

تأثير أشعة كاما والنيوترونات على الخواص البصرية لشبه الموصل n-Malachite green العضوي

مازن احمد عبد

قسم الفيزياء / كلية العلوم

جامعة الموصل

القبول

٢٠١١ / ٠٢ / ١٧

الاستلام

٢٠١٠ / ١١ / ٠٨

Abstract

Experimental study has been performed to study the effect of Gamma rays by using source of CO^{60} on the solution of n-Malachite green in UV range. Samples radiated by Gamma ray for (4, 6, 24) hr. The effectively for CO^{60} was $0.1\mu c$. The results show the effects of the radiation on the samples in the visible region and the less effect in ultraviolet region, no effect had been observed in IR region. The results in the visible region show a change in the value of real refractive index n_0 from 2.2 before radiated to 2.5 after 24hr radiation period, also the extinction coefficient K_0 changed from 5.7×10^{-6} before radiated to 1.1×10^{-6} after radiated 24hr. The real dielectric constant ϵ_1 changed from 5.1 before radiated to 6.2 after 24hr radiation. It has been found that the values of energy gaps increasing with time of radiation, where changed from (1.88eV) before radiated to (2.3eV) after 24hr radiation. The radiation by neutrons did not show any effect on the optical properties of the n-Malachite green.

Keywords: Organic Semiconductor, Optical, Gamma ray, Neutrons.

المخلص

تم في هذا البحث دراسة تأثير أشعة كاما باستخدام مصدر الكوبلت CO^{60} المشع على الخواص البصرية لشبه الموصل العضوي n-Malachite green. حيث تم تشعيع محلول المادة لفترات زمنية مختلفة (4,6,24) ساعة وكانت الفعالية الإشعاعية للمصدر $0.1 \mu c$. أيضا

تم تشعيع محلول المادة بالنيوترونات ولفترات زمنية (1,30,60) يوماً. تبين من خلال النتائج بعد التشعيع بمصدر الكوبلت CO^{60} التأثير الواضح للاشعاع على محلول المادة في المنطقة المرئية من الطيف وكذلك تأثير محسوس في المنطقة فوق البنفسجية القريبة ، أما في المنطقة تحت الحمراء فلا يوجد تأثير للاشعاع ، ففي المنطقة المرئية تغير معامل الانكسار الحقيقي n_0 من 2.2 قبل التشعيع إلى 2.5 بعد التشعيع لمدة 24 ساعة و كذلك معامل الخمود K_0 فقد تغير من 5.7×10^{-6} قبل التشعيع إلى 1.1×10^{-5} أما ثابت العزل الكهربائي الحقيقي ϵ_1 تغير من 5.1 قبل التشعيع إلى 6.2 بعد فترة تشعيع 24 ساعة. أما قيمة فجوة الطاقة فقد أظهرت النتائج زيادتها من 1.88 eV قبل التشعيع إلى 2.3eV بعد التشعيع لمدة 24 ساعة في حين أن التشعيع بالنيوترونات لم تظهر أي تأثير على المادة العضوية.

الكلمات الدالة: شبه الموصل العضوي، بصري، أشعة كاما، نيوترونات.

المقدمة

تبين حديثاً أن بعض المركبات العضوية لها خاصية مواد شبه موصلة ، وقد حظيت باهتمام كبير من قبل الباحثين في السنوات الأخيرة في كل من الأبحاث الأساسية والتطبيقية، وخاصة الأغشية رقيقة. ويرجع هذا الاهتمام إلى رخص تكلفتها وسهولة تحضيرها بعكس أشباه الموصلات من المركبات اللاعضوية، وبالتالي فاستخدامها في صناعة النبايط الإلكترونية والفوتو إلكترونية ذات الاستخدامات التطبيقية المتعددة يتم بسهولة وبتكلفة أقل عنها في المواد اللاعضوية. حيث أن شبه الموصل العضوي هو مركب ع ضوي يمتلك خواص مشابهة لأشباه الموصلات اللاعضوية بامتلاكه فجوات والكترونات . إن ميكانيكية التوصيل في أشباه الموصلات العضوية هي بالدرجة الأساس من خلال التنفيق (Tunneling) والقفز (Hopping) بين الحالات المتمركزة وتحركية الفجوات والقفز بمساعدة الفونون [1]. كما في أشباه الموصلات اللاعضوية فإن هذه المواد يمكن أن تطعم لغرض تغير توصليتها [2]. إن الطيف البصري في الجزيئات صعب الى حد ما لان الجزيئات يمكن ان تدور ويمكن ان تهتز أيضا . وهناك ثلاث عمليات أساسية لامتصاص الأشعة من قبل الجزيئات وجميعها تتضمن رفع الجزيئة إلى مستوى أعلى من الطاقة والزيادة في الطاقة تساوي طاقة الأشعة الممتصة $(h\nu)$ إذ (h) ثابت بلانك، (ν) تردد الأشعة وتكون الأنواع الثلاثة ذات طاقة داخلية مكممة (لها مستويات طاقة محددة). تتضمن الأولى دوران الجزيئة حول محاور مختلفة وتكون طاقة الدوران في مستوى محدد ، لذا يمكن أن تمتص الجزيئة أشعة لترتفع إلى مستوى طاقة دوراني أعلى من خلال انتقال دوراني (Rotational Transition). وتشمل الثانية اهتزاز الذرات أو اهتزاز مجاميع من الذرات ضمن الجزيئة نسبة إلى بعضها وتكون طاقة الاهتزاز في مستوى محدد ، وان

