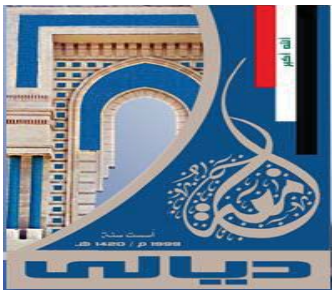


جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم
قسم الفيزياء

دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمتراكب النانوي راتنج الايبوكسي- (كرافين – سليكا) الهجين

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

الطالبة

ضحى صبيح خلف نوري

بكالوريوس علوم فيزياء 2011 م

بإشراف

أ.م. د.الفت احمد محمود

أ.م.د.نادية محمدجاسم

1442 هـ

2020 م

بسم الله الرحمن الرحيم

قالوا سبحانك لا علم

لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

صدق الله العظيم

سورة البقرة آية (32)

إقرار المشرف

نقر بأن اعداد الرسالة تمت تحت اشرافنا في قسم الفيزياء / كلية العلوم – جامعة ديالى / وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء.

التوقيع

أسم المشرف: أ.م.د.الفت احمد محمود

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

التوقيع

أسم المشرف: أ.م.د.نادية محمد جاسم

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

توصية رئيس القسم

بناء على التوصيات المتوافرة, أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: أ.د.زياد طارق خضير

المرتبة العلمية: استاذ

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة ادناه نشهد أننا اطلعنا على رسالة الماجستير الموسومة (دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لمتراكب نانوي راتنج الايبوكسي – (كرافين – سليكا) الهجين) المقدمة من قبل الطالبة (ضحى صبيح خلف) وقد ناقشنا الطالبة في محتوياتها وكل ماله علاقة بها فوجدناها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء ولاجله وقعنا .

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم :جاسم محمد منصور

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم :زينب جميل ناصر

المرتبة العلمية :أستاذ مساعد

العنوان :الجامعة التكنولوجيا/ كلية الهندسة /قسم الاتصالات

التاريخ: / / 2020 م

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم :زهيرحسين جواد

المرتبة العلمية :أستاذ مساعد

العنوان:جامعة ديالى / كلية التربية الأساسية / قسم العلوم

التاريخ: / /2020م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم :الفت احمد محمود

المرتبة العلمية:أستاذ مساعد

العنوان :جامعة ديالى /كلية العلوم/قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم :نادية محمد جاسم

المرتبة العلمية :أستاذ مساعد

العنوان:جامعة ديالى/كلية العلوم/قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

مصادقة عمادة كلية العلوم /جامعة ديالى

التوقيع:

الاسم : أ.د.تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية :أستاذ

التاريخ : / /2020م

إقرار المقوم العلمي

اقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة (دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمتراكب النانويراتنج الايبوكسي – (كرافين – سليكا) الهجين) للطالبة (ضحى صبيح خلف)علمياً من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

التوقيع:

الاسم: أ.د.زينب رحيم مسلم

المرتبة العلمية: استاذ

العنوان: جامعة بغداد/ كلية العلوم / قسم الفيزياء

التاريخ: / /2020 م

إقرار المقوم اللغوي

اقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة (دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمتراكب النانوي راتنج الايبوكسي – (كرافين – سليكا) الهجين) للطالبة (ضحى صبيح خلف) لغوياً من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

التوقيع:

الاسم:د.عمار عبد الستار محمد

المرتبة العلمية: مدرس

العنوان: جامعة ديالى / كلية التربية للعلوم الانسانية / قسم اللغة العربية

التاريخ: / /2020 م

البحوث المنشور

- Duha. Sabeeh. Kalaf.Olfat.Ahmed.Nadia.Mohamed,"Study the effect of adding silica nanopartical and graphen nanoplates on som mechanical and physical properties of composite",Indian solide state Technology,Vol.63Issue.2,(2020).

شكر وتقدير

أحمدُ الله عز وجل كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، واشكره على نعمه التي لا تعد ولا تحصى وارفع إليه اسمى آيات الحمد والثناء حتى يرضى، 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 اله وصحبه وسلم أجمعين.

انطلاقا من قوله تعالى: ﴿ومن يشكر فإنَّما يشكر لنفسه﴾ ومن قول الرسول(صل الله علية واله وسلم) (لا يشكر الله من لا يشكر الناس) وإيماناً بفضل الاعتراف بالجميل وتقديم الشكر والامتنان لأصحاب المعروف فإني أتقدم بالشكر الجزيل والثناء العظيم إلى أستاذي الفاضلين الدكتورين المشرفين: الاستاذة الدكتورة (الفت احمد) والدكتورة (نادية محمد) على رحابة صدريهما وما بذلاه من جهد عظيم وإرشاد ومتابعه وتسهيل كل العقبات خلال مراحل انجاز هذا البحث والتي كانت توجيهاتهما هي الفنار الذي خرجت به هذه الرسالة وأقول لهما بشراً كما قال رسول الله (صل الله عليه واله وسلم) (إن الحوت في البحر، والطير في السماء ليصلون على معلم الناس الخير) سائلا المولى عز وجل أن يثيبهما عني وعن كل من يستفيد من هذه الرسالة خير الأجر والجزاء بإذن الله تعالى.

وأود أن اعبر عن أمتناني وشكري الى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء. كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الجامعة التكنلوجيا كلية الهندسة قسم المواد ومركز

النانو كما أتقدم بالشكر لوزارة العلوم والتكنلوجيا مركز الفحوصات المتقدمة واتقدم بالشكر الى كل من ساعدني على إتمام هذا البحث وقدم لي العون ومد لي يد المساعدة وزودني بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث، حيث كانوا عونا لي في بحثي هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقي ذاكراً منهم (الدكتور زياد طارق (رئيس قسم الفيزياء) - .وأتقدم بشكري الجزيل الى زملائي وزميلاتي طلبة الدراسات العليا (وفاء عبد الستار وآيات محمد وحنين مهدي وسارة محمود وهالة جاسم ولارا فالح وعلي منهل ومحمد) .

كما اتقدم بخالص الشكر والتقدير الى كل من أعانني من طلبة الدراسات العليا واتمنى لهم مزيدا من التألق والنجاح ، واسأل الله العلي القدير أن يوفقنا لما فيه الخير لخدمة بلدنا العزيز. وفي الختام اقدم شكري وعرفاني بالجميل الى افراد اسرتي والى اخي الصغير الدكتور عبدالرحمن لما منحوني من رعاية وتشجيع طيلة مدة الدراسة والبحث ومواكبتهم كل حرف خط في متن هذه الرسالة داعية من الله عز وجل ان يمدهم بالصحة والعافية.

ضحى

الاهــداء

إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء فالإهداء

إلى.. رَبي وخَالقِي ومنْ لهُ أركعُ.

الله جل جلاله

إلى .. من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين.

نبينا محمد صل الله عليه واله وسلم

إلى .. الشعب المقهور والمظلوم .. إلى مشاعر الألم والحزن المرسومة على الوجوه .. إلى الأرض التي سكبت دماً ..إلى أرض أجدادي وآبائي.

بلدي العراق

إلى .. من نذرت عمرها في أداء رسالة.. صنعتها من أوراق الصبر.. وطرزتها في ظلام الدهر ..على سراج الأمل.. بلا فتور أو كلل.. رسالة تعلم العطاء كيف يكون العطاء.. وتعلم الوفاء كيف يكون الوفاء.. إليك أمي أهدي هذه الرسالة.. وشتان بين رسالة ورسالة.. جزاك الله خيرا.. وأمد في عمرك بالصالحات.. فأنت زهرة الحياة ونورها.

