

تحضير أفلام رقيقة نقية من بولي فينيل كلورايد PVC ودراسة تأثير سرعة الدوران على الثوابت الضوئية

الدكتورة ختام قنجرأوي*

(تاريخ الإيداع 1 / 6 / 2015. قُبِلَ للنشر في 27 / 8 / 2015)

□ ملخص □

قمنا في هذا البحث بتحضير أفلام رقيقة نقية من بوليمير فينيل كلورايد PVC، بطريقة التغطية بالدوران (Spin Coating)، من أجل ثلاث سرعات (1000,2000,3000)RPM، وذلك بترسيبها على قواعد زجاجية من النوع (Microscope cover glass) عند درجة حرارة الغرفة. درست الامتصاصية (Absorbance) و النفاذية (Transmittance) لهذه الأفلام في المنطقة المرئية وفوق البنفسجية (UV-VIS) للأشعة الضوئية. علاوة على ذلك قمنا بحساب معامل الامتصاص α (absorbance coefficient) وعمق النفاذ الضوئي للسطح δ (Skin Depth) ومعامل الانكسار n_0 (Reflectance coefficient)، ومعامل العزل الكهربائي ϵ بجزأيه الحقيقي و التخيلي، وحسبنا أيضاً قيمة فجوة الطاقة E_g للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة منها والممنوعة. أظهرت الأفلام نفوذية عالية بحدود % (80-90) في مجال الأشعة تحت الحمراء وذلك بدلالة سرعة الدوران فبلغت الحد الأقصى % 80 تقريباً بالنسبة للسرعة 1000RPM، و % 90 تقريباً بالنسبة للسرعة 3000RPM كما تناقصت قرينة الانكسار n_0 بازدياد سرعة الدوران حيث وجدنا أنها تتراوح بين 3.67 و 4.56 عند السرعتين 3000RPM و 1000RPM على الترتيب في حين تناقص عمق النفاذ السطحي δ بازدياد سرعة الدوران فكانت أصغر قيمة له 0.0000531cm عند السرعة 3000RPM، وأكبر قيمة له 0.00023cm عند السرعة 1000RPM.

الكلمات المفتاحية: أفلام رقيقة، بوليمير، بولي فينيل كلورايد، التغطية بالدوران، الثوابت الضوئية.

* أستاذ مساعد - قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

Preparing pure thin films from poly vinyl chloride and studying the effect of the rotating velocity on the optical constants

Dr. Khitam Kanjarawi*

(Received 1 / 6 / 2015. Accepted 27 / 8 / 2015)

□ ABSTRACT □

In this research we have prepared thin films from poly vinyl chloride (PVC) by spin coating technique in three velocities (1000,2000,3000)RPM on glass substrate (Micro scope cover glass), at room temperature. The absorbance A , and transmittance T for the films were studied in the visible and ultra-violet region (UV-VIS). In addition, we have calculated the absorbance coefficient α , skin depth δ , refractive index n , dielectric constant ϵ (the real part and the imaginary part), also we have calculated the energy band gap of allowed and forbidden direct transitions.

The films showed high transmittance (80-90)%, in the infrared region as a function of the spinning velocity and took the maximum value 80% for the velocity 1000RPM, and 90% for the velocity 3000RPM, and the refractive index was decreased with the velocity increase, we found it between 3.67 and 4.56 for the velocities 3000RPM and 1000RPM respectively. Whereas the skin depth δ decreased with the increasing of velocity, the minimum value was 0.0000531cm for the velocity 3000RPM and the maximum value was almost 0.00023cm for the velocity 1000RPM.

Keywords: thin films, polymer, poly vinyl chloride, spin coating, optical constants.

* Associate Professor, Department of Basic Science, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

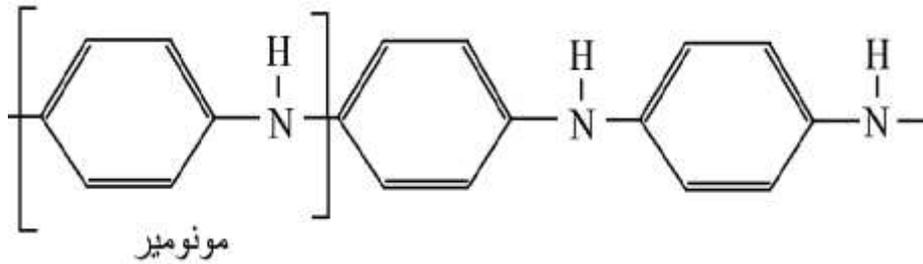
يعرف الفلم الرقيق بأنه عبارة عن طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة ما بسماكة لا تتجاوز $1\mu\text{m}$. ونظرا لسماكة الفلم الضئيلة، فإن مادة الفلم يجب أن ترسب على سطح أو قاعدة ما تسمى (Substrate) لتحمل هذا الفلم، وهذه القاعدة قد تكون من المعدن أو الزجاج أو من مادة عضوية بوليميرية . . . الخ.

وهناك طرق كثيرة لترسيب مادة الفلم تتدرج معظمها تحت عنوانين بارزين هما: الطرائق الفيزيائية والطرائق الكيميائية. تتجه الأنظار دوما إلى الطرق البسيطة وغير المكلفة والتي يمكن أن تجرى في الظروف العادية من الضغط والحرارة وتعطي بنفس الوقت نتائج ذات دقة عالية مقارنة مع طرائق أخرى معقدة تستخدم فيها أجهزة ذات تقانات حديثة وباهظة الثمن [1]. في بحثنا هذا تم اختيار طريقة التغطية بالدوران (Spin Coating).

ويتوقف استخدام الأفلام الرقيقة في الكثير من المجالات على طبيعة مادة الفلم إضافة إلى دقة التحضير ونوع الركيبة المستخدمة.

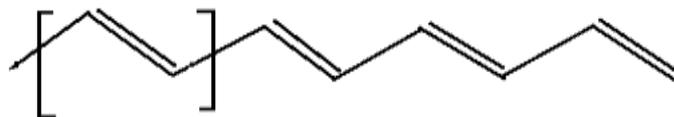
تستخدم الأفلام الرقيقة في مجالات وتطبيقات عديدة أهمها: التطبيقات الالكترونية ، والترانزستورات والديودات والديودات الضوئية وفي الخلايا الشمسية [2] . . . الخ. أما مادة الفلم التي في معظمها من أنصاف النواقل فيمكن أن تكون من المعدن أو من الأكاسيد المعدنية أو من أشباه المعادن أو منالكبريتيدات أو النتريتيدات أو التولورايدات أو السيلينيدات [3] . . . الخ، أو من المواد العضوية كالبوليميرات. [4]

والبوليمرات هي جزيئات ضخمة ترتبط فيما بينها بروابط كيميائية مكونة سلسلة طويلة خطية أو متفرعة أو متشابكة. وتعتبر هذه الصفات أحد تصنيفات البوليمرات، كما توجد تصنيفات أخرى للبوليميرات مثل انقسام البوليمرات إلى طبيعية كالسيلولوز والخشب وصناعية مثل البولي ستايرين PS وبولي فينيل الكحول PVA وبولي فينيل كلورايد PVC. وكذلك تقسم البوليميرات إلى عازلة مثل (PVC) وأخرى ناقلة كهربائياً مثل بولي أنيلين (Pani)، [5].