الجزئية ربما تمتص كمية من الطاقة وترتفع إلى مستوى طاقة اهتزاز أعلى من خلال انتقال اهتزازي (Vibrational Transition). أما الانتقال الثالث فيتضمن انتقال الالكترونات الجزئية إلى مستوى طاقة الكتروني أعلى، وذلك من خلال انتقال الكترون ي (Electronic Transition) وتكون انتقالات الطاقة الداخلية مكممة فإنها تحدث فقط عند أطوال موجية محددة ولكل انتقال عدد من مستويات الطاقة . تحدث الانتقالات الدورانية في حدود طاقة واطئة جدا (أطوال موجية طويلة) منها أي الأمواج المايكروية أو المنطقة تحت الحمراء البعيدة ،بينما تحتاج الانتقالات الاهتزازية طاقة أعلى وعادة في منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة . أما الانتقالات الالكترونية فتحدث عند طاقة عالية أيضا (في المنطقة المرئية وفوق البنفسجية) . قام العديد من الباحثين بدراسة الخواص البصرية لأشباه الموصلات العضوية إذ قام الباحثان (Ghosh and Feng, 1973) بدراسة التوصيلية الضوئية للأغشية الرقيقة لنيبيطة (Al/tetracene/Au) ولوحظ الاختلاف [3] وفي عام 1998 قام الباحثون (Tawansi et al, 1998) بدراسة تأثير اشعاع ضوء الصوديوم على الخواص البصرية والتركيبية لمادة PVDF حيث أظهرت النتائج تغير في الخواص البصرية [4]. قام الباحثون (Ashour et al, 1999) بتسليط جرع مختلفة من اشعة كاما في الهواء وتحت التفريغ لحساب التوصيلية الكهربائية لـ HDPE و LHDPE المطعمة بـ acrylic acid وأظهرت النتائج ازدياد في التوصيلية الكهربائية (σ) لكلا النوعين [5] وكذلك قام الباحثون (Tikhonov I. et al, 2007) بدراسة الخواص البصرية لأشباه الموصلات العضوية المستندة على erbium phthalocyanine المعقد في مناطق طيف الأشعة تحت الحمراء المتوسطة والقريبة إذ تمت دراسة الأطياف النافذة للتركيب المعقد لمادة erbium phthalocyanine في مناطق الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء المتوسطة والقريبة إذ تم تعريف الخطوط النافذة ووجدوا بان بعض خطوط امتصاص الأشعة تحت الحمراء المتوسطة تزحف عندما عدد الروابط العضوية يزداد بعامل 2 او 3 [6].

الجانب النظري

قوانين الامتصاص:

عند سقوط إشعاع شدته (I_0) على سطح مادة سمكها t فان إشعاع شدته (I) سوف ينفذ من الجهة الأخرى وتكون الشدة (I) اقل من الساقطة (I_0) بسبب الامتصاص والتشتت داخل المادة والانعكاس من سطحها . ان عملية الامتصاص للنموذج يكون هو العامل الرئيسي في تقليل الشدة [7].

حيث α معامل الامتصاص وهي صفة المادة (1) $I = I_0 \exp(-\alpha t)$ والامتصاصية A تساوي

$$A = \text{Log} \frac{I_0}{I} \text{-----} (2)$$

$$\therefore \alpha = 2.303 \frac{A}{t} \text{-----} (3)$$

ولإيجاد معامل الانكسار الحقيقي n_0 والذي يمثل النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في المادة يرتبط مع الانعكاسية R بالعلاقة [8].

$$R = \left| \frac{(n_0 - 1)^2 + K_0}{(n_0 + 1)^2 + K_0} \right| \text{-----} (4)$$

حيث K_0 معامل الخمود ويعرف بأنه كمية ما تمتصه الكترونات الوسط من طاقة فوتونات الإشعاع الساقط عليها.

$$n_0 = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K_0^2 + 1) \right]^{1/2} + \left(\frac{1+R}{1-R} \right) \text{-----} (5)$$

وتم حساب الانعكاسية من المعادلة الآتية

$$R = 1 - A - T \text{-----} (6)$$

وتعرف الانعكاسية بانها النسبة بين شدة الاشعاع المنعكس الى شدة الاشعاع الساقط عند ال حد الفاصل بين وسطين.

كذلك يمكن الحصول على معامل الخمود K_0 من العلاقة

$$K_0 = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \text{-----} (7)$$

ثابت العزل الكهربائي : يعرف ثابت العزل الكهربائي المعقد ϵ بأنه الاستقطاب الحاصل لشحنات مادة الوسط نتيجة امتصاص طاقة الإشعاع الساقط من قبل شحنات ذلك الوسط و يعطى بالمعادلة:

$$\epsilon = (n_0 - iK_0)^2 \text{-----} (8)$$

حيث أن

$$\epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_2 \text{-----} (9)$$

ϵ_1 و ϵ_2 الأجزاء الحقيقية والخيالية على التوالي لثابت العزل الكهربائي

$$\therefore \epsilon_1 = n_0^2 - K_0^2 \text{-----} (10)$$

$$\epsilon_2 = 2n_0K_0 \text{-----} (11)$$

الانتقالات الالكترونية:

لغرض إيجاد طاقة حزمة الفجوة المحرمة E_g فان معادلات الانتقالات الالكترونية للانتقالات المباشرة وغير المباشرة يمكن الاستفادة منها وهي:

الانتقالات المباشرة

تستخدم العلاقة الآتية:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^r \text{-----(12)}$$

A : ثابت يعتمد على خصائص حزمتي التكافؤ والتوصيل

$h\nu$: طاقة الفوتون الساقط

E_g : طاقة الفجوة البصرية

ان قيمة r تحدد الانتقال المسموح وغير مسموح ففي الانتقال المباشر المسموح تكون قيمته $1/2$ وفي حالة الانتقال المباشر الممنوع تكون قيمته $2/3$ [9,10].

