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO$ ) النانوية كمادة مضافة. تم تصنيع مزيج البوليمر (PVP/CMC) بتركيزات مختلفة (22:78 wt%)، تمت إضافة الجسيمات ( $MgO$ ) النانوية إلى مزيج البوليمر بتركيزات مختلفة (0, 2, 4, and 6) wt% بطريقة صب المحلول. بينت النتائج زيادة كل من الامتصاصية ومعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل والتوصيل البصري لمزيج (PVP-CMC) مع زيادة تركيز الجسيمات ( $MgO$ ) النانوية. تناقص كل من فجوة الطاقة والنفاذية مع زيادة تركيز الجسيمات ( $MgO$ ) النانوية [49].

- قام الباحث (Arat) سنة (2018) بدراسة الخصائص البصرية لمتراكبات نانوية تم تحضيرها بطريقة صب المحلول والمكونة من الخليط البوليمري (CMC/PVP) كمادة اساس بنسب خلط وزنية (55:45 wt%) والمدعم بجسيمات أكسيد الرصاص ( $PbO_2$ ) النانوية بنسب وزنية (0, 1.5, 3, and 4.5) wt%. أظهرت النتائج إن قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة والامتصاصية والثوابت البصرية (معامل الانكسار، معامل الخمود، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي) في حالة زيادة مع زيادة نسب جسيمات ( $PbO_2$ ) النانوية. بينما تتناقص قيم فجوة الطاقة البصرية مع زيادة نسب الجسيمات النانوية المضافة [50].

- قام الباحث (Habeeb) وجماعته سنة (2018) بدراسة تأثير إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0, 1.5, 3, 4.5, and 6) wt% على الخصائص التركيبية والكهربائية للمترابكات البوليمرية المكونة من الخليط (PAA/CMC)

كمادة اساس والمحضرة بطريقة صب المحلول بنسب خلط وزنية (20:80 wt%). أظهرت نتائج (SEM) تكوين جسيمات نانوية تحتوي على العديد من التكتلات. بينت النتائج الكهربائية زيادة كل من الموصلية الكهربائية وثابت العزل وثابت العزل الفقد عند إضافة نسب من جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO) النانوية [51].

• قام الباحث (Alghunaim) سنة (2019) بدراسة تأثير إضافة جسيمات أكسيد النحاس (CuO) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0.1, 0.2, 0.4, and 0.6) wt% الى أغشية الخليط البوليمري المكون من (CMC/PVP) والمحضر بطريقة صب المحلول على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية. أظهرت النتائج ان حيود الأشعة السينية (XRD) و اختبار الأشعة تحت الحمراء (FTIR) الحصول على خصائص تركيبية متميزة عن طريق زيادة التبلور للأغشية المحضرة عند إضافة جسيمات (CuO) النانوية وارتباطها مع المادة الاساس (CMC/PVP). إن قيم كل من ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي ينخفضان بزيادة كل من نسب الجسيمات (CuO) النانوية، يزداد عامل الفقد بزيادة نسب الجسيمات النانوية نتيجة زيادة التوصيلية للأغشية [52].

• قام الباحثان (Habeeb and Mahdi) سنة (2019) بدراسة تأثير إضافة من جسيمات أكسيد الحديد (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) النانوية بنسب وزنية مختلفة (1.5, 3, 4.5, and 6) wt% والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية النانوية لمتراكبات محضرة بطريقة صب المحلول والمكونة من الخليط البوليمري (CMC/PVP). أظهرت النتائج إن جسيمات (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) النانوية تتوزع بشكل شبكة متجانسة ومستمرة داخل الخليط البوليمري عند نسبة التدعيم (6 %). يزداد كل من (الامتصاصية، معامل الامتصاص، معامل الخمود، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي) بزيادة النسبة الوزنية لجسيمات (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) النانوية، بينما تنخفض فجوة الطاقة والنفذية بزيادة النسبة الوزنية للجسيمات النانوية [53].

• درس الباحث (Morsi) وجماعته سنة (2019) تأثير إضافة جسيمات الذهب (Au) النانوية بنسب وزنية مختلفة (2, 4, 8, and 16) wt% على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للخليط البوليمري المكون من (CMC/PVA) كمادة اساس بنسب خلط وزنية

(30:70 wt%) والمحضرة بطريقة صب المحلول. أظهرت النتائج إن اضافة (Au) النانوية أدى الى تكوين بنية شبه بلورية لهذه العينات، وإن درجة التبلور تتناقص مع زيادة نسب الجسيمات النانوية داخل تركيب الخليط البوليمري (CMC/PVA). تنخفض قيم فجوة الطاقة للأغشية المدعمة مع زيادة نسب الجسيمات النانوية، بينما تزداد قيم الامتصاصية ومعامل الامتصاص مع زيادة نسب الجسيمات النانوية. إن قيم كل من ثابت العزل الكهربائي و ثابت العزل الفقدى تنخفض عند اضافة الجسيمات النانوية وعند زيادة قيم التردد للمجال الكهربائي المسلط، بينما تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة مع زيادة نسب الجسيمات النانوية [54].

- حضر الباحث (Elmageed) وجماعته سنة (2020) تأثير إضافة جسيمات الخارصين (Zn) النانوية بنسبة وزنية (0.5 wt%) على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للمترابكات البوليمرية المكونة من بوليمر (CMC) كمادة أساس والمدعم بجسيمات الخارصين (Zn) النانوية. بينت النتائج التفاعل الجيد بين الجسيمات النانوية والبوليمر. إن كل من (الامتصاصية، معامل الامتصاص، معامل الانعكاس، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل) يزداد بإضافة جسيمات الخارصين (Zn) النانوية، بينما ينخفض كل من فجوة الطاقة وعامل الفقد لغشاء (CMC) المحضر [55].

- درس الباحث (Gaabour) سنة (2020) تأثير إضافة جسيمات أكسيد السيلينيوم ( $SeO_2$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0.15, 0.3, 0.45, and 0.6) wt% المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي على الخصائص التركيبية والحرارية والكهربائية لمترابكات بوليمرية مكونة من الخليط البوليمري (CMC/PVP) والمدعمة بالجسيمات النانوية المحضرة بطريقة صب المحلول. أظهرت النتائج التفاعل الجيد بين الجسيمات ( $SeO_2$ ) النانوية المحضرة والخليط البوليمري، أدى إضافة الجسيمات النانوية إلى زيادة الاستقرار الحراري للمادة أمتراكبة. اثبتت نتائج الاختبارات الكهربائية انخفاض قيم ثابت العزل الكهربائي لكل النماذج عند الترددات العالية، إذ تم تسجيل أعظم قيم لثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد عند أوطى تردد [56].

- قام الباحثان (Jaber and Habeeb) سنة (2021) بدراسة تأثير إضافة جسيمات كربيد الزركونيوم (ZrC) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0, 1.5, 3, and 4.5) wt% على الخصائص التركيبية والعزلية لأغشية الخليط البوليمري المكون من (CMC-PAA) والمحضرة بطريقة صب المحلول. أظهرت النتائج للفحص المجهر الإلكتروني (SEM) الشكل البصري المورفولوجي السطحي لأغشية (CMC-PAA-ZrC) النانوية المركبة والمتجانسة والمتماسكة المنتشرة عشوائياً على السطح العلوي. يتناقص عامل فقد العازل لمركبات النانو مع إضافة جسيمات (ZrC) النانوية. إن ثابت العزل الكهربائي لمركبات النانو (CMC-PAA-ZrC) يتناقص كلما زاد التردد ويزداد بإضافة جسيمات (ZrC) النانوية، بينما تزداد الموصلية الكهربائية للتيار المتردد بإضافة الجسيمات (ZrC) النانوية [57].
- درس الباحث (Jawad) وجماعته سنة (2021) تأثير إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0, 1, 3, 5, 7, and 9) wt% على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية الخليط البوليمري المكون من (CMC/MgO) والمحضر بطريقة صب المحلول. أظهرت النتائج للفحص المجهر الإلكتروني (SEM) إن جسيمات (MgO) النانوية يبدو أنها تشكل مجاميع وتنتشر جيداً في أغشية (CMC/MgO)، أظهرت (FTIR) ان جسيمات (MgO) النانوية ليس لها تأثير مدمر على بنية البوليمر حيث لا توجد روابط تساهمية بين (CMC) و(MgO). بينت الخصائص البصرية إن إضافة جسيمات (MgO) النانوية يؤدي إلى تحسين (الامتصاصية، معامل الخمود، معامل الانكسار، معامل الامتصاص، وثابت العزل الحقيقي والخيالي) [58].
- قام الباحث (Amaregouda) وجماعته سنة (2022) بدراسة تأثير إضافة أكسيد المغنيسيوم (MgO) النانوي بنسب وزنية مختلفة (1, 3, and 5) wt% على الخصائص التركيبية لأغشية الخليط البوليمري المتكون من كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) وبولي فاينيل الكحول (PVA). أظهرت النتائج للفحص المجهر الإلكتروني (SEM) توزيعاً متجانساً، وتم تأكيد التفاعل الجيد بين مكونات غشاء المترابك النانوي بواسطة نتائج اختبار الأشعة تحت الحمراء (FTIR) [59].

## (6-1) الهدف من الدراسة

## The Aim of Study

إن الهدف من الدراسة الحالية هو تحضير جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية بطريقة الترسيب الكيميائي (Precipitation Method)، وتحضير الخليط البوليمري (CMC-PAA) النقي والمدعم بمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي بنسب خلط وزنية مختلفة بطريقة صب المحلول (Solution Casting)، ودراسة تأثير التدعيم ودرجة حرارة الكلسنة على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية والحرارية من أجل:

- دراسة الخصائص التركيبية (TGA, XRD, FE-SEM) لجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي.
- دراسة الخصائص التركيبية (FE-SEM, FTIR) والبصرية (النفذية، الانعكاسية، معامل الامتصاص، فجوة الطاقة، معامل الانكسار، معامل الخمود، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي) والكهربائية (ثابت العزل الكهربائي، عامل فقد العزلي، والتوصيلية الكهربائية المتناوبة) والحرارية (التوصيلية الحرارية) للخليط البوليمري (CMC-PAA) والمترابكات البوليمرية ( $CMC-PAA: MgO_{NPs}$ ).

ولأجل إعداد المواد النانوية والأغشية البوليمرية النانوية المرنة لتكون مناسبة للاستعمال في التطبيقات البصرية والكهربائية.

الفصل الثاني  
(الجزء النظري)

Chapter Two

(The Theoretical Part)

(1-2) المقدمة

Introduction

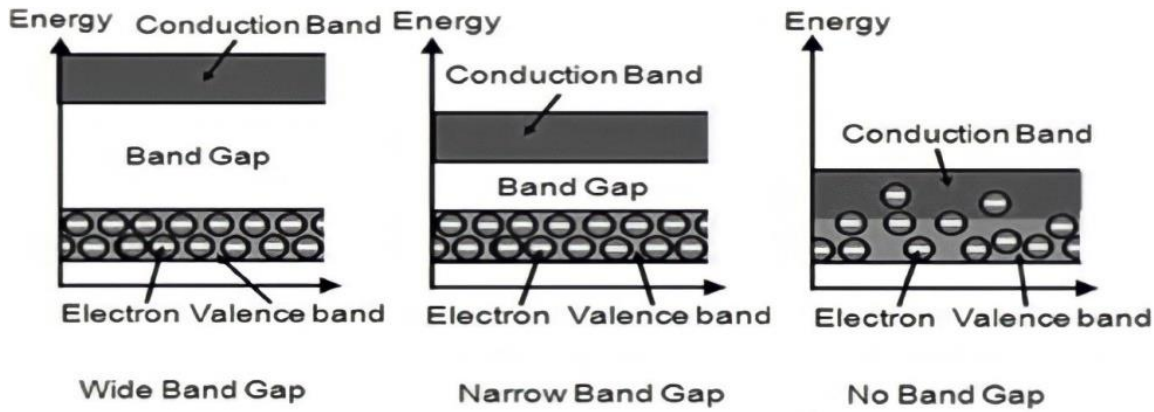
يتضمن هذا الفصل وصف الجانب النظري المتعلق بموضوع دراستنا، والمتضمن المعادلات والقوانين المستعملة في الدراسة الحالية.

(2-2) أشباه الموصلات

Semiconductors

يمكن تصنيف المواد الصلبة حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي إلى مواد موصلة (Conducting Material) ومواد عازلة (Insulating Material) وأشباه الموصلات (Semiconductors). عند الصفر المطلق تكون معظم أشباه الموصلات مواد عازلة ويعزى ذلك إلى ان إلكتروناتها تتعذر التحفيز حراريا بينما عند رفع درجة حرارتها أو بإضافة كميات قليلة من الذرات الشائبة إليها أو بإحداث عيب في تركيبها البلوري تتحول أشباه الموصلات إلى مواد موصلة [60]، الشكل (1-2) يوضح مخطط حزم الطاقة في المواد [61].

تدخل أشباه الموصلات في العديد من التطبيقات العلمية المهمة لامتلاكها مميزات مهمة منها (لها مقاومة ذات معامل حراري سالب أي تنخفض مقاومتها بزيادة درجة الحرارة وهذه الخاصية معاكسة لصفات المعادن، قد تؤدي إضافة الشوائب أو خلق بعض العيوب في التركيب البلوري لأشباه الموصلات إلى زيادة الموصلية وتسبب ظهور نوع واحد من حاملات الشحنة واختفاء النوع الأخر، وأشباه الموصلات هي مواد حساسة للضوء حيث إن مقاومتها الكهربائية تتغير عند تعرضها لأطوال موجية فعالة من الضوء) [62].



الشكل (1-2): حزم الطاقة في المواد [62].

## (3-2) التركيب البلوري لأشباه الموصلات

### Semiconductor Crystal Structure

تنقسم أشباه الموصلات إلى قسمين وفقاً لتركيبها البلوري:

#### (1-3-2) أشباه الموصلات البلورية

### Crystalline Semiconductors

في أشباه الموصلات البلورية يتم ترتيب الذرات بشكل هندسي منتظم يتكرر بشكل دوري في ثلاثة أبعاد وينتهي بانتهاء الشبكة، وتنقسم أشباه الموصلات البلورية إلى جزأين:

#### (1-1-3-2) أشباه الموصلات أحادية التبلور

### Single Crystal Semiconductors

تتميز المواد أحادية التبلور بالترتيب المنتظم لذراتها أو جزيئاتها والتي يتم إعادة ترتيبها بشكل دوري في ثلاثة أبعاد، وتشكل هياكل هندسية منتظمة لذلك يكون لها نوع من التماثل (Symmetry)، إن ترتيب الذرات في البلورة في هذا النوع يعرف بترتيب المدى الطويل (Long-Rang Order) كما موضح في الشكل (2-2 a)، يعرف ترتيب الذرات بشكل دوري بالشبكة (Lattice) والمكونة من وحدات متكررة على طول البلورة حيث تسمى كل وحدة من هذه الوحدات خلية الوحدة (Unit Cell) [62].

#### (2-1-3-2) أشباه الموصلات متعددة التبلور

### Polycrystalline Semiconductors

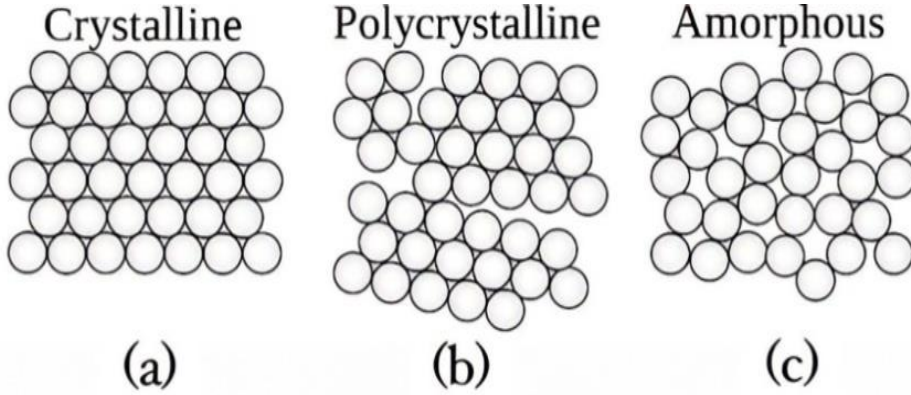
تعرف هذه المواد بأن الانماط الهندسية الموجودة فيها لا تمتد إلى جميع أجزاء المادة ولكنها تتوقف عند حدود معينة داخل البلورة تسمى حدود الحبيبات (Grain-Boundary)، وتتكون المادة من عدد كبير من البلورات الصغيرة تسمى الحبيبات (Grains) وهي جسيمات مكونة من آلاف من وحدات الخلايا، كما موضح في الشكل (2-2 b) [63].



## Amorphous Semiconductors

## (2-3-2) أشباه الموصلات العشوائية

وهي المواد التي يتم ترتيب ذراتها عشوائياً (Randomly)، وإن ترتيب ذراتها لا يمكن اعتباره تكراراً لأي وحدة خلية، أي إن الترتيب الذري لأي جزء من المادة لا يشبه ترتيب الجزء الذي يليه وهذا الترتيب يعرف بترتيب المدى القصير، كما موضح في الشكل (2-2) (c) [63].



الشكل (2-2): التركيب البلوري للمواد

(a) بلوري (b) متعدد التبلور (c) عشوائي [63].

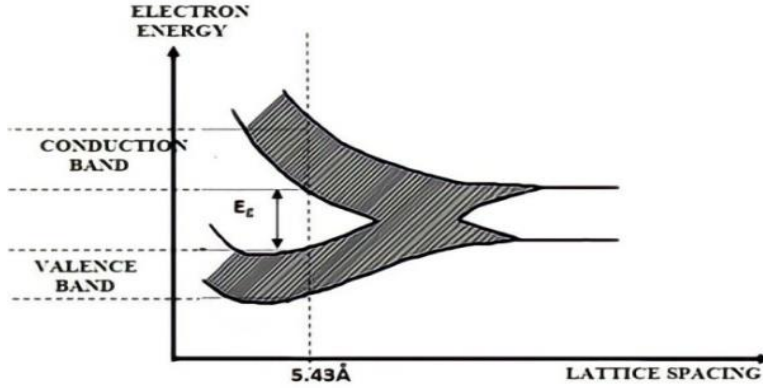
## (4-2) حزم الطاقة في المواد الصلبة

### Energy Band in Solid Material

تحدد الخصائص البصرية والكهربائية للمواد الصلبة في ضوء حزم الطاقة لها ومدى انشغالها بالإلكترونات، إذ يمكن تفسير بنية حزم الطاقة للمواد البلورية بناءً على نظرية حزم الطاقة في المواد الصلبة وباستعمال ميكانيك الكم، إن كل مستوى من مستويات الطاقة يمكن أن يستوعب إلكترونين ذا برمين متعاكسين حسب قاعدة الاستبعاد لباولي [64].

عندما تقترب الذرات من بعضها البعض ينشطر كل مستوى من مستويات الطاقة لتشكيل حزماً للطاقة ومع اقتراب الذرات من بعضها البعض تفقد كل حزمة ناتجة من مستوى طاقة معين هويتها بسبب التداخل والالتحام لتشكيل حزمة واحدة، وعند اقتراب الذرات من بعضها البعض على مسافة مساوية لثابت الشبكة (Lattice Constant) تنشطر الحزمة المتصلة مرة ثانية إلى حزمتين يفصل بين كل منهما فاصل وإن للإلكترونات طاقة كافية لتقع ضمنه، وتسمى هذه المنطقة (الفجوة المحصورة) (Forbidden Gap)، وتتميز هذه المنطقة بعدم احتوائها على حالات لمستويات الطاقة

المسموح بها، وتعلو الفجوة المحصورة حزمة تسمى (حزمة التوصيل) (Conduction Band)، بينما تسمى الحزمة التي تكون أسفل الفجوة المحصورة (حزمة التكافؤ) (Valance Band) [65]. الشكل (3-2) يبين الانشطار في حزم الطاقة لمادة الماس الصلبة، وفي حزمة التكافؤ تكون الإلكترونات غير مستعدة للحركة من ذرة إلى أخرى بينما تتحرك الإلكترونات بحرية في حزمة التوصيل [66].

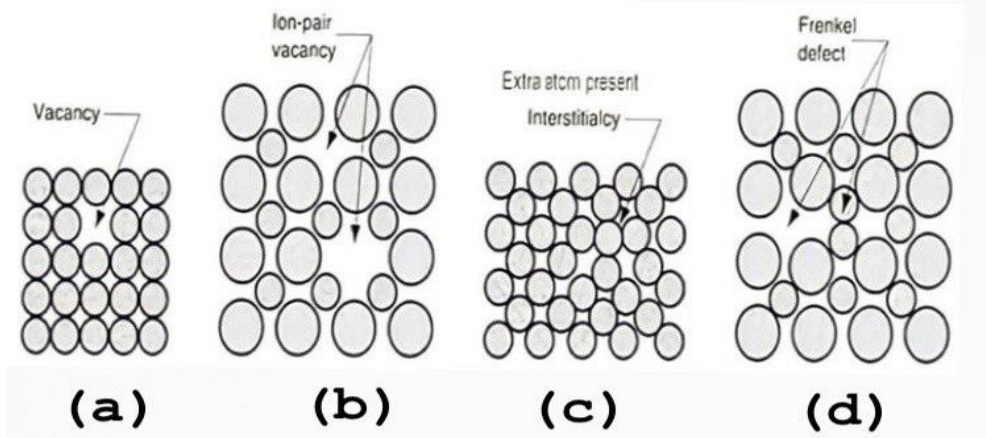


الشكل (3-2): الانشطار في حزم الطاقة لمادة الماس [66].

## Crystals Defects

## (5-2) العيوب البلورية

إن البلورات المثالية هي بلورات خالية من العيوب تكون ذراتها منتظمة في جميع الاتجاهات ولا يظهر أي خلل في ترتيبها، ولكن في الواقع لا توجد بلورة بدون عيوب لذلك إن أي إزاحة أو خلل في البلورة عن شبكتها الدورية المثالية يعتبر عيباً أو خلل [60]. تحتوي جميع البلورات الحقيقية تقريباً على عيوب، وتتشكل هذه العيوب أثناء عملية نمو البلورات، ومن المستحيل إزالة الشوائب والعيوب تماماً في البلورة ولكن يمكن تقليلها باستعمال طرق فعّالة في التنقية وإنماء البلورات، أحياناً تكون العيوب البلورية مرغوبة للغاية، كما هو الحال عند التطعيم (Doping) باستعمال ذرات غريبة أو شوائب يمكن أن تكون الذرات مانحة (Donor) للإلكترونات أو متقبلة (Acceptor) للإلكترونات. ويمكن تصنيف العيوب البلورية إلى عدة أشكال أهمها (عيوب الفراغات، عيوب شوتكي، عيوب فرنكل، وعيوب الذرات الإضافية) [67]، الشكل (4-2) يبين بعض أنواع العيوب البلورية [60].



الشكل (2-4): العيوب البلورية

(a) عيوب الفراغ (b) عيوب شوتكي (c) العيوب البينية (d) عيوب فرنكل [60].