أمي الحبيبة

إلى .. من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يسكنه فسيح جناته.
إلى .. روحاً سكنت التراب ومازالت معي.

والدي العزيز

إلى .. من أرفع رأسي عاليا مفتخرا بهم.. إلى أغلى وأثمن كنز أمتلكه.. إلى من بوجودهم اكتسب قوة ومحبة لا حدود لها.. إلى من عرفت معهم معنى الحياة.. وان كان حبر قلمي لا يستطيع التعبير عن مشاعري نحوهم.. فمشاعري أكبر من أن اسطرها على الورق.. ولكن لااملك إلا أن أدعوا الله عز وجل ان يبقيهم ذخراً لي وان لايحرمني منهم.

اختي واخوتي

إلى ... من أرى فيهم حلاوة النجاح ..... وفي ابتسامتهم تزول الهموم والصعاب .....

إلى ... مستقبلي ومن يحمل أفكاري بناتي :

لارا ويارا

إلى.. رفيق دربي في هذه الحياة.. إلى من تطلع لنجاحي بنظرات الامل

زوجي

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير اضافة دقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية على الخواص الميكانيكية والحرارية والكهربائية الى مادة الايبوكسي بوصفها مادة رابطة. وقد تم استعمال طريقة الصب اليدوي لتصنيع متراكبات من الايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية وبنسب وزنية مختلفة (0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1%) وتم إجراء الفحوصات الميكانيكية المتمثلة بفحص الصلادة والصدمة والانحناء والفحوصات الحرارية المتمثلة بالتوصيلية الحرارية ودرجة الانتقال الزجاجي والتوصيلية الكهربائية المتناوبة والمجهر الالكتروني الماسح .

حيث أّظهرت نتائج فحص الصلادة أن صلادة الايبوكسي النقي تزداد بزيادة النسب الوزنية لدقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية حيث بلغت اعلى قيمة للصلادة عند النسبة الوزنية (1%) وأّظهرت نتائج فحص الصدمة زيادة ملحوظة في مقاومة الصدمة عند التدعيم بدقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية مما عليه في الايبوكسي النقي حيث بلغت اعلى قيمة لمقاومة الصدمة عند النسبة الوزنية (1%). وأّظهرت نتائج فحص الانحناء أّن ًمعامل الانحناء للايبوكسي تزداد بزيادة النسب الوزنية لدقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين حيث تبلغ اعلى قيمة عند النسبة الوزنية (0.8%).

أّظهرت نتائج التوصيل الحراري أّن ًقيم التوصيل الحراري تزداد بزيادة النسب الوزنية المضافة للايبوكسي. وأّظهرت نتائج فحص المسعر الحراري (DCS) أّن ًدرجة الانتقال الزجاجي للايبوكسي النقي تبدأ بالزيادة تدريجيا عند اضافة مواد التدعيم (دقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية) حيث تبلغ اعلى قيمة عند النسبة الوزنية (0.8%).

أّظهرت نتائج الفحص الكهربائي زيادة التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي النقي بزيادة النسب الوزنية لمواد التدعيم (دقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية) وزيادة التردد. وأّظهرت نتائج فحص SEM تحسن مقاومة الخدوش والصلابة للمتراكبات النانوية وبالتالي تحسن في العديد من الخواص الميكانيكية عند إضافة دقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوي.

المحتويات

التسلسل	الموضوع	الصفحة
1	الخلاصة	
2	المحتويات	I-IV
3	قائمة الرموز	V -VI
4	قائمة المختصرات	VII
5	قائمة الجداول	VII
6	قائمة الاشكال	IX - XI

الفصل الأول : (المقدمة والدراسات السابقة)			
(1-1)	المقدمة	(Introduction)	1
(2-1)	البوليمرات	(Polymers)	1
(1-2-1)	تصنيف البوليمرات	(Classification of polymers)	2
(2-2-1)	راتنجات الايبوكسي	(Epoxy Resine)	4
(3-1)	المواد النانوية	(Nanomaterails)	5
(1-3-1)	تصنيف المواد النانوية	(Classification nanomaterails)	6
(1-1-3-1)	مواد نانوية أحادية الابعاد	(One dimension nanomaterials)	6
(2-1-3-1)	مواد نانوية ثنائية الابعاد	(Two dimension nanomaterials)	6
(4-1-3-1)	مواد نانوية ثلاثية الابعاد	(Three dimension nanomaterials)	7
(5-1-3-1)	مواد نانوية صفرية الابعاد	(Zero dimension nanomaterials)	7
(2-3-1)	صفائح الكرافين النانوية	(Graphene nanoplateles)	7
(1-2-3-1)	تطبيقات الكرافين	(Applications Graphene)	8
(2-2-3-1)	عيوب الكرافين	(Graphene defects)	9
(3-3-1)	جسيمات السليكا النانوية	(Silica nanoparticles)	9
(4-1)	الدراسات السابقة	(Literatures review)	10
(5-1)	الهدف من الدراسة	(Aim of the work)	12

الفصل الثاني: (الجزء النظري)		
(1-2)	المقدمة	(Introduction) 13
(2-2)	المواد المتراكبة	(Composite materals) 13
(3-2)	مكونات المواد المتراكبة	(Composites Material Components) 13
(1-3-2)	المادة الاساس	(Matrix Material) 13
(2-3-2)	مواد التدعيم	(Reinforcment Material) 14
(4-2)	المتراكبات الهجينة	(Hybrid composites) 17
(5-2)	الخصائص الميكانيكية	(Mechanical Properties) 18
(1-5-2)	اختبار الصلادة	(Hardness Test) 19
(2-5-2)	اختبار الصدمة	(Impact Test) 20
(3-5-2)	اختبار الانحناء	(Bending Test) 22
(6-2)	الخصائص الحرارية	(Thermal properties) 24
(1-6-2)	درجة الانتقال الزجاجي	(Glass Transition Tempetature) 24
(2-6-2)	التوصيلية الحرارية	(Thermal conductivity) 25
(7-2)	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(Dielectric properties) 27
(8-2)	المجهر الالكتروني الماسح	(Scanning electrone microscopy) 30

الفصل الثالث: (الجزء العملي)		
(1-3)	المقدمة (Introduction)	31
(2-3)	المواد المستخدمة (Used material)	32
(1-2-3)	مادة الأساس (Matrix Materail)	32
(2-2-3)	مواد التدعيم (Reinforcement Material)	32
(3-3)	الاجهزة المستخدمة وطريقة تحضير العينات (The Equipment used and specimens preparation)	34
(1-3-3)	الاجهزة المستخدمة (The Equipment used)	34
(4-3)	تحضير العينات (Specimens preparation)	36
(5-3)	عينات اختبار الانحناء	37
(6-3)	عينات اختبار الصلادة	37
(7-3)	عينات اختبار الصدمة	38
(8-3)	عينات اختبار التوصيل الحراري	38
(9-3)	عينات اختبار التحول الزجاجي	39
(10 -3)	عينات اختبار التوصيلية الكهربائية	39
(11-3)	الاجهزة المستعملة في الاختبارات (Equipevice used test)	40
(1-11-3)	جهاز اختبار الصلادة (Hardnees test device)	40
(2-11-3)	جهاز اختبار الصدمة (Impact test device)	41
(3-11-3)	جهاز اختبار الانحناء (Bending test device)	41
(4-11-3)	جهاز اختبار التوصيلية الحرارية (Thermal conductivitytese device)	42
(5-11-3)	جهاز اختبار درجة الانتقال الزجاجي (Glass-Transition Temperature)	43
(6-11-3)	جهاز اختبار الفحوصات الكهربائية العزلية (Electrical test device)	44
(7-11-3)	جهاز المجهر الالكتروني الماسح (Scanning electrone microscopy)	44

