

The study of effects of annealing and irradiation on the optical properties of the CdSe thin film which prepared by using the thermal evaporation method in the space

دراسة تأثير التلدين والتشعيع على الخواص البصرية لأغشية CdSe الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري بالفراغ.

ماجد حسين دويج البهادلي
جامعة كربلاء /كلية العلوم/قسم الفيزياء.

الخلاصة:

في هذا البحث تم تحضير غشاء CdSe بطريقة التبخير الحراري وبسمك 4000Å ، على أرضيات من الزجاج بعد ذلك تم تلدين هذا الغشاء بدرجة حرارة 200C° ولمدة ساعة واحدة وبالتالي تم تشعيه باستخدام مصدر Cs-137 لدراسة خواصه البصرية حيث تم حساب فجوة الطاقة البصرية ومعامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي قبل التلدين والتشعيع وبعد التلدين والتشعيع واجراء المقارنة بين النتائج التي حصلنا عليها في جميع الحالات. حيث لوحظ أن التلدين والتشعيع أثر كليهما على الخواص البصرية لهذا الغشاء أي نقصان في قيم الأمتصاصية ومعامل الانكسار وثابت العزل الحقيقي وزيادة قيم النفاذية وفجوة الطاقة البصرية ومعامل الخمود وثابت العزل الخيالي.

Abstract:

In this research ,we prepared CdSe thin film by using the thermal evaporation method with thickness 4000Å for one hour on the ground of glasses. and thus plasticizer this film for 200C° in one hour and subjected it to x-ray by using the Cs-137 source for study the optical properties where the energy gap was calculated, refractive index , extinction index and real and imaginary dielectric factors before and after irradiation and annealing . The comparison between the results which we obtained in all cases .Where it was noted that both of annealing and irradiation affects on the optical properties of the membrane and any decrease in absorbent values of the refractive factors , the real and imaginary dielectric factors and increasing transmission values , optical energy gap , the extinction index and imaginary dielectric factors

المقدمة :-

لغرض دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية بشكل دقيق لأشباه الموصلات يتم استخدام تقنية الأغشية الرقيقة والتي تعتبر من أهم التقنيات المستخدمة في هذا الحقل من العلوم حيث تستخدم هذه التقنية سمك صغير جدا قد لايتجاوز ($1\mu\text{m}$) وتشمل مجموعه من الطرق لتحضير الأغشية الرقيقة مثل طريقة التبخير الحراري في الفراغ thermal evaporation in vacuum والترديذ Sputtering والطرق الكيميائية Chemical methods^[1,2]. أما الطريقة التي تم استخدامها لتحضير الغشاء الرقيق CdSe في هذا البحث هي التبخير الحراري في الفراغ بواسطة جهاز (BALZERS) حيث يتكون من منظومة تفرغ ومنظومة تبخير ومنظومة القدرة والسيطره^[3] ويمتاز المركب الشبه الموصل CdSe بامتلاكه فجوة طاقة مباشرة مقدارها 1.74eV لذلك يستخدم هذا المركب في التوصيليه الضوئيه وصناعة الترانستورات وبعض الكواشف وله كثافة 5.82g/cm^3 وهو مسحوق ذو تركيب بلوري بني أما إذا أصبح غشاء رقيق يكون شفاف^[4].

الجزء العملي

1- تحضير (تصنيع) الغشاء CdSe :-

تم ترسيب الغشاء الرقيق من مسحوق المركب النقي CdSe على أرضيات من الزجاج ذات منشأ ألماني وتتحمل درجات حراره عالية بعد تنظيفها بشكل جيد ودقيق من جميع الشوائب حتى نضمن أن الغشاء المحضر على هذه الشرائح الزجاجية يكون نقي خالي من العيوب قدر الإمكان. وبعدها تم قياس سمك الغشاء بالطريقة الوزنية وكان سمك الغشاء هو 4000Å وحسب العلاقة التالية.

$$t = \Delta m / \rho \cdot A \dots (1)$$

حيث أن t هي سمك الغشاء و Δm هو فرق الوزن و ρ هي كثافة المادة المرسبة و A هي مساحة الغشاء.^[5]

2- تلدين الغشاء :-

تم تلدين الغشاء بعد تحضيره داخل الفرن الى درجة حرارة 200C° ولمدة ساعة واحدة.