بولي أنيلين

واكتشاف صفة الناقلية الكهربائية للبوليميرات هو انجاز علمي ليس ببعيد حيث تم اثبات هذه الصفة بادئ ذي بدء على بولي استيلين (PA) نظرا لوجود روابط مترافقة (متناوبة) (Conjugated) في بنيته الالكترونية.



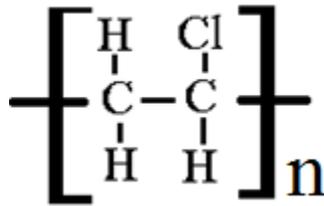
مونومير الأسيتيلين

بولي أسيتيلين

وهذا النوع من الروابط ويقلل من الطاقة الضوئية الواردة عليه يسهل فيه تحرير بعض الالكترونات التي تنتقل من ذرة لأخرى من السلسلة مكونة تياراً من الالكترونات الحرة ومانحة صفة الناقلية الكهربائية لمثل هذه البوليمرات. كما يمكن تحرير الالكترونات بعميلة الاشابة بمواد محددة ونسب معينة فمثلا ازدادت ناقلية بولي أستيلينب الاشابة بمقدار عشرة أضعاف تقريباً، وقاربت بذلك ناقلية المعادن. [6]

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من أهمية الأفلام الرقيقة والبوليميرات وبالتحديد من أهمية الأفلام البوليميرية [7]. فقد وجدت هذه الأفلام العضوية مكاناً استحقته بجدارة بين العلوم الحديثة و تطبيقاتها، حيث أخذت تحل محل الأفلام اللاعضوية، لتفوقها عليها في كثير من الصفات الفيزيائية والكيميائية [8]، فمثلاً صفة الليونة لدى الكثير من البوليمرات أعطى كثيراً من المرونة وسهولة التكيف مع الشكل المطلوب، وكذلك خفة الوزن وقلة التكاليف... الخ، كل ذلك أعطاها الأفضلية على الأفلام الصلبة في كثير من التطبيقات [9]. فلا تخلو منظومة الكترونية مهما كانت كبيرة أو صغيرة، معقدة أم بسيطة من الأفلام الرقيقة بأنواعها المختلفة المعدنية أو العضوية، العازلة أو الناقلة. [10] لذلك تتسابق الأبحاث والدراسات العلمية في إبراز أهمية هذه الأفلام في تقليل التكلفة وتصغير الحجم والوزن وتحسين الصفات المطلوبة والتكيف مع الشكل الهندسي المطلوب. وكما هو معلوم فإن بولي فينيل كلورايد (PVC) هو مادة شفافة وعازلة [11]، له الصيغة الكيميائية:



وكثافته $(1.3-1.45 \text{ g/cm}^3)$ ، ودرجة الحرارة المثلى لاستخدامه بين $(15-60)^\circ\text{C}$. [11]. ونظرا لاستخداماته الكثيرة في مجالات الصناعة وفي الأبحاث العلمية، فإنه من الأهمية بمكان دراسة خصائصه الضوئية، لأن كثيراً من خصائص الأفلام تحددها الخصائص الضوئية كالامتصاصية و النفوذية وعرض فجوة الطاقة ومعامل العازلية ، والناقلية الكهربائية.... يمكن الحصول على البوليمير المطلوب بإحدى طريقتين:

- 1- إما ببلمره المونومير الخاص به (monomer) بإحدى طرائق البلمره المعروفة كيميائياً .
 - 2- أو من إذابة حبيبات البوليمير الجاهزة صناعياً في أحد مذيباته المعروفة [11] .
- تدرس البوليمرات كيميائياً عن طريق دراسة التراكيز وطيوف المحاليل و درجة القلوية PH ... الخ. أما دراسة البوليميرات فيزيائياً فتشمل دراسة المتانة والشد والاجهاد ... للفلمالبوليميري الذي يحضر لهذه الغاية غالباً بطريقة الصب (casting)، أو باستخدام تقنيات هندسية، أما في هذا البحث فقد استخدمنا طريقة التغطية بالدوران في تحضير فلم بوليميري، وهي إحدى الطرق الشائعة في تحضير أفلام الأكاسيد المعدنية، بهدف دراسة الصفاتالضوئية لفلم رقيق من بوليمير (PVC) محضر وفقالطريقة المذكورةموسب على قاعدة زجاجية، وتحديد بعض من الثوابت

الضوئية كمعامل الانتمصاص α وقرينة الانكسار n_0 وثابت العزل الكهربائي ϵ وكذلك حساب عرض فجوة الطاقة E_g ، ودراسة تأثير تغير سرعة الدوران على الصفات الضوئية.

طرائق البحث ومواده:

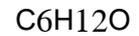
أولاً: 1- تم تحضير محلول البوليمير بإذابته في أحد مذيباته مثل (تترا هيدرو فوران THF، الهكسانون)، ويمثابة مذيب تم اختيار الهكسانون ذي الصيغة (C6H12O) لإذابة PVC.

2- قمنا بتحضير فلم PVC، بطريقة التغطية بالدوران على قاعدة زجاجية من نوع (Microscope cover glass) أبعادها (20X20)mm وسماكتها (0.13 - 0.17) mm باستخدام جهاز Spin coater.

ثانياً: مواد البحث:

1- بودرة PVC عالي النقاوة صنع السعودية، شركة سابك للبتترول.

2- مذيب هكسانون عالي النقاوة (Extra Pure) صنع اسبانيا، وهو مذيب عضوي له الصيغة الكيميائية:



ثالثاً: الأجهزة و الأدوات المستخدمة :

1- ميزان تحليلي بدقة (60gr XTE65 Sartorius) 0.1 mgr ألماني الصنع.

2- محرك مغناطيسي من النوع (Yellow Line MSH basic, temp, and hot)، صنع إيطاليا.

3- شرائح زجاجية من (Microscope cover glass) أبعادها (20X20)mm وسماكتها تتراوح بين 0.13 mm (- 0.17) . تستخدم كقاعدة للفلم.

4- أدوات زجاجية (بياشر واسطوانات مدرجة أنيمايرت، ماصات مناسبة).

5- جهاز التغطية بالدوران Spin Coater محلي الصنع معاير ليزرياً بجهاز Tachometer بحيث يقيس سرعة الدوران ضمن المجال (1000-6000)RPM

6- جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية Spectrophotometer من نوع (JASCO-530) يغطي المجال الموجي (200nm-1100nm)، موصول بجهاز كمبيوتر مزود ببرنامج خاص لإصدار كافة نتائج الاختبارات الممكنة والمتوفر في كلية الزراعة بجامعة تشرين.

العمل التجريبي: تحضير الفلم:

1- تؤخذ الشرائح الزجاجية وتنظف جيداً وذلك بغسلها بمحلول صابوني مناسب، ثم بالماء المقطر، ثم بمحلول الإيتانول ثم تجفف بعدها في جو المختبر وتحفظ في مكان نظيف بعيداً عن الغبار.

2- لتحضير فلم PVC تؤخذ 10gr من بودرة PVC النقي وتضاف الى 140ml من المذيب العضوي (الهكسانون)، ويوضع الأنيماير على محرك مغناطيسي لمدة (ساعتين) حتى تذوب بودرة الـ PVC وينتج لدينا محلول متجانس تماماً.