الفصل الرابع: (النتائج والمناقشة)		
(1-4)	المقدمة (Introduction)	45
(2-4)	الخصائص الميكانيكية (Mechanical properties)	45
(1-2-4)	اختبار الصلادة (Hardness test)	45
(2-2-4)	اختبار الصدمة (Impact test)	47
(3-2-4)	اختبار الانحناء (Bending test)	50
(3-4)	الخصائص الحرارية (Thermalproperties)	55
(1-3-4)	التوصيلية الحرارية (Thermalcondictiv)	55
(2-3-4)	درجة الانتقال الزجاجي (Glass-Transition Temperature)	58
(4-4)	التوصيلية الكهربائية المتناوبة (Electrical Conductivity)	66
(5-4)	المجهر الالكتروني الماسح (Scanning electrone microscopy)	69
(6-4)	الاستنتاجات (Conclusions)	77
(7-4)	المشاريع المستقبلية (Future Recommendations)	79

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
L.S	متانة الصدمة	Kg/m^2
U	طاقة الكسر	J
A	مساحة المقطع	m^2
M	كتلة الثقل	Kg-
G	التعجيل الارضي	m/sec^2
H	مسافة السقوط	m
σ_{max}	اجهاد الثني	$N/.m^2$
F	الحمل	N
S	المسافة بين المساند	mm
B	عرض العينة	mm
D	سمك العينة	mm
Emax	أعظم انفعال ثني	-
D	الانحناء	mm
I	عزم الانحناء الهندسي	mm^4
EB	معامل الثني	-
M	ميل الجزء الخطي من منحني (الانحراف – الحمل)	-
Tg	درجة حرارة الانتقال الزجاجي	-
I	التيار الكهربائي المار في ملف المسخن	A
T_g	درجة الانتقال الزجاجي	$^{\circ}C$
$\bar{M}w$	معدل الوزن الجزيئي	g/mol
Q	الحرارة المنتقلة	J/S
K	معامل التوصيل الحراري	W/m.k
E	كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة مادة القرص لكل ثانية	$W/m^2.k$
TA,TB, TC	تمثل درجة حرارة القرص (A,B and C) على التوالي	$\mathring{C}$

الرمز	المعنى	الوحدة
R	نصف قطر القرص	M
q	الشحنة الكهربائية المخزونة	coulomb
v	الفولتية عبر اللوحين الموصلين	Volt
C	السعة	Farad
σ	التوصيلية الكهربائية للمادة	S/m
$\sigma_{a.c}$	التوصيلية الكهربائية المستمرة للمادة	S/m
$\sigma_{d.c}$	التوصيلية الكهربائية المتناوبة للمادة	S/m
ε'_r	ثابت العزل الكهربائي	-
ε''	مقياس الفقد في العوازل	-
ω	التردد الزاوي	Hz
C_o	السعة بوجودالفراغ	Farad
'C	السعة بوجود المادة العازلة	Farad
ε	سماحية المادة العازلة	Farad/m
ε_{∞}	سماحية الفراغ	Farad/m
Tan δ	ظل زاوية الفقد	-

قائمة المختصرات

المختصر	المعنى
EP	راتنجات الايبوكسي
GNP	طبقات الكرافين النانوية
SiO_2	ثنائي اوكسيد السليكون (السليكا النانوية)
D_p	درجة البلمرة
PMC	المتراكبات البوليمرية
MMC	المتراكبات المعدنية
CMC	المتراكبات السيراميكية
DSC	المسعر الحراري التفاضلي
T.S	متانة الشد
Y_m	معامل يونك
E_b	الاستطالة حد الكسر

قائمة الجداول

الجدول	العنوان	الصفحة
(1-2)	طرق اختبار الصلادة	19
(1-3)	بعض الخصائص الفيزيائية للايبوكسي	32
(2-3)	بعض خصائص الكرافين النانوية	32
(3-3)	بعض خصائص السليكا النانوية	33
(1-4)	قيم الصلادة للايبوكسي المدعمة بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	46
(2-4)	قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي المدعمة بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	48
(3-4)	قيم معامل الانحناء للايبوكسي المدعمة بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	51
(4-4)	قيم معامل يونك للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	53
(5-4)	قيم التوصيلية الحرارية للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	56
(6-4)	قيم درجة الانتقال الزجاجي للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	58
(7-4)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية	66
(8-4)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوي	66
(9-4)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوية	67

قائمة الاشكال

الشكل	العنوان	الصفحة
(1-1)	الانواع الثلاثة لتراكيب السلاسل البوليمرية	2
(2-1)	الاوكسيران (Oxiran)	5
(3-1)	(a) الاسلاك النانوية(b) ا نابيب الكاربون النانوية	6
(4-1)	صفائح الكرافين النانوية	7
(5-1)	فجوة الطاقة للكرافين حيث يدل على أنه مادة موصلة بالمقارنة مع مادة شبه موصلة	8
(1-2)	انواع مواد التدعيم	15
(2-2)	مخطط اختبار صلادة التحمل لشور	20
(3-2)	عينة اختبار الانحناء ثلاثي النقط	24
(4-2)	العلاقة بين درجة حرارة التحول الزجاجي والوزن الجزيئي للبوليمر	25
(5-2)	مخطط لجهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	27
(6-2)	مخطط المجهر الالكتروني الماسح	30
(1-3)	خطوات البحث بمراحله المختلفة	31
(2-3)	الكرافين النانوي	32
(3-3)	دقائق السليكا النانوية	33
(4-3)	الميزان الالكتروني الحساس	34
(5-3)	الخلاط المغناطيسي	35
(6-3)	جهاز الموجات فوق الصوتية	35
(7-3)	القالب المستخدم	36
(8-3)	عينات اختبار الانحناء	37
(9-3)	عينات اختبار الصلادة	38
(10-3)	عينات اختبار الصدمة	38
(11-3)	عينات اختبار التوصيلية الحرارية	39
(12-3)	عينات التحول الزجاجي	39
(13-3)	عينات التوصيلية الكهربائية	40
(14-3)	جهاز اختبار الصلادة	40
(15-3)	جهاز اختبار الصدمة	41
(16 -3)	جهاز اختبار الانحناء	42
(17-3)	جهاز اختبار التوصيلية الحرارية قرص لي	42
(18 -3)	جهاز اختبار الانتقال الزجاجي	43
(19 -3)	جهاز اختبار التوصيلية الكهربائية	44
(20-3)	جهاز المجهر الالكتروني الماسح	44