3- تشعيع الغشاء:-

لقد تم تحضير (6) نماذج تحت نفس الظروف والسمك وبعدها بقية (2) من النماذج بدون أي معاملة و(2) من النماذج تم تلدينها و(2) من النماذج تم تعريضها الى أشعة كاما تشعيعها بمصدر Cs-137 ولمدة 21 يوم.^[6]

4- الخواص البصرية :-

بعد تحضير الغشاء وتلدينه وتشعيعه يتم فحص جميع النماذج بواسطة جهاز للأغشية في مديات الطول الموجي بين (300-900)nm لغرض دراسة خواصه البصرية. عندما يتعرض أي شبه موصل الى حزمه ضوئية ذات طاقة ($h\nu > E_g$) وتكون شدة الشعاع الساقط الابتدائية هو (I_0) سوف يمتص جزء من هذه الحزمه الضوئية من قبل الغشاء ويكون معدل الأمتصاص معتمدا على الطول الموجي للأشعاع الساقط وسمك ذلك الغشاء وبذلك يمكن حساب الشدة النافذة للأشعاع (I_t) للنموذج ذو السمك t بواسطة المعادلة التالية .

$$I_t = I_0 e^{-\alpha t} \dots (2)$$

حيث أن α يمثل معامل الأمتصاص ويقاس بوحدة (cm^{-1}) .

أن حساب الخواص البصرية للمواد الشبة الموصلة تعطينا فكرة جيدة وواضحة للأمتصاص البصري وقيم فجوة الطاقة حيث أن جميع المواد الشبة الموصلة تحصل فيها زيادة سريعة في قيم الأمتصاص عندما تكون طاقة الأشعاع الممتص أكبر أو مساوي لفجوة الطاقة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل.^[7,8] أما بالنسبة للتوابت البصرية التي تم حسابها في هذا البحث هي :-

أولاً: الأمتصاصية (Absorbance):

حيث يمكن تعريف الأمتصاصية (A) على أنها شدة الأشعة التي تمتص من قبل الغشاء (I_A) الى شدة الأشعة الساقطة على الغشاء (I_0) والتي تمثل بالمعادلة التالية .

$$A = I_A / I_0 \dots (3)$$

كذلك يمكن التعبير عن الأمتصاصية بواسطة النفاذية (T) والانعكاسية (R) كما يلي .

$$A = 1 - R - T \dots (4)$$

وأثناء عملية الأمتصاص يتم تحويل الطاقة الضوئية الى شكل آخر من الطاقة مثل طاقة حرارية ... الخ . وكذلك يوجد علاقة تربط بين (T) و(A) وكما يلي .

$$T = e^{-2.303A} \dots (5)$$

كذلك يمكن حساب معامل الأمتصاص بأستخدام العلاقة التالية .

$$\alpha = 2.303 (A/t) \dots (6)$$

ثانياً : النفاذية (Transmittance) :

بالنسبة للنفاذية تكون بنفس الطريقة حيث تمثل شدة الأشعة النافذة (I_T) من الغشاء الرقيق الى شدة الأشعة الساقطة على ذلك الغشاء (I_0) وكما يلي.^[9,10]

$$T = I_T / I_0 \dots (7)$$

حيث أن المادة الشبة الموصلة عندة أضاعتها بالأشعة الضوئية فأن جزء من هذه الأشعة سوف ينفذ وهذه الشدة النافذة للضوء تكون معتمدة بشكل واضح وكبير على طاقة الفوتونات الساقطة وخصائص المادة الشبة الموصلة . ويمكن وصف النفاذية (T) بالعلاقة التالية .

$$T = [(1-R)^2 \exp(-\alpha t)] \dots (8)$$

ثالثاً : الانتقالات البصرية : The Optical Transitions

وتكون الانتقالات البصرية على نوعين هما .

1- الانتقال المباشر . The Direct Transitions

حيث يحدث هذا الانتقال بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل (بصورة عمودية) ويكون متجه الموجة له $\Delta k=0$ وقانون حفظ الزخم محفوظ ويعبر إليه بالمعادلة التالية [11,12]

$$\alpha h\nu=B(h\nu -E_g)^{1/2} \dots\dots(9)$$

حيث أن B تتناسب عكسياً مع العشوائية (amorphousity). والانتقال أعلاه يطلق عليه الانتقال المباشر المسموح . أما في حالة $\Delta k \neq 0$ فإن المتجه الموجي (k) لا يساوي صفر وبذلك يدعى بالانتقال المباشر الغير المسموح وكما في المعادلة التالية

$$\alpha h\nu=B(h\nu -E_g)^{3/2} \dots\dots(10)$$

2- الانتقال الغير المباشر . The Indirect Transitions.