الانتقالات غير المباشرة

تستخدم العلاقة الآتية

$$\alpha h\nu = B(h\nu - E_g \pm E_{ph})^r \text{-----(13)}$$

B ثابت يعتمد على درجة الحرارة فضلا عن خصائص حزمتي التكافؤ والتوصيل

E_{ph} ، طاقة الفونون المساعد. بحيث (+) امتصاص فونون (-) انبعاث فونون.

إن قيمة r تحدد الانتقال المسموح وغير المسموح ففي الانتقال غير المباشر المسموح تكون قيمته 2 وفي حالة الانتقال غير المباشر الممنوع تكون قيمته 3 .

الجانب العملي

المواد المستعملة

تم استخدام شبه الموصل العضوي n-Malachite وصيغته الكيماوية هي

$C_{25}H_{30}N_3Cl$ وكثافته 1.05 gm/cm^3 والذي يذاب في إحدى المذيبات إما ماء مقطر

كحول أو ايثانول . تم إذابة المادة في الماء المقطر وبتركيز حدد من العلاقة

$$C = \frac{m}{V} 100\%$$

حيث تم تحضير العينات على شكل سائل بتركيز $6.6 \times 10^{-6} \text{ gm/cm}^3$ ووضعت في أنابيب اختبار تم استخدام عنصر CO^{60} وفعالية إشعاعية $0.1 \text{ c } \mu$ ووضع كل عنصر تشعيع على حده وعلى مسافة 3 سم من العينة ولفترات زمنية مختلفة (4,6,24) ساعة . أما النيوترونات

الحرارية (thermal neutrons) فقد سلطت على العينات بكثافة فيض قدرها 10^2 n/cm^2 وبطاقة واطئة تقريبية قدرها 0.25eV ولفترات زمنية مدتها (1,30,60) يوما.

القياسات العملية

إن معظم الخواص البصرية للنموذج يمكن تعيينها عن طريق منحني الاستجابة الطيفية . حيث تم استخدام جهاز الفوتوميتر نوع (SERIES -1000) (UV-Visible Spectrophotometer,) CECIL, CE 1021 لقياس العلاقة بين الامتصاصية والطول الموجي . ولان توزيع مراكز الامتصاص منتظم خلال الشريحة لذا فان كمية الضوء الممتص من قبل الغشاء دالة لسمكه وتتبع قانون لامبرت .

$$\frac{1}{A} = \frac{t\alpha}{2.303} \quad (14)$$

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (1) العلاقة بين طيف الامتصاصية والأطوال الموجية قبل و بعد التشعيع باستخدام عنصر CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة حيث يظهر زيادة طفيفة للامتصاصية بزيادة التشعيع وذلك بسبب أن أشعة γ تفكك أواصر التكافؤ الرئيسية إلى جذور (radical). إن تفكك أواصر C—H و C—C تؤدي إلى تعرية (degradation) وتشابك (crosslinking) حيث أن التشابك هو التفاعل الرئيسي الذي يحدث بالتشعيع للمادة العضوية وكذلك فان التشعيع يؤدي إلى تهيج للجزيئات وتوليد الكترولونات حرة وايونات تتحرك خلال شبكة المادة العضوية إلى أن تصطاد الايونات في مكان ما مخلفة فجوات (vacancies) . هذه التأثيرات تؤدي إلى زيادة الامتصاصية للأشعة الساقطة أكثر من امتصاص المادة الغير مشععة وذلك بسبب الالكترولونات الحرة والتي تهيج الى مستويات طاقة اعلى ، فكلما ازدادت كمية الجرعة ازدادت هذه التأثيرات مما يزيد من الامتصاصية[5]. الشكل (2) يوضح علاقة معامل الانكسار الحقيقي n_0 مع الطول الموجي باستخدام عنصر CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة ويلاحظ من الشكل أن معامل الانكسار n_0 ميل سالب بالنسبة للترددات في مدى الطيف المرئي (UV) مما يعني أن التشتت غير طبيعي، أي أن المادة معتمدة في الطيف المرئي . وكانت قيمة n_0 من 2.2 قبل التشعيع ازدادت إلى 2.5 عند التشعيع بمدة 24 ساعة وهذه القيمة تجعل من خواص المادة أكثر عتمة.

الشكل (3) يوضح تغير معامل الخمود K_0 مع الطول الموجي باستخدام عنصري كاما CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة حيث أن معامل الخمود يزداد بازدياد زمن التشعيع في المنطقة المرئية حيث أن معامل الخمود هو مقدار ما تمتصه الالكترولونات من طاقة الأشعة الساقطة واطهر تأثير التشعيع بوضوح حيث تغيرت قيمة K_0 من 5.7×10^{-6} إلى 1.1×10^{-5} .