(1-4)	قيم الصلادة للابوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية	46
(2-4)	قيم الصلادة للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوي	47
(3-4)	قيم الصلادة للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية و الكرافين النانوي	47
(4-4)	قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي المدعمة بدقائق السليكا النانوية	49
(5-4)	قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوية	49
(6-4)	قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوية والسليكا النانوية	50
(7-4)	قيم معامل الانحناء للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية	51
(8-4)	قيم معامل الانحناء للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوية	52
(9-4)	قيم معامل الانحناء للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية والكرافين النانوية	52
(10-4)	معامل يونك الانحنائي للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية	53
(11-4)	قيم معامل يونك الانحنائي للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوي	54
(12-4)	قيم معامل يونك الانحنائي للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	54
(13-4)	قيم التوصيلية الحرارية للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية	56
(14-4)	قيم التوصيلية الحرارية للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوية	57
(15-4)	قيم التوصيلية الحرارية للايبوكسي المدعم بالسليكا النانوية والكرافين النانوي	57
(16-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي النقي	59
(17-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (SiO2 0.1wt%) النانوية	59
(18-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2 0.2wt%)النانوية	59
(19-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2 0.4wt%) النانوية	60
(20-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2 0.6wt%)النانوية	60
(21-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2 0.8wt%) النانوية	60
(22-4)	مخطط (DSC)الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2 1wt%)النانوية	61
(23-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP0.1wt%) النانوية	61
(24-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP 0.2wt%) النانوية	61
(25-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP 0.4wt%) النانوية	62
(26-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP 0.6wt%) النانوية	62
(27-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP 0.8wt%)النانوية	62
(28-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (GNP 1wt%) النانوية	63
(29 -4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم(SiO_2+GNP 0.1wt%) النانوية	63
(30-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم(SiO_2+GNP 0.2wt%) النانوية	63
(31-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2+GNP 0.4wt%) النانوية	64
(32-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2+GNP 0.6wt%) النانوية	64
(33-4)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2+GNP 0.8wt%) النانوية	64
(34-3)	مخطط (DSC) الحراري للايبوكسي المدعم (SiO_2+GNP1wt%) النانوية	65
(35-4)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية	66

(4-36)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوية	67
(4-37)	قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة للايبوكسي النقي المدعم بالسليكا النانوية و الكرافين النانوية	68
(4-38)	يوضح سطح الكسر الهش للايبوكسي النقي	69
(4-39)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية بنسبة وزنية (0.1wt%)	70
(4-40)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية للنسبة الوزنية (0.8wt%)	71
(4-41)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوي للنسبة الوزنية (0.1wt%)	72
(4-42)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بالكرافين النانوي للنسبة الوزنية (0.8wt%)	73
(4-43)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية والكرافين النانوي للنسبة (0.1wt%)	74
(4-44)	يوضح سطح الكسر للايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية و الكرافين النانوية للنسبة (0.8wt%)	75

الفصل الاول

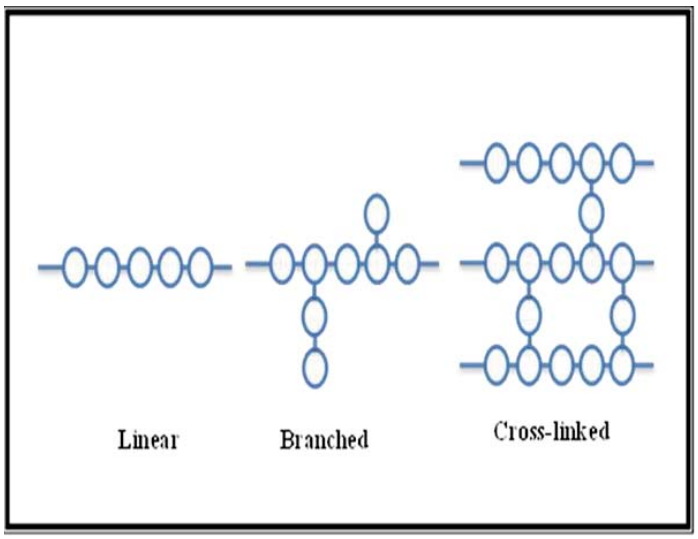
المقدمة والدراسات السابقة

(1-1) المقدمة Introduction

لقد تطور علم البوليمرات تطورا كبيرا في السنوات الاخيرة، واصبح يدخل في العديد من تفاصيل الحياة اليومية وحل محل العديد من المواد التقليدية في شتى المجالات، إذ أثبتت أهميتها في العديد من الأستعمالات التي تعود الى خصائصها الكيميائية والميكانيكية التي جعلتها تنافس المواد التقليدية المستعملة، ولم تظهر هذه الصفات المميزة لها الا في بداية القرن العشرين إذ شهد العالم بداية التطورات التكنولوجية على يد العالم (Staundiger) في عام (1920) وهوأول من وضع اللبنة الاساسية لعلم البوليمر وذلك بأقتراحه فرضية الجزيئات الكبيرة، واستمرت البحوث والدراسات على تلك المواد وخصوصاً خلال الحرب العالمية الثانية بشكل مكثف وسريع، إذ بدأت الدول تتنافس في انتاج العديد من أنواع البوليمرات الصناعية والمتراكبات المحضرة منها [1]. إنَّ التطورالسريع في تكنولوجيا البوليمرات يعود الى الخصائص الميكانيكية والفيزيائية المميزة لها وبسبب امكانية التحوير والتحكم بتلك الخصائص وكذلك الحاجة الماسة الى بدائل لها خواص تكنولوجية مميزة افضل من بعض المواد التقليدية، إذ دخلت في العديد من التطبيقات العملية وخصوصا في التطبيقات الكهربائية مما جعل دراسة خواصها الكهربائية من اكثر المجالات الحيوية، إذ استعملت قابلية عزلها الكهربائي العالي في حماية التيارات الكهربائية في الموصلات من التسرب، وحماية المجالات العالية من الانهيار، ودخلت هذه المواد ضمن المواد شبه الموصلة والموصلة. كما استعملت البوليمرات في البصريات لصنع العدسات لأحدث الأجهزة البصرية، واستعملت في تغطية الصفائح المعدنية لتقليل من انعكاسية الضوء الساقط ومنع التأكسد والتأكل للمعادن. ونتيجة لهذا التطور الصناعي والتكنولوجي ظهرت الحاجة لإيجاد مواد بديلة ذات مواصفات عالية ونوعية عالية من حيث الكلفة وخفة الوزن والخصائص الاخرى بصورة عامة لاعتمادها في التطبيقات الصناعية المتعددة والمدنية والعسكرية ابتدأً من لعب الاطفال وصولا الى هياكل الطائرات والسفن وغيرها [1،2].

(2-1) البوليمرات Polymers

إنَّ كلمة بوليمر(Polymer) لها اصل لاتيني تتكون من مقطعين وهما (Poly) وتعني متعدد وكلمة (Mer) وتعني الجزء أو الوحدة لذا فان كلمة (Polymer) لغويا تعني متعدد الوحدات، وعادة ما تعرف البوليمرات بأنها مركبات كيميائية عملاقة متكونة من وحدات بنائية بسيطة يطلق عليها اسم(Monomers) وتتكررعدة مرات وترتبط الوحدات بعضها ببعض بأواصر كيميائية مكونة سلاسل جزيئية طويلة، وقد تكون ذات أشكال مختلفة (خطية أومتفرعة أومتشابكة) [3،4]. والشكل (1-1) يوضح الأنواع الثلاثة لتراكيب السلاسل البوليمرية [5].



الشكل (1-1): الانواع الثلاثة لتراكيب السلاسل البوليمرية [5].

كما تدعى عملية ربط وحدات المونمر مع بعضها البعض بعملية البلمرة.واستناداً إلى توصيات الاتحاد العالمي للكيمياء التطبيقية قسمت تفاعلات البلمرة إلى نوعين [6].

a- بلمـــرة الإضافة (بلمرة التفاعل المتسلسل) (Addition Polymerization): يتضمن هذا النوع من البلمرة إضافة الوحدات التركيبية (Monomers) إلى بعضها البعض بصورة متتالية وبدون نواتج عرضية.

b- بلمـــرة التكثيف (بلمرة التفاعل الخطوي) (Condensation Polymerization) يتضمن هـــذا النوع من البلمرة تفاعلات تكثيف متتالية بين المجاميع الوظيفية إذ تكون التفاعلات مصحوبة بنواتج ثانوية.

