دراسة الخصائص البصرية لالواح راتنج الايبوكسي (Epoprimer) الشفاف

*سُمّا حكمت عبد الوهاب آل شيخ حسين**

تاريخ قبول النشر 28/ 2 / 2010

الخلاصة

حضرت الواح راتنج الايبوكسي في المختبر بخلط راتنج الايبوكسي (A) مع المصلب (B) بنسبة خلط (A:B)(2:1) وبذلك تم صناعة (6) الواح مختلفة السمك تتراوح بين mm(0.95-5.8) .

درست الخصائص البصرية كالامتصاصية والنفاذية و الانعكاسية وفجوة الطاقة والفلورة لحساب الثوابت البصرية معامل الامتصاص و معامل الخمود و معامل الانكسار و للألواح جميعها .

لقد أظهرت النتائج العملية انه بزيادة سمك الالواح تزداد شدة الامتصاص فعند سمك (0.95-5.8)mmكانت شدة الامتصاص تساوي (a.u.)(0.20, 0.69) على التوالي , وان قمة الامتصاص لمادة الايبوكسي تقع عند المنطقة فوق البنفسجية و بالتحديد عند الطول الموجي (330 nm) وفجوة الطاقة ((Eg=3.59 (eV) وتمتلك الالواح نفاذية تتراوح بين (92-60)% في منطقة الضوء المرئي ومعامل الانكسار للايبوكسي (n=1.3) والانعكاسية (R=20%) عند الطول الموجي يساوي (nm)(330) .

من دراسة طيف الفلورة الناتج عن ازاحة طيف الامتصاص (ازاحة استوك) لالواح الايبوكسي النقي فيختلف بحسب سمك الالواح المستخدمة اذ تزداد الازاحة نحو الاطوال الموجية الاطول (ازاحة حمراء) بزيادة سمك الالواح كما أوضحت النتائج ذلك فعند الالواح بسمك mm(0.95, 3 ,5.8) كان مقدار ازاحة طيف الفلورة (ازاحة استوك) nm(140, 131, 100) على التوالي.

الكلمة المفتاحية : البوليمر ; راتنج الايبوكسي ; الخصائص البصرية .

المقدمة :

إن كلمة بوليمر polymer لاتينية الأصل وهي مركبة من مقطعين هما (بولي poly) وتعني متعدد و(مر mer) وتعني جزء أو وحدة، لذلك polymerتعني متعدد الأجزاء أو متعدد الوحدات .وعرف الإنسان البوليمر منذ القدم واستخدم المنتوجات النباتية و الحيوانية البوليمرية لأغراض مختلفة في حياته اليومية.فقد استخدم الإنسان القار "pitch"و الراتنجات "resin" النباتية فعرف الصمغ "gum " و المطاط "rubber" قبل آلاف السنين. و تعد البوليمرات العضوية ذات أهمية بالغة في حياة الإنسان إذ تدخل في الوقت الحاضر في مكونات غذائه وكسائه ومسكنه ، فهو ينتفع من النشويات والسكريات والبروتينات في الغذاء ويستخدم القطن والصوف والحرير وجلود الحيوانات في صنع الملابس كما يستفيد من الخشب في تشييد المسكن والأثاث ويستخدم المطاط والصمغ وغيرها من المواد التي لا تحصى في أغراض شتى. وقد حلت بعض البوليمرات المحضرة صناعيا في الآونة الأخيرة مكان المواد الطبيعية وهذا ناتج عن التطور الهائل الذي حصل في الصناعات الكيماوية والقائمة على النفط ومشتقاته وهذه تتميز بصفات ميكانيكية جيدة كما تتميز برخص الثمن وتوفرها بشكل كبير وقد تم استخدامها في صناعة الأدوات المنزلية والصناعات الحربية و المدنية كالسيارات والطائرات والغواصات والأجهزة الكهربائية. والآن نحن أمام مجال صناعي ضخم وهائل فبالإضافة إلى المجالات السابقة تمكن العلماء من وضع آلية تمكن من الاستفادة من البوليمرات في مجال التوصيل الكهربائي وعلى وجه الخصوص في مجال تصنيع البطاريات الكهربائية [1].

فالبوليمر يسمى في بعض الأحيان الجزيء العملاق macromolecule وهو جزيء لمركب كيميائي ويتمثل بوزن جزيئي عالي (10,000 إلى 10مليون) . و يكون الجزيء على شكل سلسلة حلقاتها عبارة عن جزيئات لمركب بسيط ترتبط مع بعضها البعض بروابط تساهمية . (covalentbond)اما المونمر monomer فهو مركب كيميائي بسيط ذو وزن جزيئي صغير و يتميز جزيء هذا المركب بتركيب خاص يمكنه التفاعل مع جزيء آخر من نوعه أو مع جزيء لمركب آخر و تحت ظروف مناسبة لتكوين سلسلة البوليمر

وان الوحدة التركيبية المتكررة structural repeating unit وهي الوحدة التركيبية التي يتكرر وجودها على طول سلسلة البوليمر وهي تمثل الجزء التركيبي المتبقي من جزيء المونمر أو المونمرات بعد تفاعلها لتكوين البوليمر وتوضع صيغتها بين قوسين.

*قسم الفيزياء /كلية العلوم بنات/ جامعة بغداد

ان عدد الوحدات المتكررة repeating unit أوعدد الوحدات البنائية structural unit والتي هي في الواقع عدد المونمرات المتحدة في سلسلة واحدة يشار إليها بالمصطلح درجة degree of polymerization ويرمز لها بالرمز D_p ولما كانت جزيئات البوليمر الواحد غير متساوية جميعا في درجة البلمرة ولذلك يعبر عن درجة البلمرة بمعدل درجة البلمرة وكما مبين بالمعادلة [2]:

$$Mw = mw.D_p \quad . (1)$$

اذ ان :
Mw: الوزن الجزيئي للبوليمر.
mw: الوزن الجزيئي للمونمر.
D_p : درجة البلمرة.

يمكن الحصول على البوليمرات من مصدرين أساسيين هما [3] :

1) البوليمرات الطبيعية natural polymers
2) البوليمرات الصناعية synthetic polymer

وتنقسم البوليمرات أيضا تبعا لطريقة تصنيعها و لتركيب الكيميائي والخواصها الفيزيائية أو الاستخدام التطبيقي . فمثلا تنقسم البوليمرات تبعا لطريقة الاستخدام إلى-:

a. اللاستمرات ellastomers وهي البوليمرات المطاطية مثل rubber .

b. البلاستيك plastics وهي البوليمرات الصلبة التي تندرج من البوليمرات لدنة elastic إلى شديدة الصلابة مثل البوليمرات البولي ايثلين.

c. الأنسجة الصناعية Synthetic Fibers الألياف الصناعية وهي البوليمرات تستخدم لصناعة الأنسجة المصنعة مثل البولي اميدات .