يوضح الشكل (4) الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي ϵ_1 و الأطوال الموجية قبل وبعد التشعيع باستخدام عنصر كما CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة حيث يلاحظ بازدياد زمن التشعيع في المنطقة المرئية فان ثابت العزل يزداد نتيجة امتصاص طاقة الإشعاع الساقط من قبل شحنات الوسط أي ثابت العزل الكهربائي يتغير حسب كمية الإشعاع الممتص فقد ازدادت قيمته من 5.1 قبل التشعيع الى 6.2 بعد فترة تشعيع 24 ساعة.

أما الشكل (5) فيوضح تغير ثابت العزل الكهربائي الخيالي ϵ_2 مع الأطوال الموجية قبل وبعد التشعيع باستخدام عنصر كما CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة حيث تبين ازدياد ثابت العزل الخيالي بازدياد زمن التشعيع لان ازدياد كمية الإشعاع الممتص تساهم في ازدياد مساهمة حاملات الشحنات في الامتصاص مما يؤدي إلى زيادة قيمة ϵ_2 وانه يعزز مساهمة حاملات الشحنة في الامتصاص إذ بزيادة الامتصاص ازدادت قيمة ϵ_2 حيث تغيرت قيمته من 10^{-7} إلى 2.6×10^{-5} قبل التشعيع إلى 5.5×10^{-5} بعد تشعيه لفترة 24 ساعة.

يوضح الشكل (6) ان قيمة فجوة الطاقة لشبه الموصل العضوي قبل التشعيع كانت eV 1.88 بينما تبين الاشكال (7,8,9) والمشعة لفترات زمنية (4,6,24) ساعة على التوالي أظهرت أن قيم فجوة الطاقة بدأت تزداد بزيادة فترة التشعيع وأصبحت eV (1.98,2.1,2.3) على التوالي وسبب ذلك أن أشعة كما تقوم بتكسير الأواصر في المركب العضوي مما يخلق فجوات وتحرير الكترولونات والتي قد تصطاد في مصائد عند مواقع مختلفة مما يؤدي إلى تغير طبيعة المادة وتحولها الى عازل [4]. أما النيوترونات فإنها لم تؤثر على المادة بالرغم من تشعيها لفترات (1,30,60) يوما وكما موضح بالشكل (10) والسبب في ذلك ان النيوترونات لا تقوم بتكسير الأواصر لأنها لا تنتج جسيم مؤين.

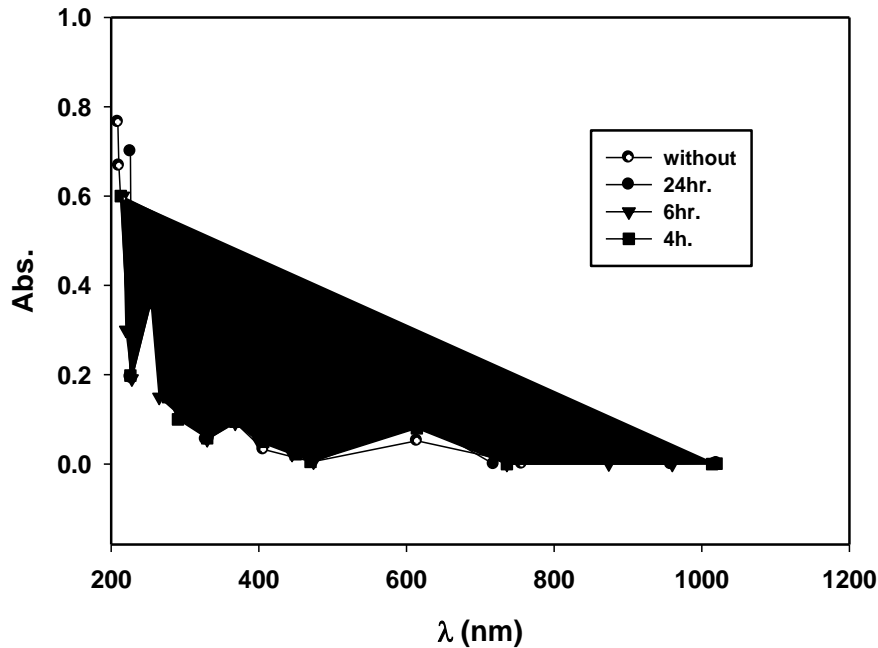
الاستنتاجات

- من خلال دراسة تأثير التشعيع على شبه الموصل العضوي تبين الآتي:
١. زيادة معامل الانكسار الحقيقي للمادة ومما يجعلها أكثر عتمة.
 ٢. زيادة معامل الانكسار الخيالي للمادة.
 ٣. زيادة ثابت العزل الكهربائي الحقيقي مما يجعل المادة مستقطبة كهربائي ا وبهذا تزداد خزن الشحنة.
 ٤. تزداد قيمة فجوة الطاقة بزيادة فترات التشعيع.
 ٥. لا تؤثر النيوترونات ذات الطاقات الواطئة على خواص المادة العضوية.