ومـــن الجـدير بالـــذكر أنَّ الـــبوليمرات ذات درجـــة البلمرة الكبيرة يمكن أَنَّ تعرف بالـــبوليـــمرات ذات الـــوزن الجزيئي العالـي، أما البوليمرات ذات درجة البلمرة القليلة فتعرف بالبوليمرات ذات الوزن الجزيئي الواطئ [7].

(1-2 -1) تصنيف البوليمرات Classification of Polymers

تصنف البوليمرات بالاعتمـاد علـى خواصها التكنولوجية واستعمالاتها العملية الى الاصناف الآتية:

a- البوليمرات المطاوعة للحرارة Thermoplastic Polymers

تعرف بأنها بوليمرات ذات سلاسل طويلة وبتفرعات صغيرة اوقد تكون ذات سلاسل خطية، وترتبط السلاسل الطويلة ذات الجزيئات المتشابهة معاً بوساطة قوى ضعيفة ثانوية هي قـــوى فاندرفالز [8].عـند تسليط حرارة على هذا النوع تتحول الى منصهرات وعند اقتراب درجة الحرارة من درجة الانتقال الزجاجي تصبح مرنة، أما عند درجات الحرارة العالية فإنَّ الاواصر الثانوية بين السلاسل تتكسر بسهولة اكبر وتكون المادة بشكل منصهر لـزج وتعود الى حالتها الصلبة مرة اخرى عند التبريد وتستغل هذه الخاصية في عمليات تصنيع البلاستيك والالياف الصناعية وأّنَّ دورة التليين (Softening) بواسطة الحرارة والتصلب اثناء التبريد يمكن تكرارها بـشكل غير محدد [9،10]. تتغير خصائص هذه البوليمرات عندما يتم تغير طول السلسلة المنفردة اوتغير شكلها وذلك بوضع تفرعات من الجزيئات المتجمعة او المجاميع الجانبية عليها مما يؤدي الى تغير في متانة الاواصر ضمن السلاسل وكذلك تغير في متانة الاواصر مابين السلاسل ومثال على هذه البوليمرات هو بولي اثلين (PE) وبولي بروبلين (PP) وبولي ستايرين (PS) وبولي كلوريد الفينيل (PVC).

وتمتاز البوليمرات المطاوعة للحرارة بالخصائص الآتية [11].

a- تكون ذات صلادة عالية.

b- ذات مقاومة عالية لاجهادات الكسر.

c- ذات قابلية للتمدد والاستطالة.

d- تكون عادة غير موحدة الخواص (Anisotropic) اي مختلفة اعتماداً على الظروف في اثناء عملية الصب (Solidification).

b- البوليمرات المتصلدة حراريا Thermoset Polymers

تعرف البوليمرات المتصلدة حرارياً بأنها راتنجات سائلة. اذ تظهر عليها العديد من التغيرات الكيميائية عند تسخينها فتتشابك فيها السلاسل البوليمرية وتصبح هذه البوليمرات بعد معاملتها الحرارية غير قابلة للأنصهار ورديئة التوصيل للحرارة والكهربائية وتتحول الى مواد صلبة اكثرهشاشة من البوليمرات المطاوعة للحرارة بواسطة التشابك الكيميائي (Crosslinking Chemical) الذي يؤدي الى تكوين شبكة مترابطة بقوة ثلاثية الابعاد من السلاسل البوليمرية [9،10]. ولايمكن إعادة تشكيل هذه البوليمرات بعد عملية التفاعل الابتدائي إذ بزيادة درجة الحرارة سوف تتفحم (Chor) ويحدث

لهـا تحلل ومن أمثلتها راتنجـات الايبوكسـي وراتنجات البولي استر. وتتميز هذه المواد بالاتي [11].

a- أنها ذات استقرار حراري عالي ويعود سبب ذلك الى ان الجزيئات ذات ربط تشابكي كثيف.

b- تكون غير بلورية وذات درجة انتقال زجاجي عالي.

c- تتميز بالجساءة (Stiffness) والقوة (Strength).

d- تكون مقاومة جيدة للزحف.

e- تمتاز بخصائص كهربائية عالية وعزل حراري عالي (خصائص عزلية عالية).

f- انها لاتذوب في جميع المذيبات ولكنها تميل الى الانتفاخ في المذيبات القوية.

c- البوليمرات المرنة مطاطيا Elastomer polymer

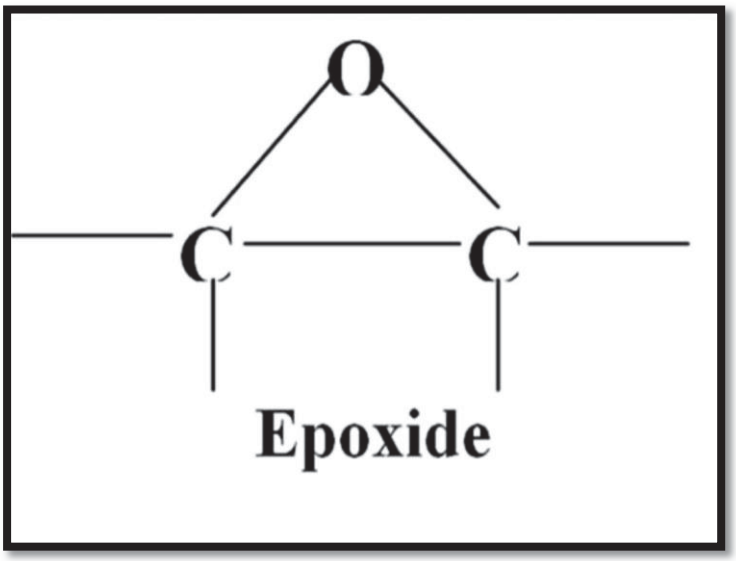
تتكون هذه البوليمرات من سلاسل جزيئية خطية مع وجود تشابك قليل في السلاسل، كما تمتلك هذه المواد معدلات انفعال عالية عندما يسلط عليها إجهاد وبامكانها استرجاع ابعادها الاصلية عند زوال الاجهاد المسلط عليها، إنَّ قابلية هذا النوع من البوليمرات لاظهار صفات المرونة يعتمد على مرونة الجزيئات ذات السلاسل الطويلة الموجودة في وضعيات ملتفة على بعضها بصورة عشوائية ليكون معدل المسافة بين نهايتي جزيئة البوليمريكون اقل بكثير من المسافة عندما تكون الجزيئة في الوضعية الممتدة، ومثال عليها المطاط الطبيعي [9،10]. ومن اهم مايميزها [11].

a- انها تملك درجة انتقال زجاجي (Tg) واطئة.

b- تكون جزيئات هذه المواد ذات التواء عالٍ جداً

(1-2- 2) راتنجات الايبوكسي Epoxy Resins

الايبوكسي كلمة اغريقية تتكون من مقطعين (EP) وتعني بين و (oxy) وتعني اوكسجين وهي مادة بوليمرية متصلدة حراريا يحتوي الايبوكسي على مجموعة واحدة او اكثر من مجموعة الايبوكسايد (Epoxide) الذي يمثل الوحدة الاساس لراتنجات الايبوكسي وأبسط صيغة له هو الاوكسجيران (Oxcirane) اذ يمثل مركبا حلقيا يتكون من ذرة اوكسجين مرتبطة بذرتي كاربون مع بعضها كما موضح في الشكل (1-2).