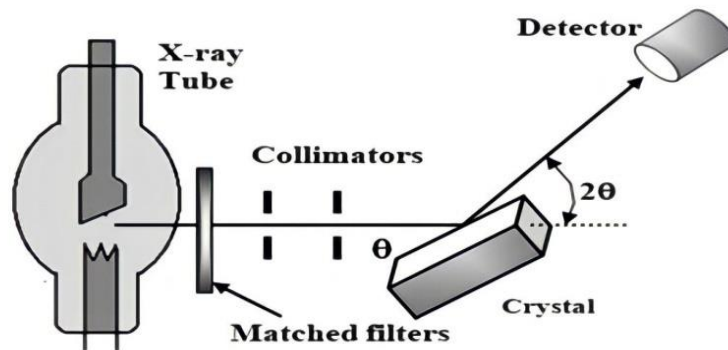
## Structural Properties

## (6-2) الخصائص التركيبية

### X-ray Diffraction

### (1-6-2) حيود الأشعة السينية (XRD)

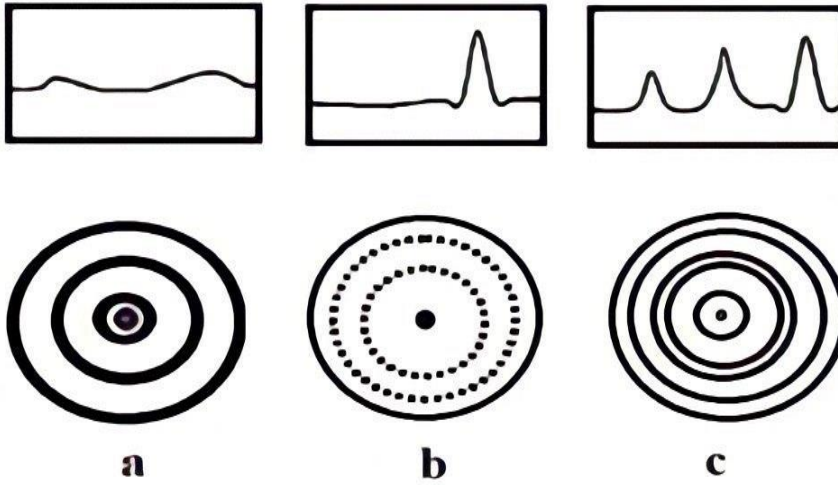
تعرف الأشعة السينية بأنها موجات كهرومغناطيسية، أطوالها الموجية محددة، تتراوح أطوالها الموجية من (0.1 Å) إلى (10 Å)، وتقع بين الأشعة فوق البنفسجية وأشعة كاما، وبالتالي فهي مفضلة لاستعمالها في تجارب الحيود البلوري ويعتمد الحيود على الطول الموجي والتركيب البلوري للأشعة المستعملة [63]، وعند تسليط أشعة سينية بطول موجي أحادي ضمن مدى من الزوايا على سطح العينة سوف تظهر القمم نتيجة لانعكاسات براك، الشكل (2-5) يبين آلية التشخيص بواسطة الأشعة السينية [68].



الشكل (2-5): آلية التشخيص بالأشعة السينية [68].

تحدد تقنية حيود الأشعة السينية ما إذا كانت المادة تحت الاختبار بلورية أم عشوائية وعلى النحو التالي [63]:

1. الحبيد في المواد العشوائية أو غير المتبلورة (Amorphous) لا يظهر الانعكاس المتعلق بتبلور واحد بل يظهر عدد من القمم الواسعة، كما هو موضح في الشكل (a 6-2).
2. يظهر حيود الأشعة السينية للمواد أحادية التبلور (Single Crystal) انعكاس لقمة حادة واحدة، كما هو موضح في الشكل (b 6-2).
3. يظهر حيود الأشعة السينية للمواد المتبلورة (Crystalline) قمم متنوعة بزوايا حيود مختلفة، كما هو موضح في الشكل (c 6-2).



الشكل (6-2): حيود الأشعة السينية

(a) عشوائية (b) أحادية التبلور (c) متعددة التبلور [68].

## Bragg's Law

## (1-1-6-2) قانون براك

تعرف العلاقة الرياضية التي تفسر حيود الأشعة السينية بقانون براك، حيث استنتج العالم الانكليزي (W. L. Bragg) قانونه المبني على أساس إن الفرق بين الشعاعين يساوي مضاعفات الطول الموجي، وإن شرط حدوث انعكاس براك هو تحقيق المتباينة  $(\lambda \leq 2d_{hkl})$ ، يكتب القانون بالعلاقة الآتية [69]:

$$n \lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta \dots\dots\dots (1-2)$$

حيث إن:

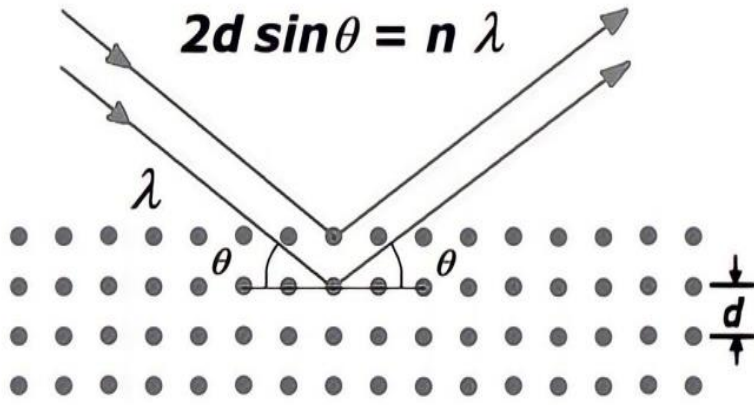
n: عدد صحيح يمثل مرتبة الحيود.

$\lambda$ : الطول الموجي للأشعة الساقطة.

$\theta$ : زاوية حيود براك.

$d_{hkl}$ : المسافة بين كل مستويين متعاقبين في البلورة (hkl).

والشكل (7-2) يبين حيود براك [70].



الشكل (7-2): حيود براك [70].

## Structure Parameters

## (2-1-6-2) المعلمات التركيبية

### Lattice Parameters

### • ثوابت الشبكة

تمثل ثوابت الشبكة ب (a, b, c)، ويتم حسابها باستخدام الصيغ الآتية [60]:

1. البنية المكعبة: يكون فيها (a = b = c)، ويتم حساب ثوابت الشبكة باستعمال العلاقة الآتية :

$$d_{hkl} = a / [h^2 + k^2 + l^2]^{1/2} \dots\dots\dots(2-2)$$

2. البنية السداسية: يكون فيها (a = b)، ويتم حساب ثوابت الشبكة باستعمال العلاقة الآتية :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \dots\dots\dots (3-2)$$

### Crystallite Size

### • حجم البلورات (D)

يمكن حساب الحجم البلوري باستعمال علاقة شيرر (Scherrer's Formula) [71]:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \dots\dots\dots (4-2)$$

حيث إن:

k: عامل الشكل (Shape Factor)، ويعتمد على شكل المادة وقيمته ضمن المدى (0.9 - 1).

$\beta$ : عرض المنحني عند منتصف القمة (Full Width at Half Maximum).

$\theta$ : زاوية حيود براك.

$\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية.

### (2-6-2) المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)

### Field Emission-Scanning Electron Microscopes

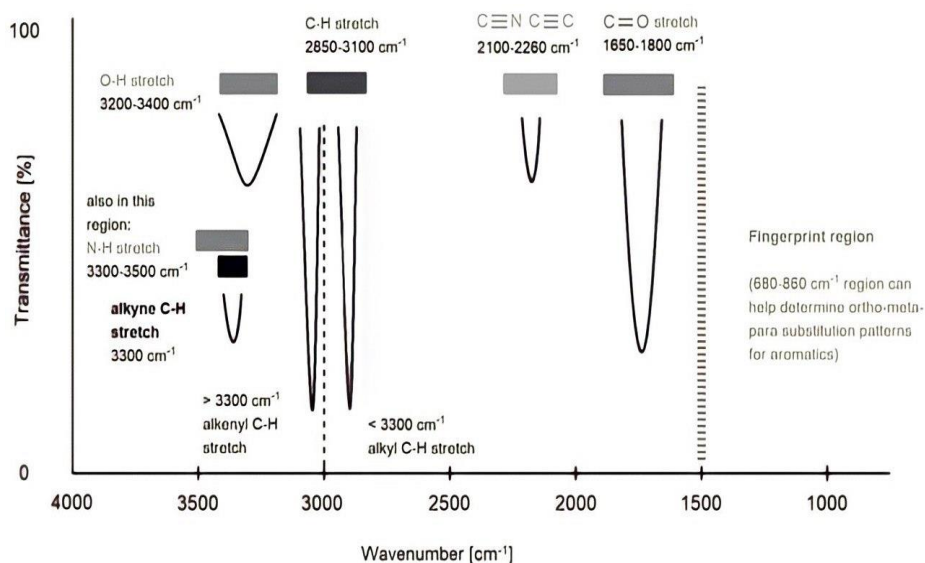
تستعمل تقنية المجهر الإلكتروني شعاع إلكتروني معجل لفحص المادة، نظراً لأن الطول الموجي للإلكترونات أصغر بكثير من الطول الموجي للضوء المرئي لذلك إن تأثيرات الحيود تحدث في أبعاد مادية أصغر بكثير، إن الصور التي تؤخذ بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال أكثر دقة من الصور التي تؤخذ بواسطة المجهر الضوئي.

تستعمل المجاهر الإلكترونية إشارات ناتجة عن تفاعل حزمة إلكترونية معجلة مع عينة صلبة عند طاقات محددة (1-40) keV وتحت وسط مفرغ ( $10^{-5}$  Torr)، إن نتيجة التفاعل بين الحزمة الإلكترونية الساقطة والعينة تجري العديد من التفاعلات، وبشكل عام توفر هذه التقنية معلومات نوعية عن (التشكل، اتجاه الحبيبات، التركيب، التوزيع، والحجوم) [72-75].

### (3-6-2) تحويل فورير للأشعة تحت الحمراء (FTIR)

## Fourier Transformation Infrared

يستعمل مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) للحصول على معلومات محددة حول التآصر الكيميائي (Chemical Bonding) والتركيبي الجزيئي للمركبات ويمكن استعماله لتحليل معظم المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية، إن الاواصر الكيميائية تهتز بترددات معينة وعند تعرضها للأشعة تحت الحمراء فإنها تمتص الإشعاع بترددات تتطابق مع خط اهتزازها، تكون طاقة الأشعة تحت الحمراء كافية لتهتز الاواصر الكيميائية، وهناك نوعان أساسيان من الاهتزازات هما التمدد (Stretching) والانحناء (Bending)، إن الانحناء يتطلب طاقة أقل لذلك يحدث ضمن الترددات الأدنى بالنسبة للأواصر نفسها، كما إن هناك نوعان من التمددات هما التمددات المتناظرة (Symmetric) والتمددات الغير متناظرة (Asymmetric)، يتطلب التمدد المتناظر طاقة أقل من التمدد غير متناظر [76,77]. الشكل (8-2) يوضح تفسير أطيف الأشعة تحت الحمراء [78].



الشكل (8-2): أطيف الأشعة تحت الحمراء [78].

## Optical Properties

## (7-2) الخصائص البصرية

لفهم الخصائص البصرية والمتغيرات البصرية للمواد تدرس الخصائص البصرية، وتحدد الخصائص البصرية طبيعة الشحنات وكيفية توزيعها في البوليمر.

## Fundamental Absorption Edge (1-7-2) حافة الامتصاص الاساسية

هي الزيادة الحاصلة في الامتصاص عندما تتساوى تقريبا كل من طاقة الاشعاع الممتصة وفجوة الطاقة، وتمثل حافة الامتصاص الاساسية أقل فرق في الطاقة بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل، وتقسّم إلى ثلاث مناطق متميزة كما هو موضح في الشكل (2-9)، مما يوضح العلاقة بين معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) وطاقة الفوتون ( $h\nu$ ) [79,80].

### • منطقة الامتصاص العالي High Absorption Region

إن معامل الامتصاص لهذه المنطقة يساوي ( $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ )، إذ تحدث الانتقالات بين المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، وعن طريق هذه المنطقة يمكن معرفة قيم فجوة الطاقة ( $E_g$ )، العلاقة المستعملة في هذه المنطقة هي [81]:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g)^r \dots\dots\dots (5-2)$$

حيث إن:

$\alpha$ : معامل الامتصاص.

P: ثابت، ويعتمد على طبيعة المادة.

$h\nu$ : طاقة الفوتون.

$E_g$ : فجوة الطاقة.

r: معامل أسّي، ويعتمد على طبيعة الانتقالات الإلكترونية.

والشكل (a9-2) يوضح منطقة الامتصاص العالي.

### • منطقة الامتصاص الأسّي Exponential Absorption Region

إن قيمة معامل الامتصاص لهذه المنطقة هي ( $1 < \alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$ )، وتزداد حافة امتصاص أسياً نتيجة للزيادة التدريجية في الامتصاص حيث تمتد لبضعة إلكترون فولت، وتسمى هذه الحافة بحافة أورباخ (Urbach Edge)، وتحدث الانتقالات في منطقة الامتصاص الأسّي من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، ويعبر عن معامل الامتصاص في هذه المنطقة بالعلاقة الآتية [81,82]:

$$\alpha = \alpha_0 \exp (h\nu / E_u) \dots\dots\dots (6-2)$$



حيث ان:

$\alpha_0$ : ثابت التناسب.

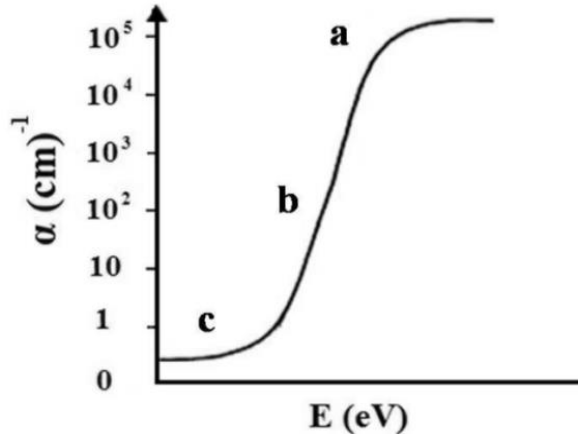
$E_u$ : طاقة أورباخ.

والشكل (b9-2) يوضح منطقة الامتصاص الأساسي.

### Low Absorption Region

### • منطقة الامتصاص الواطئ

إن قيمة معامل الامتصاص لهذه المنطقة صغير جداً هي  $(\alpha < 1 \text{ cm}^{-1})$ ، ومن الصعب دراسته نظراً للمستوى الواطئ من الامتصاص، الشكل (c9-2) يوضح منطقة الامتصاص الواطئ [83].



الشكل (9-2): مناطق حافة الامتصاص الأساسية

(a) منطقة الامتصاص العالي (b) منطقة الامتصاص الأساسي (c) منطقة الامتصاص الواطئ [83].

### Transmittance

### (2-7-2) النفاذية (T)

تعرف النفاذية (T) على أنها النسبة بين شدة الإشعاع النافذ ( $I_t$ ) من الغشاء إلى شدة الإشعاع الساقط ( $I_0$ ) على الغشاء، تحسب من العلاقة الآتية [84]:

$$T = I_t / I_0 \dots\dots\dots (7-2)$$

وترتبط النفاذية مع الامتصاصية بالعلاقة الآتية [69]:

$$A = \log(1/T) \dots\dots\dots (8-2)$$

## Reflectance

### (3-7-2) الانعكاسية (R)

تعرف الانعكاسية (R) على أنها النسبة بين شدة الإشعاع المنعكس باتجاه معين أثناء سقوط حزمة ضوئية ذات طول موجي معين ( $\lambda$ ) على سطح ما ( $I_R$ ) إلى شدة الإشعاع الساقط ( $I_0$ )، تحسب الانعكاسية من العلاقة الآتية:

$$R = I_R / I_0 \dots\dots\dots (9-2)$$

وترتبط الانعكاسية بمعامل الانكسار حسب العلاقة الآتية [88]:

$$R = (n_o - 1)^2 + k_o^2 / (n_o + 1)^2 + k_o^2 \dots\dots\dots (10-2)$$

حيث ان:

$n_o$ : معامل الانكسار الحقيقي.

$k_o$ : معامل الخمود.

وعندما ( $k_o \cong 0$ ) فإن:

$$R = (n_o - 1)^2 / (n_o + 1)^2 \dots\dots\dots (11-2)$$

وترتبط كل من النفاذية والامتصاصية والانعكاسية بقانون حفظ الطاقة المتمثل بالعلاقة الآتية

[85]:

$$T + A + R = 1 \dots\dots\dots (12-2)$$

## Optical Constants

### (4-7-2) الثوابت البصرية

## Absorption Coefficient

### (1-4-7-2) معامل الامتصاص ( $\alpha$ )

معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) هو مقياس لنسبة الفقدان الحاصلة في شدة الضوء من الحزمة الضوئية الساقطة مباشرة خلال سُمْك معين، يمثل الامتصاص انخفاض طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي عند دخوله الى وسط معين، ويعتمد معامل الامتصاص على عدة عوامل منها: (نوع الانتقال الإلكتروني، طاقة الفوتون الساقط، أيضا يعتمد على خصائص المادة فيما يتعلق بفجوة الطاقة، وعندما تسقط حزمة ضوئية شدتها ( $I_0$ ) على غشاء تكون شدة الشعاع النافذ ( $I_t$ ) وفقاً لقانون لامبرت (Lambert Law) [86-88]:

$$I = I_0 e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (13-2)$$

ويمكن كتابة العلاقة أعلاه بالصيغة الآتية:

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\alpha t \dots\dots\dots (14-2)$$

$$\alpha t = 2.303 \text{ Log } \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots (15-2)$$

ويمثل المقدار  $\text{Log} (I_0/I)$  امتصاصية مادة الغشاء فيمكن كتابة العلاقة (15-2) بالصيغة الآتية  
:[88]

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \dots\dots\dots (16-2)$$

تحدد قيمة معامل الامتصاص طبيعة الانتقالات الإلكترونية الحاصلة بين الحزم، ففي حالة قيمة معامل الامتصاص عالية ( $\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) هذا يعني احتمالية حدوث انتقال إلكتروني مباشر، بينما في حالة قيمة معامل الامتصاص قليلة ( $\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) وهذا يعني احتمالية حدوث انتقال إلكتروني غير مباشر [89].

## Refractive Index

## (2-4-7-2) معامل الانكسار ( $n_0$ )

معامل الانكسار ( $n_0$ ) هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في الوسط ، ويعبر عنه بالعلاقة الآتية [90,91]:

$$n_0 = \left[ \left( \frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k_0^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \dots\dots\dots (17-2)$$

حيث إن:

R: الانعكاسية.

$k_0$ : معامل الخمود.

ويعبر عن معامل الانكسار المعقد بالعلاقة الآتية:

$$N = n_0 - ik_0 \dots\dots\dots (18-2)$$

### Extinction Coefficient

### (3-4-7-2) معامل الخمود ( $k_0$ )

معامل الخمود ( $k_0$ ) هو كمية الطاقة الممتصة من قبل إلكترونات المادة، أي انه يمثل الخمود الحاصل في الموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة، ويمثل معامل الخمود الجزء الخيالي من معامل الانكسار المعقد، ويحسب معامل الخمود من العلاقة الآتية [3,60]:

$$k_0 = \alpha\lambda/4\pi \dots\dots\dots (19-2)$$

حيث إن:

$\lambda$ : الطول الموجي للأشعة الساقطة بوحدة (cm).

### Optical Dielectric Constant

### (4-4-7-2) ثابت العزل البصري ( $\epsilon^{opt.}$ )

ثابت العزل البصري ( $\epsilon^{opt.}$ ) هو قابلية المادة على الاستقطاب، وهو عملية فقدان الطاقة الناتجة بسبب اختلاف سرعة الضوء في الفراغ عن سرعة الضوء في وسط معين، ويوصف ثابت العزل المعقد للوسط بأنه التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط وما ينتج عن ذلك التفاعل من استقطاب لشحنات الوسط ويرمز له ( $\epsilon$ ) ويعطى بالعلاقة الآتية [91,92]:

$$\epsilon^{opt.} = \epsilon_1 - \epsilon_2 \dots\dots\dots (20-2)$$

حيث إن:

$\epsilon^{opt.}$ : ثابت العزل المعقد.

$\epsilon_1$ : الجزء الحقيقي لثابت العزل.

$\epsilon_2$ : الجزء الخيالي لثابت العزل.

وترتبط العلاقة الآتية بين ( $\epsilon^{opt.}$ ) مع (N):

$$\epsilon^{opt.} = N^2 \dots\dots\dots (21-2)$$

وبتعويض قيم كل من (N) و( $\epsilon^{opt.}$ ) نحصل على:

$$\epsilon_1 - i\epsilon_2 = (n_0 - ik_0)^2 \dots\dots\dots (22-2)$$

ويمكن كتابة الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل بالعلاقة الآتية:

$$\epsilon_1 = n_0^2 - k_0^2 \dots\dots\dots (23-2)$$

$$\varepsilon_2 = 2 n_0 k_0 \dots\dots\dots (24-2)$$

ومن المعادلتين أعلاه يمكن حساب ثابت العزل الحقيقي والخيالي للأغشية المحضرة.

## (8-2) الخصائص الكهربائية (العزلية)

### Electrical Properties (Dielectric)

ازدادت أهمية ثابت العزل الكهربائي للبوليمرات بشكل خاص عند استعمال البوليمرات كمواد عازلة حيث تعتبر ذات أهمية كبيرة في التطبيقات الهندسية [93,94]، وبشكل عام تعتمد التوصيلية الكهربائية على وجود وحركة الأيونات أو الإلكترونات الحرة، وتكون هذه الأيونات أو الإلكترونات مقيدة الحركة في المواد العازلة بسبب الارتباط القوي بين الذرات والذي يكون ذا أواصر تساهمية قوية [95]، ففي حالة المواد العازلة (بما في ذلك البوليمرات) يؤدي الارتباط القوي للإلكترونات إلى وجود فجوة طاقة كبيرة مما ينتج عنه توصيلية كهربائية منخفضة [96].

عندما يتم تسليط فولتية على لوحين موصلين مفصولين عن بعضهما البعض بواسطة فراغ (Vacuum) لا يتوقع أن يتدفق أي تيار كهربائي ولكن تبقى الشحنة الكهربائية الناتجة عن الفولتية مخزونة في الدائرة الكهربائية وقيمة هذه الشحنة المخزونة بين اللوحين الموصلين تسمى السعة (Capacitance) ويشار إليها بالرمز (C)، وتعطى بالعلاقة الآتية [97]:

$$q = C V \dots\dots\dots (25-2)$$

حيث إن:

q: الشحنة الكهربائية المخزونة.

V: الفولتية عبر اللوحين الموصلين.

C: السعة.

وتعتمد السعة على (المادة بين اللوحين الموصلين، الحجم، والمسافة) وعندما يكون الفاصل فراغاً تعطى السعة بالعلاقة الآتية:

$$C_0 = \varepsilon_0 (A / d_{dis}) \dots\dots\dots (26-2)$$

حيث إن:

$\epsilon_0$ : سماحية الفراغ.

$d_{dis}$ : المسافة بين اللوحين الموصلين.

$A$ : المساحة السطحية للوح الموصل.

$C_0$ : السعة في الفراغ.

وفي حالة كون الفاصل ما بين اللوحين الموصلين هو مادة عازلة سيحصل استقطاب في العازل ويسمح بشحنة إضافية أن تُخزن وهذا يؤدي إلى زيادة السعة وفق العلاقة الآتية:

$$\hat{C} = \epsilon (A / d_{dis}) \dots\dots\dots (27-2)$$

حيث إن:

$\epsilon$ : سماحية المادة العازلة.

$\hat{C}$ : السعة بوجود المادة العازلة.

ولوصف قدرة المادة على الاستقطاب وخصن الشحنة الكهربائية تعرف بالسماحية النسبية أو ثابت العزل ( $\epsilon'$ ) (Dielectric Constant) وهي النسبة بين كل من سماحية المادة العازلة وسماحية الفراغ [98].

$$\frac{\hat{C}}{C_0} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \epsilon' \dots\dots\dots (28-2)$$

وتستعمل سعة المتسعة ( $\hat{C}$ ) لأجل حساب ثابت العزل ( $\epsilon'$ ) وفقاً للعلاقة الآتية:

$$\epsilon' = \hat{C} d_{dis} / \epsilon_0 A \dots\dots\dots (29-2)$$

ويُعطى الفقد العزلي (Dielectric Loss) ( $\epsilon''$ ) بالعلاقة الآتية:

$$\epsilon'' = \tan \delta * \epsilon' \dots\dots\dots (30-2)$$

حيث إن:

$\tan \delta$ : عامل الفقد (Dissipation Factor).