- يعاير جهاز SpinCoater على 1000 RPM، وبواسطة ماصة مناسبة تؤخذ كمية محددة من المحلول وتسكب ببطء على ثلاث دفعات فوق الشريحة . ثم يرفع الفلم ويترك في جو المختبر التنظيف ليُجف.

- يعاير الجهاز من جديد على السرعة 2000 RPM ويحضر الفلم الثاني بنفس الطريقة، وكذلك الفلم الثالث بسرعة 3000 RPM

-تترك العينات الثلاث في جو المختبر لمدة (24 ساعة) فنحصل بذلك على الفلم الأول المعد بسرعة 1000RPM و الفلم الثاني المعد بسرعة 2000RPM و الفلم الثالث المعد بسرعة 3000RPM.

تم تحديد سماكة الأفلام الثلاثة باستخدام طريقة الوزن الحجمي من العلاقة :

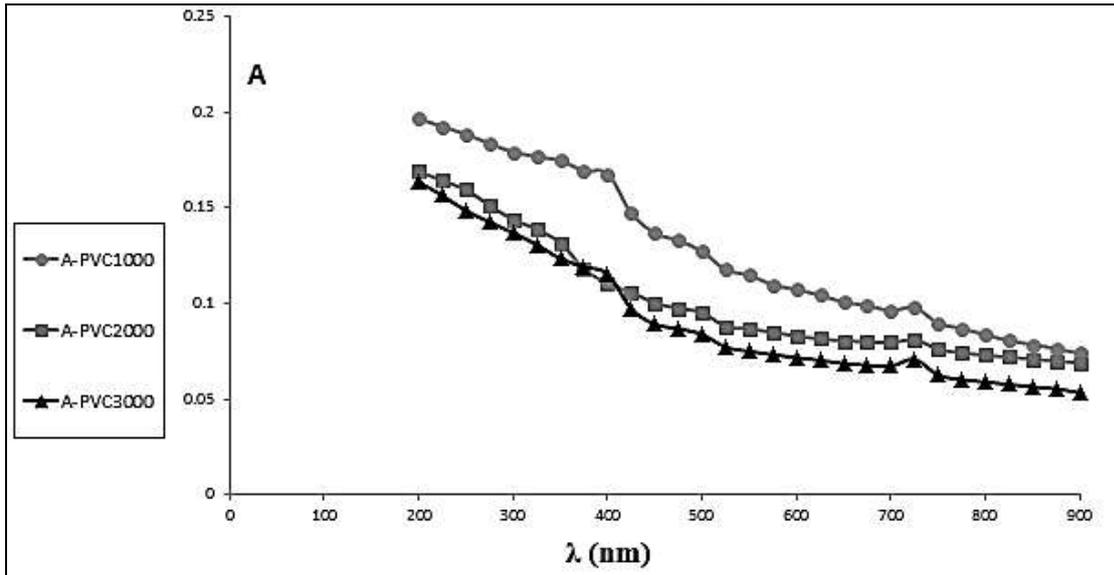
$$d = \frac{m}{s \times \rho}$$

حيث $m(\text{gr})$ هي كتلة مادة الفلم، $S(\text{cm}^2)$ مساحة الركيزة التي تم ترسيب الفلم عليها، $\rho(\text{gr/cm}^3)$ هي كثافة مادة الفلم النقي، $d(\text{nm})$ هي سماكة الفلم.

كانت سماكات الأفلام الأول و الثاني والثالث على الترتيب تساوي تقريباً: 200nm, 300nm, 450nm ثم أجرينا على الأفلام الثلاثة الدراسة الطيفية اللازمة.

النتائج والمناقشة:

بإجراء المسح الطيفي في المجال الموجي (200-900nm) وفق جهاز الطيف الضوئي (Spectrophotometer) حصلنا على طيف الامتصاص A ، ثم أوجدنا تغيرات الامتصاصية بدلالة طول الموجة :
1- معامل الامتصاص A :يمثل الشكل (1) تغيرات الامتصاصية بدلالة طول الموجة للأفلام الثلاثة.

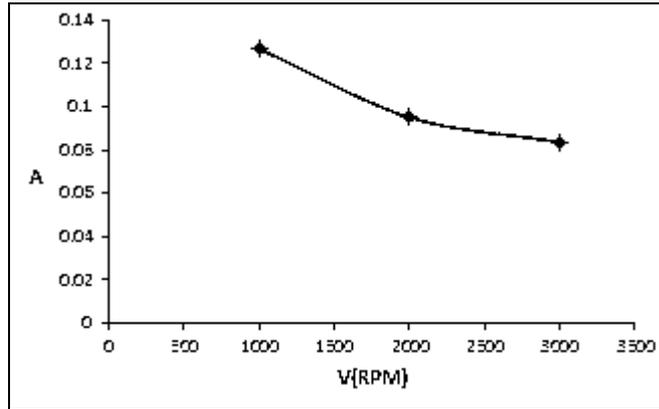


الشكل (1) تغيرات الامتصاصية A بدلالة طول الموجة λ للأفلام الثلاثة.

حيث نلاحظ من الشكل (1) أن طيف الامتصاصية في الأفلام الثلاثة يتناقص بشكل عام بازدياد طول الموجة

λ .

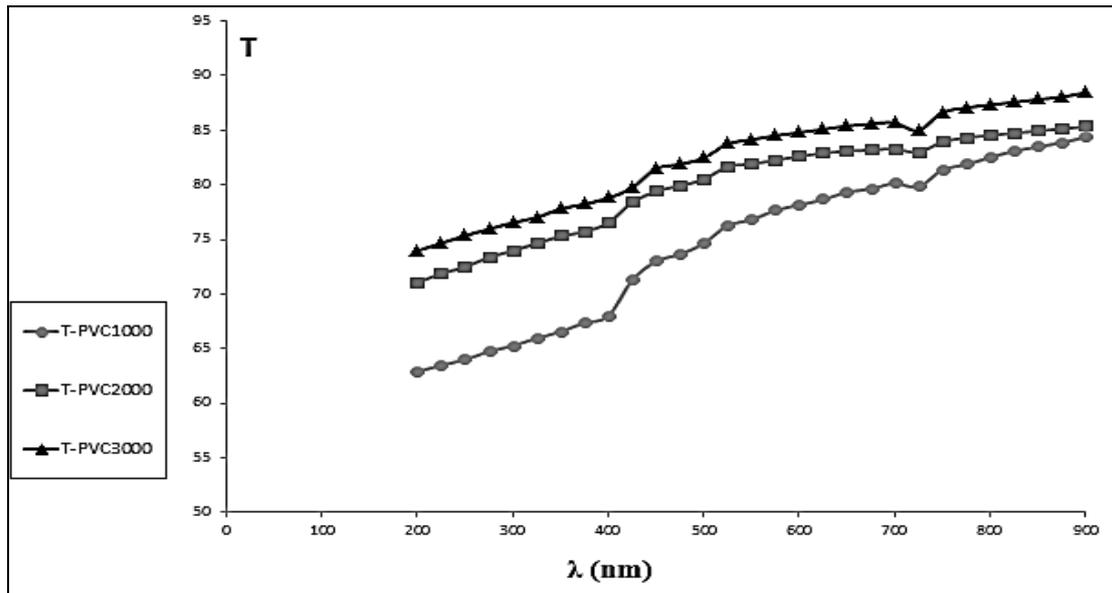
وبين الشكل (2) أن زيادة سرعة الدوران أدت الى نقصان الامتصاصية، حيث أخذت القياسات من أجل طول الموجة (500nm) لكل الحسابات الآتي ذكرها فيما يخص علاقة الثوابت الضوئية بسرعة الدوران.