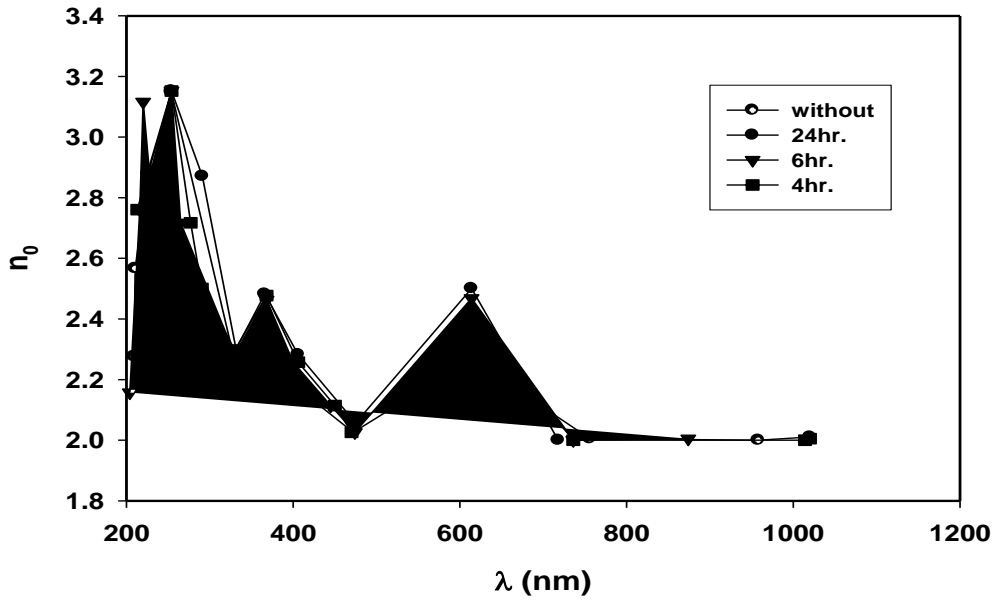
المصادر

- 1) Shaw and Seidler, "Organic electronics: Introduction", IBM Res. & Dev. Vol. 45, January (2001).
- 2) Pfeiffer M., Leo K., Zhou X., Huang J. "Organic Electronics". 4: 89-103. (2003).
- 3) Amal K. Ghosh and Tom Feng, J. Appl. phys., 44, No.6, 226-232 (1973).
- 4) Tawansi A., Oraby A., and Ahemed E., Jonal of Applied Polymer Science., 70:1759-1767 (1998).
- 5) Ashour A. H., Saad H. M., Ibrahim M. M. Egypt. J. Solids, 29: No.2 . 351-360 (2006).
- 6) Tikhonov I E. V.; Belogorokhov. A.; Breusova. M. O., "Journal of Semiconductors LLC.", 41, No. 10, 1204-1208 (2007).
- 7) Longhurst R. S., "Geometrical and Physical Optics", printed in Great Britain by Jorrol and Sons, Ltd, Norwich .518-519 (1967).
- 8) Dawood F., M.Sc. Thesis, College of Science. University of Al-Mustansria (2000).
- 9) Kenneth A. J., "Introdaction to Optical Electronic". John Wiley and Sons, New York. 116-117 (1987).
- 10) Smith R. A., "Semiconductors", Spottiswoods, Ballantyne and Co., Ltd., Colchester (1959).