يمكن أن تحسب التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) وفق العلاقة الآتية:

$$\sigma_{a.c} = \omega \epsilon_0 \epsilon'' \dots \dots \dots (31-2)$$

من المعادلة أعلاه نحصل على العلاقة التي تربط بين (التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ))، فقدان العزل ( $\epsilon''$ )، والتردد الزاوي ( $\omega = 2\pi f$ ) [99]، تعرف التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) في العازل بأنها مقياس لكمية الحرارة التي من الممكن تولدها نتيجة دوران ثنائيات الأقطاب في مواضعها أو اهتزاز الشحنات الكهربائية عن طريق تغيير اتجاه المجال الكهربائي المتناوب، ولهذا فإن التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) المتمثلة بمعادلة (31-2) تعتمد على مقدار التردد، وتؤخذ التوصيلية الكهربائية الناتجة عن انتقال الشحنات الكهربائية خلال المادة عندما يكون التيار الكهربائي مستمراً، أو عند الترددات المنخفضة وبكل الحالات يمكن اعتبار التوصيلية الكهربائية للمادة مكونة من مركبتين [99].

$$\sigma = \sigma_{a.c} + \sigma_{d.c} \dots \dots \dots (32-2)$$

حيث إن:

$\sigma_{a.c}$ : توصيلية المادة الكهربائية للتيار المتناوب وتعبر عن الفقد في العازل.

$\sigma_{d.c}$ : توصيلية المادة الكهربائية للتيار المستمر.

ان ثابت العزل الكهربائي يعتمد على الاستقطاب (Polarization) الحاصل داخل المادة العازلة، ومن العوامل التي يعتمد مقدار ثابت العزل الكهربائي عليها هي:

### • درجة الحرارة

### Temperature

مع زيادة درجة حرارة المواد العازلة غير القطبية وبسبب التمدد الحراري لهذه المواد تنخفض نسبة عدد الجزيئات لكل وحدة طول ثم ينخفض مقدار ثابت العزل الكهربائي، أما المواد العازلة القطبية عند انخفاض درجات الحرارة فمن الصعب على ثنائيات الأقطاب أن تدور من تلقاء نفسها وعند ارتفاع درجة حرارتها ستدور هذه الثنائيات بسهولة مما يزيد من قيمة ثابت العزل الكهربائي للمادة، ولكن عندما تستمر درجة الحرارة في الارتفاع ستتنخفض درجة ترتيب ثنائيات الأقطاب بسبب الاهتزازات الحرارية وهذا يؤدي الى انخفاض مقدار ثابت عزلها الكهربائي [100].

● التردد

Frequency

إن تأثير المجال الكهربائي المتناوب المتمثل بتردد الفولتية المسلطة ينعكس على المادة العازلة في مدى تأثير استقطابية المادة بمدى تردد الفولتية على الخصائص العزلية للمادة عن طريق التغيرات الحاصلة في استقطابية المادة [100].

وللاستقطاب عدة أنواع:

● الاستقطاب الإلكتروني

Electronic Polarization

يعرف على أنه اجهاد في الذرة، ويحدث الاستقطاب الإلكتروني بسبب تشوه توزيع الشحنة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (2-10a) بسبب وجود مجال كهربائي خارجي يزيح الإلكترونات باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي بينما تبقى نواة الذرة في نفس اتجاه المجال الكهربائي، ثم يحدث الاستقطاب نتيجة تولد ثنائيات قطبية محتثة، ولا يعتمد الاستقطاب الإلكتروني على درجة الحرارة، ويسمى هذا الاستقطاب بالاستقطاب البصري [101,102].

إن عزم ثنائي القطب ( $\bar{m}_e$ ) الناتج عن الاستقطاب الإلكتروني يتناسب تناسباً طردياً مع شدة المجال الكهربائي المسلط ( $\bar{E}$ )، والتي يمكن التعبير عنها بالعلاقة الآتية:

$$\bar{m}_e = \alpha_e \bar{E} \dots\dots\dots (33-2)$$

حيث إن:

$\alpha_e$ : ثابت الاستقطابية الإلكترونية.

ويحدث هذا النوع من الاستقطاب بفترة زمنية قليلة بحدود ( $10^{-15}$  s) [103].

● الاستقطاب الأيوني

Ionic Polarization

يعرف بأنه الاجهاد الإلكتروني الذي يتولد في مركب كيميائي يتصف بالصفة الأيونية، ويحدث الاستقطاب الأيوني عندما تتعرض مادة ما لمجال كهربائي، إن المجال الكهربائي يغير طول الأواصر الأيونية عن طريق إزاحة الأيون الموجب إلى اتجاه المجال الكهربائي والأيون السالب عكس اتجاه المجال الكهربائي وكما هو موضح في الشكل (2-10b)، والنتيجة هي تولد صافي عزم



ثنائي القطب في الجزيئة، وإن عزم ثنائي القطب ( $\vec{m}_i$ ) يتناسب تناسباً طردياً مع شدة المجال الكهربائي ( $\vec{E}$ )، والتي يمكن التعبير عنها بالعلاقة الآتية [101-103]:

$$\vec{m}_i = \alpha_i \vec{E} \dots\dots\dots (34-2)$$

حيث إن:

$\alpha_i$ : ثابت الاستقطابية الايونية.

إن الاستقطاب الايوني لا يعتمد على درجة الحرارة، ويسمى هذا النوع من الاستقطاب باستقطاب الأشعة تحت الحمراء أو يسمى الاستقطاب الذري لأن سبب حدوثه هي الإزاحة النسبية الحاصلة في الذرات نفسها داخل الجزيء وضمن مدى التردد المنخفض، ولا يمكن فصل الاستقطاب الايوني عن الاستقطاب الإلكتروني ماعدا الجزيئات أحادية الذرة (Monatomic Molecules) لأن الاستقطاب الأيوني لا يحدث في مثل هذه الجزيئات.

### Orientational Polarization

### • الاستقطاب الاتجاهي

يحدث الاستقطاب الاتجاهي في الجزيئات ذات العزوم ثنائية القطب الدائمة حتى في حالة عدم وجود مجال كهربائي، كما هو موضح في الشكل (2-10c)، وتسمى هذه الجزيئات بالجزيئات القطبية، وصافي الاستقطاب هو صفر بالرغم من امتلاك الجزيئات المنفردة عزوم دائمية لأن العزوم الجزيئية تكون في اتجاهات عشوائية يؤدي ذلك إلى إلغاء العزوم بعضها البعض.

وعند تسليط المجال الكهربائي على المواد ثنائية القطب فستميل الثنائيات باتجاه المجال الكهربائي لأن المجال الكهربائي يعمل على تراصف الجزيئات (ثنائيات الأقطاب) باتجاهه [101,102]، وأنه مع زيادة درجة الحرارة ستزداد الصعوبة في التحكم بتوجيه الجزيئات من قبل المجال الكهربائي لذلك يعتمد هذا النوع من الاستقطاب ( $\vec{m}_d$ ) على درجة الحرارة، كما موضح بالعلاقة الآتية [103]:

$$\vec{m}_d = \sqrt{3\alpha_d k_B T} \dots\dots\dots (35-2)$$

حيث إن:

$\alpha_d$ : ثابت الاستقطابية الاتجاهية.

$k_B$ : ثابت بولتزمان.

$T$ : درجة الحرارة.

• الاستقطاب البيئي

Interfacial Polarization

إن هذا النوع من الاستقطاب يحدث في المواد متباينة الخصائص (Heterogeneity) وكما هو مبين في الشكل (d10-2) لأن أكثر بلورات هذه المواد تحتوي على العيوب التي من الممكن ان تكون بشكل (ذرات شائبة، فراغات في البلورات، وفقاعات هوائية في السائل او في مناطق غير متجانسة من المادة)، ومن الممكن ان تخترق المادة الحواجز التي تسببها هذه العيوب او الحواجز الناجمة من الشقوق، إن وقوع مثل هذه الشوائب تحت تأثير المجال الكهربائي ونظراً لأنها مشحونة لذلك سوف تتمكن من الانتقال خلال البلورة وهذا سيجعلها سهلة الالتقاط من قبل العيوب الأخرى او انها ستتراكم عند هذه العيوب مما يؤدي إلى تراكم محلي للشحنات الكهربائية والذي يعمل على حث شحنات كهربائية معاكسة في الجهة الأخرى تؤدي الى نشوء ثنائيات قطبية في المادة، ولن تقتصر هذه الثنائيات القطبية على الذرة الواحدة أو الجزيء الواحد وانما ستمتد خلال مناطق متعددة من المادة. ان هذا النوع من الاستقطاب يعتمد على مقدار تجانس المادة ونسبة خلوها من العيوب على عكس أنواع الاستقطاب الأخرى حيث تعتمد على التركيب الكيميائي ومكوناتها، إن الزمن اللازم لحدوث ظاهرة الاستقطاب ( $\bar{m}_s$ ) يكون بحدود الثواني أو الدقائق [101،102]، ينشأ عزم ثنائي الاستقطاب بوحدة الحجم للمادة العازلة عن طريق اسهام الأنواع المختلفة للاستقطاب ويمثل بمجموعة الاستقطابات حيث ينشأ كل استقطاب بميكانيكية خاصة، وكما موضح بالعلاقة الآتية [103]:

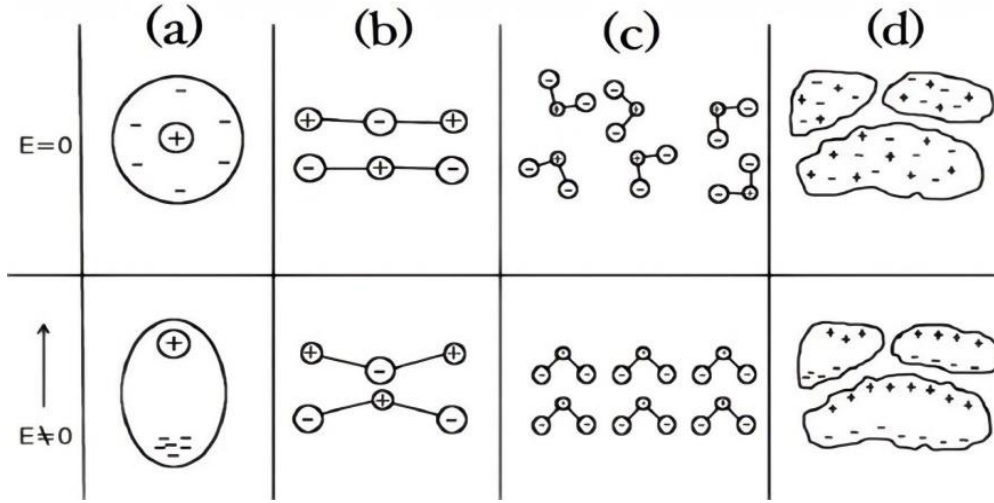
$$\vec{P} = \frac{\Sigma \bar{m}_e + \Sigma \bar{m}_i + \Sigma \bar{m}_d + \Sigma \bar{m}_s}{V} \dots\dots\dots (36-2)$$

$$\vec{P} = \vec{P}_e + \vec{P}_i + \vec{P}_d + \vec{P}_s \dots\dots\dots (37-2)$$

حيث إن:

تمثل الاستقطاب الإلكتروني والايوني والاتجاهي والبيني على التوالي  $\vec{P}_e + \vec{P}_i + \vec{P}_d + \vec{P}_s$ : [107].

والشكل (10-2) يبين انواع الاستقطاب [105].



الشكل (10-2): أنواع الاستقطاب

(a) الإلكتروني (b) الايوني (c) الاتجاهي (d) البيني [105].

## Thermal Properties

## (9-2) الخصائص الحرارية

أصبحت الاستعمالات العامة والهندسية للمواد المترابطة مؤخراً تعتمد بشكل كبير على الخصائص الفيزيائية للمواد لذلك من الضروري دراسة هذه الخصائص وفهمها بشكل جيد من أجل اجراء بعض التحسينات اللازمة، يعتبر كل من التحليل الحراري الوزني (TGA) والتوصيلية الحرارية (k) من أهم الخصائص الفيزيائية التي تهتم الباحثين.

## (1-9-2) التحليل الحراري الوزني (TGA)

## Thermogravimetric Analysis

إن مصطلح الاستقرار الحرارية (Thermal Stability) يشير إلى التغيرات الحاصلة في واحدة أو أكثر من الخصائص الفيزيائية وتعتمد على درجة الحرارة والزمن، بصورة عامة توصف

الاستقرارية الحرارية بانها استقرارية مشتقة من قدرة البوليمر على مقاومة التفكك أو الانحلال [106]. يعد قياس فقدان الوزن كدالة لدرجة الحرارة بواسطة تقنية التحليل الحراري الوزني من أهم التقنيات المستعملة لتعيين الثبات الحراري للبوليمرات وتحديد درجة حرارة تفككها لذلك إن (TGA) تزودنا بمعلومات مباشرة عن الثبات الحراري للبوليمرات، ويمكن استعمالها أيضاً لتشخيص البوليمرات خاصة في حالة التفكك وإعطاء نواتج معروفة التركيب، إن (TGA) ينقسم الى نوعين هما (التحلل ذو درجة الحرارة الثابتة (Isothermal)، والتحلل بتغير درجة الحرارة (Non Isothermal) ، وفي أول نوع يتم تسجيل فقدان الوزن بمرور الزمن وبدرجة حرارة ثابتة، لكن في النوع الثاني تزداد درجة حرارة العينة بسرعة ثابتة مما يعني أنه يتم تسجيل الوزن مع زيادة درجة الحرارة، مما يوفر معلومات أكثر أهمية حيث يظهر أعلى حد للثبات الحراري [107].

## Thermal Conductivity

## (2-9-2) التوصيلية الحرارية (K)

تعتبر التوصيلية الحرارية احدى ظواهر انتقال الحرارة في المواد الصلبة، ويمكن تفسير كيفية تأثر المواد بالحرارة بهذه الظاهرة الفيزيائية، وتعرف التوصيلية الحرارية على انها كمية الحرارة المنتقلة في وحدة الزمن خلال وحدة المساحة عندما تختلف درجات حرارة السطح الداخلي والخارجي بمقدار درجة واحدة، وبشكل عام يكون التوصيل الحراري للمواد الصلبة أعلى من التوصيل الحراري للسوائل وهو أعلى من التوصيل الحراري للغازات، يحدث التوصيل الحراري في المواد الصلبة الموصلة عن طريق نقل الفونونات والإلكترونات الحرة من المناطق عالية الطاقة إلى المناطق منخفضة الطاقة، بينما في المواد شبه الموصلة والتي تحتوي بنيتها على العيوب والشوائب فإن الفونونات تقوم بالدور الأساسي في عملية التوصيل الحراري وتساهم الإلكترونات الحرة قليلاً في التوصيل الحراري لهذه المواد، أما بالنسبة للمواد العازلة فإن الفونونات تنقل الحرارة بشكل كامل بسبب قلة الإلكترونات الحرة، يعبر عن كمية الحرارة المنتقلة بواسطة تطبيق قانون فورير (Fourier's Law) وكما في العلاقة الآتية [95]:

$$Q = - K A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (38-2)$$

حيث إن:

Q: كمية الحرارة المنتقلة بوحدة (J/sec).

K: التوصيلية الحرارية بوحدة (W/m.K).

A: مساحة المقطع العمودي على اتجاه انتقال الحرارة بوحدة (m<sup>2</sup>).

$\frac{dT}{dx}$ : الانحدار الحراري (Thermal Gradient) بوحدة (°C/m).

وتوجد طرائق مختلفة لقياس التوصيلية الحرارية حسب نوع المادة سواء كانت موصلة أو عازلة وكما يلي:

### Searle's Method

#### • طريقة سيرل

تستعمل طريقة سيرل لقياس التوصيلية الحرارية للمواد ذات الموصلية الحرارية الجيدة مثل النحاس.

### Lee's Disc

#### • قرص لي

يستعمل لقياس التوصيلية الحرارية للمواد ذات الموصلية الحرارية رديئة التوصيل الحراري مثل المواد ذات الأساس البوليمري، كما في الشكل (2-11) حيث يتم وضع النموذج (S) بين الأقراص النحاسية (A,B)، وإن القرص (B) يمس المسخن الكهربائي (H) ثم يليه القرص (C)، وبناء على حساب كمية الحرارة للعينة المتمثلة بالقرص (S) يتم حساب (K) وفقا للعلاقة الآتية [96,108,109]:

$$K [(T_B - T_A) / ds] = e [ T_A + r/2 ( d_A + ds/4) T_A + ds T_B / 2r ] \dots\dots (39-2)$$

حيث ان:

e: كمية الطاقة الحرارية، ويمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$IV = \pi r^2 e (T_A + T_B) + 2\pi r e [d_A T_A + ds/2 (T_A + T_B + d_B T_B + d_C T_C)] \dots\dots (40-2)$$

حيث إن:

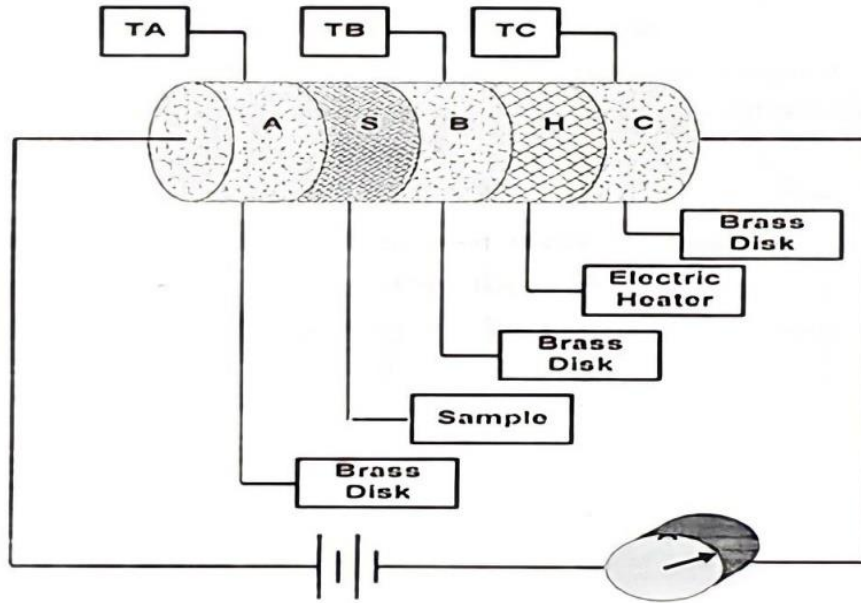
$T_A, T_B, T_C$ : تمثل درجة حرارة القرص (A, B, C) على التوالي.

d: سماكة القرص بوحدة (m).

I: التيار المار في ملف المسخن بوحدة (Ampere).

V: فرق الجهد على طرفي ملف المسخن بوحدة (Volt).

يوضح الشكل (11-2) قياس التوصيلية الحرارية [110].



الشكل (11-2): قياس التوصيلية الحرارية [110].

الفصل الثالث

(الجزء العملي)

Chapter Three

(Experimental Part)

**Introduction****(1-3) المقدمة**

يوضح هذا الفصل شرح مفصل للخطوات العملية التي تم إتباعها في الدراسة الحالية والتي تتضمن وصف المواد المستعملة وطريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي المستعملة في تحضير جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية، بالإضافة إلى تحضير الأغشية البوليمرية النقية (CMC-PAA) المحضرة بطريقة صب المحلول (Solution Casting) والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المضافة بنسب وزنية مختلفة (3, 5, 7) wt% المكلّسن عند درجات حرارية مختلفة ( $400, 600, 800$ ) °C، أيضاً تم وصف الأجهزة المستعملة في تحضير النماذج ودراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية والحرارية للأغشية المحضرة.

**Used Materials****(2-3) المواد المستعملة****Matrix Material****(1-2-3) المادة الأساس****(1-1-2-3) مواصفات كربوكسي ميثيل سليولوز المستخدم****Specifications Carboxymethyl Cellulose used**

كربوكسي ميثيل سليولوز (CMC) هو عبارة عن مسحوق أبيض إلى كريمي اللون، جيد الذوبان في الماء، وله استقراريه كيميائية عالية، وكما موضح في الشكل (1-3)، والجدول (1-3) يوضح خصائص (CMC).



الشكل (1-3): الشكل واللون لبوليمر (CMC).



الجدول (1-3): خصائص بوليمر كاربوكسي ميثيل سليلوز.

بوليمر كاربوكسي ميثيل سليلوز (CMC)	
~ 90,000 g/mol	الوزن الجزيئي
$[-CH_2COOH]_n$	الصيغة الجزيئية
1.6g/cm <sup>3</sup>	الكثافة
Water	المذيب
CAS. No. 9000-11-7	النوع
SINOCMC	الشركة

### (2-1-2-3) مواصفات بولي أكريلك اسيد المستخدم

#### Specifications Poly Acrylic Acid used

بولي اكريلك اسيد (PAA) هو عبارة عن مسحوق بلوري أبيض اللون يتحول إلى عديم اللون بعد إذابته في الماء المقطر، كما موضح في الشكل (2-3)، والجدول (2-3) يوضح خصائص (PAA).



الشكل (2-3): الشكل واللون لبوليمر (PAA).

الجدول (2-3): خصائص بوليمر بولي أكريلك اسيد.

بوليمر بولي أكريلك اسيد (PAA)	
250,000 g/mol	الوزن الجزيئي
$[C_3H_4O_2]_n$	الصيغة الجزيئية
1.051 g/cm <sup>3</sup>	الكثافة
Water	المذيب
CAS. No. 9007-03-1	النوع
Briture Co., Ltd./ China	الشركة

## Reinforcement Material

### (2-2-3) المادة المدعمة

تم تحضير جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية باستعمال طريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي التي تتميز بانها طريقة كيميائية بسيطة، وذات تكلفة منخفضة، وعدم السمية، ومن العوامل الضرورية والرئيسية لتصنيع جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية هي استعمال طريقة بسيطة، ومواد بدء رخيصة.

## Used Material

### (1-2-2-3) المواد المستعملة

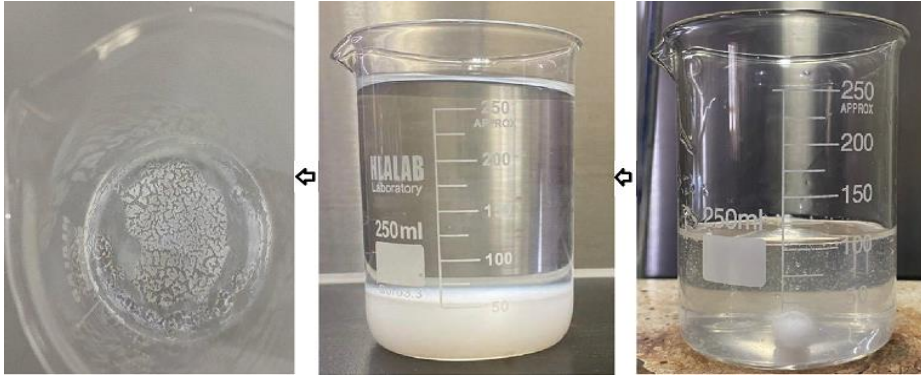
تم استعمال المواد الاولية الاتية: ثنائي كلوريد المغنيسيوم المائي ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )، ومحلول هيدروكسيد الامونيا ( $NH_4OH$ ) بتركيز (40%) التي تم شرائها من شركة (Sigma-Aldrich) بدون أي عمليات تنقية إضافية.