شكل (1-2): الاوكسيران (Oxiran) [12]

من أَهم خواص راتنجات الايبوكسي [12].

1- يمتلك مقاومة كيميائية جيدة.

2- امتلاكه مقاومة كهربائية والصلادة العالية مما يجعله مفضلا في صناعة الاغطية لحماية الحاويات المعدنية.

3- يمتلك خصائص تلاصقية فريدة بسبب التركيب الكيميائي لراتنج الايبوكسي وخاصة مجاميع البولي ايثرات التي تعد اساس راتنجات الايبوكسي.

4- تتفاعل راتنجات الايبوكسي مع المصلدات في اثناء المعالجة (Curing) ويكون هذا التفاعل غير مصحوب بانبعاث الماء او تحرر اي منتجات ثانوية مما يجعل التقلص في الحجم قليل ا واقل من (2%) وبالتالي يكتسب الراتنج قوة وخصائص ميكانيكية عالية.

(3-1) المواد النانوية Nanomaterails

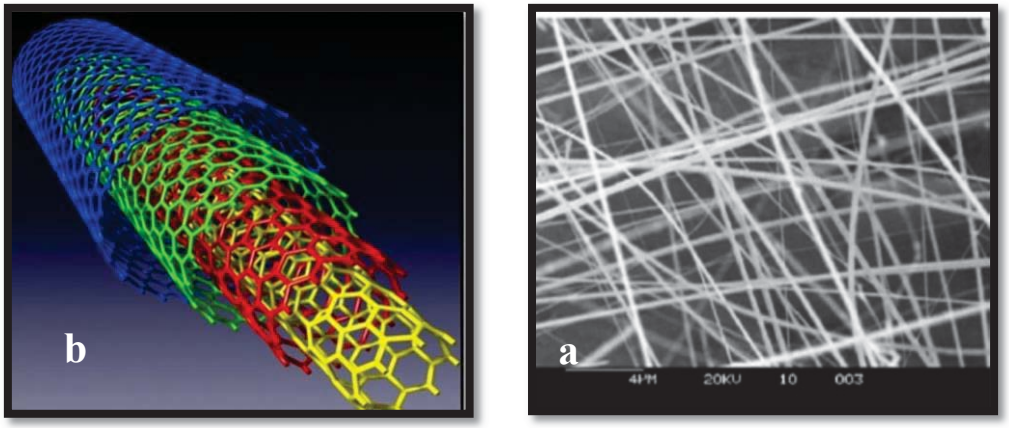
يمكن تعريف المواد النانوية على أنها المواد التي تتراوح مقاييس أحد أبعادها اوأبعاد حبيباتها الداخلية بين (١-100nm) وقد ادى صغر احجام تلك المواد الى أنّ تسلك سلوكا يختلف عن المواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد ابعادها عن (1-100nm) إذ تتوافر فيها صفات وخصال شديدة التميز لايمكن أن تكون مجتمعة في المواد التقليدية والمواد النانوية هي مواد البناء الأساسية للقرن الحادي والعشرين والركن المهم في تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين (تكنولوجيا النانو وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتكنولوجيا الحيوية) التي تعد مقياسا لتقدم حضارة الامم وموشرلنهضتها

وتختلف المواد النانوية من ناحية المصدر اذ تختلف باختلاف نسبها كأن تكون مواد عضوية او غير عضوية او مواد طبيعية او مصنعة هذا وتعد جميع المواد الهندسية المعروفة مثل العناصر الفلزية وسبائكها وأشباه الموصلات والاكاسيد والمعادن مواد نانوية من مصادر طبيعية ومصنعة [13].

(1-3-1) تصنيف المواد النانوية Classification of Nanomaterials

(1-3-1-1) مواد نانوية أُحادية الابعاد One Dimension Nanomaterials

هي المواد التي تمتلك على الاقل بعد واحد في المقياس النانوي أي أَنَّ احد ابعادها يقل عن (100nm) وسميت هذه المواد بالمواد النانوية أُحادية الابعاد ومن انواعها اسلاك ذات اقطار صغيرة جدا اذ ان نسبة طولها الى عرضها تزيد عن (1000) مرة لذا فهي يمكن ان تكون ضمن المواد ذات البعد الواحد وكذلك الانابيب النانوية هي تجمع عدد كبير من الخواص الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية غير المألوفة وكذلك خواص مميزة مثل القدرة على التوصيل الكهربائي الفائق والحراري أصبحت تدخل الاسلاك والانابيب النانوية في تصنيع مكونات الخلايا الشمسية والشرائح الالكترونية واجهزة الاستشعار عن بعد والاجهزة الالكترونية الدقيقة كما يظهر في الشكل (1-3) اسلاك الكاربون النانوية وانابيب الكاربون النانوية [14].



الشكل (1-3):الاسلاك النانوية (a) انابيب الكاربون النانوية (b)[14,15].

(1-3-2) المواد النانوية ثنائية الابعاد Two dimension nanomaterials(2D)

هي المواد التي تمتلك في المقياس النانوي وتعد الاغشية الرقيقة نموذج مهم لتلك الفئة من المواد ومثل المواد النانوية المستخدمة في طلاء الاسطح [15].

(1-3-1-3) المواد النانوية ثلاثية الابعاد

Three dimension nanomaterials (3D)

هي تلك المواد التي تمتلك ثلاث ابعاد في المقياس النانوي وتشمل مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة وان هذا النوع من المواد النانوية سواء كانت على هيئة مساحيق او حبيبات تتصدر قائمة الانتاج العالمي من المواد النانوية ولذلك لتعدد استخداماتها في المجالات والتطبيقات التكنولوجية الحديثة [13].

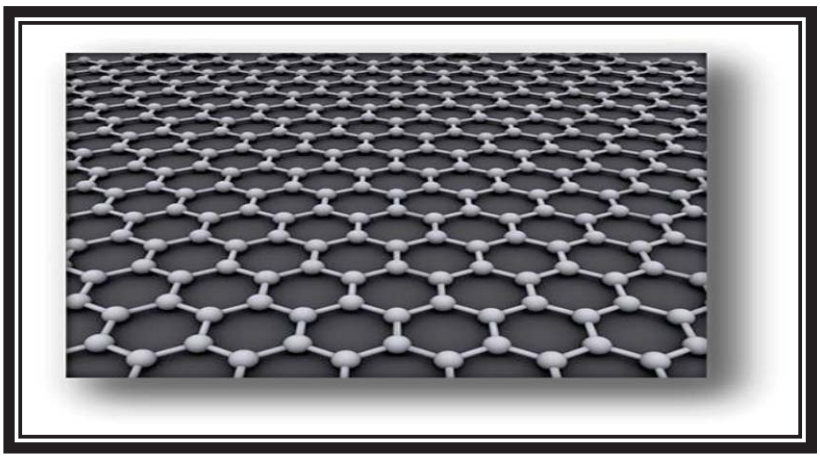
(1-3-1-4) المواد النانوية الصفرية الابعاد

Zero dimension nanomaterial (0D)

هي المواد التي تكون جميع ابعادها في مقياس النانو [15,16].