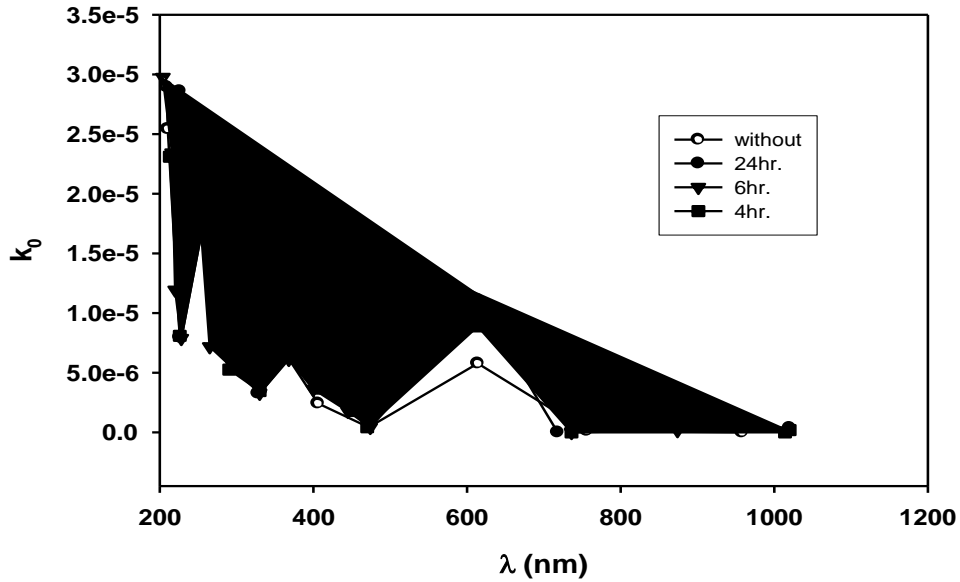
ملحق الأشكال



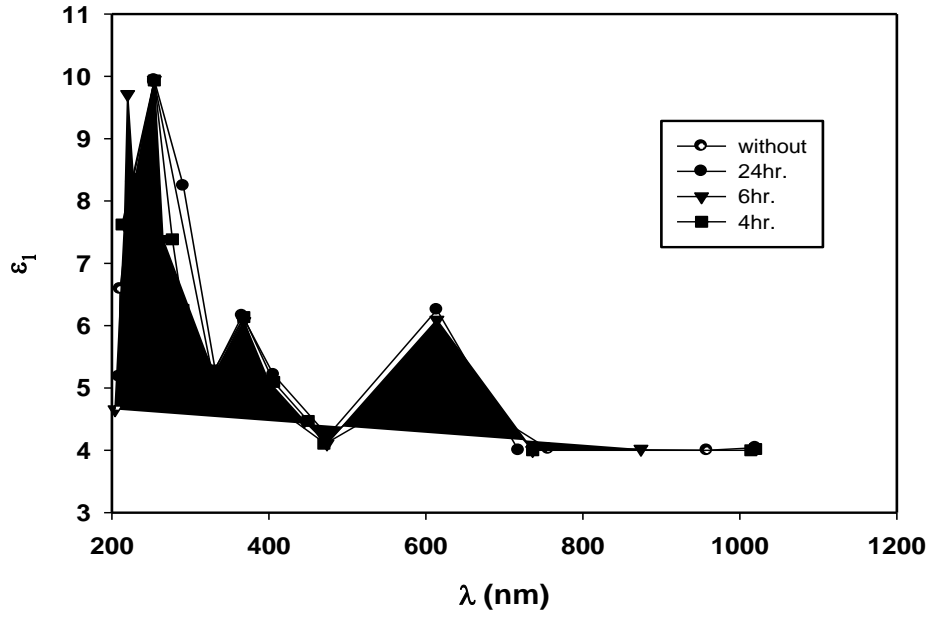
الشكل 1: العلاقة بين طيف الامتصاص والطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت ^{60}CO ولفترات تشعيع مختلفة.



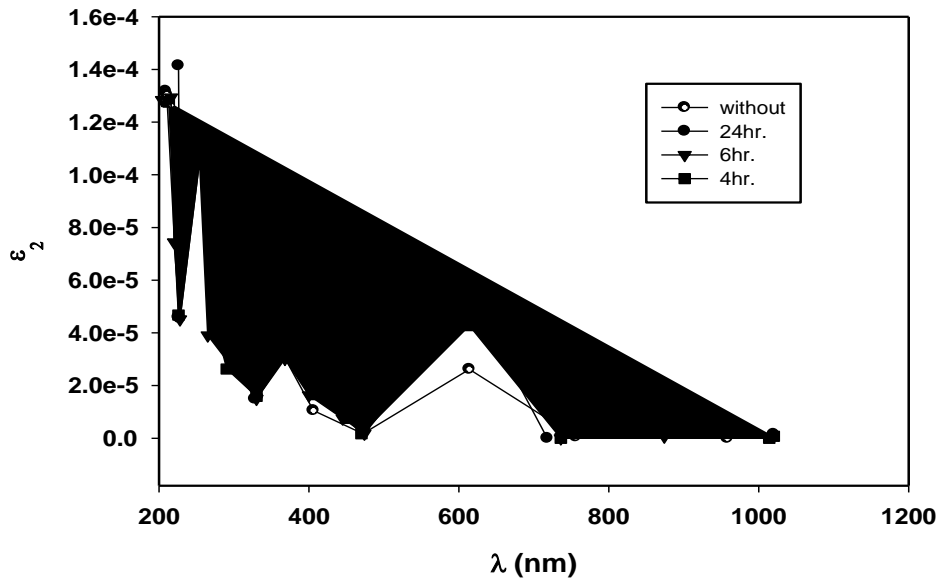
الشكل 2: العلاقة بين معامل الانكسار الحقيقي والطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة.



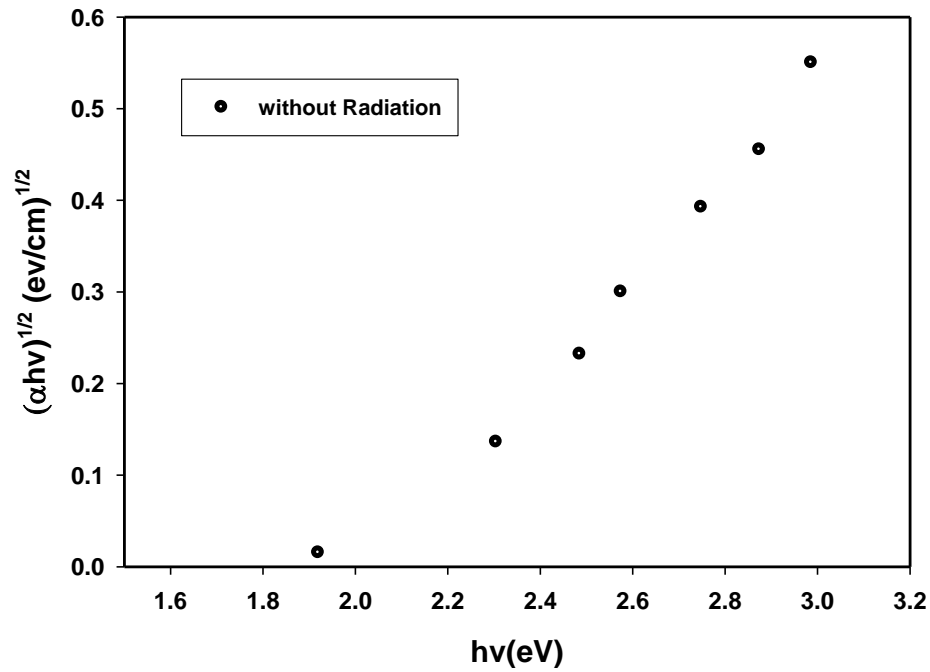
الشكل 3: علاقة معامل الانكسار الخيالي K_0 مع الطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت CO^{60} ولفترات تشعيع مختلفة.