### (2-2-2-3) تحضير جسيمات أوكسيد المغنيسيوم النانوية

## Magnesium Oxide MgO Nanoparticles Preparation

تم تحضير جسيمات أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية باستعمال طريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي عن طريق إتباع الخطوات التالية: تم إذابة (0.2 M) من ثنائي كلوريد المغنيسيوم المائي ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) في (100 ml) من الماء المقطر (Distilled Water) وتمت الاذابة باستعمال جهاز الخلاط المغناطيسي تحت التحريك المستمر (Continues Stirring) للحصول على محلول متجانس (Homogenous Solution)، ثم تم إضافة محلول هيدروكسيد الامونيا ( $NH_4OH$ ) بتركيز (40%) ببطء (قطرة بعد قطرة) إلى المحلول

الأولي المتجانس حتى ضبط الأس الهيدروجيني (الحامضية) (pH=12) مع الخلط المستمر وتسخين عند درجة حرارة (50 °C) من أجل تبخر الماء (Water Evaporation)، بعد ثلاث ساعات تم الحصول على الراسب، بعدها تم غسل الراسب لعدة مرات بالماء المقطر، أخيراً تم تجفيف المادة الناتجة لمدة ثلاث ساعات في مجفف كهربائي عند درجة حرارة (150 °C)، الشكل (3-3) يستعرض بعض الخطوات العملية للتفاعل الكيميائي لتحضير جسيمات أكسيد المغنيسيوم النانوية ( $MgO_{NPs}$ ).



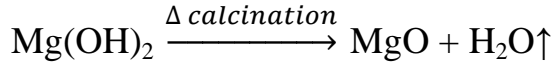
الشكل (3-3): الخطوات العملية للتفاعل الكيميائي لتحضير مادة أكسيد المغنيسيوم النانوي.

بعد اتمام عملية التجفيف تُسحق المادة إلى ان نحصل على مسحوق هيدروكسيد المغنيسيوم، ثم نضع المسحوق الناتج في جفنة حرارية ونجري عليه عملية الكلسنة (Calcination Process) عند درجات حرارية مختلفة (400, 600, and 800) °C لمدة أربع ساعات من أجل الحصول على جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية، يبين الشكل (4-3) مسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر.



الشكل (4-3): مسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي المحضر.

والمعادلة الآتية توضح عملية تحضير أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) عند درجات حرارية مختلفة ( $400, 600, \text{ and } 800$ ) °C:



## Samples Preparation

## (3-3) تحضير النماذج

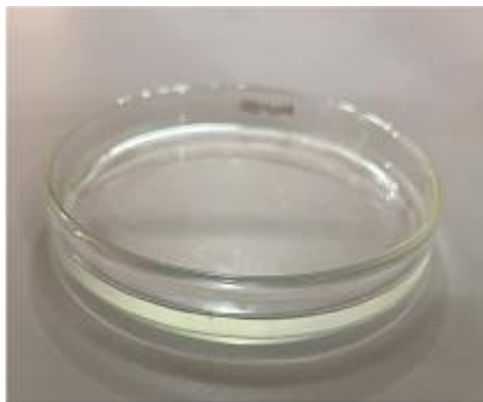
تم تحضير النماذج (الأغشية البوليمرية) في مرحلتين: تحضير الأغشية البوليمرية النقية، والأغشية البوليمرية المترابطة المدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية وكما يأتي:

### (1-3-3) تحضير الأغشية البوليمرية النقية

## Pure Polymeric Film Preparation

تم تحضير غشاء بوليمري مكون من الخليط (CMC-PAA) باستعمال طريقة صب المحلول (Solution Casting) على قوالب زجاجية (Glass Substrates)، تم تحضير الغشاء البوليمري النقي المكون من الخليط (CMC-PAA).

حيث تم خلط بوليمر كاربوكسي ميثيل سليلوز (CMC) مع بوليمر بولي اكريلك اسيد (PAA) بنسبة خلط وزنية (PAA 50% : CMC 50%) اعتمادا على افضل نسبة خلط عن طريق إضافة (0.5 g) من بوليمر (CMC) و (0.5 g) من بوليمر (PAA) الى (10 ml) من الماء المقطر (Distilled Water) مع الخلط المستمر باستعمال الخلاط المغناطيسي (Magnetic Stirrer) تحت درجة حرارة (50 °C) لمدة ثلاث ساعات لأجل الحصول على محلول بوليمري متجانس، ثم تم صب المحلول في القوالب الزجاجية للحصول على أغشية (CMC-PAA)، بعدها تم وضعها في الفرن (Oven) لمدة معينة عند درجة حرارة (50 °C) من أجل التجفيف (التخلص من الرطوبة وبقايا المذيب). بعد عدة أيام تم رفع أغشية (CMC-PAA) المحضرة من القوالب الزجاجية بعناية وحفظها بحافظات بلاستيكية من أجل إجراء الفحوصات المطلوبة، تم قياس سماكة الأغشية المحضرة بواسطة جهاز (Micrometer) وأخذ قياسات من أماكن مختلفة لسطح الأغشية للحصول على معدل السماكة ليكون (30 μm)، الشكل (3-5) يبين غشاء الخليط الابيض اللون (CMC-PAA) المحضر.

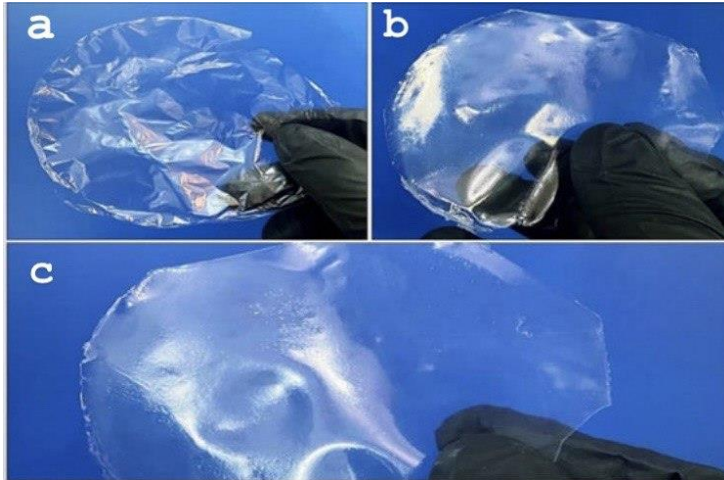


الشكل (5-3): غشاء الخليط الابيض اللون (CMC-PAA) النقي الشفاف.

### (2-3-3) تحضير الأغشية النانوية المركبة

#### Nanocomposite Film Preparation

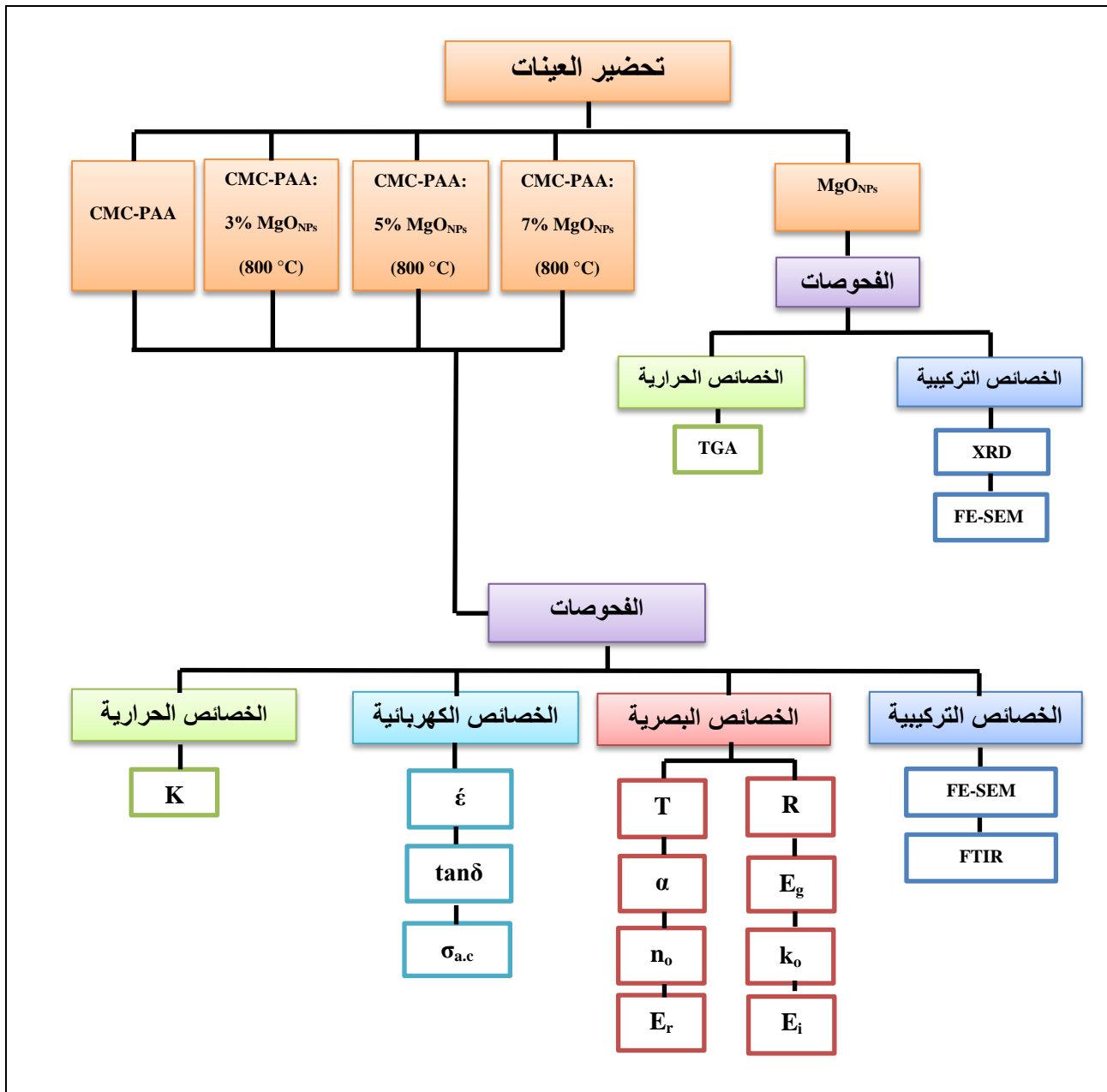
تم تحضير أغشية المترابكات البوليمرية النانوية الناتجة من الخليط البوليمري (CMC-PAA) كمادة أساس بنسبة وزنية (CMC 50%: PAA 50%)، والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (3, 5, 7) wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسن عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )، تم إضافة وزن محدد لكل من بوليمر (CMC) و بوليمر (PAA) إلى (10 ml) من الماء المقطر (Distilled Water) مع الخلط المستمر باستعمال جهاز الخلاط المغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة ثلاث ساعات عند درجة حرارة ( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) لأجل الحصول على محلول متجانس، ثم تم إضافة نسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة، أخيراً تم إجراء عملية الصب والتجفيف والحفظ كما ذكر مسبقاً في الفقرة السابقة، الشكل (6-3) يبين صور للأغشية البوليمرية المترابكة النانوية المحضرة بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )، الجدول (3-3) يوضح النسب الوزنية المستعملة في تحضير الأغشية البوليمرية النقية والمترابكة النانوية، ويوضح الشكل (7-3) تحضير الأغشية البوليمرية المحضرة والفحوص المنجزة.



الشكل (3-6): الأغشية المترابطة البوليمرية بنسب وزنية مختلفة  
(a) 3% (b) 5% (c) 7%.

الجدول (3-3): النسب الوزنية المستعملة في تحضير الأغشية البوليمرية النقية  
والمترابطة النانوية.

(CMC:PAA)(wt%)	(MgO <sub>NPs</sub> )(wt%)
<b>50:50</b>	<b>800 °C</b>
100%	<b>0%</b>
97%	<b>3%</b>
95%	<b>5%</b>
93%	<b>7%</b>



الشكل (3-7): مخطط للأغشية البوليمرية المحضرة والفحوص المنجزة.

## Used Equipments

## (4-3) الأجهزة المستعملة

### Structural Test Equipments

### (1-4-3) أجهزة الفحوص التركيبية

### X-ray Diffraction

### (1-1-4-3) جهاز حيود الأشعة السينية

إن قياسات حيود الأشعة السينية (XRD) هي تقنية تحليلية تزودنا بالمعلومات حول التركيب البلوري (Crystal Structure) والحجم البلوري (Crystalline Size) للمواد التي تم تحضيرها، تم إجراء قياس حيود الأشعة السينية لجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة قبل عملية الكلسنة وعند ثلاث درجات حرارية مختلفة ( $400, 600, \text{ and } 800$ ) °C باستعمال جهاز حيود الأشعة السينية نوع (Shimadzu XRD-6000 Powder) مع مادة هدف: (نوع Cu) ( $K\alpha$ )، وفرق جهد ( $40 \text{ kV}$ )، وتيار كهربائي ( $30 \text{ mA}$ )، وبمعدل طول موجي ( $1.5418 \text{ \AA}$ ) الموجود في (وزارة العلوم والتكنولوجيا- دائرة بحوث المواد- بغداد) وكما مبين في الشكل (3-8)، تم تشخيص مواقع القمم (Peaks) عن طريق تسليط حزمة من الأشعة السينية على سطح المسحوق عند مدى الزوايا ( $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$ ) التي يحصل عندها تداخل بناء للأشعة السينية نتيجة انعكاسها من السطوح البلورية لجسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة، وبالمقارنة بين أنماط الأشعة السينية التي تم الحصول عليها وبطاقات (JCPDS) القياسية يمكن بواسطتها تحديد التركيب البلوري (Crystal Structure) للمساحيق التي تم تحضيرها، أيضا يمكن الحصول من خلال هذه التقنية على معالم تركيبية عدة منها: (زوايا الحيود ( $\theta$ ))، الحجم البلوري، أقصى عرض عند منتصف الشدة (FWHM)، والمسافة البينية بين المستويات البلورية ( $d_{hkl}$ ) وغيرها).



الشكل (3-8): جهاز حيود الأشعة السينية (XRD).



**(2-1-4-3) جهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال****Field Emission Scanning Electron Microscopes**

تم إجراء فحص المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM) لجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة قبل وبعد عملية الكلسنة، أيضاً تم إجراء الفحص للأغشية البوليمرية النقية والمدعمة بالجسيمات النانوية المحضرة، نوع الجهاز المستعمل هو (FEI Inspect F50)، تم تصنيعه من قبل شركة (FEI)، الموجود في (جامعة طهران- إيران)، مبدأ عمل جهاز (FE-SEM) هو أن تعطي صورة للعينة بعد أن يتم مسح سطح العينات بحزمة من الإلكترونات تنتج إشارات مرتدة من سطح العينة تزودنا بالمعلومات عن طبيعة السطح وتكوينه، الهدف من فحص (FE-SEM) انه يعطينا معلومات حول تركيب العينة والتضاريس السطحية [111]، الشكل (9-3) يبين صورة جهاز (FE-SEM).



الشكل (9-3): جهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM).

**(3-1-4-3) جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء****Fourier-transform infrared Spectroscopy**

تم إجراء فحص التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتحويلات فورييه (FTIR) للأغشية النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية لأجل الكشف عن المجموعات الوظيفية العضوية في معظم المواد، نوع الجهاز المستعمل هو (Shimadzu Japan-IR Affinity-1) ياباني المنشأ، الموجود في (كلية العلوم- جامعة ديالى- العراق)، ان مطياف (FTIR) يعتمد على ظاهرة امتصاص الأشعة تحت الحمراء بواسطة الموجات فوق الصوتية، الشكل (10-3) يوضح صورة مطياف الأشعة تحت الحمراء.



الشكل (10-3): مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR).

### Optical Properties Test (2-4-3) فحص الخصائص البصرية

تم تسجيل طيفي النفاذية والانعكاسية (Transmittance and Reflectance Spectrum) للأغشية البوليمرية النقية والمترابطة المحضرة كدالة للطول الموجي (Wavelength)، وبمدى طول موجي nm (200-1200) عند درجة حرارة الغرفة (25 °C)، نوع الجهاز المستعمل هو (Double Beam Spectrophotometer UV-Visible 1800) والمصنع من قبل شركة (Shimadzu) ياباني المنشأ، الموجود في (كلية العلوم- جامعة ديالى- العراق)، تم حساب الثوابت البصرية : (معامل الامتصاص (Absorption Coefficient)، فجوة الطاقة (Energy Gap)، معامل الانكسار (Refractive Index)، معامل الخمود (Extinction Coefficient)، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي ( Real and Imaginary parts of Dielectric Constant))، الشكل (11-3) يبين صورة جهاز (UV-VIS).



الشكل (11-3): جهاز مطياف (UV-VIS).

## Electrical Properties Test

### (3-4-3) فحص الخصائص الكهربائية

تم إجراء الفحوصات الكهربائية (العزلية) للأغشية البوليمرية النقية والمترابطة المحضرة والمتضمنة كل من: (ثابت العزل الكهربائي (Dielectric Constant)، عامل فقد العزلي (Dissipation Factor)، والتوصيلية الكهربائية المتناوبة (AC Electrical Conductivity) كدالة للتردد)، باستعمال جهاز (LCR Metter)، نوع (Agilent Impedance Analyz 4294A)، ذي منشأ (Tawan)، الموجود في (كلية العلوم- جامعة ديالى- العراق)، عند درجة حرارة الغرفة (25 °C)، تعطي هذه التقنية معلومات عن الترابط الإلكتروني في الجزيء، الشكل (12-3) يوضح صورة الجهاز المستعمل.



الشكل (12-3): جهاز فحص الخصائص الكهربائية (LCR Metter).

## Thermal Properties Test

### (4-4-3) فحص الخصائص الحرارية

#### (1-4-4-3) جهاز التحليل الحراري الوزني

## Thermal Gravimetric Analysis

تم إجراء فحص التحليل الحراري الوزني (TGA) لجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المحضرة قبل عملية الكلسنة باستعمال جهاز نوع (Mettler Toledo- Star System)، الموجود في (جامعة طهران- ايران)، لأجل التعرف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينة وذلك بواسطة مراقبة تغير كتلة المادة كدالة لدرجة الحرارة بوجود الأوكسجين، وبمدى تسخين من درجة حرارة °C (25-1000) وبمعدل تسخين (12 درجة مئوية/دقيقة)، يكون وزن العينة متغيراً أثناء فحص التحليل الحراري (TGA) نتيجة عمليات الأكسدة والانحلال الحراري، الهدف من

التحليل الحراري هو تحديد درجة حرارة تحلل المواد العضوية والتحولت الطورية ضمن المادة المحضرة [112]. الشكل (13-3) يبين صورة جهاز التحليل الحراري الوزني (TGA).

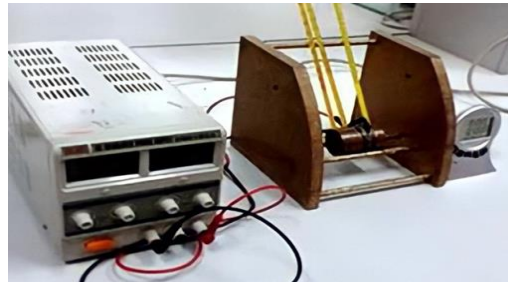


الشكل (13-3): جهاز التحليل الحراري الوزني (TGA).

### Thermal Conductivity

### (2-4-4-3) جهاز التوصيلية الحرارية

تم استعمال جهاز قرص لي (Lee's Disc)، المصنع من قبل شركة (Griffen & George) الانكليزية، الموجود في (كلية العلوم- جامعة ديالى- العراق) كما موضح في الشكل (14-3)، لأجل قياس التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity) للأغشية البوليمرية النقية والمتراكبة المحضرة، وذلك عن طريق حساب معامل التوصيل الحراري (K)، والذي يتكون من ثلاثة أقراص (A, B, C) ومسخن كهربائي (Heater) يربط إلى دائرة كهربائية، وعند القياس توضع الأغشية المراد اختبارها بين القرصين (A, B)، بينما يوضع مسخن كهربائي (Heater) بين القرصين (B, C)، وتسخن الاقراص عند تشغيل مجهر القدرة ويبدأ انتقال الحرارة من المسخن إلى الاقراص (B, C) المجاورة ومن ثم إلى القرص الذي يليه (العينة تحت الفحص) حتى تصل الحرارة إلى القرص الأخير (A)، وعند الوصول لحالة الاتزان الحراري (Thermal Conductivity) تُسجل قراءة المحارير الموجودة في كل الاقراص وهي  $(T_A, T_B, T_C)$ .



الشكل (14-3): جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي).

الفصل الرابع

(النتائج والمناقشة)

Chapter Four

(Result and Discussion)

## Introduction

## (1-4) المقدمة

يستعرض هذا الفصل نتائج الفحوصات التركيبية (Structural)، البصرية (Optical)، الكهربائية (Electrical)، والحرارية (Thermal) التي تم إجرائها ومناقشتها للمواد المحضرة والمتضمنة بمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي المحضر بطريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي والمكلسن عند درجات حرارية مختلفة  $(400, 600, 800) ^\circ C$  وأغشية الخليط البوليمري ( $CMC50 \% : PAA50 \%$ ) النقية المحضرة بطريقة صب المحلول (Solution Casting) والمدعمة بمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي بنسب خلط وزنية مختلفة  $(0, 3, 5, \text{ and } 7) \text{ wt}\%$ .

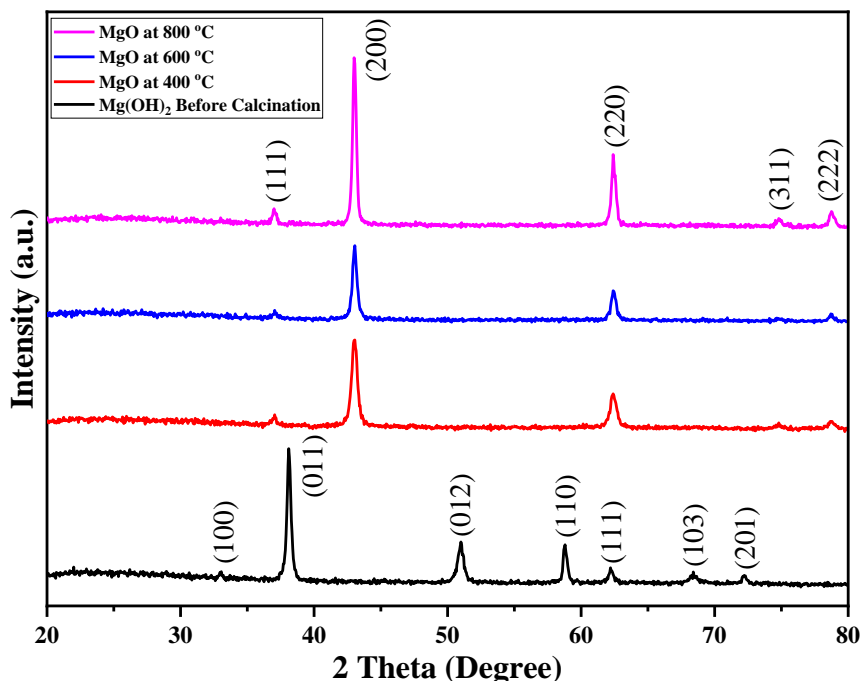
## Structural Characterizations

## (2-4) الخصائص التركيبية

### X-ray Diffraction

### (1-2-4) حيود الأشعة السينية (XRD)

تم إجراء فحص حيود الأشعة السينية (XRD) من أجل تحديد التركيب البلوري (Crystalline Structure) والحجم البلوري (Crystalline Size) لمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي قبل وبعد عملية الكلسنة (Calcination Process) المحضر بطريقة الترسيب الكيميائي، باستعمال جهاز حيود الأشعة السينية نوع (Shimadzu XRD-6000 Powder) مع أشعة سينية نوع (Cu  $K\alpha$ ) بمعدل طول موجي ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ) وضمن المدى ( $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$ )، الشكل (1-4) أنماط حيود الأشعة السينية (XRD Patterns) لأوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة  $(400, 600, \text{ and } 800) ^\circ C$ . أظهرت النتائج الكشف عن عدة قمم تشخيصية للمسحوق المحضر قبل عملية الكلسنة عند ( $2\theta = 32.86^\circ, 38.01^\circ, 50.88^\circ, 58.71^\circ, 62.12^\circ, 68.31^\circ, 72.12^\circ$ ) للمستويات البلورية (100)، (011)، (012)، (110)، (111)، (103) و (201) على التوالي، والتي تشير إلى تشكيل هيدروكسيد المغنيسيوم ( $Mg(OH)_2$ ) النقي ذو تركيب بلوري سداسي (Hexagonal Crystal Structure) بهيكل بلوري (P-3m1 no.164)، وأبعاد بلورية ( $a=b=3.142 \text{ \AA}$  and  $c=4.766 \text{ \AA}$ ) وزوايا بلورية ( $\alpha=\beta=90^\circ$  and  $\gamma=120^\circ$ )، والذي يتطابق مع الطيف القياسي لحيود الأشعة السينية (JCPDS 01-076-0667).