الشكل (2) تغيرات الامتصاصية A بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda = 500 \text{ nm}$.

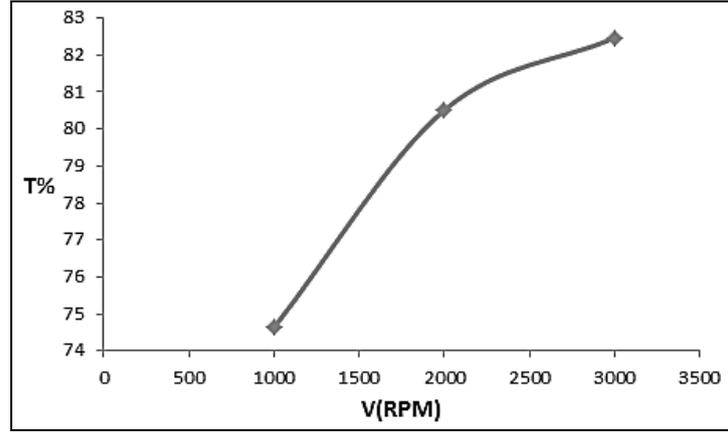
2- معامل النفوذية T: تحسب النفوذية من العلاقة: (1) $T = e^{-2.303A}$

يمثل الشكل (3) قيم النفوذية للأفلام الثلاثة، بحيث يوضح الشكل العام للمنحنيات أن النفوذية تبدأ عندما تثبت قيمة الامتصاصية، فبينما تأخذ الامتصاصية أعلى قيمة لها تكون قيمة النفوذية أصغر ما يمكن، والعكس صحيح. تبدأ النفوذية بالازدياد في مجال الـ UV إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها بحدود 80-90% في مجال الأشعة تحت الحمراء، لذلك يعتبر فلم PVC نفوذاً في مجال قريب من الأشعة تحت الحمراء.



الشكل (3) تغيرات النفوذية T بدلالة طول الموجة λ للأفلام الثلاثة.

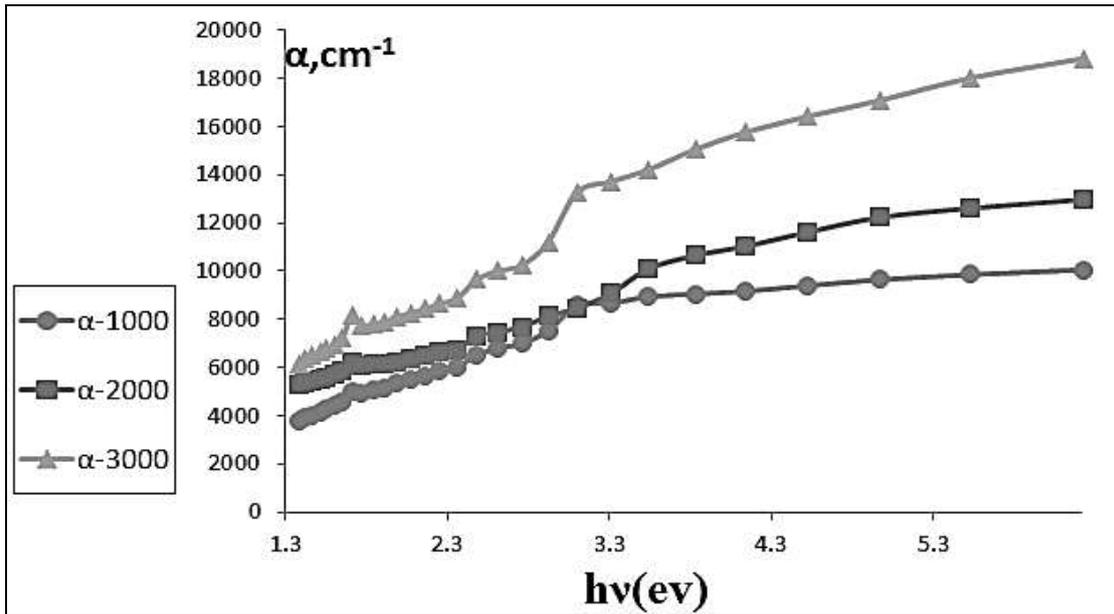
كما نلاحظ تزايد النفوذية بزيادة سرعة الدوران كما في الشكل (4) التالي:

الشكل (4) تغيرات النفاذية T بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda = 500 \text{ nm}$.

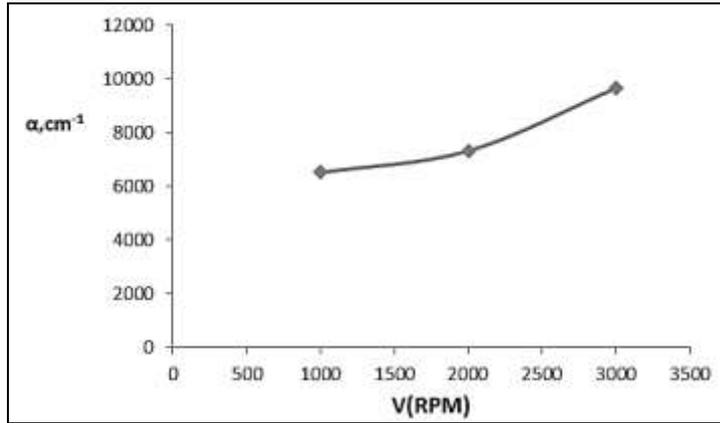
$$\alpha = 2.303 \times \frac{A}{d} \quad (2) \quad \text{و يحسب من العلاقة : } \alpha [12]$$

و كما هو واضح من العلاقة (2) فإن α تتناسب مع الامتصاصية A.

أي أن α تزداد بازدياد $h\nu$ وبالتالي مع تناقص طول الموجة. يمثل الشكل (5) المنحني البياني لتغيرات α بدلالة $h\nu$ ، حيث $\alpha (1/\text{cm})$.

الشكل (5) تغيرات معامل الامتصاص α بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة.

كما نلاحظ أن α تقل مع زيادة سماكة الفلم أي تزداد بازدياد السرعة كما في الشكل (6) وأقل قيمة لها تساوي $(3776)(1/\text{cm})$ عند السرعة 1000RPM، بينما أكبر قيمة لها تساوي $(18815)(1/\text{cm})$ عند السرعة 3000RPM.