-أهم طرائق تقسيم البوليمرات هي تبعا لنوع تفاعلات البلمرة والتي تنقسم إلى [3] :

أولا / البلمرة بالإضافة:

وينتج عنها مبلمر إضافة وهي التي تنتج من تفاعل إضافة متسلسل والذي يتم عن طريق بادئ إلى رابطة الكربون الثنائية C=C مكون مركب وسطي نشط الذي يتفاعل بدوره مع جزيء مونمر آخر مكونا مركب وسطي جديد. كما تنقسم طرائق البلمرة بالإضافة تبعا لنوع البادئ لتفاعلات الإضافة فهو إما أن يكون جذر حر Free radical أو بادئ ايوني (أيون سالب) أو بادئ كاتيوني (أيون موجب).

ثانيا / البلمرة بالتكاثف:

وهو تكاثف متتابع (متسلسل) بين مركبين مختلفين كل منهما يحتوي مجموعتين فعالتين مع فقد ناتج ثانوي وتتم البلمرة بدون حافز بادئ.

وتنقسم البوليمرات الصناعية إلى خمسة أقسام تبعا لخواصها الفيزيائية وهي [4] :

1) البوليمرات المطاوعة حراريا thermoplastic polymers

بوليمرات صناعية صلبة التي تلين بارتفاع درجة الحرارة ثم تعود لصلابتها بالتبريد دون تغير في تركيبها الكيميائي على ان لا تصل درجة الحرارة الى الحد الذي يؤدي لتحطم جزيئاتها او تحللها. ومن الممكن ان تهيأ باشكال مختلفة كأن تكون على هيئة قضبان او انابيب او شرائح وكذلك هيئة مساحيق . ان صلابة هذه المواد تعتمد على بنائها التركيبي كأن تكون جزيئاتها غير متشابكة عرضيا(1) غير. متفرعة linear او او ان تكون جزيئاتها متفرعة branched وكذلك تعتمد صلابتها وعلاقتها بالحرارة على تركيب الجزيئة او الوحدة البنائية لذا نجد مثلا ان مادة بولي فينيل كلورايد PVC الحاوية على الكلور في تركيبها اكثر صلابة من مادة بولي اثيلين PE التي تحتوي على الكاربون والهيدروجين فقط.

ان العلاقة العكسية مع درجة الحرارة جعلت من هذه المواد مهمة جدا في الصناعة وبخاصة امكانية اعادة تصنيع العوادم ثانية مما يؤدي الى تقليل الخسارة عند عملية التصنيع .

2) البوليمرات غير المطاوعة حراريا thermoset polymers

هي البوليمرات ذات القواطع العرضية والتي تعطي بتسخينها بوليمرات شديدة الصلابة. تمتاز هذه المواد بامكانية تلينها بالحرارة في بداية عملية تصنيعها لتاخذ الشكل المطلوب ولكن عند تصلبها لا يمكن ان تلان ثانية بسبب حدوث تفاعلات التشابك العرضي فيها (cross-linking) التي تضيف اواصر قوية اخرى تربط السلاسل بعضها ببعض اذ ان عملية التسخين ثانية يعني التغلب على هذه الاواصر مما يؤدي الى تكسير الاواصر بين الوحدات البنائية او بين الذرات مما يسبب تحطم المواد البوليمرية او احتراقها وتستخدم في صناعة المواد اللاصقة وهي مثل البولي يوريثان ولدائن ميلانين ولدائن الفينول الإيبوكسي.

3) الملدنات

مواد عضوية صغيرة تستخدم كملدنات للبوليمرات الصلبة مثلا البلاستيك لتعطها ليونة ومن أهمها ثنائي الكيل فيثالات .

4) الاستومير (البوليمرات المرنة elastomers)

وهي مواد هيدروكربونية غير مشبعة ذات أوزان جزيئية عالية وتتميز بأن لها القدرة على تحمل زيادة الطول تصل نسبتها من (100-500) % ومن ثم ترتد إلى شكلها ألأصلي بعد إزالة السبب وتنتج هذه المرونة من عملية ترابط شبكي بسيط بين السلاسل المكونة لها ومن أمثلتها المطاط.

5) الألياف الصناعية Fibers

من أهم البوليمرات المستخدمة في الصناعة وتمتاز بمقاومة شديدة للتشوه وتتحمل إطالة صغيرة حوالي (10-50) % ولها قوة شد عالية لاحتوائها

على مراكز قطبية أو هيدروجينية و تمتاز بضعف امتصاصها للرطوبة ولها درجة تبلور عالية نتيجة لوجود قوى ثانوية من أمثلة هذه الألياف بولي استر وبولي أميد وبولي بروبلين .

خواص البوليمرات:

•) الوزن الجزيئي :

إن مركبات الجزيئات الضخمة لا توجد إلا في حالتين سائلة وصلبة لأن ضغط أبخرة المركبات ينقص بزيادة الوزن الجزيئي وقد يهبط هذا الضغط إلى الصفر قبل أن يصل الجزيء الضخم إلى قيمته المميزة .

••) الخواص الفيزيائية للبوليمر :

يمكن تصنيف البوليمرات من حيث حالتها الفيزيائية إلى متبلورة وغير متبلورة وهناك نوع ثالث بينهما هي المبلمرات شبه المتبلورة ونعني بالتبلور في البوليمرات تكوين تراكيب منتظمة ، ونادراً ما تتكون بلورات منفردة ذات أشكال هندسية ثابتة ، كما في المركبات العضوية البسيطة واللاعضوية. أما البوليمرات غير المتبلورة (الزجاجية) فتكون سلاسل الجزيئات البوليمريه منتشرة بشكل غير منتظم . وتعد هذه الأنظمة سوائل من الناحية الفيزيائية وتسمى بالسوائل المتجمدة وكما الحال في الزجاج الاعتيادي فالتعريف الفيزيائي للمادة الصلبة الحقيقية هي التي تكون متبلورة أما غير المتبلورة تكون عادة شفافة كالزجاج وذات مرونة أكثر نسبياً من المتبلورة .وتكون المناطق المتبلورة في البوليمر منتظمة أما باقي السلاسل البوليمرية فتبقى موزعة بشكل اعتباطي وتكون في الحالة الزجاجية ، والنسبة بين المناطق المنتظمة المتبلورة وغير المنتظمة " الزجاجية "تدعى بدرجة التبلور. وتعتمد درجة التبلور على عدة عوامل منها طبيعة المجاميع الفعالة (المستبدلة) الموجودة على السلسلة البوليمرية وحجمها ومدى قطبيتها ودرجة تفرع السلاسل والإنتظام الفراغي لها . وكل ما قلت درجة التفرع وكانت السلاسل متجانسة ومنتظمة كل ما زادت القدرة على التبلور والعكس بسبب ازدياد القوى البينية للجزيئات [5] .