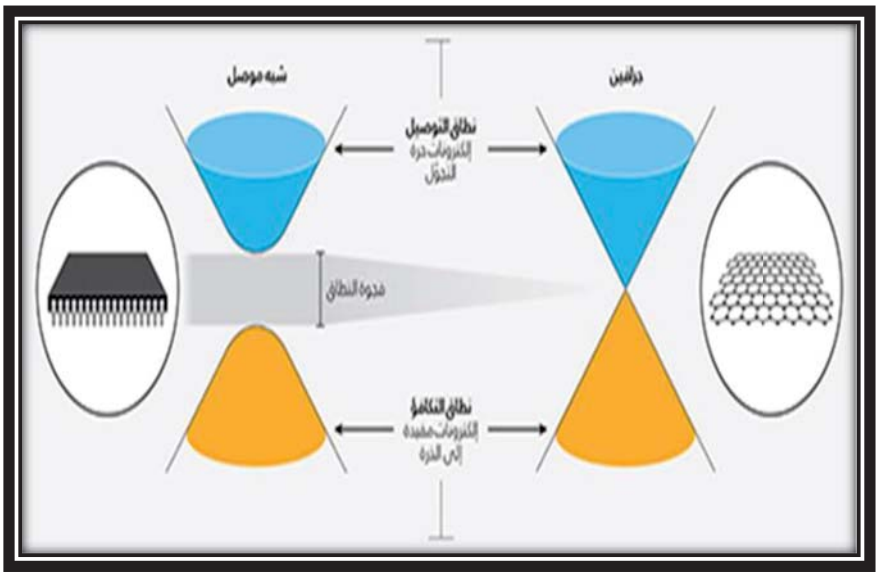
(1-3-2) صفائح الكرافين النانوية Graphene Nanoplatelets

الكرافين هو صفيحة رقيقة من ذرات الكاربون المترابطة بسمك ذرة كاربون واحدة وترتبط هذه الذرات مع بعضها البعض بروابط سداسية وهو الشكل المميز لخلايا النحل إنَّ هذا الشكل الفريد يجعل خلايا الكرافين ذات صلابة استثنائية مميزة وتمتلك سمكا صغيرا ومساحة سطحية عالية إنَّ الكرافين هو اقوى مادة مكتشفة على سطح الارض حتى الان يعد الكرافين اقوى اربع مرات من الماس واقوى 300 مرة من الفولاذ [17]. وبالاضافة الى صلابة الكرافين وقوته فانه يتمتع بخواص توصيلية حرارية وكهربائية وذلك لأنَّ الكرافين مادة ذات بعدين كما في الشكل (1-8) وعليه فإنَّ الاعاقة التي تتعرض لها الالكترونات اقل بكثير من تلك التي نجدها في المواد ذات الابعاد الثلاثية لذلك نجد الكرافين يمتلك توصيلية كهربائية وحرارية عالية جدا وباقل قدر من المقاومة كما انه موصل ممتاز للصوت [18].



شكل (1-4): صفائح الكرافين النانوية

في عام 2010 نال كل من (Andre Geim) و (Novoselove) (Konstantin) جائزة نوبل على تحضيرهما لهذه المادة إذ تمكن في نهاية عدد من التجارب من استخلاص رقائق من الكاربون بسمك يعادل ذرة واحدة ومن خلال اكتشاف الكرافين ظهرت خصائص مميزة غير مالوفة اذ تبين أنه مادة موصلة ومثالية في مجال الصناعة كما ان مقاومته الميكانيكية تبشر بأن الكرافين هو مادة فائقة الصلادة [19].



شكل (1-5): فجوة الطاقة للكرافين حيث يدل على أنه مادة موصلة بالمقارنة مع مادة شبه موصلة [19].

(1-2-3-1) تطبيقات الكرافين Graphene Application

إنَّ من أهم استعمالات الكرافين، مايأتي:

1- يمكن ان يستعمل في مجال الطاقة المتجددة مثل الخلايا الشمسية الدقيقة التي تحول أشعة الشمس والطاقة الحرارية الى تيار كهربائي .

2- يستعمل في الاتصالات وصناعة الهواتف النقالة المستقبلية و أجهزة التسجيل الصوتية والمعالجات الرقمية

3- يدخل في تصنيع الخلايا الكهربائية والمفاتيح الكهربائية الدقيقة جدا وشاشات اللمس.

4- يدخل في صناعة المركبات وصناعة الطائرات والسيارات والاقمار الصناعية.

5- يمكن ان يستعمل حديثا في سد الفراغات في المواد النانوية وتقانة النانو.

6- يستعمل في صنع مجسات الغاز والالكترونيات ذات المرونة العالية (الاجهزة القابلة للطي).

7- يمكن ان يستعمل الكرافين في تطوير بعض المواد البلاستيكية.

ويظهرأَنَّ تطبيقات الكرافين سوف تمتد الى تقنيات اخرى كالاتصالات والتصوير والكشف الموجي والكشف عن الاسلحة والبايلوجيا للكشف عن متتاليات الحمض النووي وذلك لانه جميع هذه التطبيقات تحتاج الى سرعة فائقة في المعالجات[20,21].

(1-3-2-2)عيوب الكرافين Graphene Defects

يتضح مما سبق أَن للكرافين توصيلية كهربائية عالية جدا تتيح لها معالجة بيانات بمعدل عال جدا يتجاوز (٤٠٠ GHz/sec) في حال تم استخدامها كرقائق نبائطية (Electronic Devices) ولكن افتقارها الى فجوة طاقة عملية يحول دون استعمالها في اجهزة المعالجات الرقمية (Logic) والتي اساس عملها (1،0)(On،Off) اي قطع التيار الكهربائي [22,23].

(1-3-3) دقائق السليكا النانوية Silica nanoparticles

هي ثاني اوكسيد السليكون ويرمز لها بالرمز (SiO_2) تتميز بانها مادة بلورية صلبة القوام لونها ابيض وكثافتها عالية وتعدُّ من اكثر المركبات وفرة في الطبيعة وإحدى أهم المكونات الرئيسية للقشرة الارضية ولها عدة تسميات أُخرى منها ثنائي اوكسيد السليكون (IV) واوكسيد السليكون والكوارتز سداسي التركيب البلوري توجد السليكا باشكال بلورية مختلفة ثلاثية الابعاد وهي مواد صعبة الانصهار مثل الكوارتز (Quartzite) وتريديمايت (Tridymite) والكريستوبالايت (Cristobalite) كل منها يوجد بشكلين معدلين هما الشكل الفا الثابت في درجات الحرارة المنخفضة والشكل بيتا الثابت في درجات الحرارة المرتفعة بالاضافة الى ذلك توجد السليكا عديمة الشكل وهي شكل غير بلوري يحوي على (3-12) من الماء بالاضافة الى وجود سليكا حقيقية التبلور الشكل الغير بلوري للسليكا (Fused silica) . تعد السليكا من العوازل الكهربائية الممتازة كما تشمل استخدامات واسعة حيث تدخل في صناعة الالياف البصرية (Optical fibers) كما تدخل في الصناعات الزجاجية والمواد الحرارية تؤدي اضافة السليكا الى تقليل الانكماش وتقليل اللدونة مما يؤدي الى خروج الغازات من دون أن يؤثر على الجسم السيراميكي وتتحد السليكا مع اكاسيد المعادن القاعدية ليكون الزجاج ويعتبر الكوارتز المطحون اكثر من الانواع الاخرى من مصادر السليكا. تضاف السليكا الى الريزنات مثل ريزن الايبوكسي وهو أحد اقوى أنواع اللواصق المستخدمة في الطائرات مونها تزيد صلابته وتحسن خواص العزل الكهربائي له وتستعمل السليكا النانوية في عمليات التلميع الكيميائي الميكانيكي كونها تتمتع بقساوة عالية كما تستخدم في الطلاءات وفي مواد التجميل.