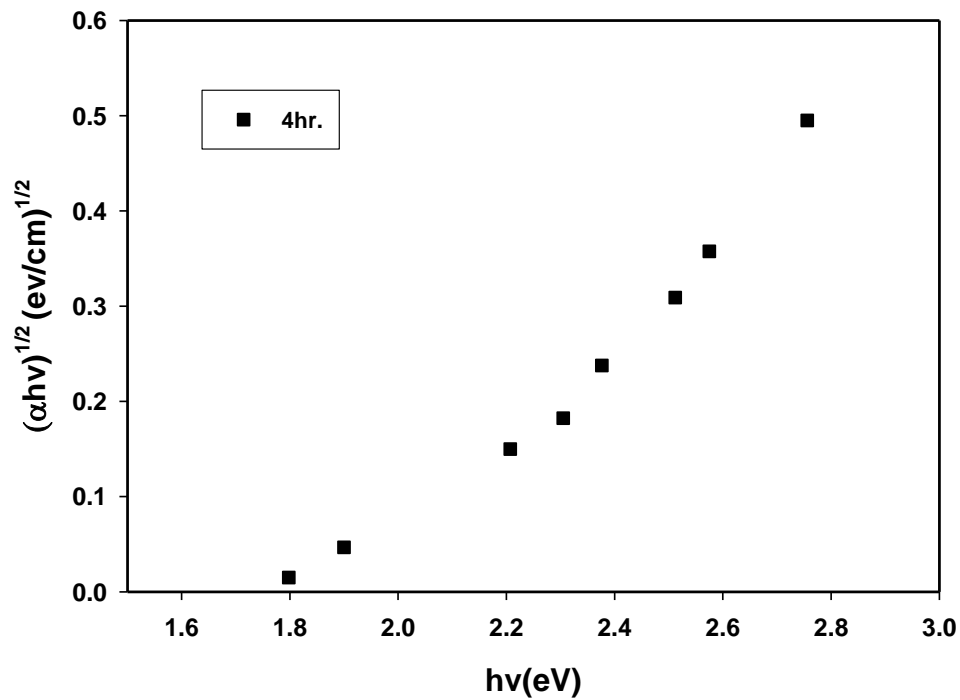
الشكل 4: تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي ϵ_1 مع الطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت ^{60}CO ولفترات تشعيع مختلفة.



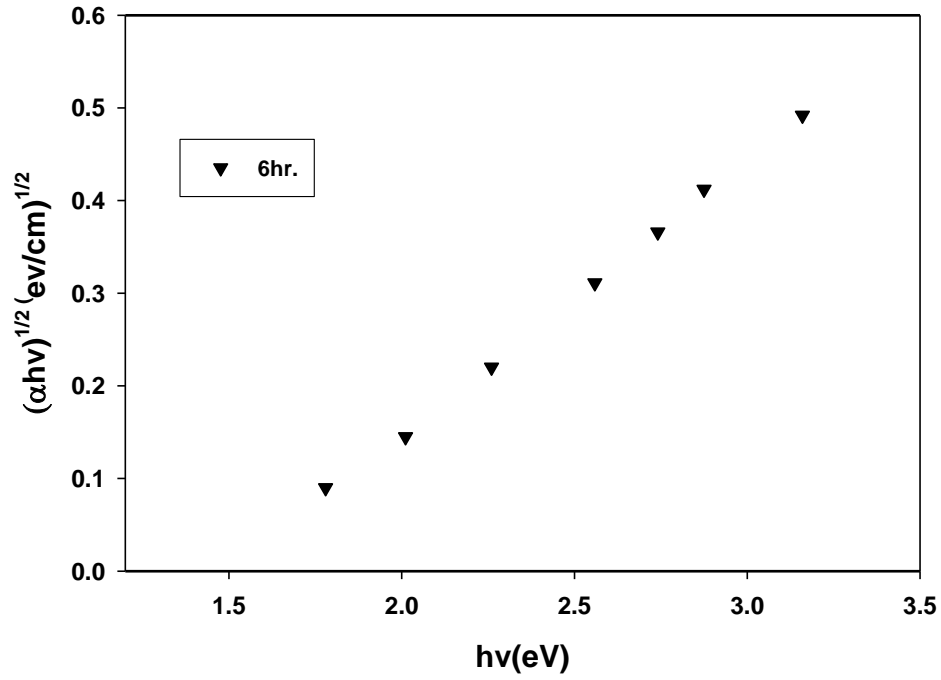
الشكل 5: تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي ϵ_2 مع الطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت ^{60}CO ولفترات تشعيع مختلفة.