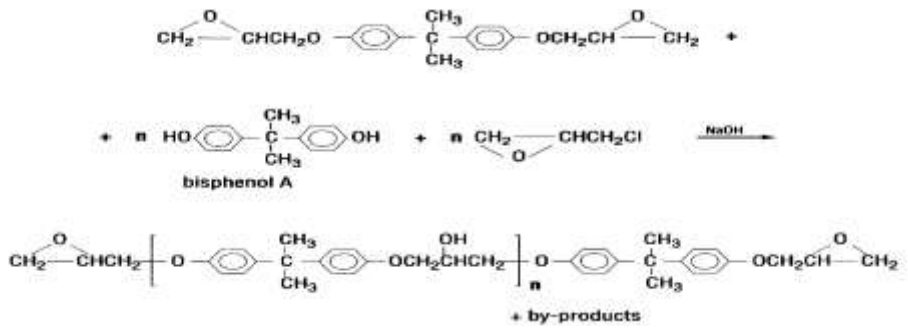
2- الراتنجات (Resins) .

هي مواد عضوية معقدة التركيب تدخل ضمن المواد الاولية لصناعة اللدائن ومن هذه المواد :

2-1- راتنجات الايبوكسي (Epoxy resin) .

مادة كيمائية تعتبر أحد أنواع اللدائن غير المطاوعة للحرارة. ذات مركبين : أساس (resin) و مصلب (hardener) وهي شديدة الإلتصاق ومقاومة للإحتكاك والمواد الكيماوية سواء كانت أحماض أو قواعد أو مذيبات ،اذ تشكل طبقة عازلة عند جفافها.

و تستخدم كطلاء أو لاصق او تخلط مع مواد اخرى بحسب الاستخدام و أول محاولة لإنتاج هذه المادة كانت في عام 1927 بالولايات المتحدة عبر شركة سيبا السويسرية لإنتاج الكيماويات واكثر أنواع الإيبوكسي الراتنج إنتاجا هي الناتجة عن التفاعل بين مادتي الايبي-كلور هايدرين epichlorohydrin مع ثنائي فينول بروبان bisphenol propan كما في المعادلة الاتية [6]:



..(2)

يمكن الحصول على الانواع المختلفة لراتنجات الايبوكسي بتغير قيمة (n) (وهي تمثل عدد الوحدات المتكررة) وذلك بتغير ظروف التفاعل ونسبة الايبي كلوروهيدرين الى ثنائي فينول بروبان (bisphenol propan) . ان قيمة (n) تقع بين (0-12) او اكثر بقليل [6] , فعندما (n=0) يسمى الراتنج ثنائي كلايسيديل ثنائي فينول بروبان ايثر والذي له لزوجة واطئة , عندما (n=10) يكون الراتنج صلبا وله درجة انصهار عالية .وتتراوح اوزان الجزيئات للمنتجات التجارية بين-4000 (350) وذلك تبعاً لعدد الوحدات المتكررة وتركيب ثنائي الهيدروكسيل المستعمل .

2-2- خصائص راتنجات الايبوكسي . Properties of Epoxy Resin

بعض الخصائص التي تتمتع بها راتنجات الايبوكسي هي كالاتي [7]:-

1. الوزن الجزيئي: يمتاز بخفة وزنه مقارنتا مع الفلزات كالحديد مما يجعله مادة سهلة النقل وصالحة للاستعمالات الانشائية.
2. الشفافية: هنالك انواع عديدة من الايبوكسيات منها ما يكون شفاف اذ بعض الانواع تستطيع ان تمرر حوالي95% من الضوء الابيض من خلالها بحيث يكون رؤية الاشياء من خلالها. وان بعض انواع الايبوكسي يستطيع امرار الاشعة فوق البنفسجية (UV) بنسبة تصل الى 90% بعكس الزجاج.
3. اللون: توجد الراتنجات بصورة ملونة كأن تكون سوداء او بنية اللون مثل راتنج الفينول او غير ملونه (شفافه) اذ يمكن الاستفادة من خاصية الشفافية للايبوكسي بتلوينه بالوان مختلفة بحسب الحاجة الى ذلك مما يجعله مادة مهمة للعمليات المعمارية وفي اعمال الديكور.
4. الاشتعال: ان الايبوكسي ليس له القدرة على الاشتعال وانما يتفحم فقط.
5. التركيب الكيميائي: يمكن الحصول على انواع مختلفة من الايبوكسي بالتحكم بالتركيب الكيميائي وباستخدام انواع مختلفة من العمليات ليغطي مدى واسع من درجات الحرارة.
6. التمدد الحراري: عند مقارنة راتنج الايبوكسي بالمواد الصلبة الاخرى كالنحاس والخشب نجد انه يمتاز بمعامل تمدد طولي كبير لذا يجب دراسة معامل التمدد فقد يصل في بعض انواعه غير المطعمة الى حوالي (cm) 2×10^{-4} لكل درجة مئوية.
7. التوصيل الحراري: ان اهم ما يمتاز به الايبوكسي هو قابليته على العزل الحراري مقارنتا مع الحجر والاسمنت والزجاج والخشب مما يجعله بديلا مناسبا لهذه المواد اذ امكن الاستغناء عنها مع مراعاة النواحي الهندسية والفنية الاخرى.
8. الصق: يمتلك خصائص تلاصقية فريدة وتعزى الى المجاميع المستقطبة فيها وعملية اللصق لا تحتاج الى ضغط عالي وتتم بدرجة حرارة الغرفة.
9. الاستقرارية: بعد تصلبها تكون ذات استقرارية جيدة وتقاوم المذيبات الكيميائية لوجود روابط الايثر في تركيبها الكيميائي التي تمتاز بمقاومتها للمواد العضوية وغير العضوية ومختلف الحوامض والقواعد.