(4-1) الدراسات السابقة Literatures review

درس الباحث (Kochetov) وجماعته في عام 2010 الخصائص الحرارية لمتراكبات الايبوكسي المدعم بدقائق السليكا النانوية باستخدام طريقة القولبة اليدوية وأظهرت النتائج تحسن في التوصيلية الحرارية بالمقارنة مع الايبوكسي النقي [24].

قام الباحث (Ahmad) وجماعته عام 2012 بدراسة تاثير اضافة دقائق السليكا النانوية على الخواص الفيزيائية والسلوك الميكانيكي والحراري والمجهري لراتنج الايبوكسي حيث اظهرت فحوصات (SEM) ظهور مناطق بيضاء ومكثفة على اسطح الكسر والتي تشير الى ان جزيئات السليكا النانوية لا تتشتت في الايبوكسي ولوحظ أن الخواص الفيزيائية للمتراكبات النانوية قد زادت كثافة متراكب الايبوكسي اما الخصائص الميكانيكية للمتراكبات النانوية قد بين انخفاض في قيم معامل يونك مع اضافة دقائق السليكا النانوية [25].

حضَّر الباحث (Xiaopengzeng) وجماعته عام 2012 المتراكب PMMA/Graphene بطريقة الخلط إذ تمت دراسة المتراكب (XRD, SEM, TGA) من خلال نتائج فحص (XRD) وظهرت قمه الكرافين عريضة عند (0.002) ولوحظ أيضا تباين في درجات الانتقال الزجاجي Tg باختلاف النسب الوزنية لرقائق الكرافين المضافة اما صورة SEM فأشارت الى وجود ترابط قوي بين المادة الاساس وصفائح الكرافين[26].

حَضَّر (Mohmmed A.Aldosari) وجماعته عام 2013 متراكب PMMA/Graphene بطريقة البلمرة حيث تمت دراسة المتراكب من خلال XRD, SEM لوحظ ان XRD ظهور قمة حادة للكرافين عند المسافة البينية (d=7.1 A) اما بالنسبة للمتراكب فان القمة سوف تزاح درجة او درجتين اما (SEM) فلوحظ ان الكرافين يتجمع على شكل تكتل عشوائي اما المتراكب فكان بشكل تكتل مكدس [27].

درس (Tangwu Jiang) وجماعته عام 2013 الخواص الميكانيكية المحسنة لجسيمات السليكا النانوية المرفقة لاوكسيد الكرافين لايبوكسي واظهرت الدراسة بفحص SEM الاسطح الخشنة التي تؤكد تأثير المحسن للخصائص الميكانيكية والشد للمركب [28].

درس الباحث (chengtang) وجماعته عام 2013 تاثير تشتت الكرافين على ميكانيكية المتراكب النانوي (الايبوكسي-الكرافين) و تمت إضافة النسب الوزنية (0، 5، 10 ،15، 20) من الكرافين الى راتنجات الايبوكسي و درس الخواص الميكانيكية للمتراكب مثل معامل الانثناء وكسر

الصلابة وقوة الشد وأظهرت النتائج زيادة معامل المرونة مع زيادة نسب الكرافين وانخفاض قوة الانحناء مع زيادة النسب الوزنية للكرافين [29].

درس (Majeed) وجماعته عام 2014 تأثير اضافة الكاربون النانوي على الخواص الميكانيكية للايبوكسي إذ أن وزن الكاربون الاسود النانوي يتراوح مابين (1, 2, 4, 6 wt%) مع الايبوكسي وكانت الخواص الميكانيكية مثل الشد الصلابة القوة الضاغطة وأظهرت النتائج زيادة في قوة الشد والاستطالة [30].

درس (Kim) وجماعته عام 2015 تأثير المعالجة السطحية للصفائح الكرافين النانوية لتحسين الخصائص الحرارية والكهربائية للايبوكسي.اذ تراوحت نسبة وزن الكرافين (3, 4, 5, 7, 10 wt%) مع راتنجات الايبوكسي واضهرت النتائج زيادة الموصلية والحرارية مع زيادة نسبة الكرافين وانخفاض في الخصائص الكهربائية مع زيادة نسبة الكرافين [31].

درس (Hilal) في عام 2016 تاثير اضافة جسيمات السليكا النانوية على بعض الخصائص الميكانيكية لمتراكبات الايبوكسي المدعم بنسبة من طبقات الزجاج المتكسر باستخدام طريقة القولبة اليدوية وأظهرت النتائج زيادة في تأثير الصدمة عند الكسر الحجمي (1%) من السليكا النانوية بينما تقل عند الكسر الحجمي (3%) من السليكا النانوية [32].

درس الباحث (Bozkurt) وجماعته عام 2017 تاثير اضافة دقائق السليكا النانوية بكسور حجمية (1.5, 2, 2.5, 3 %) لمتراكبات الايبوكسي باستخدام طريقة القولبة اليدوية حيث اجرى لهذه المتراكبات فحص الصدمة باستخدام نوع (charpy Impact test) وأظهرت النتائج تحسن في قيمة متانة الصدمة بعد التدعيم اذ كانت طاقة امتصاص الصدمة عند الكسر الحجمي (1.5%)لاعلى بالمقارنة مع بقية الكسور الحجمية [33].

درس (Mostapha) وجماعته عام 2018 تاثير الكرافين النانوي المضاف على السلوك الميكانيكي للتمراكبات النانوية وأُجريت في هذه الدراسة اختبارات المسافة البادئة للمتراكبات النانوية البوليمرية القائمة على الكرافين لتحديد الخصائص الميكانيكية لعينات تتكون من مصفوفة الايبوكسي مع اضافة الكرافين وقد تمت اضافة المواد عند النسب الوزنية (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5wt%) وتم حساب الخواص الميكانيكية لمتراكب نانوي وقد وجد تحسن في الخواص الميكانيكية عند اضافة المواد النانوية [34].

درس (Rocived) وجماعته عام 2019 استخدام راتنجات الايبوكسي كمواد طلاء ولكن الاستخدام العملي لطلاءات الايبوكسي في الصناعات بسبب الخواص الميكانيكية وتم استخدام كميات

محددة من السليكا النانوية والصفائح المعدنية الجرافينية، حيث درسوا الخصائص الميكانيكية للجرافين مثل المرونة وقوة الشد والصلابة وأظهرت النتائج زيادة معامل المرونة والصلابة مع زيادة النسبة الوزنية للكرافين [35].

درس الباحث (Yasser Rostamiyan) وجماعته عام 2020 سلوك الاهتزاز على اساس مركب نانوي مدعم بجسيمات السليكا النانوية وأجرى اختبار الانحناء ثلاثي النقط وأظهرت النتائج ان زيادة نسبة السليكا بنسبة (2wt%) تؤدي الى تحسين في الخواص الميكانيكية [36].

(1- 5)الهدف من البحث Aim of the work

تهدف الدراسة الحالية الى:

1-تحضير متراكبات هجينة من راتنج الايبوكسي المدعم بنوعين من مواد التدعيم (دقائق السليكا النانوية وصفائح الكرافين النانوية).

2-دراسة تاثير الكسر الحجمي ونوع مادة التدعيم على السلوك الميكانيكي في كل خاصية من الخواص الاتية (الانحناء والصدمة والصلادة) وعلى الخصائص الكهربائية العزلية والخصائص الحرارية المتمثلة (التوصيل الحراري ودرجة الانتقال الزجاجي) لمتراكبات الايبوكسي الهجينة النانوية.

3-إيجاد افضل مادة تدعيم لراتنج الايبوكسي تعطي افضل خصائص فيزيائية لمتراكب الايبوكسي الهجين النانوي ليتم استخدامه في مجالات صناعية واسعة مختلفة.