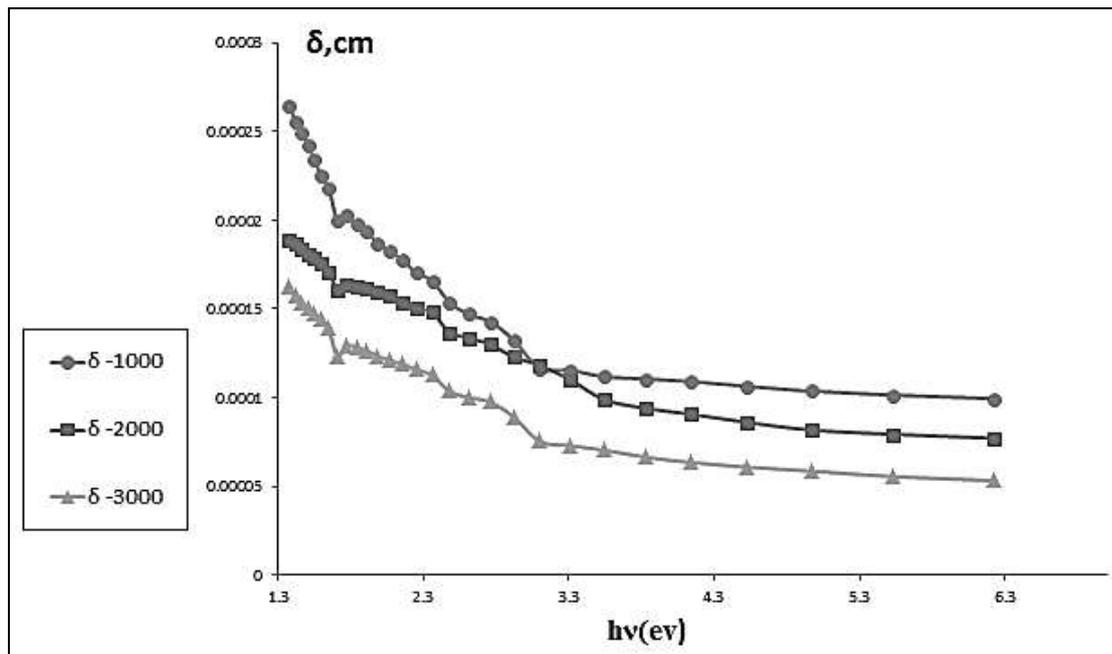
الشكل (6) تغيرات معامل الامتصاص α بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda=500\text{nm}$.

4- عمق النفاذ السطحي δ : وهو مقياس لمدى اختراق الحزمة الضوئية لسطح الفلم، قبل اضمحلالها، ويسمى

أحياناً بعمق الامتصاص. ويمكن حساب δ من مقلوب معامل الامتصاص بالعلاقة: $\delta = 1/\alpha(3)$.

يمثل الشكل (7) الخط البياني لتحويلات δ بتابعية $h\nu$ ، وتظهر الحسابات أن قيمة δ عادة صغيرة جداً، حيث

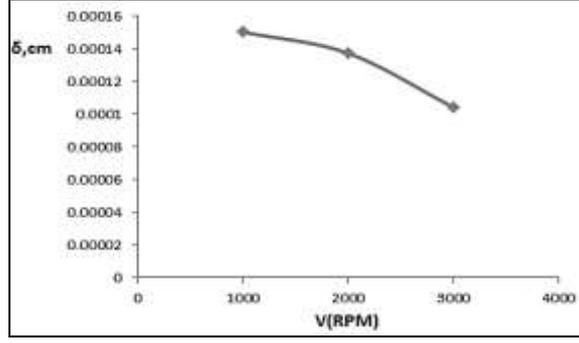
$\delta(\text{cm})$.



الشكل (7) تغيرات عمق الامتصاص δ بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة.

كما نلاحظ من الشكل (8) أن قيم δ تتناقص مع ازدياد سرعة الدوران. فعندما تكون السرعة 3000RPM يأخذ

عمق الامتصاص قيمه في المجال $(\text{cm}) (0.0000531-0.000163)$.



الشكل (8) تغيرات معامل النفاذ السطحي K بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda=500\text{nm}$.

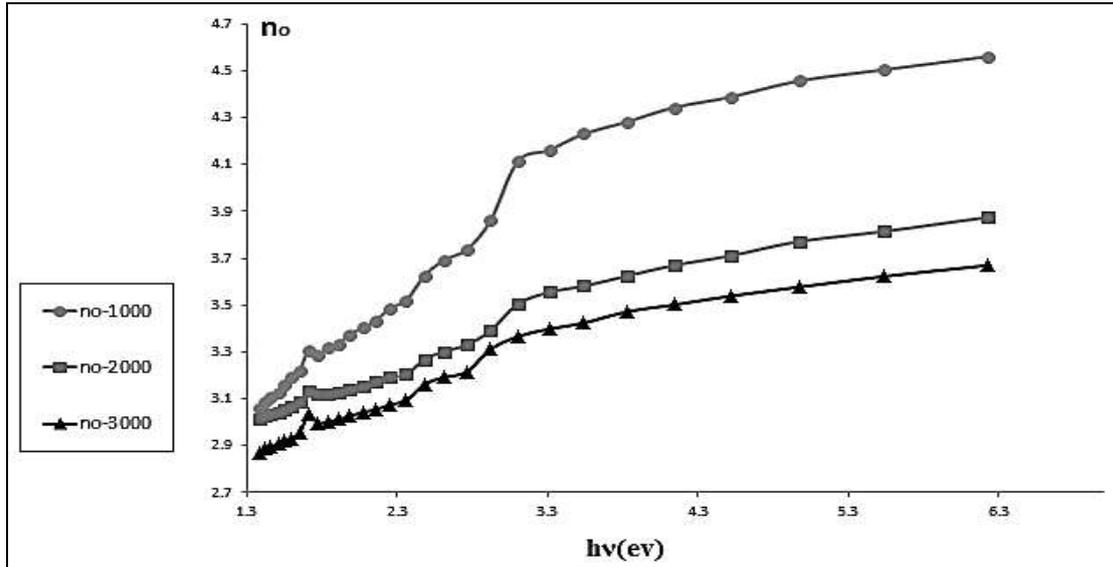
5- قرينة الانكسار n_o [13]:

تعرف قرينة الانكسار بأنها النسبة بين سرعة الضوء في الخلاء الى سرعته في الوسط، وتحسب من العلاقة :

$$n_o = [(1 + R / 1 - R)^2 - (K^2_o + 1)]^{1/2} + (1 + R / 1 - R) (4)$$

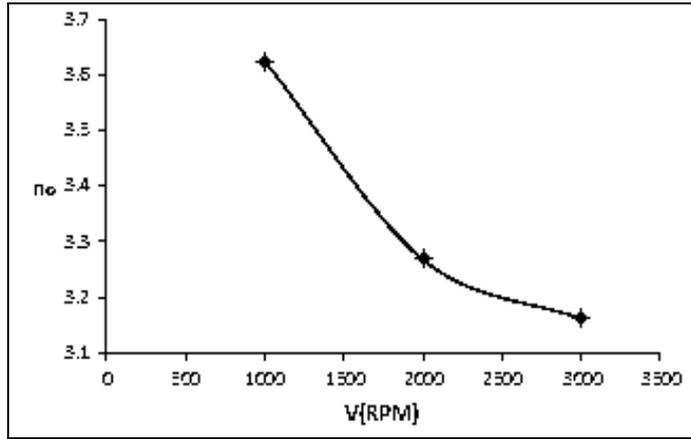
حيث K_o : هو معامل التخماد (Extinction Coefficient)، ويعطى بالعلاقة: $K_o = \alpha \lambda / 4\pi$

يمثل الشكل (9) تغيرات قرينة الانكسار n_o بتابعة $h\nu$ ، والذي نلاحظ منه أن معامل الانكسار للفلم الواحد يزداد مع ازدياد طاقة الفوتون الساقط أي يتناقص مع طول الموجة، وهذا ما يتوافق مع الحالة الامتصاصية ويفسر كون الفلم فلماً نفوذاً.