يحدث هذا الانتقال بواسطة طاقة الفوتون مع طاقة الفوتون الساقط $h\nu$ الأقل من E_g ولكي يحقق قانون حفظ الزخم يعبر عليه بالعلاقة التالية [12,13]

$$h\nu=E_g \pm E_p \dots\dots(11)$$

في حين أن الانتقال الغير المباشر الغير المسموح يحدث بين نقطة قرب قمة حزمة التكافؤ وأي نقطة من قعر حزمة التوصيل ويعبر عنه بالعلاقة .

$$\alpha h\nu=B(h\nu -E_g)^2 \dots\dots(12)$$

رابعاً: الثوابت البصرية الأخرى لكونها مهمة في تحديد سلوك المواد بصرياً مثل معامل الأمتصاص مهم في وصف فجوة الطاقة البصرية وطاقة الفوتون الساقط حيث أنه يحدث نتيجة فقدان في الطاقة خلال السمك للمواد ويعودالسبب الرئيسي لذلك الفقدان هو عملية الأمتصاص . أما بالنسبة لمعامل الانكسار فيمكن حسابه من العلاقة التالية .

$$n_o = \{(1+R / 1-R)^2 - (K^2 +1)\}^{1/2} + (1+R) / (1-R) \dots\dots(13)$$

أما n_o هو معامل الانكسار ويعرف أيضاً بالعلاقة التي تربط سرعة انتشار الموجة V في الوسط وسرعة الضوء C في الفراغ كما يلي : $n=c/v \dots\dots(14)$

أما R هو الأنعكاس و K هو معامل الخمود ويمكن أيجاده بالعلاقة التالية .

$$K = \alpha\lambda / 4\pi \dots\dots(15)$$

حيث يعتبر معامل الخمود للجزء الخيالي من معامل الانكسار المعقد الذي يمثل الانحلال الاسي للموجة داخل المادة . أما ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي عندما تحدث عملية فقدان الطاقة في المادة بسبب التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط وما ينتج عنه من استقطاب لشحنات الوسط ويوصف هذا الاستقطاب عادة بثابت العزل الكهربائي المعقد للوسط . [14,15]

$$\epsilon_r = n_o^2 - K_o^2 \dots\dots(16)$$

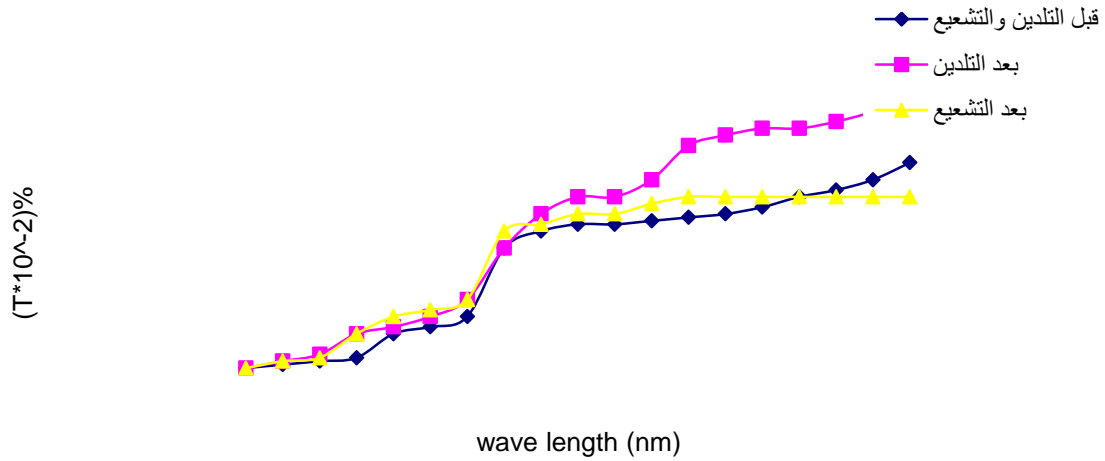
$$\epsilon_i = 2n_o K_o \dots\dots(17)$$

النتائج والمناقشة :-

بعد تحضير الغشاء الرقيق CdSe بواسطة تقنية التبخير الحراري تحت ضغط مقداره $2*10^{-5}$ mbar بواسطة منظومة (BALZERS) وكان سمك الغشاء 4000Å وعدد النماذج المحضرة (6) تم أخذ اثنين من النماذج وعرضه للتلدين بدرجة 200C° ولمدة ساعة واحدة واثنين أخرى من النماذج تم تشيعها ب Cs-137 ولمدة 21 يوم وترك اثنين من النماذج بدون تلدين ولا تشيع وبعد ذلك فحصة جميع النماذج بواسطة جهاز Uv/visble Recording Spector photometer UV/160 لأيجاد طيفي النفاذية والأمتصاصية وكانت النتائج البصرية لجميع النماذج المحسوبة كما يلي:

طيف النفاذية transmission :-

تم دراسة طيف النفاذية لجميع الأغشية المحضرة ولمدى من الأطوال الموجية بين (200-1100)nm ومن ملاحظة الطيف وجدة أن هذه الأغشية نافذة للضوء وكذلك تأثرت النفاذية بعده التشيع حيث أزادة قيمها وكذلك بعد التلدين أزادة أكثر مما هي عليه بعد التشيع وأن سبب الزيادة الحاصلة في قيم النفاذية هو النقصان في قيم الأنعكاسية والأمتصاصية حسب المعادله (4) وكما مبين بالشكل التالي.

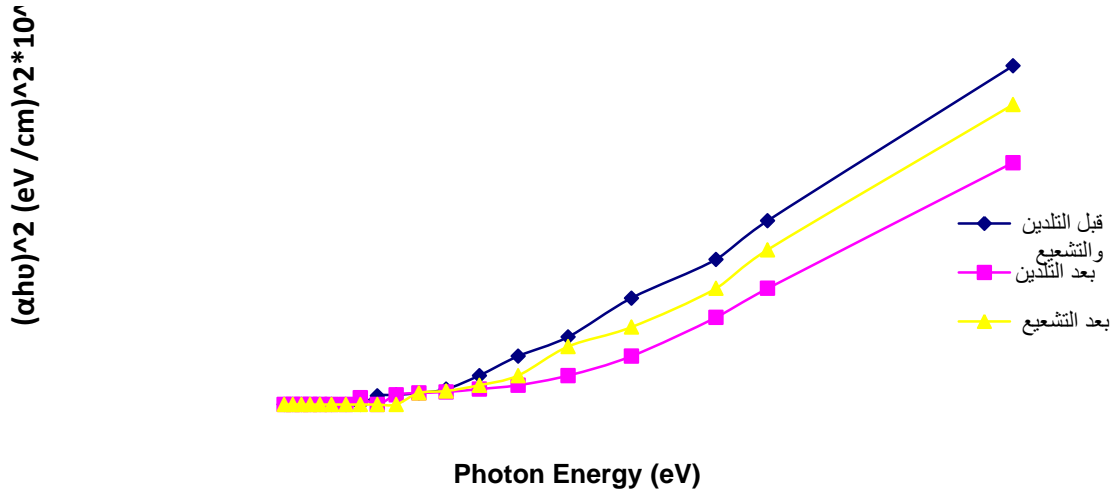


شكل رقم (1) يوضح قيم النفاذية لأغشية CdSe كدالة للطول الموجي قبل وبعد التلدين والتشعيع

فجوة الطاقة الممنوعة **Forbidden Energy Gap** :-

يتطلب لحساب فجوة الطاقة المباشرة رسم العلاقة $(\alpha h\nu)^2$ كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) حيث أن أمتداد الجزء المستقيم من المنحني والذي يسقط على محور طاقة الفوتون عنده $(\alpha h\nu)^2 = 0$ يمثل قيمة فجوة الطاقة المباشرة وكما هو موضح بالشكل رقم (2).