الشكل (1-4) أنماط حيود الأشعة السينية (XRD) لأوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة (400, 600, and 800) °C.

يبين الشكل (1-4) إن بعد عملية الكلسنة (Calcination Process) عند درجات حرارية مختلفة (400, 600 and 800) °C نلاحظ تحول بالطور (Phase Transition) حيث تم الكشف عن قمم تشخيصية جديدة عند ( $2\theta = 36.98^\circ, 42.98^\circ, 62.38^\circ, 74.81^\circ, 78.76^\circ$ ) البلورية (111)، (200)، (220)، (311) و (222) والتي تشير إلى تشكيل أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي متعدد التبلور (Polycrystalline) عند الدرجة الحرارية (400 °C) ذو التركيب البلوري المكعب (Cubic Crystal Structure) بهيكل بلوري (Fm-3m no.225)، وأبعاد بلورية ( $a=b=c = 4.209 \text{ \AA}$ ) وزوايا بلورية ( $\alpha=\beta=\gamma = 90^\circ$ ) والذي يتطابق مع الطيف القياسي لحيود الأشعة السينية (JCPDS 01-077-2364). لوحظ ان مع زيادة درجة حرارة عند (600 and 800) °C فان القمم التشخيصية تصبح أكثر حدة (Sharper) وأعلى شدة (High Intensity) وهذا يرجع إلى درجة التبلور العالية (High Crystallinity Degree) لمسحوق أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي [113]، وإن النمو البلوري يكون بنفس النظام المكعب عند جميع الدرجات الحرارية. من خلال استعمال معادلة شيرر (Scherrer) (4-2) تم حساب الحجم

البلوري (Crystalline Size) للاتجاه المفضل للنمو (لأوكسيد المغنيسيوم عند اتجاه (200) ولهيدروكسيد المغنيسيوم عند اتجاه (011)) قبل وبعد عملية الكلسنة ليكون (19.33 nm) قبل عملية الكلسنة و (13.74 nm)، (17.01 nm)، (21.24 nm) بعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة °C (400, 600, and 800) على التوالي، حيث بينت النتائج انخفاض في الحجم الحبيبي بعد عملية الكلسنة عند درجة حرارة (400 °C) نتيجة عملية التجفيف لهيدروكسيد المغنيسيوم (Mg(OH)<sub>2</sub>) للحصول على أوكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>)، وان الحجم الحبيبي للجسيمات يزداد مع ارتفاع درجة حرارة الكلسنة عند °C (600 and 800)، وهذا يرجع بسبب الغاء الحدود الحبيبية بين البلورات المتجاورة بسبب اكتسابها الطاقة الكافية لمزيد من التبلور. ظهر هذا النمو في الحجم البلوري كإنخفاض في قيم العرض الكامل عند منتصف الشدة (FWHM) لخطوط الحيود مع زيادة درجة الحرارة [114-116]، الجدول (1-4) يستعرض قيم الحجم البلوري وبعض المعلمات البلورية للمسحوق المحضر قبل وبعد عملية الكلسنة التي تم حسابها من خلال فحص حيود الأشعة السينية (XRD).

الجدول (1-4) : المعلمات البلورية لجسيمات أوكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>) للاتجاه المفضل للنمو قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجات حرارية مختلفة °C (400, 600, and 800).

Powder	2θ (deg)	2θ (deg)	FWHM (deg)	Crystalline size (nm)	d <sub>hkl</sub> (Å)	d <sub>hkl</sub> (Å)	(hkl)
	Practical	Standard			Practical	Standard	
Before	38.12	38.05	0.3884	19.33	2.3588	2.36304	(011)
<b>Calcination</b>							
400 °C	43.02	42.941	0.5377	13.74	2.1008	2.1045	(200)
600 °C	43.04	42.941	0.4343	17.01	2.0999	2.1045	(200)
800 °C	43.02	42.941	0.3479	21.24	2.1008	2.1045	(200)

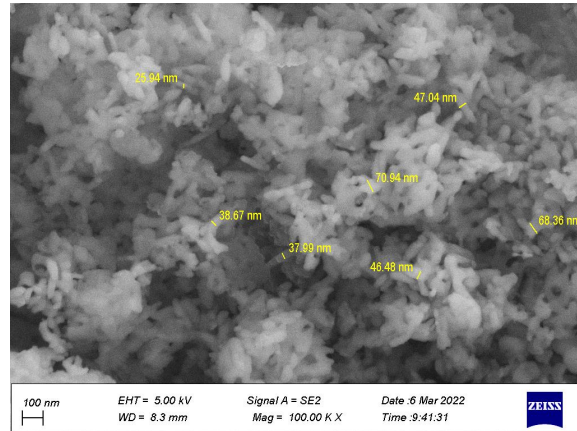
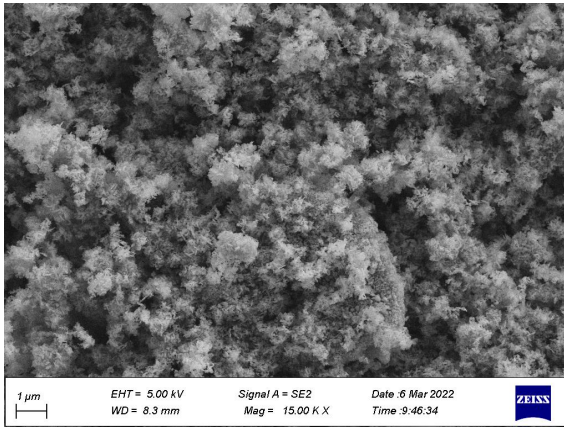
#### (2-2-4) المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)

### Field Emission-Scanning Electron Microscopes

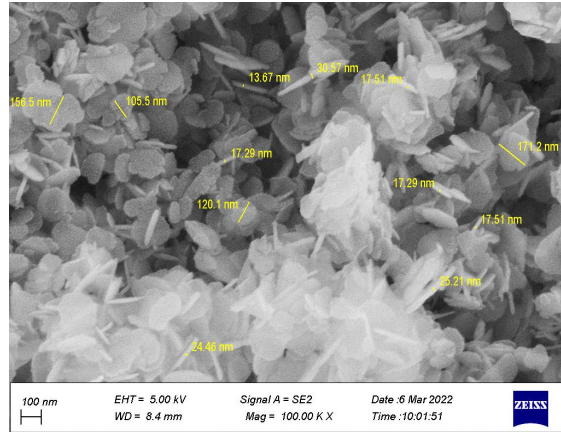
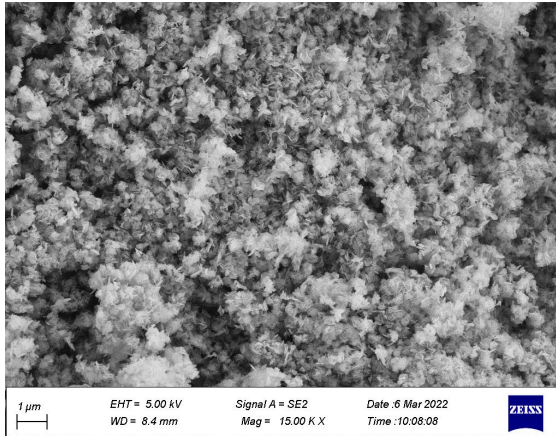
معرفة طبيعة السطح (Surface Morphological) والشكل لمسحوق أوكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>) النانوي الذي تم تحضيره بطريقة الترسيب الكيميائي، تم دراسة مورفولوجية السطح للنماذج المحضرة بواسطة المجهر الإلكتروني نوع (FEI INSPECT F50) باستعمال فرق جهد (40 kV).



توضح الأشكال (2-4) و(3-4) الصور المجهرية لمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي قبل وبعد عملية الكلسنة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}C$ ). تم تمثيل مسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية قبل عملية الكلسنة كمجاميع كثيفة من الجسيمات النانوية، ونلاحظ إن المسحوق النانوي في حالة زيادة في التبلور والحجم الحبيبي وتغير التركيب النانوي، ويعزى ذلك إلى ان ارتفاع درجة حرارة الكلسنة يؤدي إلى استمرار النمو البلوري للحبيبات واندماجها مع بعضها البعض ومن ثم زيادة الحجم الحبيبي [120].



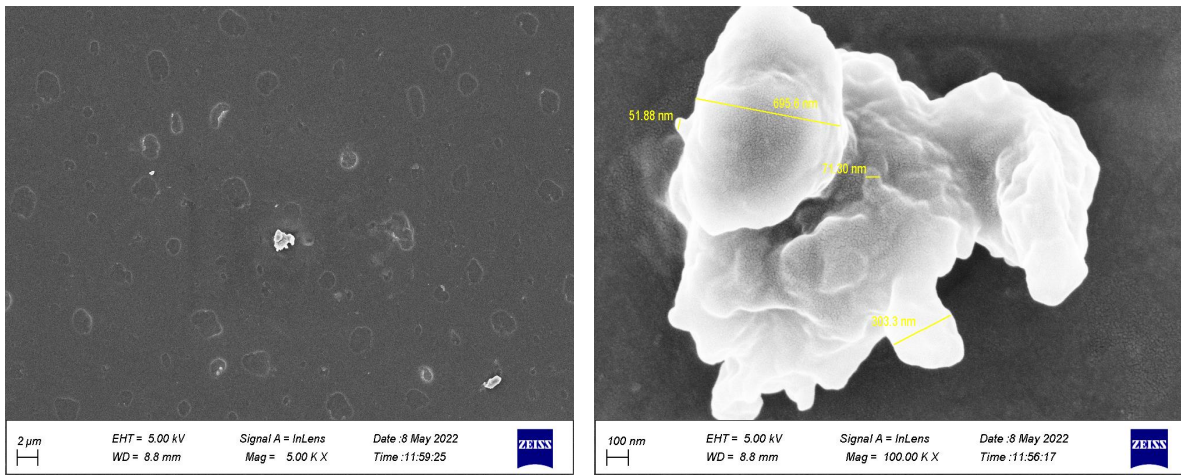
الشكل (2-4): صور (FE-SEM) لمسحوق ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر قبل عملية الكلسنة.



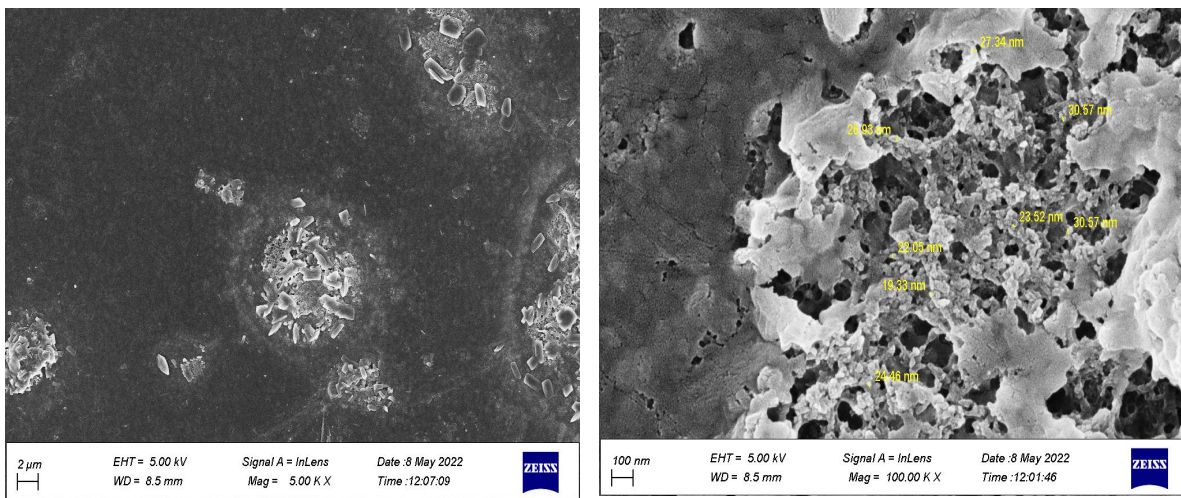
الشكل (3-4): صور (FE-SEM) لمسحوق ( $MgO_{NPs}$ ) المحضر بعد عملية الكلسنة عند ( $800\text{ }^{\circ}C$ ).

أيضاً تم إجراء فحص المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM) للأغشية المحضرة (CMC-PAA) قبل وبعد التدعيم بمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي بنسبة (7%) عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}C$ ). يوضح الشكل (4-4) الصور المجهرية للأغشية النقية.

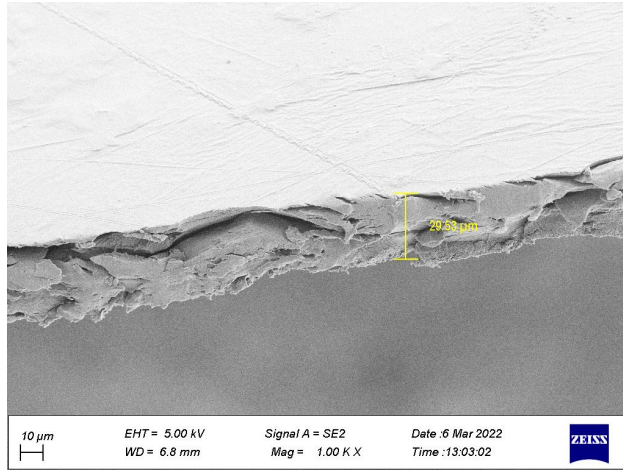
تبيين الصور إن غشاء (CMC-PAA) النقي متجانس (Homogeneous) وهذا يتطابق مع [51]، وعند إضافة جسيمات مسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية بنسبة (7 %) عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) كما في الشكل (4-5) تبيين الصور إن الأغشية البوليمرية المدعمة بالجسيمات النانوية ( $CMC-PAA: MgO_{NPs}$ ) تحتوي على العديد من التكتلات موزعة على السطح، حيث تشير النتائج إلى إن الجسيمات النانوية ( $MgO_{NPs}$ ) تميل إلى تكوين مجاميع مشتتة في أغشية المركبات النانوية. ويوضح الشكل (4-6) صورة (Cross-Section) لغشاء ( $CMC-PAA: 7\text{ wt}\% MgO_{NPs}$  at  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [119,120].



الشكل (4-4): صور (FE-SEM) للأغشية النقية.



الشكل (4-5): صور (FE-SEM) للأغشية المدعمة بالجسيمات النانوية ( $MgO_{NPs}$ ).



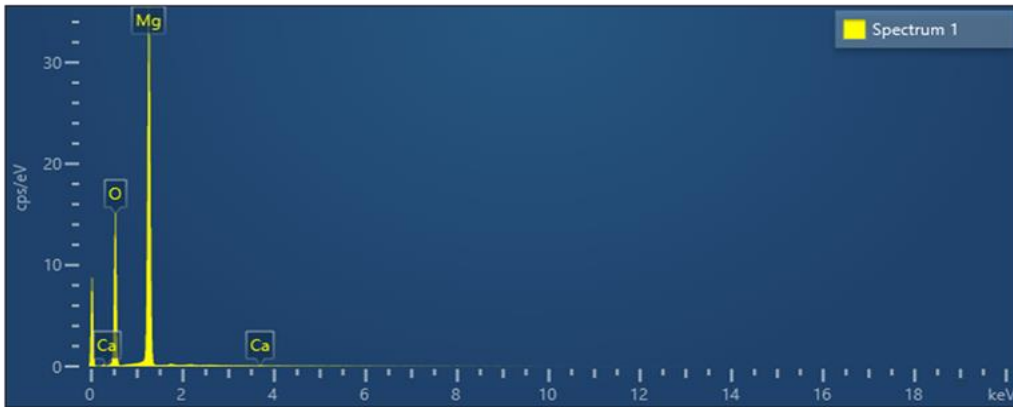
الشكل (4-6): صورة (Cross-Section)

لغشاء (CMC-PAA: 7 wt% MgONPs at 800 °C).

### (3-2-4) نتائج فحوصات مطيافية تشتت الطاقة (EDS)

#### Results Energy Dispersive Spectrometer Tests

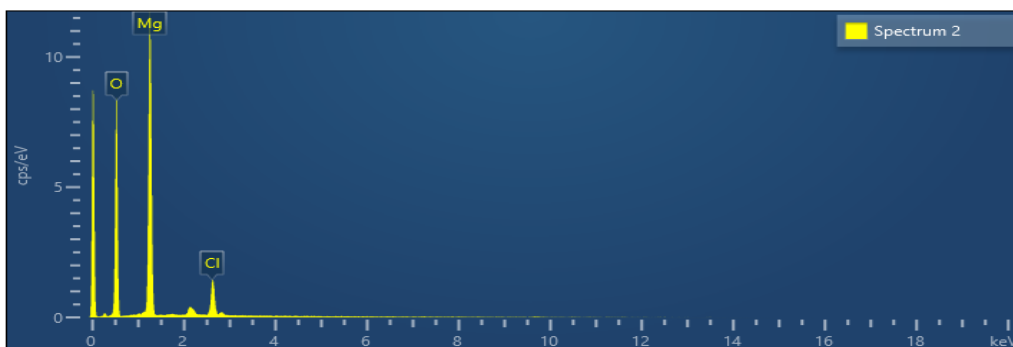
تستعمل تحاليل مطيافية تشتت الطاقة (EDS) لأجل معرفة النسب الوزنية والذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجسيمات النانوية المحضرة، وتم الحصول على نسب مختلفة لكل من (المغنيسيوم، الأوكسجين، الكالسيوم، والكلور) في الجسيمات النانوية المحضرة قبل وبعد عملية الكلسنة (Calcination Process) عند (800 °C)، الأشكال (4-7)، (4-8) توضح مخططات (EDS) للجسيمات النانوية المحضرة، والجداول (4-2)، (4-3) تبين نسب العناصر لتحليل (EDS) للجسيمات النانوية المحضرة.



الشكل (4-7): مخطط (EDS) لجسيمات (MgONPs) النانوية قبل عملية الكلسنة.

الجدول (2-4): نسبة العناصر في جسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية المحضرة قبل عملية الكلسنة.

Element	Weight (%)	Atomic (%)
O	48.98	59.36
Mg	50.87	40.57
Ca	0.15	0.07
Total	100.00	100.00



الشكل (8-4): مخطط (EDS) لجسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية بعد عملية الكلسنة عند درجة حرارة (800 °C).

الجدول (3-4): نسبة العناصر في جسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية المحضرة بعد عملية الكلسنة عند (800 °C).

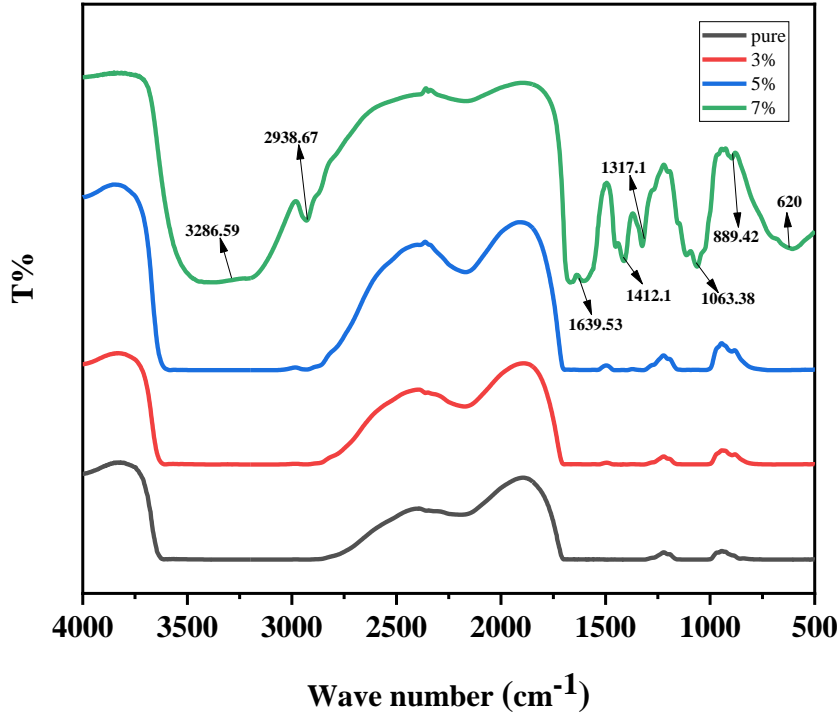
Element	Weight (%)	Atomic (%)
O	57.51	68.41
Mg	35.73	27.96
Cl	6.76	3.63
Total	100.00	100.00

#### (4-2-4) مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)

### Fourier- Transform Infrared Spectroscopy

تم إجراء فحص مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) للأغشية المحضرة من أجل معرفة المجاميع الفعالة عن طريق قياس طيف النفاذية (Transmittance Spectrum) كدالة للعدد الموجي (Wave Number) ضمن المدى (500-4000) cm<sup>-1</sup>، الشكل (9-4) يستعرض أطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR Spectra) المميزة لأغشية (CMC-PAA) المحضرة

بطريقة صب المحلول (Solution Casting) قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة بطريقة صب المحلول (Solution Casting) قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة (800 °C).



الشكل (9-4): طيف الأشعة تحت الحمراء لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة (800 °C).