3- الخصائص البصرية للاغشية الرقيقة مثل الايبوكسي Optical Properties of Thin Films Like Epoxy

تعد دراسة الخصائص البصرية للايبوكسي ذات اهمية بالغة من الناحيتين النظرية والعملية فهي تعطي معلومات واسعة عن طبيعة المادة ومعرفة تركيب حزم الطاقات وخواصها وتبين مدى امكانية استخدام مادة الايبوكسي في العديد من التطبيقات ومنها البصرية خاصة. تتم دراسة الخواص البصرية للايبوكسي ضمن مدى واسع من الاطوال الموجية للطيف الكهرومغناطيسي بدءاً بالاطوال الموجية القصيرة المتمثلة في المنطقة فوق البنفسجية (Ultra-Violet) ومروراً بمنطقة الطيف المرئي(Visible) الى منطقة تحت الحمراء القريبة (Near Infra-Red).

ان عملية امتصاص الشعاع الساقط في الاغشية تحدث عندما يعطي الفوتون الساقط طاقته التي تكون مساوية او اكبر لطاقة الفجوة (E_g) المحظورة الى الالكترونات التي سوف تنتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل من خلال امتصاص الفوتون الساقط [8] :

$$hf \geq Eg \qquad \ldots(3)$$

اذ ان:

f : التردد بوحدة (Hz)

h : ثابت بلانك

وتسمى منطقة الطيف للاشعة الساقطة والتي تبدأ عندها الالكترونات بالانتقال بحافة الامتصاص الاساسية (Fundamental Absorption Edge) والتي تساوي في المقدار الفرق بين نقطة في قعر حزمة التوصيل ونقطة في قمة حزمة التكافؤ . حيث أن λ_c الطول الموجي القاطع وعندما تكون (E_g) مساوية لـ ($hf_\circ$) فأن :

$$f_o = \frac{Eg}{h} \qquad \ldots(4)$$

critical يدعى بالتردد الحرج f_o اذ أن والطول الموجي المقابل له يسمى frequency) وهذه تحدث عندما λ_c بالطول الموجي القاطع (تكون طاقة الفوتون الساقط مساوية لعرض فجوة الممنوعة. ويمكن التعبير عنها كما يلي : [8]

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_g} = \frac{1240}{E_g} \quad ...(5)$$

فيمكن دراسة طيف الامتصاص للمواد العشوائية بتقسيم حافة الامتصاص الاساسية الى ثلاث مناطق مميزة وهي : [9]

A- منطقة الامتصاص العالي high absorption region

يعزى هذا الامتصاص العالي إلى الانتقالات الإلكترونية من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل كما موضح في الجزء A من الشكل (1) ويمكن من خلال هذه المنطقة التعرف على فجوة الطاقة الممنوعة (E_g) ويكون معامل الامتصاص في هذه المنطقة ($\alpha \geq 10^4 cm^{-1}$) ويعطى معامل الامتصاص (α) في هذه المنطقة بالعلاقة الاتية :

$$\alpha hf = \alpha_o (hf - E_g)^r \quad ... \quad (6)$$

اذ أن:

α : معامل الأمتصاص (cm^{-1}) Absorption Coefficient) .

α_o : ثابت يعتمد على خواص كل من حزمتي التكافؤ والتوصيل .

r : مرتبة الأنتقال البصري ومقداره يعتمد على طبيعة الأنتقال اذ ان r=1/2 للانتقال المباشر المسموح و r=3/2 للانتقال المباشر الممنوع و r=2 للانتقال غير المباشر المسموح و r=3 للانتقال غير المباشر الممنوع .

B - المنطقة الأسية exponential region

تتم الانتقالات الإلكترونية في هذه المنطقة من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الموضعية في قعر حزمة التوصيل والعكس من المستويات الموضعية في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل. و تتراوح قيمة معامل الامتصاص في هذه المنطقة ($1 < \alpha < 10^4 cm^{-1}$) ويمكن التعبير عن معامل الامتصاص في هذه المنطقة وفقاً لعلاقة أورباخ (Urbach) ومنها يمكن أيجاد عرض ذيول المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة الممنوعة وكما يأتي :

$$\alpha = \alpha_o \exp\left(\frac{hf}{E_t}\right) \quad ... (7)$$

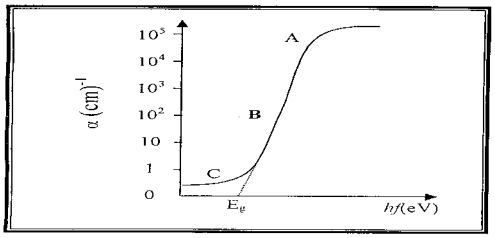
اذ أن:

E_t : تمثل عرض الذيل (Tail Width) للحالات الموضعية وتتمثل هذه المنطقة في الجزء B من الشكل (1) .

C – منطقة الامتصاص الضعيف low absorption region

تتم الانتقالات بين الذيول داخل فجوة الطاقة الممنوعة (E_g) وتعتمد هذه المنطقة على طبيعة المادة من حيث تحضيرها وتفاوتها وكما موضح في الجزء C من الشكل (1) . يكون معامل الامتصاص في هذه المنطقة صغيراً جداً ($\alpha < 1 cm^{-1}$) ويمكن التعبير عن معامل الامتصاص بين الذيول بالصيغة الآتية :

$$\alpha = \alpha_o \exp\left[\frac{hf}{E_{t1}}\right] \quad ...(8)$$



الشكل (1): حافة الامتصاص ومناطق الامتصاص الرئيسة في المواد العشوائية[9].

4الثوابت البصرية Optical Constant

تساعد دراسة الثوابت البصرية على التعرف على خواص بعض المواد من خلال تفاعل الاشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة. فمن خلال دراسة تأثير الاشعاع الكهرومغناطيسي على الواح الايبوكسي ودراسة الامتصاصية والنفاذية والفلورة و الانعكاسية وفجوة الطاقة تم التعرف على اهم الثوابت البصرية للايبوكسي كمعامل الامتصاص و معامل الخمود و معامل الانكسار .....وغيرها .

