تأثير السمك على الخصائص البصرية لالواح راتنج الايبوكسي النقي

خالد رشاد الراوي* منى مهدي صالح* هند فاضل عليوي*

استلام البحث 20، كانون الاول، 2012
قبول النشر 11، اذار، 2014

الخلاصة:
تم في هده الدراسة تحضير الواح راتنج الايبوكسي النقي،اذ تم التحضير بخلط راتنج الايبوكسي(A)مع المصلب (B) بنسبة خلط (A:B) (3:1) وصب المادة بقوالب ذات مساحة معينة، و باسماك مختلفة من المادة تتراوح بين cm (0.3-0.96).
تم دراسة تأثير السمك على الخصائص البصرية والتي تشمل النفاذية والامتصاصية والانعكاسية وفجوة الطاقة البصرية ضمن مدى الاطوال الموجية nm(300-1100) لحساب الثوابت البصرية كمعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار وللالواح جميعها.
لقد اظهرت النتائج العملية انه بزيادة سمك الالواح تزداد شدة الامتصاص فعند سمك cm (0.3-0.96) كانت شدة الامتصاص تساوي (1.43-1.54) على التوالي .وان قمة الامتصاص لمادة الايبوكسي تقع عند المنطقة فوق البنفسجية وبالتحديد عند الطول الموجي (368 nm)وفجوة الطاقة (Eg=3.05eV) وبالتالي النفاذية عملها بشكل جيد في منطقة الضوء المرئي وتمتلك الالواح نفادية تتراوح بين %(60-83.4) في منطقة الضوء المرئي ومعامل الانكسار للايبوكسي (n=1.53) والانعكاسية (R=4 %) عند الطول الموجي nm(368)

الكلمات المفتاحية: Optical properties , Epoxy ,thickness, absorption ,transmission ,reflectance.

المقدمة:

على خلاف معظم المواد التي عرف تركيبها وتفاعلاتها قبل معرفة استخداماتها الصناعية فان البوليمرات انتجت على نطاق تجاري قبل ان تدرس خواصها الفيزيائية والكيمائية وبدات تدريجيا دراسة الخواص الفيزيائية للبوليمرات وسميت هذه الخواص بالخواص الشاذة لانها مختلفة تماما عن خواص المركبات واطئة الوزن الجزيئي ولكن سرعان ماكتشف ان جزيئات البوليمر هي اكبر عدة مرات من الجزيئات الاعتيادية ولذلك فان الخواص الشاذة المزعومة للمواد البوليمرية هي في الواقع طبيعية لمثل هذه المواد [1]

تعد دراسة الخواص 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 للبوليمرات خواص مميزة ومنها مرونة الاستخدام من حيث القوام فيمكن استخدامها في العديد من طرائق الانتاج (تصنيع اشكال معقدة لايمكن الحصول عليها من المعادن التقليدية

وخفيفة الوزن ذات متانة عالية غالبا لها خاصية عزل للكهربائية والرطوبة والحرارة وذات مقاومة جيدة للمواد الكيمائية سواء كانت احماض اوقواعد او مذيبات اذ تشكل طبقة عازلة عند جفافها) كما ان لها قوة التصاق عالية وذات وزن جزيئي كبير

وقد حلت بعض البوليمرات المحضرة صناعيا في الاونة الاخيرة مكان المواد الطبيعية وهذا ناتج عن التطور الهائل الدي حصل في الصناعات الكيميائية والقائمة على النفط ومشتقاته وهذه تتميز بصفات ميكانيكية جيدة ورخص ثمنها وتوفرها بشكل كبير وقد تم استخدامها في صناعة الادوات المنزلية والصناعات الحربية والمدنية والطائرات وغيرها ونحن الان امام مجال صناعي ضخم وهائل فبالاضافة الى المجالات السابقة تمكن العلماء من وضع الية تمكن من الاستفادة من البوليمرات في مجالات التوصيل الكهربائي وعلى وجه الخصوص في مجال تصنيع البطاريات الكهربائية [2] ان الوحدة التركيبية المتكررة Structural repeating unit وهي الوحدة التركيبية التي يتكرر وجودها على طول سلسلة البوليمر وهي تمثل الجزء التركيبي المتبقي من جزئ المونمرات بعد تفاعلاتها لتكوين البوليمر وتوضع صيغتها بين قوسين ،ان عدد الوحدات المتكررة repeating units وعدد الوحدات البنائية Structural units والتي هي في الواقع عدد المونمرات المتحدة في سلسلة واحدة يشار اليها بالمصطلح درجة البلمرة degree of polymerization ويرمز لها بالرمز D_p ولما