الشكل (9) تغيرات قرينة الانكسار n_o بدلالة طاقة الفوتون $h\nu$ للأفلام الثلاثة.

بينما نجد بالمقارنة بين الأفلام الثلاثة أن قيم معامل الانكسار تتناسب عكساً مع سرعة الدوران فكلما زادت السرعة نقص معامل الانكسار وبالتالي زادت نفوذية الفلم، كما في الشكل (10) التالي:



الشكل (10) تغيرات قرينة الانكسار n_o بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda=500nm$.

6- حساب معامل العزل الكهربائي ϵ بجزأيه الحقيقي و التخيلي [14]: يعرف ثابت العزل الكهربائي العقدي :

بأنه الاستقطاب الحاصل لشحنات مادة الوسط نتيجة امتصاص طاقة الإشعاع الساقط من قبل شحنات ذلك الوسط، ويعطى بالمعادلة :

$$\epsilon = \epsilon_1 - i \epsilon_2 \quad (5)$$

حيث : ϵ_1 الجزء الحقيقي لثابت العزل ، ϵ_2 : الجزء التخيلي لثابت العزل.

ويرتبط ثابت العزل ϵ مع قرينة الانكسار بجزأيه الحقيقي والتخيلي بالمعادلة :

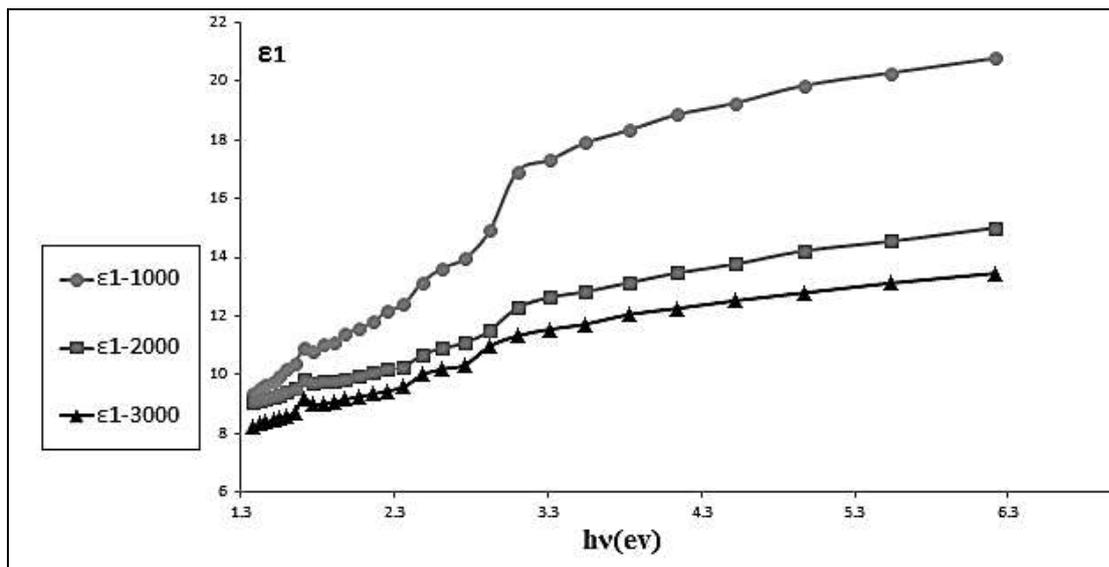
$$\epsilon = (n_0 - i K_0)^2 \quad (6)$$

وبتعويض (5) في (6) ومساواة الأجزاء الحقيقية والتخيلية نحصل على :

$$\epsilon_1 = n_0^2 - K_0^2 \quad \epsilon_2 = 2n_0 K_0$$

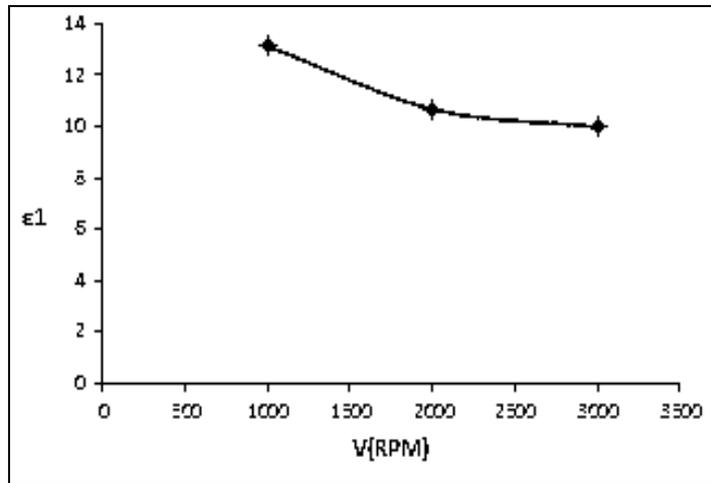
وباستخدام هاتين المعادلتين يمكن حساب ثابت العزل الكهربائي بجزأيه الحقيقي والتخيلي للمواد المدروسة .

يمثل الشكل (11) تغيرات معامل العزل الكهربائي الحقيقي ϵ_1 بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة، ونلاحظ أن قيم ϵ_1 تتزايد مع قيم $h\nu$.



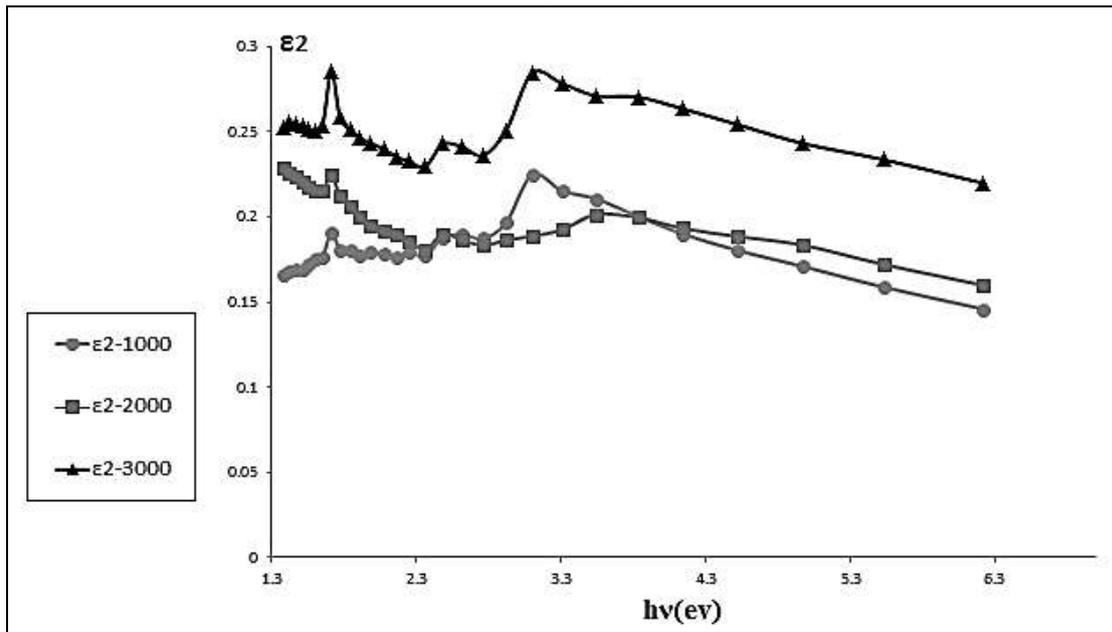
الشكل (11) تغيرات معامل العزل الكهربائي الحقيقي ϵ_1 بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة.