امتصاص الضوء في الاغشية مثل الواح الايبوكسي Light Absorption in Films Like Epoxy plates

عند سقوط فوتون على جزيئة تتهيج هذه الجزيئة من المستويات الاوطأ للحالة الأرضية (E_1) الى احد المستويات الاهتزازية او الدورانية للحالة الالكترونية المتهيجة (E_2) فان طاقة الفوتون الساقط (الممتص) تعطى بحسب المعادلة الآتية :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = hf \quad ...(9)$$

اذ ان :

ΔE: فرق الطاقة بين مستويات الانتقال.

E_1 :طاقة المستوى الواطئ.

E_2 : طاقة المستوى المتهيج.

يتم امتصاص الاشعاع الساقط I_0 من لوح سمكه t عند مرور حزمة ضوئية خلاله وان جزءا معينا من طاقة الاشعاع الساقط تنفذ مقدارها I والنفاذية هي قياس لشفافية اللوح وتساوي [10] :

$$T = \frac{I}{I_o} \qquad ...(10)$$

$$\therefore A = \log_{10} \frac{1}{T} \qquad ...(11)$$

اذ أن A : الامتصاصية

أن نسبة النقصان في فيض طاقة الأشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه أنتشار الموجة داخل الوسط تسمى معامل الامتصاص الخطي(α) ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون الساقط وعلى خواص شبه الموصل وطول مسار الوسط الممتص.

$$I = I_o \exp(-\alpha t) \qquad \dots (12)$$

$$\alpha = 2.303\frac{A}{t} \qquad \dots (13)$$

ومن معرفة النفاذية T والامتصاصية A يمكن ايجاد الانعكاسية Rبحسب المعادلة:

$$R = 1 - A - T \qquad \dots (14)$$

1-4-2 معامل الخمود (Extinction Coefficient) (K_o)

الخمود الحاصل من الموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة ويمثل الجزء الخيالي من معامل الإنكسار ويرتبط بمعامل الامتصاص بالعلاقة الآتية :

$$K_\circ = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \qquad \dots (15)$$

1-4-3 معامل الانكسار (Refractive Index) (n)

ان معامل الانكسار يمثل النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في المادة . وبأيجاد الانعكاسية (R) ومعامل الخمود (K_o) يمكن ايجاد معامل انكسار اللوح بحسب المعادلة الاتية [11] :

$$n = \left[\left(\frac{4R}{(R-1)^2}\right) - (K_\circ^{\,2})\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{R+1}{R-1} \qquad \dots (16)$$

5-طريقة العمل

انجز العمل على مرحلتين :

5-1- تحضير الواح الايبوكسي
Preparation for Epoxy Plates

استخدمت مادة بوليمر رانتج الايبوكسي(Epoprimer) لصنع الالواح. والمادة مكونة من مركبين الاساس (resin) ويرمز له (A) والمصلب (hardener) ويرمز له (B) و تجهز هذه المادة بشكل سائل شفاف ذي لزوجة واطئة ويتصلب بدرجة حرارة الغرفة و مقاوم للرطوبة وللمواد الكيميائية وخصائصه مبينه في الجدول (1)

الجدول (1) : خصائص مادة الايبوكسي (Epoprimer) المستخدم في البحث [12] .

-1	الاسم الكيميائي	Epoxy Resin Epoprimer
-2	البلد المصنع	تركيا
-3	حالة المادة	سائل
-4	اللزوجة	واطئة
-5	الكثافة (g/cm^3)	1.1(g/cm^3)
-6	اللون	شفاف
-7	نسبة الخلط	A : B 2 : 1
-8	الاشتعال	غير قابل للاشتعال

حُضّرت الالواح كالاتي :-

1. جهزت القوالب الصب بحسب القياس المطلوب (cm^2)(5×5) وبسمك مختلف.
2. تم تحضير الايبوكسي بحسب نسبة الخلط (A:B)= (2:1) وتم خلط المزيج جيدا لمدة (5) دقائق.
3. يصب المزيج في القوالب تدريجيا ويترك الخليط ليتصلب بدرجة حرارة الغرفة ولمدة 24 ساعة.

5-2- فحص الواح الايبوكسي

شملت الفحوصات البصرية للعينات :

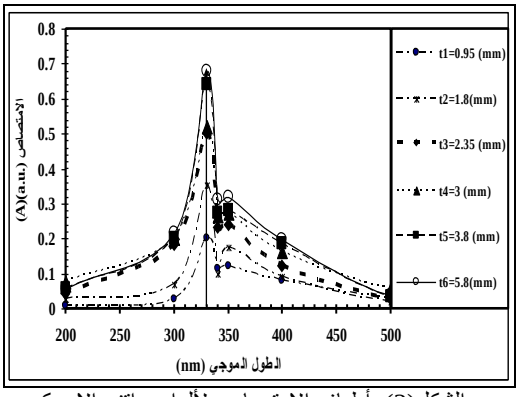
a. اطياف الامتصاص (A) والنفاذية (T) : بالاستعانة بجهاز المطياف shimaduz- spectrophotomete الياباني المنشأ الذي يغطي الاطوال الموجية nm(1100-200) تم تعيين مدى امتصاص ونفاذية هذه المادة باختلاف سمك الالواح.
b. اطياف الانبعاث (E) : استخدم جهاز spectrofluoromete SL174 الهندي المنشأ الذي يغطي الاطوال الموجية nm(900-200) لقياس اطياف الفلورة عن طريق جهاز مطياف الفلورة لالواح الايبوكسي وتحديد ازاحة استوك stoke shift بين طيفي الامتصاص و الانبعاث .

c. تم حساب نظريا الخصائص البصرية مثل (النفاذية والامتصاصية والانعكاسية وفجوة الطاقة) والثوابت البصرية (كمعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار , ..) لكل عينة.

6- النتائج والمناقشة

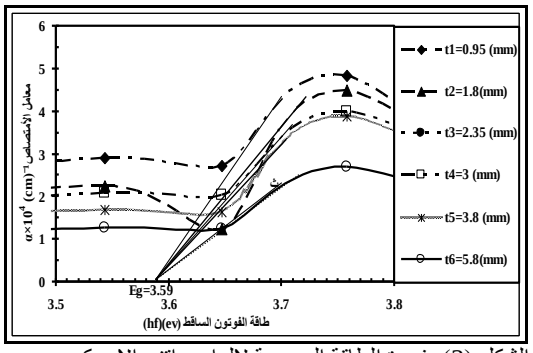
6-1- الخصائص و الثوابت البصرية

تم صنع (6) الواح من راتنج الايبوكسي بسمك مختلف تراوح بين(mm)(0.95-5.8) و حساب طيف الامتصاص للمادة اذ ان قمة الامتصاص تقع في المنطقة فوق البنفسجية وبالتحديد عند الطول ألموجي(nm)(330) وان شدة الامتصاص تزداد بزيادة سمك الالواح (t) كما في الشكل (2) فعند سمك يساوي (0.95, 1.8, 2.35, 3, 3.8, 5.8)(mm) تكون شدة الامتصاص تساوي (0.20, 0.35, 0.50 ,0.52, 0.64, 0.69)(a.u.) على التوالي .