يبين الشكل (9-4) تغير شدة القمم التي تعود للبوليمر تثبت وجود تفاعل بين الجسيمات النانوية ومزيج البوليمر والذي يسبب تحسين خصائص البوليمر. لوحظ نطاقات عريضة لجميع العينات عند حوالي ( $3286.59 \text{ cm}^{-1}$ ) بسبب مجموعات (O-H) في سلسلة مصفوفة البوليمر وهذا يتفق مع [121]، القمم عند ( $2938.67 \text{ cm}^{-1}$ ) تكون مرتبطة بتمدد الاصرة (C-H) الموجودة وهذا يتفق مع [122]، عند ( $1639.53 \text{ cm}^{-1}$ ) يحدث وضع التمدد في الاصرة (C=C) سبب ذلك هو امتصاص الاصرة لأشعة (FTIR) وهذا يتفق مع [123]، عند ( $1412.1 \text{ cm}^{-1}$ ) تحدث اهتزازات الانحناء (Bending Vibrations) غير المتماثل لمجموعة ( $-CH_2$ ) وهذا يتفق مع [48,56,125]، أما عند ( $1317.14 \text{ cm}^{-1}$ ) تشير إلى اهتزازات الانحناء لمجموعة (OH-)، عند

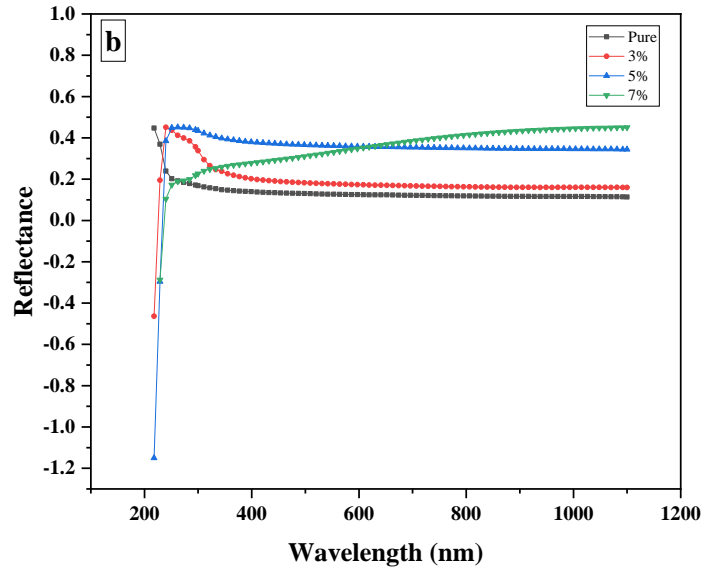
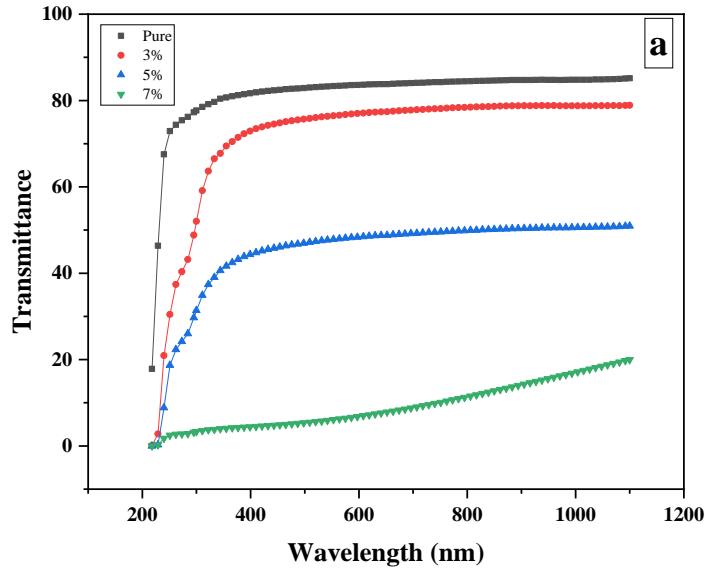
$1063.38, 889.42 \text{ cm}^{-1}$  نتيجة امتصاص الاواصر لأشعة (FTIR) يحدث وضع التمدد في الاواصر (C-O, C=C) على التوالي وهذا يتفق مع [123]، كل هذه الاواصر تعود لمزيج البوليمر مع ظهور قمة جديدة تقع عند (620) تعود لأصرة (Mg-O) وهذا يتفق مع [124].

## Optical Properties

## (3-4) الخصائص البصرية

تم دراسة الخصائص البصرية للأغشية البوليمرية (CMC-PAA) المحضرة بطريقة صب المحلول قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800 \text{ }^\circ\text{C}$ ). الغرض الرئيسي من دراسة الخصائص البصرية للمركبات النانوية (CMC-PAA:  $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) هو التعرف على تأثير إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) النانوية على الخصائص البصرية لبوليمر (PAA-CMC).

تم حساب الثوابت البصرية (معامل الامتصاص، فجوة الطاقة، معامل الانكسار، معامل الخمود، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي). تعتبر دراسة طيف النفاذية والانعكاسية (Transmittance and Reflectance Spectrum) طريقة فعالة لفهم وتطوير فجوة الطاقة وتركيب البوليمرات، الشكل (4-10) يبين طيف النفاذية والانعكاسية لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800 \text{ }^\circ\text{C}$ ).



الشكل (10-4): (a) طيف النفاذية (b) الانعكاسية

لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية أدت إلى نقصان نسبة النفاذية للغشاء (CMC-PAA) المحضر وهذا الانخفاض يزداد مع زيادة نسب جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية، وان نسبة النفاذية للنماذج المحضرة تزداد بزيادة الطول

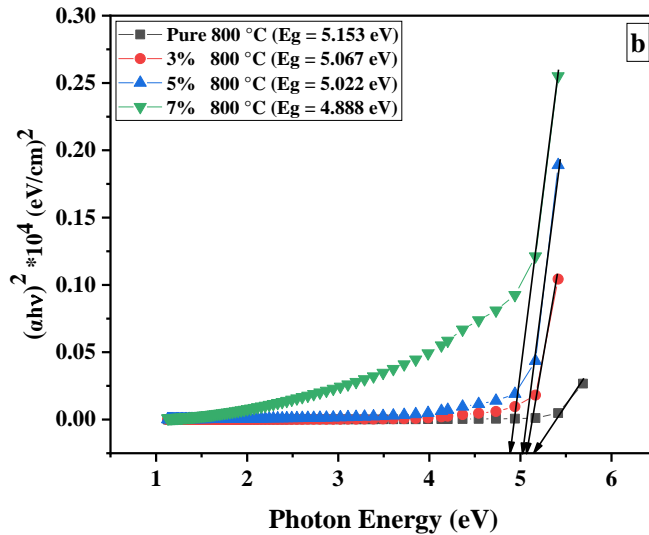
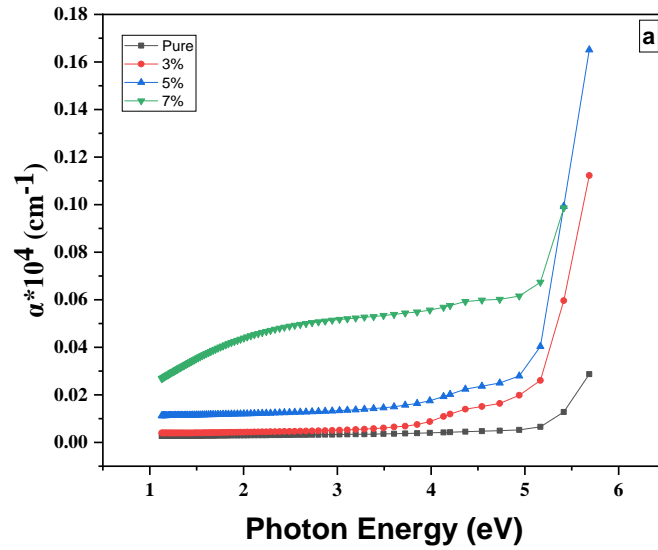
الموجي (Wavelength) حتى تستقر تقريبا عند الطول الموجي أعلى من (650 nm)، حيث ان بزيادة نسبة وزن الجسيمات النانوية تزداد كثافة الجسيمات النانوية وهذا يزيد من حدوث عملية التشتت (Disperse) مما يؤدي إلى انخفاض في النفاذية وهذا يتفق مع [125]. بينما نسبة الانعكاسية للغشاء (CMC-PAA) المحضر تزداد عند إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية، كذلك نلاحظ ان نسبة الانعكاسية تنخفض مع زيادة الطول الموجي للضوء الساقط بصورة ملحوظة حتى تستقر تقريبا عند الطول الموجي أعلى من (650 nm)، وهذا يرجع إلى ان جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية ضمن تركيب غشاء (CMC-PAA) المحضر تمتص (Absorb) جزء من الضوء الساقط على الغشاء وتشتت (Disperse) الجزء الآخر [126]، الجدول (4-4) يبين قيم النفاذية للعينات عند (حافة الامتصاص، متوسط الامتصاص، وأعظم امتصاص).

الجدول (4-4): نفاذية الأغشية المحضرة عند (حافة الامتصاص، متوسط الامتصاص، وأعظم امتصاص).

$MgO_{NPs}$ Concentration (%)	T% (edge)	T% (middle)	T% (maximum)	T% (average)
CMC-PAA	17.578	83.316	85.091	61.995
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (3%)	0.343	76.998	78.772	52.038
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (5%)	0.188	48.891	51.412	33.497
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (7%)	0.051	7.337	19.757	9.048

تم حساب معامل الامتصاص (Absorption Coefficient) وفجوة الطاقة (Energy Gap) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة (800 °C) عن طريق المعادلات (2-5) و(2-16)، وكما موضح في الشكل (4-11) الذي يستعرض معامل الامتصاص وفجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون.





الشكل (4-11): (a) معامل الامتصاص (b) فجوة الطاقة

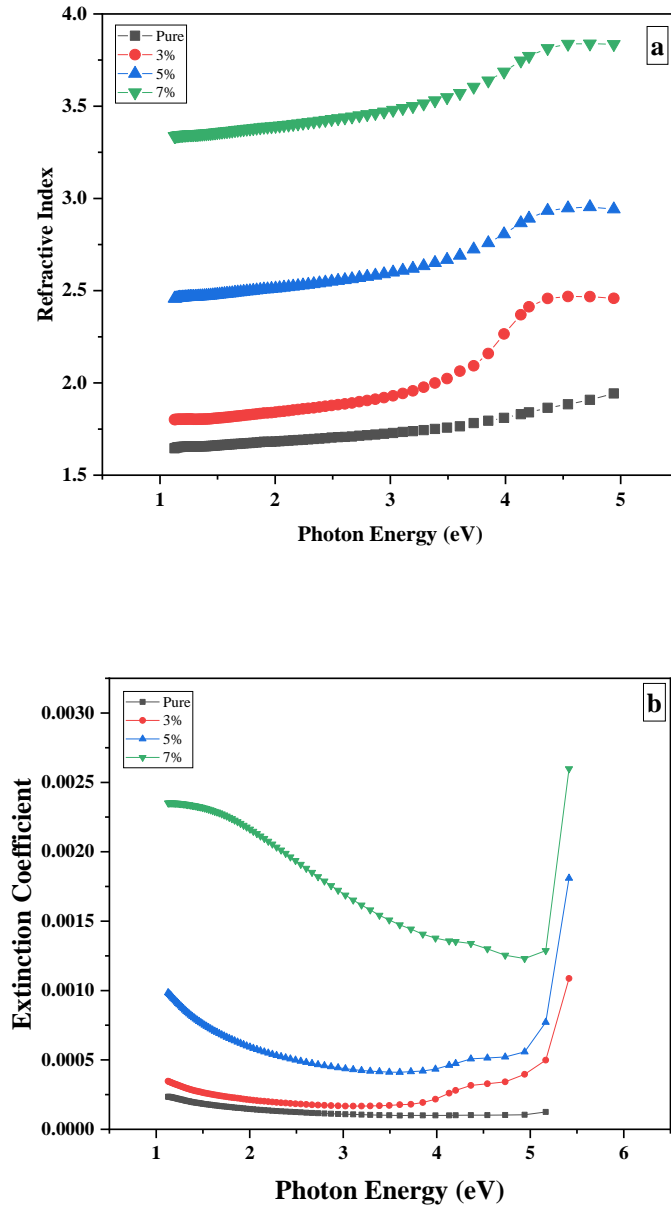
للأغشية النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية.

إن معامل الامتصاص لجميع الأغشية المحضرة مرتفع عند الطاقات العالية ويقل مع نقصان طاقة الفوتون مما يعني أن انتقال الإلكترون له امكانية عالية هذا يعني إن طاقة الفوتون الساقط كافية لنقل الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، يساعد معامل الامتصاص في تحديد طبيعة انتقال الإلكترون. يمكننا ان نرى أنه مع زيادة تركيز جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية يزداد معامل

الامتصاص، تفسير ذلك هو أنه مع زيادة عدد حاملات الشحنة (Charge Carriers) يزداد كل من الامتصاصية ومعامل الامتصاص للأغشية النانوية [127,128]. من ناحية أخرى يكون معامل الامتصاص عند أدنى مستوياته عند الأطوال الموجية العالية (طاقة منخفضة)، يشير هذا إلى ان احتمالية تكوين زوج إلكترون - فجوة منخفضة نظراً لأن طاقة الفوتون الساقط غير كافية لتمرير الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، ولكن في الطاقات العالية يكون ذلك ممكناً، من جانب آخر نلاحظ انه قيمة فجوة الطاقة (Energy Gap) للغشاء (CMC-PAA) النقي سجلت (5.153 eV).

بينما عند زيادة نسبة تركيز جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي يؤدي إلى نقصان قيم فجوة الطاقة للأغشية المدعمة لتصبح (5.067, 5.022, and 4.888) eV لنسب التدعيم بالجسيمات النانوية (3%, 5%, and 7%) على التوالي كما موضح في الجدول (4-5)، يرجع الانخفاض في قيمة فجوة الطاقة نتيجة لوجود عيوب في الأغشية عند زيادة تركيز جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي، حيث تنتج هذه العيوب حالات موضعية في فجوة الطاقة، وبالتالي يؤدي إلى انخفاض قيم فجوة الطاقة [43,129].

تم حساب معامل الانكسار ومعامل الخمود لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800^{\circ}C$ ) عن طريق المعادلات (2-17) و(2-19)، وكما موضح في الشكل (4-12) الذي يستعرض تغير معامل الانكسار ومعامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون.



الشكل (4-12): (a) معامل الانكسار (b) معامل الخمود

لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>).

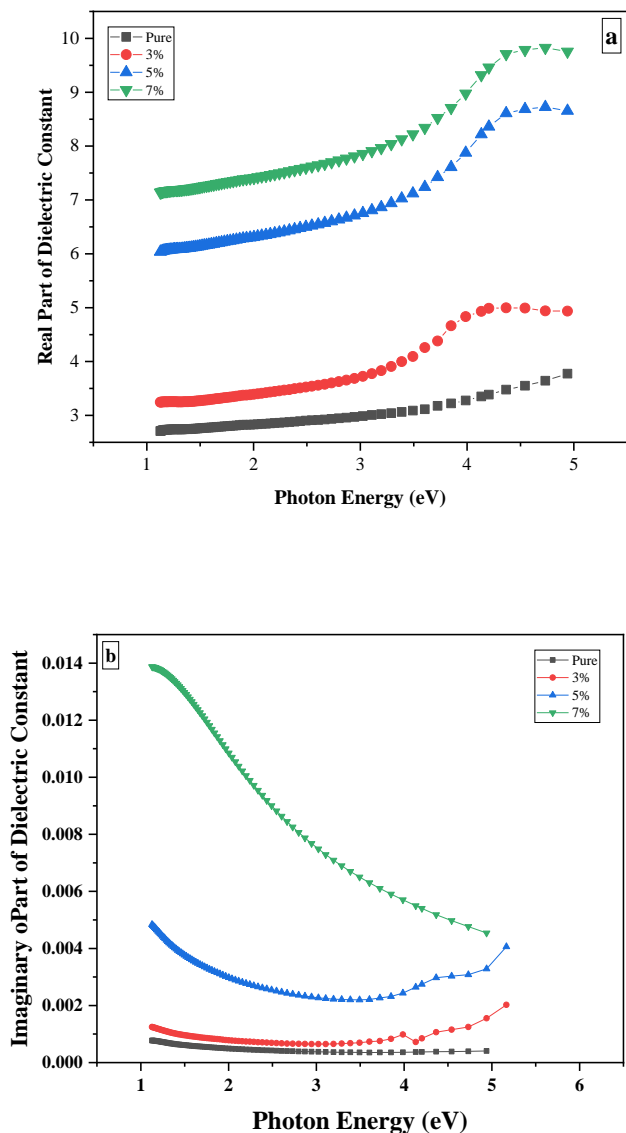
لوحظ أنه مع زيادة تركيز جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية يزداد كل من معامل الانكسار ومعامل الخمود، يرجع سلوك معامل الانكسار إلى زيادة كثافة الجسيمات النانوية مما يؤدي إلى تشتت الفوتون الساقط، بينما الزيادة الحاصلة في معامل الخمود ترجع إلى زيادة معامل الامتصاص حيث ان معامل الخمود يعتمد بشكل كبير على معامل الامتصاص [49,130-132]،

يوضح الجدول (4-5) قيم كل من (فجوة الطاقة، معامل الامتصاص، أعلى قمة لمعامل الانكسار، وأعلى قمة لمعامل الخمود) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلّسة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

الجدول (4-5): قيم (فجوة الطاقة، معامل الامتصاص، أعلى قمة لمعامل الانكسار، وأعلى قمة لمعامل الخمود) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة.

Sample	Energy Gap (eV)	$(\alpha \cdot 10^4 \text{cm}^{-1})$ Maximum	$(n_0)$ Maximum	$(k_0)$ Maximum
CMC-PAA	5.153	0.014	1.922	0.0002
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (3%)	5.067	0.061	2.455	0.0011
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (5%)	5.022	0.099	2.951	0.0018
CMC-PAA: $MgO_{NPs}$ (7%)	4.888	0.148	3.854	0.0026

تم حساب الجزء الحقيقي ( $E_r$ ) و الجزء الخيالي ( $E_i$ ) لثابت العزل الكهربائي وكما موضح في الشكل (4-13) الذي يستعرض تغير الجزء الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب وزنية مختلفة من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية كدالة لطاقة الفوتون.



الشكل (4-13): (a) الجزء الحقيقي (b) الجزء الخيالي

لثابت العزل الكهربائي لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بنسب مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NP_s}$ ) النانوية المكلّسة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^\circ\text{C}$ ).

تبين النتائج إن قيم الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي لأغشية (CMC-PAA) تزداد عند إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NP_s}$ ) النانوية المكلّسة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^\circ\text{C}$ )، والتي ترتبط بزيادة امتصاص الضوء الساقط وتشتته بسبب الزيادة في نسب الجسيمات النانوية [133,134].

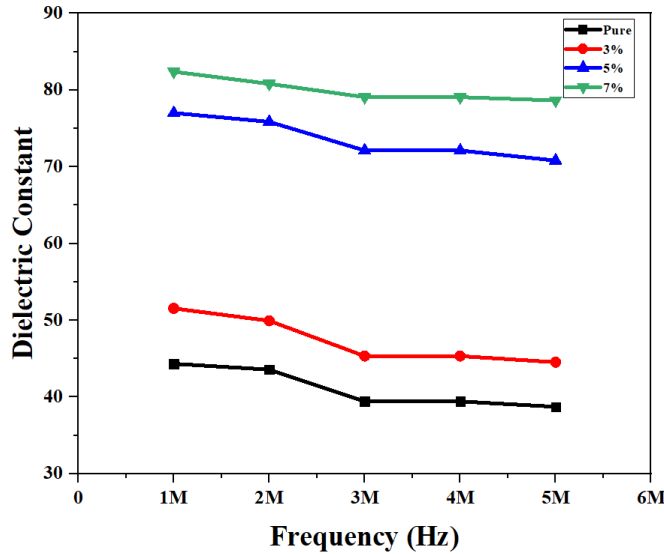
## Electrical Characterizations

## (4-4) الخصائص الكهربائية

### Dielectric Constant

### (1-4-4) ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ )

تم حساب قيم ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) عن طريق المعادلة (2-28) للأغشية البوليمرية المحضرة (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% المكلسنة عند درجة حرارة (800 °C)، ضمن مدى التردد من (1 MHz) إلى (5 MHz) عند درجة حرارة الغرفة (25 °C)، يوضح الشكل (4-14) سلوك ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية بنسب وزنية كدالة للتردد (Frequency).



الشكل (4-14): تغير ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند (800 °C).

أظهرت النتائج انخفاض قيم ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) لجميع الأغشية المحضرة النقية والمدعمة مع زيادة قيم التردد كما موضح في الجدول (4-6)، ان ثنائيات القطب (Dipoles) الكهربائي الموجودة ضمن جزيئات المادة ترتب نفسها باتجاه المجال الكهربائي المسلط عند قيم الترددات الواطئة (low Frequencies)، بينما في الترددات العالية (High Frequencies) ينعكس المجال الكهربائي انعكاساً دورياً بشكل سريع للغاية حيث لا يوجد انتشار اضافي للأيونات باتجاه المجال الكهربائي المسلط مما يؤدي إلى تناقص قيم ثابت العزل الكهربائي بزيادة التردد

[44,135]، تشترك معظم المواد البوليمرية بتناقص قيم ثابت العزل الكهربائي بزيادة التردد [57,136].

من ناحية أخرى توضح النتائج إن إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية أدت إلى زيادة قيم ثابت العزل الكهربائي لجميع الأغشية (CMC-PAA) المحضرة عند كل تردد، وكلما ازدادت نسبة المادة النانوية تزداد قيم ثابت العزل الكهربائي إذ يحقق الغشاء (CMC-PAA: 7wt%  $MgO_{NPs}$  at 800 °C) أعلى قيمة لثابت العزل الكهربائي وكما موضح في الجدول (4-6)، بسبب العيوب البلورية المتكونة بسبب وجود الجسيمات النانوية مما يؤدي إلى تكوين سطوح بينية متعددة وبالتالي يؤدي إلى زيادة ثابت العزل الكهربائي [137,138].

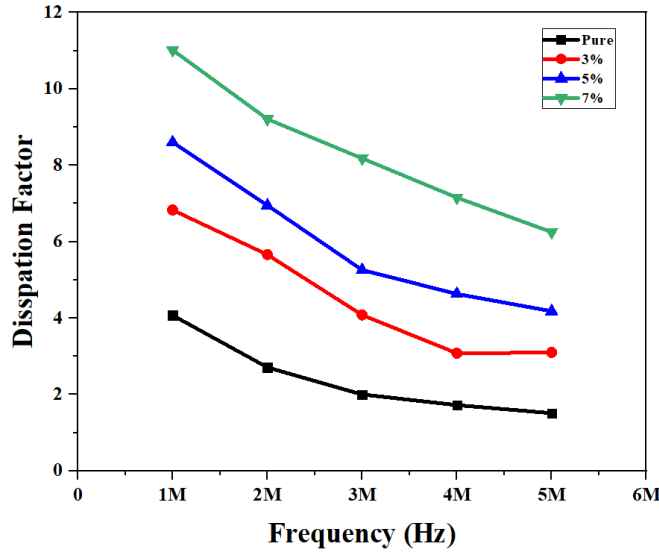
الجدول (4-6): قيم ثابت العزل الكهربائي للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة.

Dielectric Constant ( $\epsilon'$ ) at 800 °C				
Frequency (MHZ)	CMC-PAA	CMC-PAA: 3 wt% $MgO_{NPs}$	CMC-PAA: 5 wt% $MgO_{NPs}$	CMC-PAA: 7 wt% $MgO_{NPs}$
1	44.33	51.54	77.01	82.39
2	43.6	49.93	75.86	80.82
3	39.4	45.33	72.12	79.09
4	39.4	45.33	72.12	79.09
5	38.72	44.54	70.82	78.64

## Dissipation Factor

## (2-4-4) عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ )

تعتبر دراسة عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ ) من أهم العوامل التي ترتبط ارتباطاً مباشراً بتطبيقات المواد المتراكبة البوليمرية (Polymeric Composite Materials)، ويعرف عامل الفقد بأنه مقياس نسبة فقدان الطاقة في المواد العازلة كهربائياً إلى مجموع الطاقة المارة خلال العازل (Insulator)، حيث يتناسب عامل الفقد تناسباً طردياً مع الطاقة المتبددة ضمن المدى من (1MHz) إلى (5MHz) وعند درجة حرارة الغرفة (25 °C)، تم حساب قيم عامل الفقد العزلي للأغشية المحضرة عن طريق المعادلة (2-30)، يوضح الشكل (4-15) سلوك عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ ) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية بنسب وزنية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة (800 °C) كدالة للتردد (Frequency).



الشكل (4-15): تغير ثابت عامل الفقد العزلي كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلستة عند ( $800\text{ }^{\circ}C$ ).

أظهرت النتائج انخفاض قيم عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ ) لجميع الأغشية المحضرة النقية والمدعمة مع زيادة قيم التردد وكما موضح في الجدول (4-7)، ويُعزى ذلك إلى امتصاص طاقة الثنائيات القطبية ضمن تركيب الأغشية المحضرة لأجل التغلب على الإعاقة التي تسببها المواد المحيطة بالثنائيات القطبية والتي تحد من حركية هذه الثنائيات مما يؤدي إلى انخفاض عدد حاملات الشحنة بزيادة قيم التردد لذلك تحتاج الثنائيات القطبية إلى طاقة أعلى لأجل حدوث الاسترخاء وبالتالي تنخفض قيم عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ ) [139].