*جامعة بغداد/كلية العلوم للبنات /قسم الفيزياء

كانت جزيئات البوليمر الواحد غير متساوية جميعا في درجة البلمرة فلذلك يعبر عن درجة البلمرة بمعدل درجة البلمرة كما مبين في المعادلة [3] .

$$Mw=mw.D_p \text{----------} (1)$$

Mw:الوزن الجزيئي للبوليمر
mw:الوزن الجزيئي للمونمر
D_p:درجة البلمرة

يمكن الحصول على البوليمرات من مصدرين اساسين هما[4]
1 - البوليمرات الطبيعية natural polymers
2- البوليمرات الصناعية synthetic polymers

تساعد دراسة الثوابت البصرية على معرفة بعض خواص المواد من خلال تفاعل الاشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة فمن خلال دراسة تأثير الاشعاع الكهرومغناطيسي على الواح الايبوكسي النقي(pure) ودراسة الامتصاصية والنفاذية والانعكاسية تم التعرف على الثوابت البصرية كمعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار .

خصـــــــــائص راتنجـــــــــات الايبوكسي Properties of Epoxy Resin:

المزيج في القوالب تدريجيا بعد وضع طبقة من ورق النايلون الحراري لضمان فصل الالواح عند التبعض الخصائص التي تتمتع بها راتنجات الايبوكسي هي كالاتي[5] :

1-**الوزن الجزيئي** : يمتاز بخفة وزنه مقارنة مع الفلزات كالحديد مما يجعله مادة سهلة النقل وصالحة للاستعمالات الانشائية.
2-الشفافية: هنالك انواع عديدة من الايبوكسيات منها مايكون شفاف اذ بعض الانواع تستطيع ان تمرر حوالي 95 %من الضوء الابيض من خلالها بحيث يكون رؤية الاشياء من خلالها وان بعض انواع الايبوكسي يستطيع امرار الاشعة فوق البنفسجية بنسبة تصل الى 90% عكس الزجاج.
3- اللون : توجد الراتنجات بصورة ملونة كأن تكون سوداء او بنية اللون مثل راتنج الفينول اوغير ملونة (شفافة) 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 الكيمائي : يمكن الحصول على انواع مختلفة من الايبوكسي بالتحكم بالتركيب الكيمائي 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 لدا يجب دراسة معامل التمدد فقد يصل في بعض انواعه غير المطعمة الى حوالي ($2*10^{-4}$ cm) لكل درجة مئوية.
7- التوصيل الحراري : ان اهم مايمتاز به الايبوكسي هو قابليته على العزل الحراري مقارنة مع الحجر والاسمنت والزجاج والخشب مما يجعله بديلا مناسبا لهذه المواد اذ امكن الاستغناء عنها مع مراعاة النواحي الهندسية والفنية الاخرى.
8- **اللصق** : يمتلك خصائص تلاصقية فريدة ويعزى الى المجاميع المستقطبة فيها وعملية اللصق لاتحتاج الضغط 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.