وكما يبين الشكل (12) فإن قيم ϵ_1 تتناقص مع سرعة الدوران:



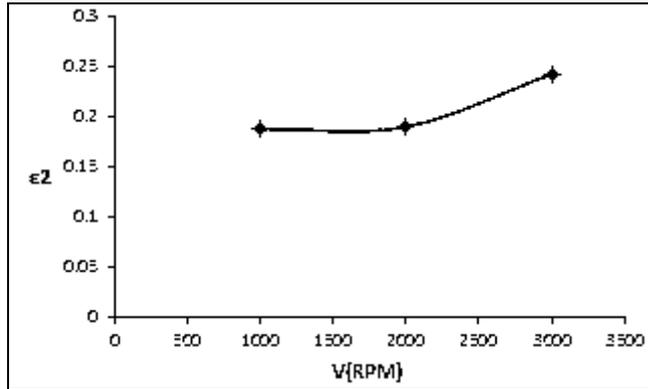
الشكل (12) تغيرات معامل العزل الحقيقي ϵ_1 بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda=500\text{nm}$.

ويمثل الشكل (13) تغيرات معامل العزل الكهربائي التخيلي ϵ_2 بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة:



الشكل (13) تغيرات معامل العزل الكهربائي التخيلي ϵ_2 بدلالة $h\nu$ للأفلام الثلاثة.

يمثل الشكل (14) تغيرات معامل العزل الكهربائي التخيلي ϵ_2 بدلالة سرعة الدوران V للأفلام الثلاثة:



الشكل (12) تغيرات معامل التخميد التخيلي ϵ_2 بدلالة سرعة الدوران V عند الطول الموجي $\lambda=500\text{nm}$.

7- حساب عرض فجوة الطاقة الممنوعة E_g [12]: تنقسم الانتقالات الإلكترونية المباشرة في البنية الطاقية للمادة إلى نوعين أساسيين هما: انتقالات إلكترونية مسموحة، و انتقالات إلكترونية ممنوعة. وكلا الانتقاليين لا يعتمد على درجة الحرارة، لذا فإن معامل الامتصاص α للانتقاليين يمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$\alpha h\nu = B (h\nu - E_g)^r \quad (7)$$

حيث B : ثابت يعتمد على خصائص حزمتي التكافؤ والناقلية، $h\nu$: طاقة الفوتون الممتص، E_g : طاقة الفجوة الممنوعة، α : معامل الامتصاص.

أما الأس (r) فإن قيمته تعتمد على طبيعة الانتقالات. ففي حالة الانتقال المباشر المسموح تكون قيمته $1/2$ وتأخذ المعادلة الشكل: (8)

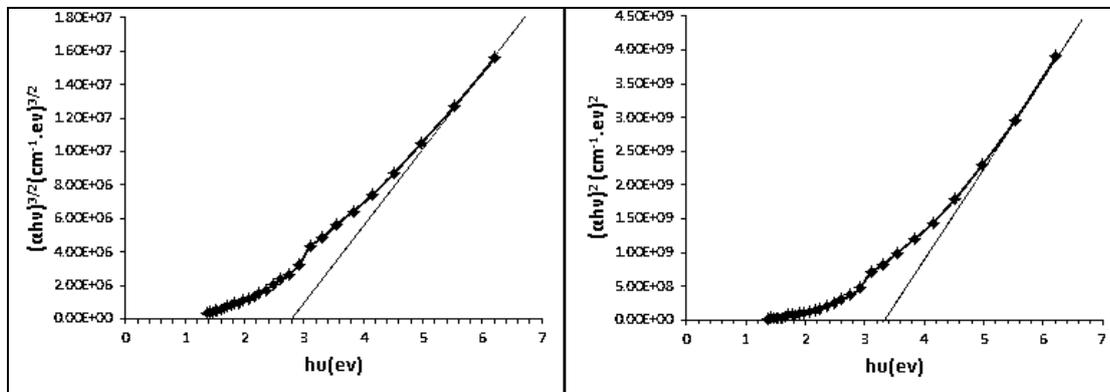
$$(\alpha h\nu)^2 = B (h\nu - E_g) \quad (8)$$

وفي حالة الانتقال المباشر الممنوع تكون قيمته $2/3$ وتأخذ المعادلة الشكل:

$$(\alpha h\nu)^{3/2} = B (h\nu - E_g) \quad (9)$$

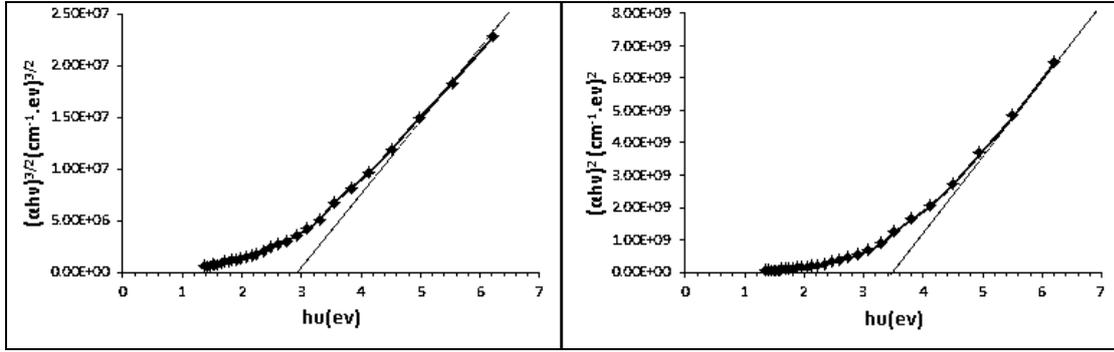
وتحدد بيانياً قيمة E_g الموافقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة من رسم $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة $(h\nu)$ ، ونرسم $(\alpha h\nu)^{3/2}$ بدلالة $(h\nu)$ للحصول على فجوة الطاقة الموافقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة الممنوعة، وبأخذ الجزء الخطي من المنحني ورسم مستقيم يطابقه، فإن تقاطع ممدد هذا المستقيم مع المحور $(h\nu)$ ، يقابل قيمة E_g ، وذلك عندما تصبح قيمة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ أو $(\alpha h\nu)^{3/2} = 0$.

تمثل الأشكال (13) و (14) و (15) فجوة الطاقة للأفلام الثلاثة في الانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة و الممنوعة:



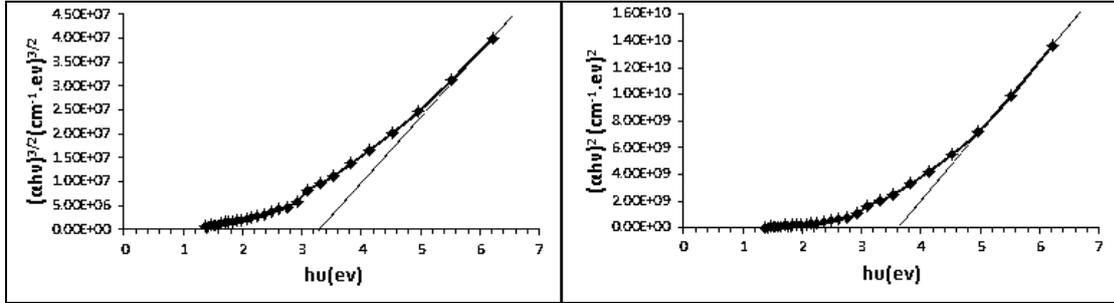
الشكل (13) فجوة الطاقة في الانتقالات المباشرة المسموحة والممنوعة للفيلم الأول (1000 RPM) على الترتيب.