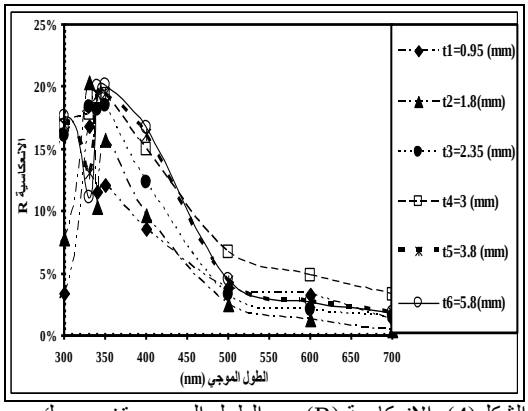


الشكل(2): أطياف الامتصاص لألواح راتنج الايبوكسي بسمك مختلف (t) و قمة الامتصاص تساوي (nm) 330= $\lambda_{(max)}$.

وتم ايجاد فجوة الطاقة البصرية لراتنج الايبوكسي (Epopeimer) وتساوي (E_g=3.59(eV)) لجميع الالواح بحسب المعادلة (5) وكما في الشكل (3) وذلك برسم مماس للمنحني عند المنطقة الاساسية للامتصاص التي تزداد بزيادة معامل الامتصاص (α) بصورة خطية ويقطع المماس المحور السيني الذي يمثل طاقة الفوتون الساقط عند النقطة التي تمثل فجوة الطاقة البصرية كما مبين في الشكل (3) الذي يمثل علاقة معامل الامتصاص الخطي (α) مع طاقة الفوتون الساقط لالواح الايبوكسي مختلفة السمك (t) .

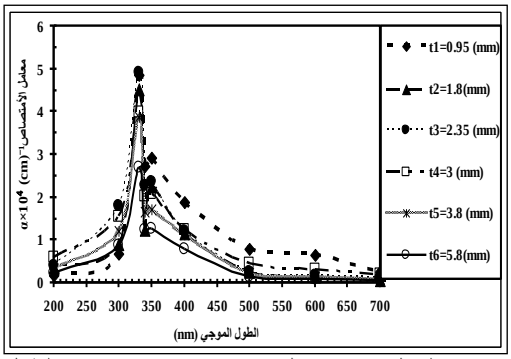


الشكل (3): فجوة الطاقة البصرية لالواح راتنج الايبوكسي تساوي (E_g=3.59(ev)) و لسمك مختلف للالواح يساوي (t)



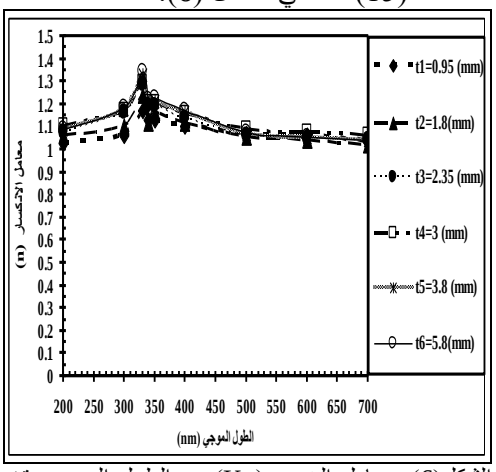
الشكل(4): الانعكاسية (R) مع الطول الموجي بتغيير سمك الالواح(t).

و الشكل (5) يمثل معامل الامتصاص الخطي (α) الذي يعد دالة للطول الموجي ويعتمد على الامتصاص وسمك اللوح بحسب المعادلة (13).



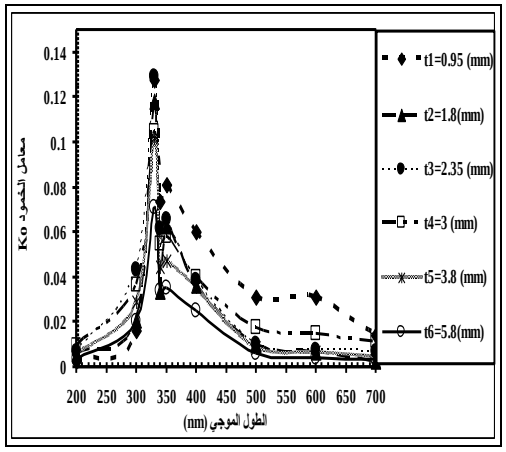
الشكل(5): معامل الامتصاص(α) مع الطول الموجي بتغيير سمك الالواح(t).

تم حساب معامل الخمود (k_o) الذي يزداد بزيادة معامل الامتصاص والطول الموجي من المعادلة (15) كما في الشكل (6).



الشكل(6): معامل الخمود (Ko) مع الطول الموجي بتغيير سمك الالواح(t).

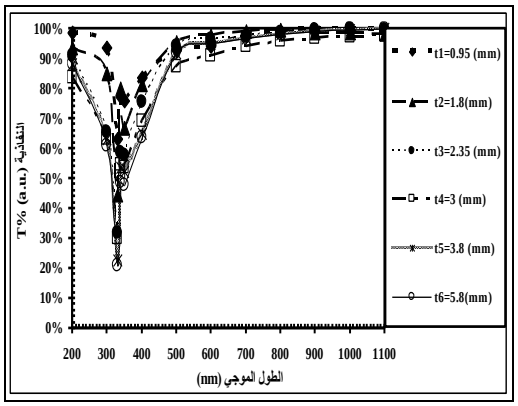
بتطبيق المعادلة (16) تم حساب معامل الانكسار (n) لمادة راتنج الايبوكسي (Epoprimer) ويساوي (n=1.3) عند الطول الموجي (330 nm) كما في الشكل (7).



الشكل(7): معامل الانكسار(n) مع الطول الموجي بتغيير سمك الالواح(t).

6-2 تأثير السمك في الواح راتنج الايبوكسي.