الجانب العملي:

استخدمت في هذا البحث مادة بوليمير الايبوكسي (Epoxy Alda) تم في هذا البحث استعمال راتنج الايبوكسي نوع (Quick mast 105) الأردني المنشأ بامتياز من شركةFosroc بوصفها المادة الاساس في صنع الالواح والمتكون من مادتين الاولى تدعى راتنج الايبوكسي (epoxy resin) ويرمز لها بالحرف (A) والثانية تسمى المصلب (hardener) ويرمز لها بالحرف (B) وتساعد هذه المادة على تشابك السلاسل البوليمرية فيما بينها عند خلط المادتين وتمزج هاتان المادتان بدرجة بنسبة خلط (3:1) =(A:B) وفي درجة حرارة الغرفة وباسماك مختلفة.

1 - تحضير الواح الايبوكسي:

تجهز هذه المادة بشكل سائل ذي لزوجة واطئة ولون شفاف ويتصلب بدرجة حرارة الغرفة ومقاوم للرطوبة والمواد الكيميائية وذو مرونة عالية يتحمل الضغط والصدمات .

استعمل الميزان الرقمي الحساس لوزن الايبوكسي لتحضير الالواح ،الجهاز مجهز من شركة Sartorius الالمانية وبدقة (0.0001 gm) اي بمدى (0.0001-210gm) ومزود بعازل زجاجي معزول عن المحيط.
وتم تحضير العينات على شكل الواح بوليمرية كما يلي:

1- تجهز قوالب الصب بحسب القياس المطلوب واختير القياس cm^2 (1*1) و باسماك مختلفة.
2- تم وزن كمية كافية من راتنج الايبوكسي واضيف له المصلب بمقدار مناسب بحيث تكون النسبة الوزنية (A:B)=(3:1)
1 - وضع المحتويات في وعاء بلاستيكي وتخلط جيدا لمدة(2- 3) دقيقة .
2 - يصب الخليط في القالب الزجاجي ،ويترك الخليط ليتصلب بدرجة حرارة الغرفة ولمدة 24 ساعة.

2- فحص الواح الايبوكسي :

شملت الفحوصات البصرية اطياف الامتصاصية A (Absorbance)والنفادية T(Transmittance)لالواح الايبوكسي ولمدى الاطوال الموجية nm(300-1100) بوساطة جهاز (Uv/vis double Beam spectrophotometer pu-8800) ذي الحزمتين المجهز من قبل شركة (Philips) .تم تعيين مدى امتصاص ونفاذية هذه المادة.

القياسات البصرية:

من خلال دراسة تأثيرالاشعاع الكهرومغناطيسي على الواح الايبوكسي ودراسة الامتصاصية والنفادية والانعكاسية تم التعرف على اهم الثوابت البصرية للايبوكسي كمعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار وغيرها كما تم ايجاد فجوة الطاقة البصرية لكل عينة .

تم حساب الانعكاسية من طيفي الامتصاصية والنفادية باستخدام العلاقة الاتية [6]

$$R=1-A-T \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث ان:
R : الانعكاسية ، A : الامتصاصية ، T: النفادية

اما معامل الامتصاص (α) وهو نسبة النقصان في فيض طاقة الاشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ،فقد تم حسابه وفق العلاقة [7]

$$\alpha=2.303(A/t) \quad \ldots\ldots(3)$$

حيث ان :
t:سمك اللوح المحضر α: معامل الامتصاص (cm^{-1})
تم حساب معامل الخمود الحاصل من الموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة ويمثل الجزء الخيالي من معامل الانكسار اعتمادا على معامل الامتصاص وفقا للعلاقة [6]

$$K=[\alpha*\lambda)/4\pi] \quad \ldots\ldots(4)$$

حيث ان :
k :معامل الخمود ، λ : الطول الموجي
ومن خلال معرفة معامل الخمود والانعكاسية الطيفية يمكن حساب معامل الانكسار الدي يمثل النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في المادة وفقا للعلاقة الاتية [6]

$$n=[(1+R/1-R)^2-(k^2+1)^{1/2}+[(1+R)/(1-R)] \quad \ldots\ldots(5)$$

تم حساب فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح باستخدام العلاقة الاتية:

$$(\alpha h\nu)^2= \alpha^2(h\nu-E_g) \quad \text{--------(6)}$$

تعد دراسة الخصائص البصرية المتمثلة بالثوابت البصرية من الدراسات المهمة للبوليمرات وتحديد مدى
ملائمتها للتطبيقات المختلفة.