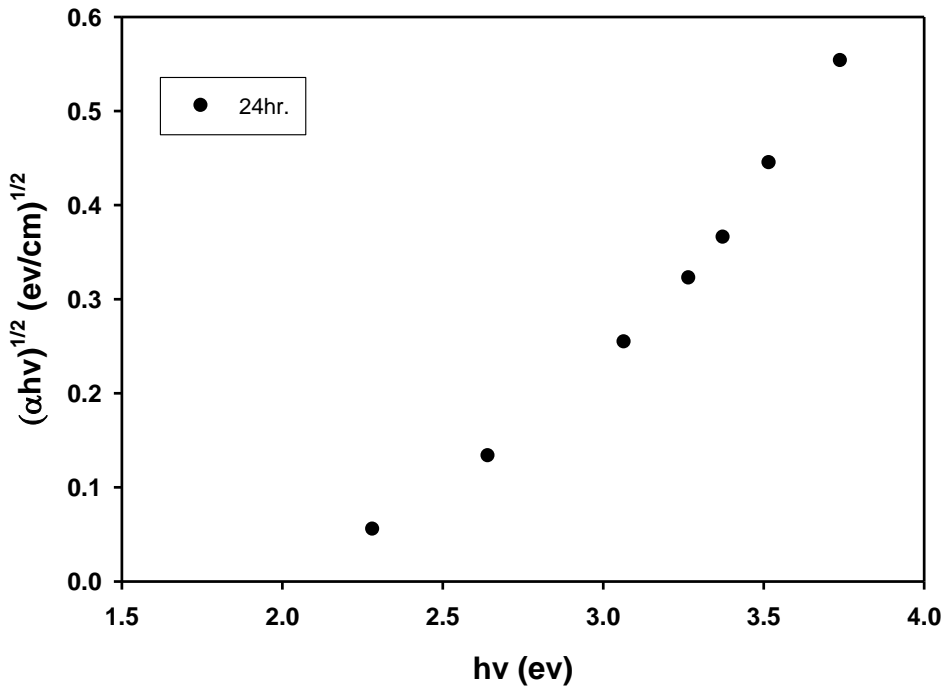
الشكل 6: العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{1/2}$ وطاقة الفوتون لمحلول مادة n-Malachite green قبل التشعيع.



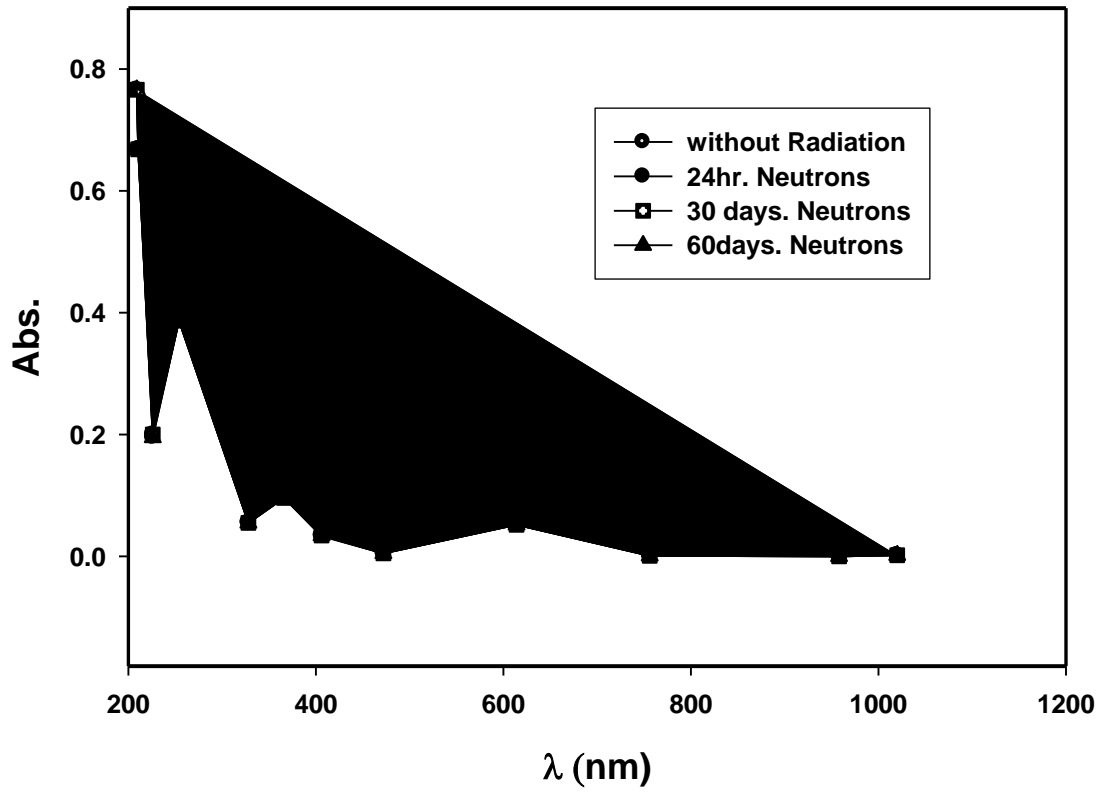
الشكل 7: العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{1/2}$ وطاقة الفوتون لمحلول مادة n-Malachite green بعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت CO^{60} ولفترات تشعيع أربع ساعات.



الشكل 8: العلاقة بين $(\alpha hv)^{1/2}$ وطاقة الفوتون لمحلول مادة n-Malachite green بعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت CO^{60} ولفترات تشعيع ست ساعات.



الشكل 9: العلاقة بين $(\alpha hv)^{1/2}$ وطاقة الفوتون لمحلول مادة n-Malachite green بعد التشعيع باستخدام مصدر كاما للكوبلت CO^{60} ولفترات تشعيع أربع وعشرين ساعة.



الشكل 10: العلاقة بين طيف الامتصاص والطول الموجي لمحلول مادة n-Malachite green قبل وبعد التشعيع باستخدام النيوترونات ولفترات تشعيع مختلفة.