لمعرفة تأثير تغيير السمك في نفاذية الالواح تم دراسة تأثير السمك باستخدام ستة الواح تراوحة بين (0.95-5.8)(mm) وحساب النفاذية لها . اذ تقل نسبة نفاذية الالواح بزيادة سمك فهي علاقة عكسية اذ ان اعلى متصاص يقابل اقل نفاذية و تساوي (20%) عند الطول الموجي يساوي (330 nm) كما في الشكل (8)



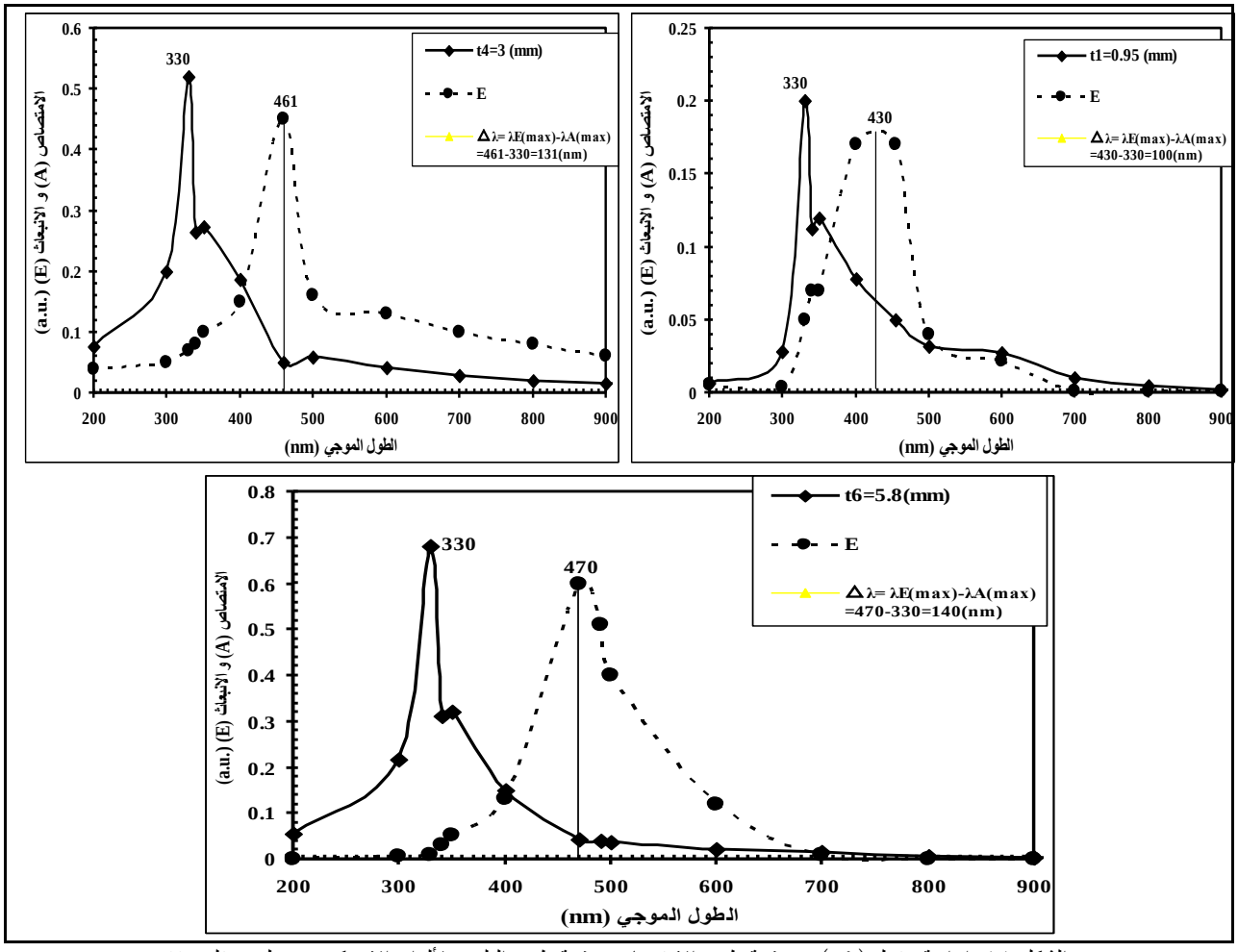
الشكل (8): نسبة النفاذية (T%) لألواح الايبوكسي بسمك مختلف مع الطول الموجي(λnm)

و باخذ بنظر الاعتبار النفاذية في منطقة الضوء المرئي .وجد عند الاطوال الموجية بين (400-700)(nm) تكون نسبة النفاذية بسمك مختلف تساوي (60-92)% على التوالي. وتزداد نفاذية الالواح بزيادة الطول الموجي الى ان تصل الى (99%) عند الطول الموجي(1100)(nm) وبذلك تبين ان الالواح ذات نفاذية عند منطقة الضوء المرئي و منطقة تحت الحمراء القريبة وتحت الحمراء البعيدة. وبهذا نستطيع الاستفادة من هذه المادة في الاستخدامات ذات الحاجة الى نفاذية عند منطقة الضوء المرئي ومنطقة تحت الحمراء مثل صنع الالواح المفلورة الناتجة عن اضافة الصبغات الليزرية باستخدام مادة الايبوكسي كمادة اساس في صناعتها او العمليات المعمارية (كالديكور) لجماليتها او بعض التطبيقات البصرية ذات المتطلبات المتوفرة في هذه المادة [13].

6-3- تأثير عملية الفلورة في الواح الايبوكسي .

يوضح الشكل (9) اطياف الفلورة لمادة الايبوكسي بسمك مختلف التي تم تسجيلها قد زحفت نحو الاطوال الموجية الاطول أي ازاحة حمراء (Red shift) وتسمى هذه الازاحة بازاحة ستوك (stoke shift) التي تمثل الفرق بين الطول الموجي لقمتي الامتصاص والفلورة و السبب في حدوث هذه الازاحة هو انه من الناحية النظرية ان طاقة الفلورة تساوي طاقة الامتصاص وان عملية الامتصاص تحدث في الجزيئة بأمتصاص طاقة الفوتون الساقط من احد مستويات الارضية (S_o) والانتقال الى مستوى طاقة متهيج يمثل الحالات الحالات التعددية ($S_1, S_2,\ldots, S_n$) بحسب طاقة الفوتون الساقط. اما عملية الفلورة فهي محددة بالانتقال من ادنى مستوى طاقة متهيج في الحالة (S_1) الى احد مستويات الحالة الارضية (S_o) أي انه ليس كل انتقال من المستويات المتهيجة ذات

التعددية (S_n) الى المستوى الارضي (S_o) ينتج عنها عملية فلورة وإنما فقط الانتقال من أدنى مستوى للحالة المتهيجة $S_1 \leftarrow S_o$ ينتج عنه طيف الفلورة ونتيجة لذلك سوف تزحف اطياف الفلورة للطاقات الاوطأ عند الاطوال الموجية الاطول من طيف الامتصاص وهذا يسبب ازاحة اطياف الامتصاص عن اطياف الفلورة [14].