حيث نجد من الشكل (13) أن فجوة الطاقة في الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة للفلم الأول هي $E_g=3.3\text{ev}$ ، وفي الانتقالات الالكترونية المباشرة الممنوعة هي $E_g=2.8\text{ev}$.



الشكل (14) فجوة الطاقة في الانتقالات المباشرة المسموحة والممنوعة للفلم الثاني (2000 RPM) على الترتيب.

ومن الشكل (14) نجد أن فجوة الطاقة في الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة للفلم الثاني هي $E_g=3.45\text{ev}$ ، وفي الانتقالات الالكترونية المباشرة الممنوعة هي $E_g=2.9\text{ev}$.



الشكل (15) فجوة الطاقة في الانتقالات المباشرة المسموحة والممنوعة للفلم الثالث (3000 RPM) على الترتيب.

بينما نجد من الشكل (15) أن فجوة الطاقة في الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة للفلم الثالث هي $E_g=3.6\text{ev}$ ، وفي الانتقالات الالكترونية المباشرة الممنوعة هي $E_g=3.2\text{ev}$.
يبين الجدول (1) التالي مقارنة بين قيم فجوة الطاقة E_g بتغير السرعة:

الجدول (1) مقارنة بين قيم فجوة الطاقة E_g بتغير السرعة V

3000 RPM	2000 RPM	1000 RPM	
3.6 ev	3.45 ev	3.3 ev	E_g للانتقال المباشر المسموح
3.2 ev	2.9 ev	2.8 ev	E_g للانتقال المباشر الممنوع

نلاحظ في كل انتقال تزايد قيمة E_g بتزايد السرعة بسبب نقصان السماكة.

الاستنتاجات والتوصيات:

نلخص الاستنتاجات والتوصيات بما يلي:

أ- يمكن اعتبار طريقة Spin Coating طريقة جيدة للحصول على أفلام رقيقة من بولي فينيل كلورايد (PVC).
ب- تؤثر سرعة جهاز التغطية بالدوران (SpinCoater) على الثوابت الضوئية للأفلام بحيث كلما ازدادت سرعة الدوران فإنه:

1- تتناقص الامتصاصية A بزيادة طول الموجة λ .

2- يزداد معامل الامتصاص α بزيادة طاقة الفوتون $h\nu$.

3 - تزداد النفوذية T بزيادة طول الموجة λ .

4- يتناقص عمق النفاذ السطحي δ في المجال الطاقى $(1.3-6.3) \text{ eV}$.

ج- تزداد قرينة الانكسار n_0 بزيادة سرعة الدوران v .

د - يعتبر فلم PVC فلماً نفوذاً حيث بلغت قيم النفوذية % (80-90) في مجال الأشعة تحت الحمراء. كما زادت النفوذية بزيادة سرعة الدوران فبلغت الحد الأقصى % 80 تقريباً بالنسبة للسرعة 1000RPM، و % 90 تقريباً بالنسبة للسرعة 3000RPM.

ويوصى بما يلي:

1- دراسة أغشية (membranes) من PVC معدة بطريقة الصب (casting)، ضوئياً وكهربائياً لمعرفة

التغيرات الممكنة الحدوث على غشاء PVC بالمقارنة مع الفلم الرقيق.

2- دراسة تأثير التشعيع على البنية الالكترونية لغشاء PVC.

3- إشابة البوليمير بمواد مختلفة لتحسين بعض الخواص الفيزيائية الممكنة.

4- تشكيل مركبات (Composites) من بوليمير PVC ومواد أخرى ودراسة خصائصها الضوئية والكهربائية.

5- تشكيل خلطات (Blends) مختلفة من بوليمير PVC وبوليميرات أخرى ودراسة تأثير طريقة تشكيل الخلطة

على خصائص الأغشية.

6- العمل على تشكيل أغشية بوليميرية نصف ناقلة باستخدام بوليمير PVC كمادة مساعدة ودراسة الخصائص

الكهربائية لها.

المراجع:

- 1-AGUILAR R.G. et al, *Low cost instrumentation for spin-coating deposition of thin films in an undergraduate laboratory*. Latin American Journal of physical Education , Vol. 5, No.2, Mexico, 2011, 368-373.
- 2-GRASSI A. G. et al ,*On-line thickness measurement for two-layer system on polymer electric devices*. Journal of Sensors, Munich, Germany, Vol. 13, 2013,47-57.
- 3- ILICAN S. et al ,*preparation and characterization of ZnO thin films deposited by sol-gel coating method*. Journal of optoelectronic and advanced materials, Turkey, Vol. 10,2008, 2578-2583.
- 4- KAYA Y. et al, *Determination and analysis of the dispersive optical constants of some organic thin films*.Journal of optoelectronics and advanced materials, Turkey, Vol.12.4, , 2010, 948-952.
- 5-BAI H. et al, *Gas sensors based on conducting polymers*. Sensors, Vol 7, China, 2007, 267-307.
- 6-Shakouri A. , Li S. , *thermoelectric power factor for electrically conductive polymers*. Proceeding of international conference on thermoelectric, Baltimore, 1999, 1-16.
- 7-SREELALITHA K. et al, *Electrical properties of pure and doped (KNO₃, MgCl₂) poly vinyl alcohol polymer thin films*. InternationalJournal of Emerging Technologies in Computational and applied sciences, India,2013, 308-312.
- 8-VIVEKANANDAN J. *Synthesis, characterization and conductivity study of polyaniline prepared by chemical oxidative and electro chemical methods"*, Archives of Applied Science Research, India, 2013, 147-153.
- 9- CHUANXI X. et al, *Properties and applications of nanocrystalline Poly Vinyl chloride*. Journal of Matter Science Technol, china, vol. 20, 2004, 547-550.
- 10- ABDUL GHANI S. et al, *Enhancing conductive polymer performance using eggshell for ammonia sensor*. Journal physical science, Malaysia, Vol. 23, 2012, 73-83.
- 11- الجبيلي شهاب، الزبيدي فرح. تأثير بعض العوامل في متانة العزل الكهربائي لمتراكبات (PVC-كاؤلين). مجلة الهندسة والتكنولوجيا العراق، المجلد 9، العدد 3، 2011.
- 12-HASAN B. et al.*Optical properties of poly vinyl chloride PVC films irradiated with beta gamma-rays*. British Journal of science, England, Vol.7(1), 2012, 14-18
- 13- ABDALLAH E.et al, *Optical properties of PVC- MWCNT nanocomposites* Indian Journal of pure and Applied physics, India, Vol.51, 2013, 77-80.
- 14- LAMSAL C. et al , *Optical properties of vanadium oxide- an analysis*. Journal Master Science, New York, Vol. 48, 2013, 41-51.