من ناحية أخرى توضح النتائج إن إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي أدت إلى زيادة قيم عامل الفقد العزلي ( $\tan\delta$ ) لجميع الأغشية (CMC-PAA) المحضرة عند كل تردد، وكلما ازدادت نسبة المادة لنانوية تزداد قيم عامل الفقد العزلي إذ يحقق الغشاء (CMC-PAA: 7 wt% at  $800\text{ }^{\circ}C$ ) أعلى قيمة لعامل الفقد العزلي وكما موضح في الجدول (4-7)، إن سبب هذه الزيادة يرجع إلى زيادة عدد الإلكترونات في المواد النانوية [51,145].



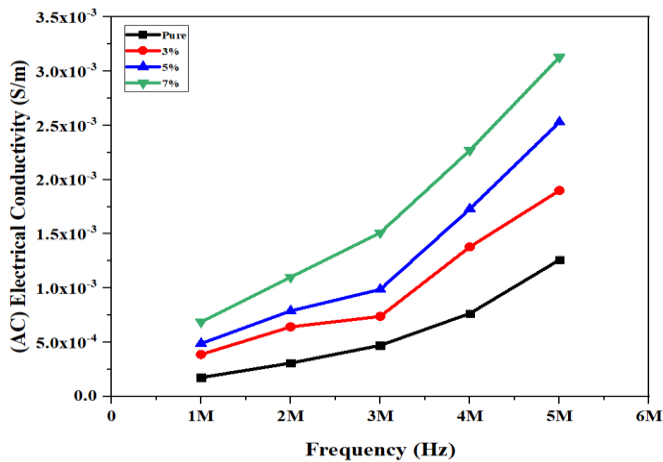
الجدول (7-4): قيم عامل الفقد العزلي للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة.

Dissipation Factor ( $\tan\delta$ ) at 800 °C				
Frequency (MHZ)	CMC-PAA	CMC-PAA: 3 wt% MgO <sub>NPs</sub>	CMC-PAA: 5 wt% MgO <sub>NPs</sub>	CMC-PAA 7 wt% MgO <sub>NPs</sub>
1	4.07	6.83	8.6	11.014
2	2.71	5.66	6.95	9.21
3	2	4.08	5.26	8.18
4	1.72	3.08	4.63	7.156
5	1.51	3.1	4.18	6.25

#### (3-4-4) التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ )

### A.C Electrical Conductivity

تم حساب قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) لجميع الأغشية المحضرة كدالة لتردد المجال الكهربائي المسلط وضمن المدى من (1MHz) الى (5MHz) وعند درجة حرارة الغرفة (25 °C) عن طريق المعادلة (2-31) من أجل فهم آلية التوصيل الكهربائي وطبيعة الاستقطاب الذي يحدث داخل تركيب الأغشية المحضرة، الشكل (4-16) يوضح سلوك التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) لأغشية (CMC-PAA) النقية والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية بنسب وزنية مختلفة والمكلسنة عند درجة حرارة (800 °C) كدالة للتردد.



الشكل (4-16): تغير التوصيلية الكهربائية المتناوبة كدالة للتردد لأغشية (CMC-PAA) المنفردة والمدعمة بجسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية.

أظهرت النتائج زيادة قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) لجميع الأغشية المحضرة المنفردة والمدعمة مع زيادة قيم التردد وكما موضح في الجدول (4-8)، ويعزى ذلك إلى زيادة قيم التردد وبالتالي زيادة نسبة الاستقطاب الكهربائي (Electrical Polarization) ضمن الأغشية المحضرة مما ينتج قفز سريع (Quick Hopping) لحاملات الشحنة بين المستويات المتجاورة، وبصورة عامة تشترك المواد البوليمرية وأشباه الموصلات (Semi-conductor Materials) بصفة زيادة قيم التوصيلية الكهربائية بزيادة التردد [141]. من ناحية أخرى توضح النتائج إن إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي أدت إلى زيادة قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) لجميع الأغشية (CMC-PAA) المحضرة عند كل تردد [45]، وكلما ازدادت نسبة المادة النانوية تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة إذ يحقق الغشاء (PAA: 7 wt% at 800 °C) أعلى قيمة للتوصيلية الكهربائية المتناوبة وكما موضح في الجدول (4-8)، إن سبب هذه الزيادة يرجع إلى ان إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية يزيد من عدد الإلكترونات وبالتالي تزداد قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة [142,143].

الجدول (4-8): قيم عامل التوصيلية الكهربائية المتناوبة للأغشية المحضرة عند ترددات مختلفة.

A.C Electrical Conductivity ( $\sigma_{a.c}$ )* $10^{-5}$ (S/ m) at 800 °C				
Frequency (MHZ)	CMC-PAA	CMC-PAA: 3 wt% $MgO_{NPs}$	CMC-PAA: 5 wt% $MgO_{NPs}$	CMC-PAA 7 wt% $MgO_{NPs}$
1	$1.74*10^{-4}$	$3.88*10^{-4}$	$4.88 *10^{-4}$	$6.88*10^{-4}$
2	$3.08*10^{-4}$	$6.42*10^{-4}$	$7.89*10^{-4}$	0.0011
3	$4.72*10^{-4}$	$7.39*10^{-4}$	$9.87*10^{-4}$	0.00151
4	$7.66*10^{-4}$	0.00138	0.00173	0.00227
5	0.00126	0.0019	0.00253	0.00313

## Thermal Characterizations

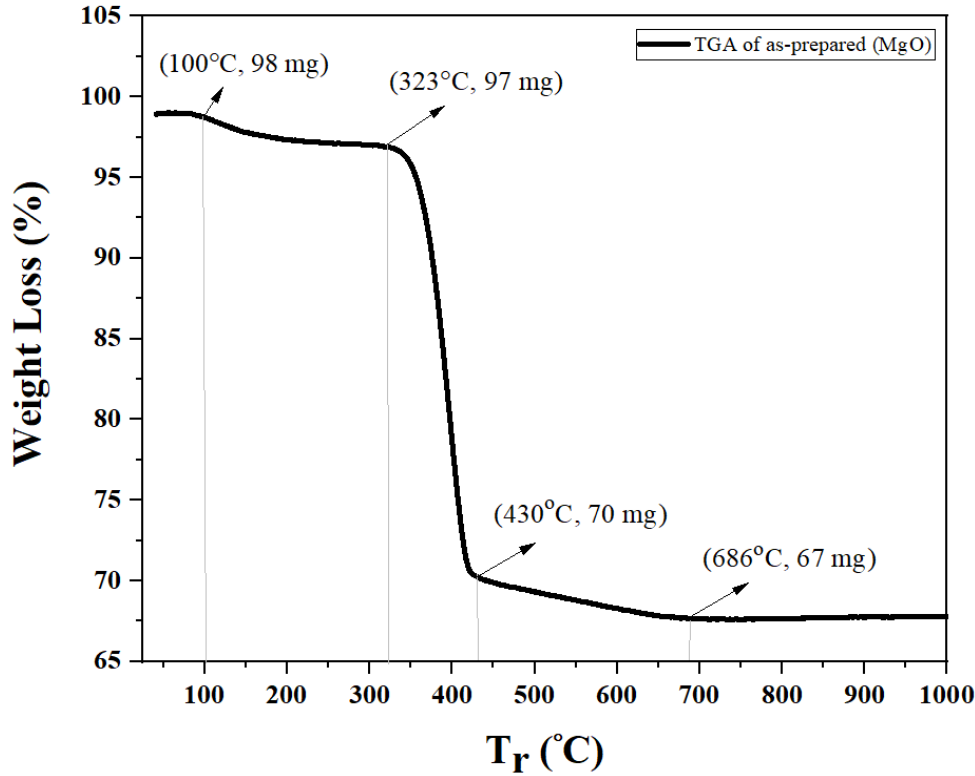
## (5-4) الخصائص الحرارية

### (1-5-4) التحليل الحراري الوزني (TGA)

## Thermo Gravimetric Analysis

تم دراسة التحليل الحراري الوزني (TGA) لمسحوق أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي المحضر ضمن المدى الحراري  $^{\circ}C$  (25-1000) لتشخيص الخصائص الفيزيائية كدالة لدرجة

الحرارة بوجود الأوكسجين، الشكل (17-4) يوضح منحنى التحليل الحراري الوزني (TGA) لمسحوق أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي قبل عملية الكلسنة.



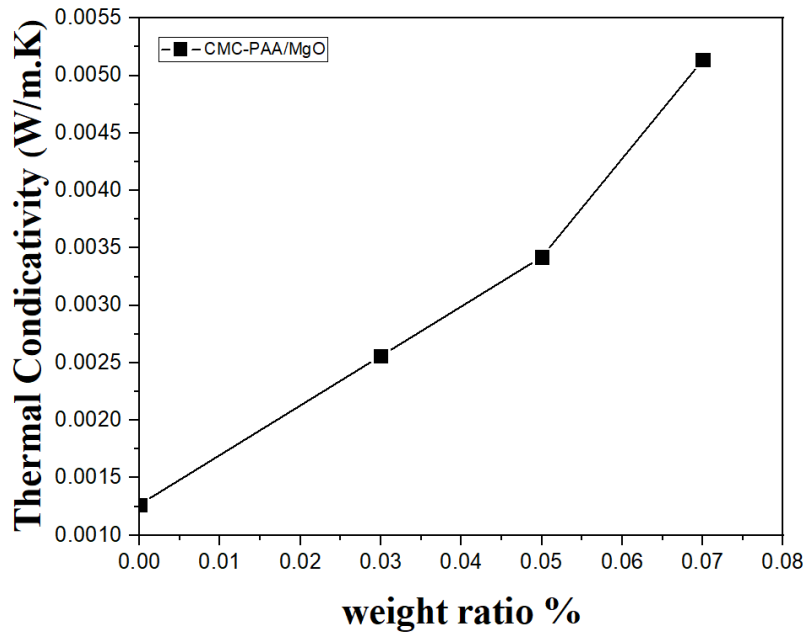
الشكل (17-4): منحنى التحليل الحراري الوزني (TGA) لمسحوق أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) قبل عملية الكلسنة.

أظهر منحنى فقدان الوزن (Weight Loss) ان المادة فقدت حوالي (2 %) من كتلتها الأولية عند درجة حرارة حوالي ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) وهذا يتفق مع [119]، وإن سبب ذلك هو فقدان جزيئات الماء (Moisture) التي تمتصها العينة من المحيط الخارجي، من جانب آخر لوحظ فقدان آخر للوزن يبلغ حوالي (27 %) من كتلتها الأولية عند درجة حرارة تتراوح بين ( $323\text{-}430\text{ }^{\circ}\text{C}$ )، يعزى ذلك إلى تحلل هيدروكسيد المغنيسيوم وتحوله الى أوكسيد المغنيسيوم وهذا يتفق مع فحوصات (XRD)، ونلاحظ ان المنحنى يكون شبه مستقر عند درجة حرارة من ( $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) هذا يدل على انتهاء التفاعل الذي يشير إلى تناقص الوزن، حيث تم الحصول على مسحوق أوكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوي [144,145].

## Thermal Conductivity

## (2-5-4) التوصيلية الحرارية (K)

تعتبر دراسة خاصية التوصيل الحراري للمواد البوليمرية ومتراكباتها من الخصائص الفيزيائية التي عن طريقها يتم تحديد مدى ملائمة هذه المواد للتطبيقات الحرارية (Thermal Applications) المطلوبة. تم حساب قيم معاملات التوصيل الحراري (Conductivity Coefficients Thermal) للنماذج المحضرة باستعمال طريقة قرص لي (Lee's Disk Method) التي تستعمل لحساب معامل التوصيل الحراري للمواد العازلة عن طريق العلاقة (2-39) [99]، الشكل (4-18) يبين معاملات التوصيل الحراري (K) للأغشية البوليمرية المحضرة (CMC-PAA) قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% بجسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية المكلسنة عند درجة حرارة ( $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



الشكل (4-18): معامل التوصيل الحراري للأغشية المحضرة (CMC-PAA) قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة (0, 3, 5, and 7) wt% من جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية.

تبين النتائج التي تم الحصول عليها إن معامل التوصيل الحراري (K) في حالة زيادة بصورة ملحوظة عند إضافة جسيمات أكسيد المغنيسيوم ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية إلى الخليط البوليمري (CMC-PAA)، حيث نلاحظ إن معامل التوصيل الحراري (K) للغشاء النقي (CMC-PAA)

تساوي (0.00127 W/m.K) وعند التدعيم بالجسيمات النانوية لوحظ زيادة في معامل التوصيل الحراري بزيادة نسبة التدعيم وصولاً إلى النسبة (CMC-PAA: 7wt% MgO<sub>NPs</sub> at 800 °C) والتي يساوي عندها معامل التوصيل الحراري (0.00514 W/m.K) كما موضح في الجدول (9-4)، إذ يرجع سبب الزيادة في قيم معامل التوصيل الحراري (K) إلى إضافة الجسيمات النانوية (Nanoparticles) إلى المواد البوليمرية وهذه الزيادة بمعامل التوصيل الحراري نتيجة ملء البوليمر بالجسيمات النانوية، وعليه تعمل الجسيمات على ملء الفجوات (Voids) التركيبية المتكونة داخل البوليمر أثناء عملية التشكيل، ومن زاوية أخرى فإن الجسيمات النانوية المضافة (MgO<sub>NPs</sub>) مقارنة مع الخليط البوليمري (CMC-PAA) تعتبر مواد عالية التوصيل الحراري بسبب الاختلاف في البنية التركيبية بينهما، إذ إنّ الجسيمات النانوية تمتلك معامل توصيل حراري (K) ذي قيمة عالية مقارنة بالمادة الأساس وهذا يؤدي إلى زيادة معامل التوصيلية الحرارية (K) بإضافة الجسيمات النانوية [99,146-149].

الجدول (9-4): قيم معامل التوصيل الحراري (K) للنماذج المحضرة.

Sample	K(W/m.K)
CMC-PAA	0.00127
CMC-PAA: 3% MgO <sub>NPs</sub> (800 °C)	0.00256
CMC-PAA: 5% MgO <sub>NPs</sub> (800 °C)	0.00342
CMC-PAA: 7% MgO <sub>NPs</sub> (800 °C)	0.00514

## Conclusions

## (6-4) الاستنتاجات

بعد تحضير جسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgONPs) النانوية بواسطة طريقة الترسيب (Precipitation Method) الكيميائي، ودراسة تأثير التدعيم ودرجة حرارة الكلسنة على الخصائص (التركيبية، البصرية، الكهربائية، والحرارية) لغشاء (PAA-CMC) النقي والخليط البوليمري (PAA-CMC) المدعم بجسيمات أكسيد المغنيسيوم (MgONPs) النانوية، تم التوصل إلى أهم الاستنتاجات الخاصة بهذه الدراسة وهي على النحو الآتي:

- بينت نتائج (XRD) إنه تم الحصول على طورين بتركيب بلوري سداسي (Hexagonal Crystal Structure) قبل عملية الكلسنة والتركيب البلوري المكعب (Cubic Crystal Structure) بعد عملية الكلسنة.
- من خلال نتائج (FE-SEM) تبين ان جسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية قبل عملية الكلسنة تتمثل كمجاميع كثيفة، أما الأغشية المحضرة تكون متجانسة، وبعد تدعيمها بجسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية تشير النتائج إلى ان الجسيمات النانوية (MgO<sub>NPs</sub>) تميل إلى تكوين مجاميع مشتتة في أغشية المركبات النانوية.
- لوحظ من خلال نتائج (FTIR) نطاقات عريضة لجميع العينات كلها تعود لمزيج البوليمر (Polymer Blend) مع ظهور قمة جديدة تقع عند (620 cm<sup>-1</sup>) تعود لأصرة (Mg-O).
- بينت نتائج الفحوصات البصرية (Optical) ان قيم النفاذية تقل مع زيادة نسبة التدعيم بجسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية، بينما تنخفض قيم فجوة الطاقة للأغشية المحضرة مع زيادة نسب الجسيمات النانوية، أما قيم (معامل الانكسار، معامل الخمود، والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي) لأغشية (CMC-PAA) النقية تزداد مع إضافة جسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية.
- أوضحت نتائج الفحوصات الكهربائية (Electrical) ان قيم كل من (ثابت العزل الكهربائي، عامل فقد العزلي، والتوصيلية الكهربائية المتناوبة) تزداد عند إضافة جسيمات (MgO<sub>NPs</sub>) النانوية عند نفس التردد.

- تبين نتائج الفحوصات الحرارية (Thermal Conductivity) زيادة معامل التوصيل الحراري للأغشية البوليمرية بصورة ملحوظة عند إضافة جسيمات ( $MgO_{NPs}$ ) النانوية.

## Future Projects

## (7-4) المشاريع المستقبلية

- تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية للمترابك البوليمري (CMC-PVP:MnO).
- تحضير مادة (AgO) ودراسة تأثير نسب الإضافة على الخصائص (التركيبية، البصرية، الحرارية، والكهربائية) لأغشية الخليط البوليمري (CMC-PVA).
- تحضير ودراسة تأثير بوليمر (PEG) على بعض الخصائص الفيزيائية للخليط البوليمري (CMC-PAA).

المصادر

References



- [1] F. R. Gibson, "Principles of composite material mechanics", CRC press, (2016).
- [2] M. Moniruzzaman and I. K. Winey, "Polymer nanocomposites containing carbon nanotubes", *Macromolecules*, 39 (16), (2006).
- [3] L. Eckertova, "Physics of thin films", Springer Science and Business Media, (2012).
- [4] N. Kalarikkal and S. Thomas, "Introduction on crystallization in multiphase polymer systems", In *Crystallization in multiphase polymer systems*, (pp. 1-16), Elsevier, (2018).
- [5] I. D. Bower, "An introduction to polymer physics", (2003).
- [6] Jr. Carraher and E. Charles, "Introduction to polymer chemistry", CRC press, (2017).
- [7] C. P. Hiemenz and P. T. Lodge, "Polymer chemistry", CRC press, (2007).
- [8] T. Osswald and N. Rudolph, "Polymer rheology", Carl Hanser, München, (2015).
- [9] C. Sequeira and D. Santos, "Polymer electrolytes: fundamentals and applications", Elsevier, (2010).
- [10] G. A. Al. Adam and H. A. K. Al-kita, "Technology and polymer chemistry", University of Basra, College of Science, (1983).
- [11] P. A. Thernton and V. J. Colangelo, "Fundamentals of Engineering Materials", Prentice - Hall, Inc, (1985).

- [12] P. M. Jean, Z. Gérald, and W. Kurz, "Introduction to Materials Science", Ch15 Polymer Structures, University of Tennessee, Dept. of Materials Science and Engineering, Elsevier, (2002).
- [13] S. G. Misra, "Introductory polymer chemistry", New Age International, (1993).
- [14] صالح هيثم رزوقي، "دراسة خواص المواد البوليمرية المقواة بدقائق الألمنيوم"، رسالة الماجستير، قسم هندسة الانتاج والمعدات، الجامعة التكنولوجية، (2002).
- [15] J. R. Fried, "Polymer science and technology", Prentice Hall, Inc, Upper Saddle Rivers, Newjerscy, (2003).
- [16] G. N. Megrum, "Principle of polymer engineering", (1997).
- [17] J. W. Weeton, M. P. Dean, and L. T. Karyin, "Engineering's Guide to composite material", Published by American for Metals, U.S.A, Society, (1987).
- [18] R. P. Sheldon, "Composite polymeric material". Applied science, London, 197-210, (1982).
- [19] G. Piatti, "Advances in composite materials", Applied Science Publishers LTD, London, (1978).
- [20] M. M. Schwartz, "Composite manual handbook", (1984).
- [21] S. M. Lee Editer, "International encyclopedia of composite", VCH Publishers, Inc., New York, (1990).
- [22] M. P. Visakh and O. A. Semkin, "High performance polymers and their nanocomposites", John Wiley and Sons, (2018).

- [23] T. Sugama, "Self-degradable cementitious sealing materials", (No. BNL-94308-2010-IR), Brookhaven National Lab.(BNL), Upton, NY (United States), (2010).
- [24] K. Hattori, T. Yoshida, and A. J. CUcULo, "New solvents for cellulose. II. Ethylenediamine/thiocyanate salt system", *Polymer journal*, 36 (2), 123-130, (2004).
- [25] F. Yaşar, H. Toğrul, and N. Arslan, "Flow properties of cellulose and carboxymethyl cellulose from orange peel", *Journal of food Engineering*, 81(1), 187-199, (2007).
- [26] L. Zhang, H. Sun, B. Han, L. Peng, F. Ning, G. Jiang, and F. V. Chehotkin, "Effect of shearing actions on the rheological properties and mesostructures of CMC, PVP and CMC+ PVP aqueous solutions as simple water-based drilling fluids for gas hydrate drilling". *Journal of Unconventional Oil and Gas Resources*, 14, 86-98, (2016).
- [27] F. C. Jones and W. D. Grainger, "In vitro assessments of nanomaterial toxicity", *Advanced drug delivery reviews*, 61(6), 438-456, (2009).
- [28] G. V. Kadajji and V. G. Betageri, "Water soluble polymers for pharmaceutical applications", *Polymers*, 3 (4), 1972-2009, (2011).
- [29] S. Khanlari and A. M. Dubé, "Effect of pH on Poly (acrylic acid) Solution Polymerization", *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 52(8), 587-592, (2015).
- [30] R. J. C. Ford, "Plastics Engineering", 2nd Ed, Pergamon Press, U.K, (1987).

- [31] D. P. Pastuszak and A. Muc, "Application of composite materials in modern constructions", In Key Engineering Materials, Trans Tech Publications Ltd, 542, 119-129, (2013).
- [32] G. Sharma, D. Pathania, M. Naushad and C. N. Kothiyal, "Fabrication, characterization and antimicrobial activity of polyaniline Th (IV) tungstomolybdophosphate nanocomposite material: efficient removal of toxic metal ions from water", Chemical Engineering Journal, 25(1), 413-421, (2014).
- [33] K. V. Gupta, A. T. Saleh, D. Pathania, S. B. Rathore and A. G. Sharma, "Cellulose acetate based nanocomposite for photocatalytic degradation of methylene blue dye under solar light", Ionics, 21(6), 1787-1793, (2015).
- [34] G. Sharma, M. Naushad, D. Pathania, and A. A. Kumar, "Multifunctional nanocomposite pectin thorium (IV) tungstomolybdate for heavy metal separation and photoremediation of malachite green. Desalination and Water Treatment", 57(41), 19443-19455, (2016).
- [35] J. Nayak and N. S. Sahu, "Synthesis and characterization of  $Sb_2O_3$  cluster assembled nanostructured thin films", Materials Letters, 61(6), 1388-1391, (2007).
- [36] محمد امين سليمان، أحمد فؤاد باشا، وشريف خيرى، "فيزياء الجوامد"، مطبعة دار الفكر العربي، (2000).
- [37] D. M. Teli and D. R. Kale, "Polyester nanocomposite fibers with antibacterial properties", Adv. Appl. Sci. Res, 44 (2), 491-502, (2011).
- [38] G. Dercz, K. Prusik, L. pajaki, R. Pielaszek, J. J. Malinowski and W. pudlo "Structure studies on nanocrystalline powder of MgO xerogel prepared

by The Sol-Gel method", Journal of Materials Science-Poland, 27 (2), 202-207, (2009).

[39] حسن عباس جاسم، "تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لطلاء الايبوكسي الراتنجي المدعم بحبيبات اوكسيد المغنيسيوم النانوية لمقاومة تآكل الحديد الكربوني في الاوساط المائية"، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة ديالى، (2018).

[40] K. K. Chawla, "Composite materials: science and technology", Springer, New York, (2012).

[41] N. K. Alian, "Study of the environmental conditions effect on high density polyethylene composites reinforced with carbon black", University of Babylon, (2004).

[42] S. C. Sharma, "Composite Materials", Narosa Publishing House, India, (2000).

[43] A. Abdel-Galil, E. H. Ali, A. Atta and R. M. Balboul, "Influence of nanostructured TiO<sub>2</sub> additives on some physical characteristics of carboxymethyl cellulose (CMC)", Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 7 (1), 36-43, (2014).