الشكل (9): إزاحة ستوك ($\Delta\lambda$) بين قمة طيف الامتصاص وقمة طيف الفلورة لألواح الايبوكسي بسمك مختلف (t).

ولما كانت قمة طيف الامتصاص للمادة تقع عند الطول الموجي يساوي (330)(nm) فأن قمة طيف الفلورة تساوي (430, 461, 470)(nm) عند سمك يساوي (0.95, 3,5.8) على التوالي اي ان مقدار ازاحة استوك تساوي (100,131,140)(nm) على التوالي من ذلك يتبين انه بزيادة سمك الالواح تزداد ازاحة ستوك (ازاحه حمراء) وذلك لان طيف الامتصاص للمادة (A) يتناسب طرديا مع سمك الالواح (t) بحسب المعادلة (13), فكلما زاد سمك الالواح ازداد الامتصاص وبالتالي سوف يزداد مقدار الفلورة [15] كما مبين في الشكل (9).

7- الاستنتاجات

1. يمكن صناعة من مادة الايبوكسي (Epoprimer) اغشية رقيقة بسمك (µm) و الواح بسمك (cm) تساهم في حماية المنظومة من الضغط والرطوبة والمواد الكيمياوية والتآكل بكونها مادة عازلة .
2. يمكن تلوين وتطعيم مادة راتنج الايبوكسي واستخدامها في الدراسات التطبيقية البصرية وفي العمليات المعمارية (كالديكور) لجمالية اشكالها.
3. تقع قمة طيف الامتصاص لمادة الايبوكسي في منطقة (UV) عند الطول الموجي (330 nm).
4. فجوة الطاقة لهذه المادة تساوي E_g=3.59(eV) .

5. معامل الانكسار لمادة راتنج الايبوكسي(n=1.3) والانعكاسية تساوي(R=20%) عند الطول الموجي (330 nm).
6. تزداد ازاحة طيف الامتصاص عن طيف الانبعاث بزيادة سمك الالوح فعند سمك (0.95, 5.8)(mm), 3 تكون مقدار الازاحة (125. 131, 140)(nm) على التوالي.

المصادر:

1. Strong,A.B. 2002. Plastics Materials and Processing .2nd.brigham young university, U.S.A.:25-62.
2. Gilbert,R.G., Hess,M., Jenkins,A.D. and Jones,R.G. 2009. Dispersity in Polymer Science. Pure appl.chem.2, 81:351-358.
3. Jones,D. 2008. Fundamentals of Polymer Science.2nd .polymer and coatings chemistry: 444-544.
4. Seymour,R.B. and Carraher,C.E. 1998. Polymer and Plastics II: Condensation Polymers. Organic enrichment LMS: 1-2.
5. Rogers,M.E.,Turner,S.R. and Long,T.E. 2003. Synthetic Methods in Step-Growth Polymers. John Wiley & sons, Inc.ISBN:0-471.
6. Hershberger,S. 2000. Determination of the Set Time for Epoxy Adhesive. Department of chemistry, Miami University, oxford, 18:1-10.
7. Allcock,H.R. ,Lampe,F.W. and Mark,J.E. 2003. Contemporary Polymer Chemistry. 3nd:1-26.
8. Van Zeghbroeck,B. 2002. Principles of Semiconductor Devices. Colorado.edu:1-515.
9. Yakuphanoglu,F. and Sekeric,M. 2005. Optical Characterization of an Amorphous Organic Thin Film. Optical Applicator, xxxv , 2 : 209-214.
10. Nonemaun,A. and Schubert,E.F. 2007. Absorption Coefficient-Measurement and Calculation. 2nd, Cambridge university press: 1-5.
11. Pankove, J.I. 1971. Optical Process in Semiconductors, Dover Publishing, Inc., New York.
12. Koramic.2006.Epoxy Resin Epoprimer. Istanbul: 1-3.
13. Baumam,B.D. 2002. Surface-Modified Polymer: Performance Additives for Epoxy. Houston, Texas, (281)600-1255:1-14.
14. Earl,L.W. 2003. Molecular Fluorescence and Phosphorescence Spectrometry. University of Tennessee department of chemistry, 26:507-517.
15. Lathey,D.C. 2005. Fluorescence Prediction through Computational Chemistry. A Thesis of Master Degree, Marshall University Huntington, West Virginia: 1-3.

Study the Optical Properties of Transparent Epoxy Resin (Epoprimer) Plates

Suma.H.AL-Shaikh Hussin*

* physics Dept., College of Science for Women, Baghdad Universit

Key words: Polymer ; Epoxy Resin ; Optical Properties

Abstract:

Epoxy plates have been made in the laboratory by mixing epoxy resin (A) with, hardener (B) in ratio (A: B) = (2:1), so they made (6) plates of different thickness about (0.95-5.8)mm .

The optical properties have been studied like (absorption, transmittance, reflectance, energy gap and fluorescent) also the optical constant were found including (absorption coefficient, extinction coefficient and refraction index) for all plates.

The results have shown that by increasing the thickness of plates the absorption ،intensity increase; at plates thickness (0.95-5.8)mm the absorption intensity were (0.20,0.69) respectively , and since absorption peak for epoxy occur in ultraviolet region and exactly at wavelength (330 nm) and energy gap (E_g=3.59(eV)) ; so the plates have transmittance about (60-92)% in visible region . The refraction index for Epoprimer epoxy is (n=1.3) and its reflectance is (R=20 %) at wavelength (330 nm) .

While the fluorescence spectrums that result form shifting absorption spectrum (stoke shift) for epoxy plates it differ according to the used plate's thickness. Where the shift increases toward longer wavelengths the (red shift) with the increase in plates thickness as the results show; so at plate thickness of (0.95, 3 ,5.8)mm the fluorescence spectrum shift was (100,131,140)nm respectively .