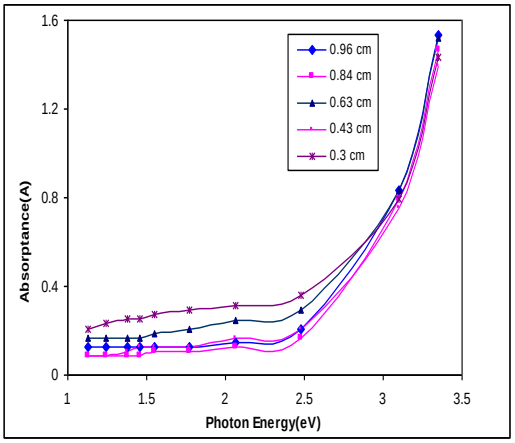
النتائج والمناقشة :

الخصائص والثوابت البصرية للالواح الايبوكسي

تم الحصول على طيف الامتصاصية والنفادية لكل لوح من الالواح المحضرة ومن ثم تم حساب الخصائص والثوابت البصرية نظريا وهي(الامتصاصية (A)والنفاذية(T)والانعكاسية (R) ومعامل الامتصاص الخطي (α)ومعامل الخمود اوالتوهين(k)ومعامل الانكسار لمادة الوسط(n) وفجوة الطاقة البصرية (Eg))
وجدت العلاقة البيانية بين الطول الموجي (λ) او طاقة الفوتون(hυ الذي يمثل كل من ($(\alpha h\upsilon)^2$,n,k,α,R,T,A)على التوالي واجريت هذه القياسات بالكيفية نفسها لبقية القياسات المحضرة

* يبين الشكل (1) طيف الامتصاصية (A) للاسماك جميعها حيث يلاحظ زيادة الامتصاص بنقصان الطول الموجي بصورة خطية بين الطول الموجي nm (300-450) وللاسماك جميعها
ويبين الشكل قمة الامتصاص لكل لوح اذ تزداد الامتصاصية بزيادة سمك الالواح والعكس صحيح ،فعند الطول الموجي (370nm) وجد ان اقل امتصاصية تساوي (1.431)عند اقل سمك (0.3 cm) واعظم امتصاصية تساوي (1.534) عند اكبر سمك للوح (0.96 cm)وهدا السلوك متفق عليه مع دراسات سابقة [7]

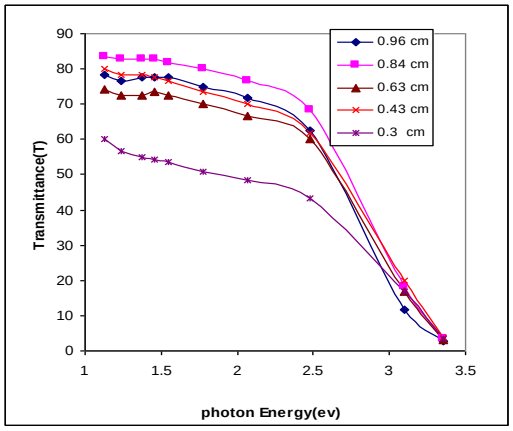
ان قمة الامتصاص لمادة الايبوكسي تمثل منطقة الامتصاص العالي كما موضح بالشكل (1)وتقع قمة الامتصاص لهذه المادة بمختلف سمكها عند الطول الموجي الذي يساوي (368 nm)اي ضمن المنطقة فوق البنفسجية ،ان شدة الامتصاص تزداد بزيادة سمك الالواح فعند سمك يساوي (0.3,0.43,0.63,0.84,0.96) cm تكون شدة الامتصاص تساوي(1.431,1.392,1.519,1.522,1.534)على التوالي ،اما منطقة الضوء المرئي فتمثل اقل امتصاص واعلى نفاذية للضوء كما في الشكل(2) وهذا مفيد عند استخدام هذه المادة كمادة اساس في تحسين كفاءة الخلايا الشمسية لان الضوء المرئي هو المنطقة الفعالة في دراسة كهذه[8،7]