[44] M. A. El Sayed, S. El-Gamal, M. W. Morsi and G. Mohammed, "Effect of PVA and copper oxide nanoparticles on the structural, optical, and electrical properties of carboxymethyl cellulose films", Journal of Materials Science, 50 (13), 4717-4728, (2015).

[45] A. M. Habeeb, A. Hashim, and A. Hadi, "Fabrication of new nanocomposites: CMC-PAA-PbO<sub>2</sub> nanoparticles for piezoelectric sensors and gamma radiation shielding applications", Sensor Letters, 15 (9), 785-790, (2017).

- [46] A. Hashim and A. Hadi, "synthesis and characterization of novel piezoelectric and energy storage nanocomposites: biodegradable materials–magnesium oxide nanoparticles", *Ukrainian Journal of Physics*, 12, 1050-1056, (2017).
- [47] M. A. Youssef, E. I. El-Nagar, M. A. El-Torky and A. A. Abd El-Hakim, "Development and characterization of CMC/PVA films loaded with ZnO-nanoparticles for antimicrobial packaging application", *Der Pharma Chem*, 9 (9), 157, (2017).
- [48] H. K. Al-Attiyah, A. Hashim and S. F. Obaid, "Synthesis of new nanocomposites: carboxy methyl cellulose–polyvinylpyrrolidone–polyvinyl alcohol/lead oxide nanoparticles: structural and electrical properties as gamma ray sensor for bioenvironmental applications", *Journal of Bionanoscience*, 12 (2), 200-205, (2018).
- [49] J. A. Kadham, D. Hassan, N. Mohammad and H. A. Ah-yasari, "Fabrication of (polymer blend-magnesium oxide) nanoparticle and studying their optical properties for optoelectronic applications. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*", 7 (1), 28-34, (2018).
- [50] K. A. Arat, "Preparation and characterization of (Biopolymer blend-PbO<sub>2</sub>) nanocomposites for gamma ray shielding applications". *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*", 26 (6), 31-44, (2018).
- [51] M. Habeeb and A. S. R. Hamza, "Synthesis of (Polymer blend-MgO) nanocomposites and studying electrical properties for piezoelectric application". *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, 6 (4), 428-435, (2018).

- [52] S. N. Alghunaim, "Effect of CuO nanofiller on the spectroscopic properties, dielectric permittivity and dielectric modulus of CMC/PVP nanocomposites", *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (4), 3596-3602, (2019).
- [53] A. M. Habeeb and S. W. Mahdi, "Characterization of (CMC-PVP-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanocomposites for gamma shielding application", *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 7 (9), 247-255, (2019).
- [54] A. M. Morsi, H. A. Oraby, G. A. Elshahawy, and M. R. Abd El-Hady, "Preparation, structural analysis, morphological investigation and electrical properties of gold nanoparticles filled polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose blend", *Journal of materials research and technology*, 8 (6), 5996-6010, (2019).
- [55] I. A. A. Abd-Elmageed, M. S. Ibrahim, A. Bourezgui, and F. A. Al-Hossainy, "Synthesis, DFT studies, fabrication, and optical characterization of the [ZnCMC] TF polymer (organic/inorganic) as an optoelectronic device. *New Journal of Chemistry*", 44 (20), 8621-8637, (2020).
- [56] H. L. Gaabour, "Effect of selenium oxide nanofiller on the structural, thermal and dielectric properties of CMC/PVP nanocomposites", *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 4319-4325, (2020).
- [57] S. Z. Jaber and A. M. Habeeb, "Structural and Dielectrically Properties of (CMC-PAA-ZrC) Nano Composites for Gamma Shielding Application", (2021).

- [58] M. Y. Jawad, H. F. M. Al-Kadhemy, and S. A. J. Salman, "Synthesis structural and optical properties of CMC/MgO nanocomposites", In Materials Science Forum, 1039, 104-114, Trans Tech Publications Ltd, (2021).
- [59] Y. Amaregouda, K. Kamanna, , and T. Gasti, "Biodegradable polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose composite incorporated with i-alanine functionalized MgO nanoplates: physico-chemical and food packaging features", Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, 1-16, (2022).
- [60] يحيى نوري الجمال، "فيزياء الحالة الصلبة"، مطبعة جامعة الموصل، (1990).
- [61] A. R. Smith, "Semiconductors Cambridge Univ", Press, Cambridge, (1959).
- [62] S. Ben, "Solid State Electronic Devices", Hall International. Inc., USA, (1990).
- [63] L. Kazmerski, "Polycrystalline and amorphous thin films and devices", Elsevier,(2012).
- [64] سلوان كمال جميل، بتول درعم بلاده، "مبادئ الالكترو بصريات"، جامعة بغداد، (1990).
- [65] معن محمد شاكر، محمود شكر مجيد، "اساسيات الالكترونيات"، المعهد الفني، قسم الكهرباء، الموصل، (1987).
- [66] E. Elangovan, K. Ramesh, and K. Ramamurthi, "Studies on the structural and electrical properties of spray deposited SnO<sub>2</sub>:Sb thin films as a function of substrate temperature", Solid State Commun, 130, 8, 523-527, (2004).
- [67] E. Devices, "IRCUITS", (1989).



- [68] B. L. Theraja, "Modern physics", S.Chand and Company(PVY), 170, New Delhi, (1987).
- [69] C. Kittel, "Introduction to solid state physics", 8th Edition, John Wiley and Sons Inc, (2005).
- [70] صبحي سعيد الراوي، "فيزياء الالكترونياات"، مطبعة جامعة الموصل، (1980).
- [71] M. Çağlar, S. Ilican, and Y. ÇAĞLAR, "Influence of substrate temperature on structural and electrical properties of ZnO films, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi", 7 (2), 153-159, (2006).
- [72] J. Goldstein, "Practical scanning electron microscopy: electron and ion microprobe analysis", Springer Science & Business Media, (2012).
- [73] I. J. Goldstein, E. D. Newbury, P. Echlin, C. D. Joy, D. A. Romig, E. C. Lyman, and E. Lifshin, "Electron-specimen interactions. In scanning electron microscopy and X-ray microanalysis", 69-147. Springer, Boston, MA, (1992).
- [74] D. Brabazon and A. Raffer, "Advanced characterization techniques for nanostructures", In Emerging nanotechnologies for manufacturing (pp. 53-85), William Andrew Publishing, (2015).
- [75] G. McMahon, "Analytical instrumentation: a guide to laboratory, portable and miniaturized instruments", John Wiley and Sons, (2008).
- [76] J. B. Inkson, "Scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) for materials characterization", In Materials characterization using nondestructive evaluation (NDE) methods, 17-43, Woodhead Publishing, (2016).

- [77] O. E. Knutson and T. K. Whitby, "Aerosol classification by electric mobility: apparatus, theory, and applications", *Journal of Aerosol Science*, 6(6), 443-451, (1975).
- [78] C. J. Li and L. Chen, "Organic chemistry in water", *Chem. Soc. Rev*, 35, 1, 68–82, (2006).
- [79] K. M. Jayaraj, A. Antony, and M. Ramachandran, "Transparent conducting zinc oxide thin film prepared by off-axis rf magnetron sputtering", *Bulletin of Materials Science*, 25 (3), 227-230, (2002).
- [80] J. Singh, "Semiconductors Devices", *Basic Principles*, John Wiley and Sons, Engineering and Materials, (2002).
- [81] M. C. Wolf, N. Holouyak, and B. G. Stillman, "Physical Properties of Semiconductor", Prentice Hall, New York, (1989).
- [82] Y. G. Kumar, B. H. Naik, , S. A. Roy, N. K. Harish, and R. Viswanath, "Synthesis, optical and electrical properties of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanocomposites", *Nanomaterials and Nanotechnology*, 2, 19, (2012).
- [83] H. I. Khdayer, "Fabrication and studying the photoconducting characteristics of in sb junction with silicon as A single crystal semiconductor (Doctoral dissertation", Ph. D. Thesis. Baghdad University), (2005).
- [84] O. Stenzel, "The physics of thin film optical spectra, *Surface Sciences*", (2005).
- [85] S. O. Kasap, "Principles of electronic materials and devices", 2nd, Mc Graw- Hill, New York, (2002).

- [86] C. J. A. Wilson, "X-ray Optics: the diffraction of X-rays by finite and imperfect crystals", Methuen, (1962).
- [87] A. D. A. Buba and A. S. J. Adelabu, "Optical and Electrical Properties of Chemically Deposited ZnO Thin Films", The Pacific Journal of Science and Technology, 11(2), 429-434, (2010).
- [88] C. J. Pippek, "Semiconductor Optoelectronic Devices. University of California", (2006).
- [89] H. R. French, H. Müllejans, and J. D. Jones, "Optical properties of aluminum oxide: determined from vacuum ultraviolet and electron energy-loss spectroscopies", Journal of the American Ceramic Society, 81 (10), 2549-2557, (1998).
- [90] جعفر صادق محمد علي، "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكاديوم النانوية غير المشوبة والمشوبة بالألمنيوم"، رسالة ماجستير، كلية التربية- الجامعة المستنصرية، (2012).
- [91] L. K. Chopra and I. Kaur, "Thin film technology: An introduction", In Thin Film Device Applications, 1-54, Springer, Boston, MA, (1983).
- [92] C. I. Ndukwe, "Solution growth, characterization and applications of zinc sulphide thin films", Solar energy materials and solar cells, 40 (2), 123-131, (1996).
- [93] C. K. Kao, "Dielectric phenomena in solids", Elsevier, (2004).
- [94] R. H. Allcock and W. F. Lampe, "Contemporary polymer chemistry", Prentice Hall, (1990).

- [95] D. W. Callister, and G. David, "Material science and engineering, an introduction", 9th Ed, John wiley and Sons Inc, (2014).
- [96] Z. Han and A. Fina, "Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: A review. Progress in polymer science", 36 (7), (2011).
- [97] A. Gupta and K. Santosh, "Materials science for engineering", CBS Publishers and Distributors, New Delhi, (2004).
- [98] C. S. Tjong and W. Y. Mai, "Physical properties and applications of polymer nanocomposites", Elsevier, (2010).
- [99] E. R. Newnham, "Properties of materials: anisotropy, symmetry, structure", Oxford University Press on Demand, (2005).
- [100] R. A. Abbas, "Studing some dielectric properties and effective parameters of composite materials containing of novolak resin", Engineering and Technology Journal, 25 (8), (2007).
- [101] W. T. Dakin, "Conduction and polarization mechanisms and trends in dielectric". IEEE Electrical Insulation Magazine, 22 (5), 11-28, (2006).
- [102] D. C. Laws, "Study of the ferroelectric inverter and SRAM cell", The University of Alabama in Huntsville, (2012).
- [103] نور ظايف حايف الشواك، "تحضير و دراسة الخصائص الفيزيائية لمادة متراكبة ذات اساس بوليمري مدعمة بمواد نانوية"، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (2014).
- [104] J. Behari, "Dielectric Behavior of Soil. Microwave Dielectric Behavior of Wet Soils", 22-40, (2005).
- [105] R. J. Davis, "Tensile testing", ASM international, (2004).

- [106] A. Knop and W. Scheib, "Chemistry and application of phenolic resins", 3. Springer, (1979).
- [107] P. M. Stevens, "Polymer chemistry", 2, New York: Oxford university press, (1990).
- [108] M. A. Collieu and J. D. Powney, "The mechanical and thermal properties", Butter and Tanner, London, (1973).
- [109] B. T. Akrill, , A. G. Bennet, and J. G. Millar, "Plastics", Edward Arnold, London, (1979).
- [110] السامرائي، عدنان رعد، "دراسة الخواص الفيزيائية لراتنج البولي استر غير المشبع المقوى ب مواد طبيعية كبدائل صناعية"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجي، (2004).
- [111] P. R. McDonald and R. H. M. Ho, "Principles and practice in reporting structural equation analyses", Psychological methods, 7 (1), 64, (2002).
- [112] H. W. Park and B. K. Yoon, "Optimization of pyrolysis properties using TGA and cone calorimeter test", Journal of Thermal Science, 22 (2), 168-173, (2013).
- [113] G. Balakrishnan, R.Velavan, M. K.Batoo, and H. E. Raslan, "Microstructure, optical and photocatalytic properties of MgO nanoparticles", Results in Physics, 16, 103013, (2020).
- [114] R. K. Nemade and A. S. Waghuley, "Synthesis of MgO nanoparticles by solvent mixed spray pyrolysis technique for optical investigation", International Journal of Metals, (2014).
- [115] M. Sundrarajan, J. Suresh, and R. R. Gandhi, "A comparative study on antibacterial properties of MgO nanoparticles prepared under different

calcination temperature", Digest journal of nanomaterials and biostructures, 7 (3), 983-989, (2012).

[116] Y. C. Tai, and T. C. Tai, "Chang, M. H., & Liu, H. S. Synthesis of magnesium hydroxide and oxide nanoparticles using a spinning disk reactor", Industrial and engineering chemistry research, 46 (17), 5536-5541, (2007).

[117] N. Rani, S. Chahal, P. Kumar, R. Shukla, and K. S. Singh, "A comparative study on magnesium hydroxide and magnesium oxide nanostructures", In AIP Conference Proceedings, 2115, 1, 030163, AIP Publishing LLC, (2019).

[118] S. Alizadeh Asl, M. Mousavi, and M. Labbafi, "Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from sugarcane bagasse", Journal of Food Processing and Technology, 08, 08, (2017).

[119] E. Sheha, H. Khoder, T. S. Shanap, M. G. El-Shaarawy, and M. K. El Mansy, "Structure, dielectric and optical properties of p-type (PVA/CuI) nanocomposite polymer electrolyte for photovoltaic cells", Optik (Stuttg), 123, 13, (2012).

[120] N. K. Abbas, M. A. Habeeb, and A. J. K. Algidsawi, "Preparation of chloro penta amine cobalt (III) chloride and study of its influence on the structural and some optical properties of polyvinyl acetate", Int. J. Polym. Sci, 1-10, (2015).

[121] A. M. Saadiah, D. Zhang, Y. Nagao, S. K. Muzakir, and A. S. Samsudin, "Reducing crystallinity on thin film based CMC/PVA hybrid

polymer for application as a host in polymer electrolytes", *J. Non. Cryst. Solids*, 511, 201–211, (2019).

[122] Y. Cai, W. Luo, J. Mu, T. Luo, J. Wei, and Y. Xiao, "Self-Peristaltic gel microspheres based on carboxymethyl cellulose and polyacrylic acid prepared via inverse suspension for recovery rare earth ions from aqueous solution", *Polym. Sci. - Ser. B*, 62, 5, (2020).

[123] R. G. P. Viera, G. R. Filho, R. M. N. de Assunção, C. da Carla, J. G. Vieira, and G. S. de Oliveira, "Synthesis and characterization of methylcellulose from sugar cane bagasse cellulose", *Carbohydrate Polymers*, 67, 2, 182–189, (2007).

[124] P. Tamilselvi, A. Yelilarasi, M. Hema, and R. Anbarasan, "Synthesis of hierarchical structured MgO by sol-gel method", *Nano Bulletin*, 2 (1), 106-130, (2013).

[125] N. Ahlawat, S. Sanghi, A. Agarwal, and S. Rani, "Effect of Li<sub>2</sub>O on structure and optical properties of lithium bismosilicate glasses", *J. Alloys Compd*, 480 (2), 516–520, (2009).

[126] A. Hashim and A. M. Habeeb, "Synthesis and characterization of polymer blend-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles as a humidity sensors for different temperatures", *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, 20 (2), 107-112. (2019).

[127] R. I. Agool, J. K. Kadhim, and A. Hashim, "Fabrication of new nanocomposites:(PVA-PEG-PVP) blend-zirconium oxide nanoparticles) for humidity sensors", *International Journal of Plastics Technology*, 21 (2), 397-403, (2017).

- [128] V. Sangawar and M. Golchha, "Evolution of the optical properties of polystyrene thin films filled with zinc oxide nanoparticles", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4 (6), 2700-2705, (2013).
- [129] A. Hashim and Q. Hadi, "Structural, electrical and optical properties of (biopolymer blend/titanium carbide) nanocomposites for low cost humidity sensors", *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29 (13), 11598-11604, (2018).
- [130] A. Hashim and Q. Hadi, "Synthesis of novel (polymer blend/ceramics) nanocomposites: structural, optical and electrical properties for humidity sensors", *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 28 (4), 1394-1401, (2018).
- [131] A. S. Salman, H. M. Abdu-allah, and A. N. Bakr, "Optical characterization of red methyl doped poly (vinyl alcohol) films", *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, 2 (4), (2014).
- [132] H. M. Abdul-Allah, S. S. Chiad, and F. N. Habubi, "The Effect of iron chromate on the optical properties of PMMA Films", *Diyala journal for pure sciences*, 6 (2), 161-169, (2010).
- [133] T. K. Kundu, N. Karak, P. Barik, and S. Saha, "Optical properties of ZnO nanoparticles prepared by chemical method using poly (vinyl alcohol) (PVA) as capping agent", *Int. J. Soft Comput. Eng*, 1, 19–24, (2011).
- [134] H. K. Chitte, N. V Bhat, N. S. Karmakar, D. C. Kothari, and G. N. Shinde, "Synthesis and characterization of polymeric composites embedded with silver nanoparticles", *World J. Nano Sci. Eng*, 2, 1, 19–24, (2012).



- [135] A. J. Campbell, A. A. Goodwin, and P. G. Simon, "Dielectric relaxation studies of miscible polycarbonate/polyester blends", *Polymer*, 42 (10), 4731-4741, (2001).
- [136] V. R. Rao and H. M. Shridhar, "Interfacial polarization in poly (4- vinyl pyridine)/NiPc/I<sub>2</sub> composite", *Materials letters*, 55 (1-2), 34-40, (2002).
- [137] B. Fan, Y. Liu, D. He, and J. Bai, "Influences of thermal treatment on the dielectric performances of polystyrene composites reinforced by graphene nanoplatelets", *Materials*, 10 (7), 838, (2017).
- [138] A. Hashim, R. I. Agool, and J. K. Kadhim, "Novel of (polymer blend-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) magnetic nanocomposites: preparation and characterization for thermal energy storage and release, gamma ray shielding, antibacterial activity and humidity sensors applications", *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29 (12), 10369-10394, (2018).
- [139] O. A. Hussein, "Studying The Dielectric Properties of (Polymer - Ceramic) Composite", Diyala University, (2012).
- [140] A. Hashim, M. A. Habeeb, A. Hadi, and W. Hadi, "Fabrication of novel (PVA-PEG-CMC-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) magnetic nanocomposites for piezoelectric applications", *Sensor Letters*, 15, 12, 998-1002, (2017).
- [141] R. Divya, M. Meena, K. C. Mahadevan, and M. C. Padma, "Investigation on CuO dispersed PVA polymer films", *Journal of Engineering Research and Applications*, 4 (5), 1-7, (2014).
- [142] B. Tareev and M. B. Tareev, "Physics of Dielectric Materials", Mir Publ, (1979).

- [143] D. Wang, , X. Zhang, , W. J. Zha, J. Zhao, M. Z. Dang, and H. G. Hu, "Dielectric properties of reduced graphene oxide/polypropylene composites with ultralow percolation threshold", *Polymer*, 54 (7), 1916-1922, (2013).
- [144] M. Yang, J. Wang, C. Xiao and H. Zhao, "Microwave enhanced preparation of MgO nanoparticles. *Integrated Ferroelectrics*", 172(1), 1-9, (2016).
- [145] S. Yousefi, B. Ghasemi, M. Tajally and A. Asghari, "Optical properties of MgO and Mg(OH)<sub>2</sub> nanostructures synthesized by a chemical precipitation method using impure brine", *Journal of Alloys and Compounds*, 711, 521-529, (2017).
- [146] H. S. Lee and T. Ohkita, "Mechanical and thermal flow properties of wood flour-biodegradable polymer composites", *Journal of applied polymer science*, 90 (7), 1900-1905, (2003).
- [147] T. Matsumura, M. Ochi and K. Nagata, "Thermomechanical properties, structure, and conductivity of organic/ inorganic hybrid material filled with a conductive filler", *Journal of applied polymer science*, 90, 1980-1984, (2003).
- [148] M. S. Bhatnagar, "Chemistry & technology of polymers", published by S.Chand and company LTD, Ram Nagar, New Delhi, (3), (2004).
- [149] N. Kumaresan, A. M. M. Sinthiya, K. Ramamurthi, R. R, Babu, and K. Sethuraman, "Visible light driven photocatalytic activity of ZnO/CuO nanocomposites coupled with rGO heterostructures synthesized by solid-state method for RhB dye degradation", *Arabian Journal of Chemistry*, 13 (2), 3910-3928, (2020).

wavelength, while the reflectance ratio of the prepared film (CMC-PAA) increases with the addition of magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) and decreases with increasing the wavelength of the incident light. We can see that with the increase in the concentration of ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) nanoparticles, the absorption coefficient increases, On the other hand, we note that the energy gap value of the pure (CMC-PAA) film recorded (5.153 eV), while the increase in the concentration of nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) leads to a decrease in the energy gap values of the reinforced films and the lowest value of the energy gap was recorded (4.888 eV), and the electronic transitions are direct electronic transitions. The results showed that the values of (refractive index, Extinction Coefficient, real and imaginary part of the dielectric constant) increased when adding magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ).

On the other hand, the results of the electrical properties showed that the values of the dielectric constant and the Dissipation Factor of the prepared films increase when adding magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ), but they decrease with the increase of the frequency, while the AC electrical conductivity of all the prepared films increases when adding magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) and it also increases with the increase of the frequency.

The results of the thermal conductivity study also showed that the thermal conductivity coefficient (K) increased significantly when adding magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) and the highest value was recorded (0.00514 W/m.K) at (CMC-PAA: 7%  $\text{MgO}_{\text{NPs}}$  at 800 °C).

## Abstract

In this study, magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) has been prepared using chemical precipitation method, in addition to the preparation of pure polymeric blend films Composed of carboxymethyl cellulose (CMC) and polyacrylic acid (PAA) Pure and reinforced by magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) using the solution casting method, where the thickness of the films is (30  $\mu\text{m}$ ). Moreover, Has studied the effect of each of the calcination temperature on different degrees (400, 600, and 800)  $^{\circ}\text{C}$  On the properties of magnesium oxide ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ), then the addition of ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) prepared at (800  $^{\circ}\text{C}$ ) was studied and the concentrations of (0, 3, 5, and 7) wt% on the characteristics (structural, optical, electrical, and thermal) properties of the prepared polymeric blend films (CMC-PAA).

The X-ray diffraction results showed that polycrystalline particles of magnesium oxide ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) have been obtained, and with increasing temperature the crystallization have increased. The results of TGA showed that there were several areas of weight loss, and that the reactions involved in preparing magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) volatilize at a temperature of (430  $^{\circ}\text{C}$ ). On the other hand, the results of FE-SEM have shown the formation of dense and dispersed aggregates. The results of FTIR showed the good interaction between the prepared magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) and the polymeric blend (CMC-PAA) within the polymeric nanocomposite films.

The transmittance and reflectance spectrum has been studied, and the results showed that the addition of magnesium oxide nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) led to a decrease in the ratio of transmittance of the prepared film (CMC-PAA), and this decreases increases with the increase in the ratio of the nanoparticles ( $\text{MgO}_{\text{NPs}}$ ) and decreases with the increase in the



*Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education  
and Scientific Research  
University of Diyala  
College of Science  
Department of Physics*



*Preparation and Study of Some Physical Properties of  
CMC-PAA/MgO Nanocomposite*

A Thesis

Submitted to the Council of the College of Science-University of Diyala  
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of  
Science in Physics

*by*

*Hala Mansour Hussein*

B. Sc. in Physics (2016)

*Supervised by*

*Assist. Prof. Dr.*

*Muhammad Hameed Abdul-Allah*

**2022 A.D.**

**1444 A.H.**