الشكل(1) يمثل الامتصاصية كدالة لطاقة الفوتون

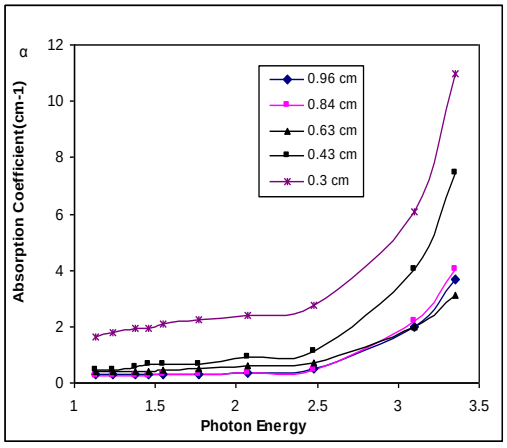
* اما النفاذية(T) فهي تمثل علاقة عكسية مع الامتصاصية كما في الشكل (2) اذ ان اعلى امتصاص يقابل اقل نفاذية وتساوي % (28) عند الطول الموجي (368nm) ان افضل نفاذية للمادة تقع بين الاطوال الموجية (500-1100)nm اذ تشكل %(70-88) والشكل يوضح زيادة النفاذية بزيادة الطول الموجي بصورة طردية وخاصة بين الطول الموجي (380-450)nm وبذلك يتبين ان الالواح ذات نفاذية عند منطقة الضوء المرئي ومنطقة تحت الحمراء القريبة وبهذا نستطيع الاستفادة من هذه المادة في الاستخدامات ذات الحاجة الى نفاذية عند منطقة الضوء المرئي ومنطقة تحت الحمراء مثل صنع الالواح المفلورة الناتجة عند 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 [9]

تم دراسة تأثير السمك باستخدام ستة الواح تراوحت بين cm (0.3-0.96) وحساب النفاذية لها اذ تقل النفاذية للالواح بزيادة السمك فهي علاقة عكسية .



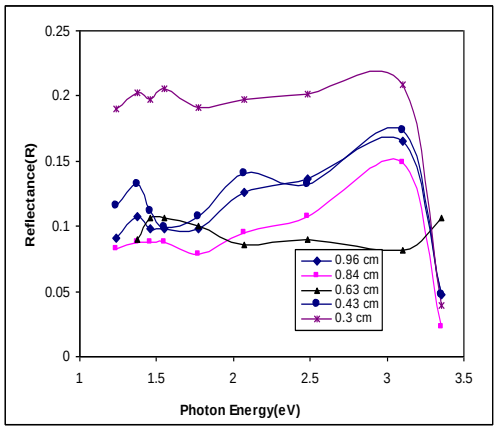
الشكل(2) يمثل النفاذية كدالة لطاقة الفوتون

* اما الشكل (3) يمثل معامل الامتصاص الخطي (α) الذي يعد دالة لطاقة الفوتون ويعتمد على الامتصاصية وسمك اللوح حسب العلاقة (2) [6]



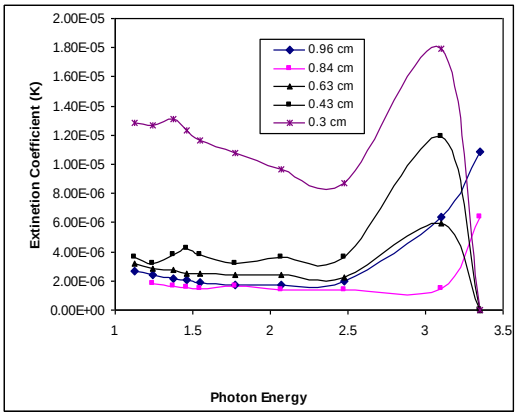
الشكل(3) يمثل معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون

ويكون معامل الامتصاص في منطقة الامتصاص العالي($\alpha > 10^4$ cm^{-1}) ونلاحظ من الشكل (3) نقصان معامل الامتصاص (α) مع زيادة سمك الالواح المحضرة اما منحني الانعكاسية (R) في الشكل (4) فيبين ان انعكاسية المادة قليلة نسبيا عند الاطوال الموجية لمنطقة الضوء المرئي .فقد تم حساب مقدار الضوء المنعكس عن سطح اللوح عند طول موجي (700 nm) الذي يمثل افضل استجابة طيفية للخلايا السليكونية [6]



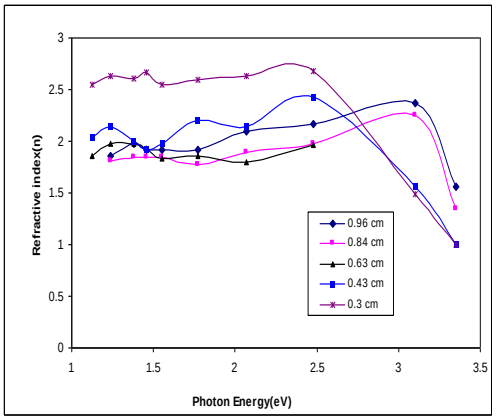
الشكل(4) يمثل معامل الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون

كما تم حساب معامل الخمود او التوهين (k) الذي يزداد بزيادة معامل الامتصاص والطول الموجي حسب المعادلة (4) كما في الشكل (5) ويلاحظ من الشكل نقصان معامل الخمود بزيادة سمك الالواح



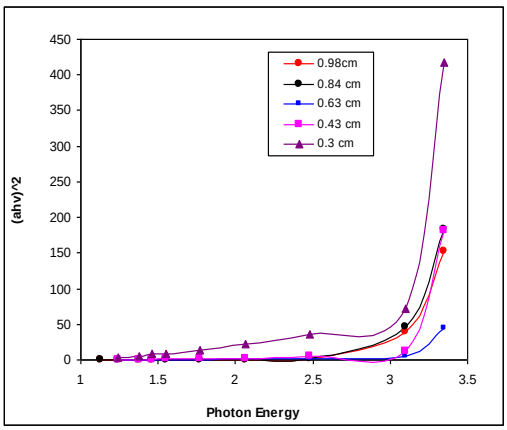
الشكل(5) يمثل معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون

* اما معامل الانكسار لمادة الايبوكسي فقد تم حسابه من المعادلة (5) [6]ومن رسم العلاقة بين الطول الموجي ومعامل الانكسار نجد ان معامل الانكسار للمادة يكون اعلى قيمة في المنطقة فوق البنفسجية ويبدا بالنقصان تدريجا مع زيادة طاقة الفوتون وصولا لمنطقة الضوء المرئي الدي يكون عندها انكسار الشعاع قليلا كما في الشكل (6) وكما انه يقل بزيادة سمك الالواح.



الشكل(6) يمثل معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون

* وتم ايجاد فجوة الطاقة البصرية لراتنج الايبوكسي لجميع الالواح حسب المعادلة (6) وذلك برسم العلاقة البيانية بين $(\alpha h\upsilon)^2$ و طاقة الفوتون $(h\upsilon)$ ، بمد الجزء الخطي من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha hv)^2=0$ برسم محاذي 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 للانتقال المباشر المسموح وكما في الشكل (7) الذي يمثل علاقة فجوة الطاقة مع طاقة الفوتون لالواح الايبوكسي مختلفة السمك وكانت قيمتها(3.05eV)



الشكل(7) يمثل فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون

الاستنتاجات:

1- يمكن صناعة اغشية رقيقة من مادة الايبوكسي بسمك (µm) وبسمك (cm) تساهم في حماية المنظومة من الضغط والرطوبة والمواد الكيميائية والتأكل بكونها مادة عازلة.

2- يمكن تلوين وتطعيم مادة راتنج الايبوكسي واستخدامها في الدراسات التطبيقية البصرية وفي العمليات المعمارية (كالديكور) لجمالية اشكالها .

3- تقل الامتصاصية بزيادة سمك الالواح اما النفادية فان لها سلوك معاكس وتقع في منطقة الضوء المرئي .
4-تتناقص فجوة الطاقة البصرية بزيادة السمك.
5- معامل الانكسار يقل مع زيادة السمك وكدلك يتناقص معامل الخمود مع زيادة السمك .
6- يزداد معامل الامتصاص مع زيادة السمك عند الطاقات القلية بينما ينقص عند الطاقات العالية بزيادة السمك .
7-فجوة الطاقة لهده المادة تساوي (Eg=3.05eV)
8- تقع قمة طيف الامتصاص لمادة الايبوكسي المحضرة في منطقة (uv)عند الطول الموجي (368 nm) .
9- يمكن استخدام هذه المادة في تحسين كفاءة الخلايا الشمسية لانها فعالة في منطة الضوء المرئي .

المصادر:

1- فريد بليمر. 1971 (اساسيات علم البوليمر) ترجمة د.صلاح محسن عليوي ،الطبعة الثانية ،كلية العلوم ، جامعة الموصل ،العراق .

2-Strong ,A.B.2002.plastics materials and processing .2nd. brigham young university U.S.A .:25-62.

3-Gilbert,R.G.,Hess,M.,Jenkins,A.D. and Jones,R.G.2009.Dispersity in polymer science pure appl.chem. 2,81:351-358.

4-Jone.,D. 2008. Fundamentals of polymer Science.2nd.polymer and coatings chemistry:444-544.

5-Allcock,H.R., Lampe,F.W.and Mark, J. E.2003. Contemporary polymer chemistry.3rd:1-26

6-Nonemaun, A.and Schubert, E.F. 2007. Absorption Coefficient-Measurement and calculation .2nd combrige University press:1-5.

7- سما حكمت عبد الوهاب 2008.(دراسة الخصاص البصرية لالواح الايبوكسي المطعمة بصبغة الرودامين 6G ،وتأثيرها في كفاءة الخلية الشمسية) اطروحة ماجستير ،قسم الفيزياء ،كلية العلوم للبنات ، جامعة بغداد،العراق .

8-Sloff L.H.,BurgersA.R. and BakkerN.J. , 2007."The luminescent concentrator:stability lssues", MBC publication,2nd.Eupvsec),Milan

9-Baumam,B.D.2002.surface-modified polymer :performance Additives for Epoxy .Houston Texas,(281)600-1255:1-14.

10-Lemis G.F., 1958. "Analytical chemistry and Introduction ",2nd .ed.Macmillan Education Ltd.6 Hongkong,A424.

Effect of thickness on optical properties of pure Epoxy Resin plates

Khalid R.Al-Rawi ***Mona M.Salih*** ***Hind F.Oleiwi****

*University of Baghdad, College of Science for Women Dep.of Physics

Abstract:

In this study, Epoxy Resin plates was prepared by mixing epoxy(A) and hardner(B)with ratio(A:B) (3:1) with different thickness (0.3-0.96)cm. The effect of thickness on optical properties have been studied (absorption ,transmission ,reflectance) also the optical constant were found like (absorption coefficient, extenuation coefficient and refraction index) for all of the prepared plates.

The results have shown that by increasing the thickness of plates., the absorption intensity increase in which at plates thickness (0.3-0.96)cm the absorption intensity were(1.54-1.43) respectively, and since absorption peak for epoxy occur in ultraviolet region and exactly at wavelength(368)nm and energy gap(Eg=3.05 eV) thus their good transmittance in the visible light region

The plates have transmittance of about (60-83.4)% in visible region ,the refraction index for Elda epoxy is (n= 1.53) and its reflectance is (R=4)% at wavelength (368 nm).