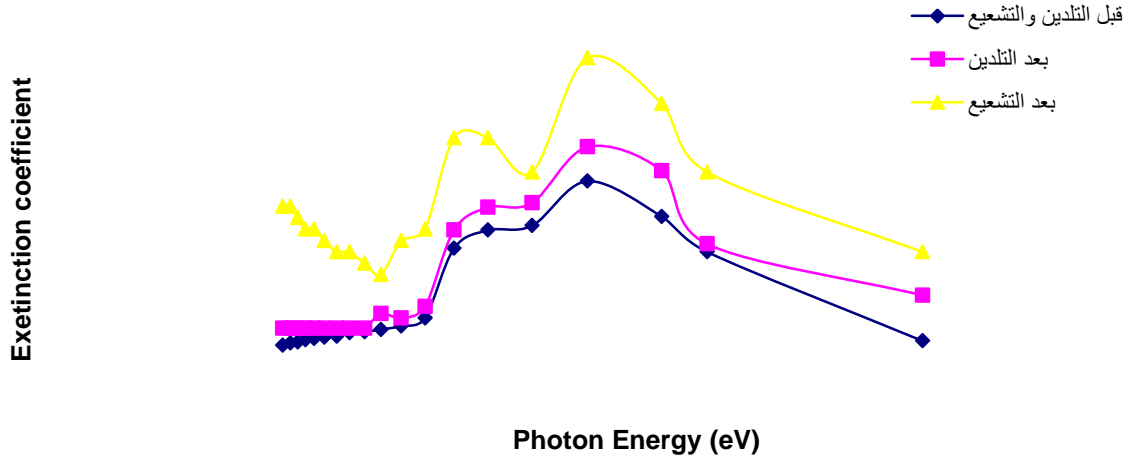
ونظراً لأهمية فجوة الطاقة في تحديد إمكانية استخدام الأغشية الرقيقة التي تحضر في تصنيع الخلايا الشمسية والمفارق الهجينة لأنها مقياس أساس لانتقاء الطيف لذلك تم حساب قيم فجوة الطاقة المباشرة لهذا الغشاء قبل وبعد التشعيع والتلدين وكانت القيم قبل التلدين والتشعيع هي (1.8eV) أما القيم بعد التلدين والتشعيع على التوالي هي (2.1eV) و(2.05eV) وتبين من هذه القيم أن قيم فجوة الطاقة زادة بعده التشعيع والتلدين وهذا يدل على أن التلدين والتشعيع يؤديان الى زيادة أنتظام الترتيب الداخلي لذرات الغشاء.^[16]



شكل رقم (2) يوضح العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ لأغشية CdSe كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) قبل وبعد التلدين والتشعيع.

معامل الخمود Extinction Coefficient :-

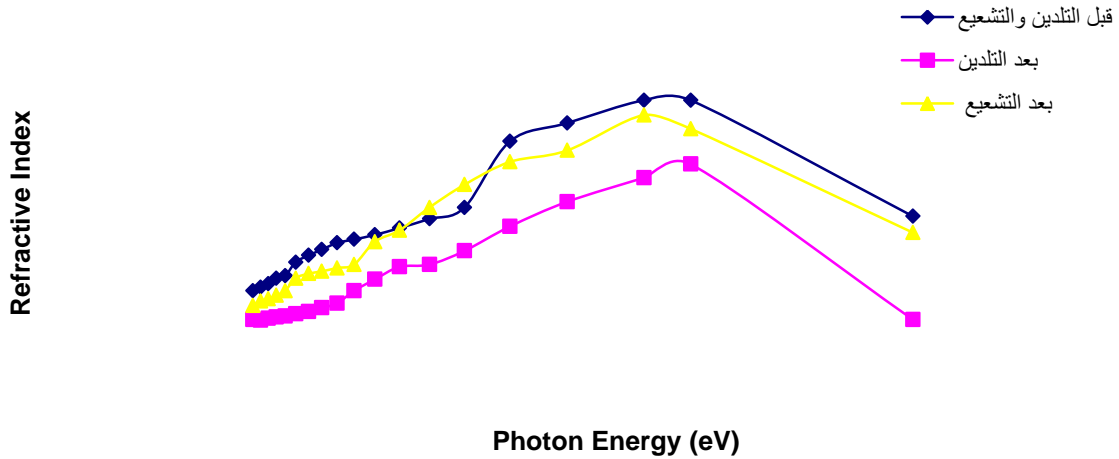
يتم حساب معامل الخمود بواسطة المعادلة (15) ويمكن تعريفه بأنه الجزء الخيالي لمعامل الانكسار المعتمد . لذلك فإن معامل الخمود يزداد مع التلدين والتشيع وكذلك يزداد مع زيادة طاقة الفوتون وكما هو واضح في الشكل رقم (3) حيث العلاقة بين معامل الخمود (K) وطاقة الفوتون ($h\nu$) .



شكل رقم (3) يوضح العلاقة بين معامل الخمود (K) لأغشية CdSe كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) قبل وبعد التلدين والتشيع.

معامل الانكسار Refractive Index :-

حيث أن معامل الانكسار يمكن تعريفه بدلالة سرعة الموجة وبذلك يكون النسبة بين سرعة الموجة في الفراغ الى سرعتها في الوسط وفق المعادلة (14). وكما هو واضح في الشكل رقم (4) والذي يبين العلاقة بين معامل الانكسار (n) وطاقة الفوتون ($h\nu$) نلاحظ أن معامل الانكسار يقل مع التشيع وكذلك مع التلدين.^[16]

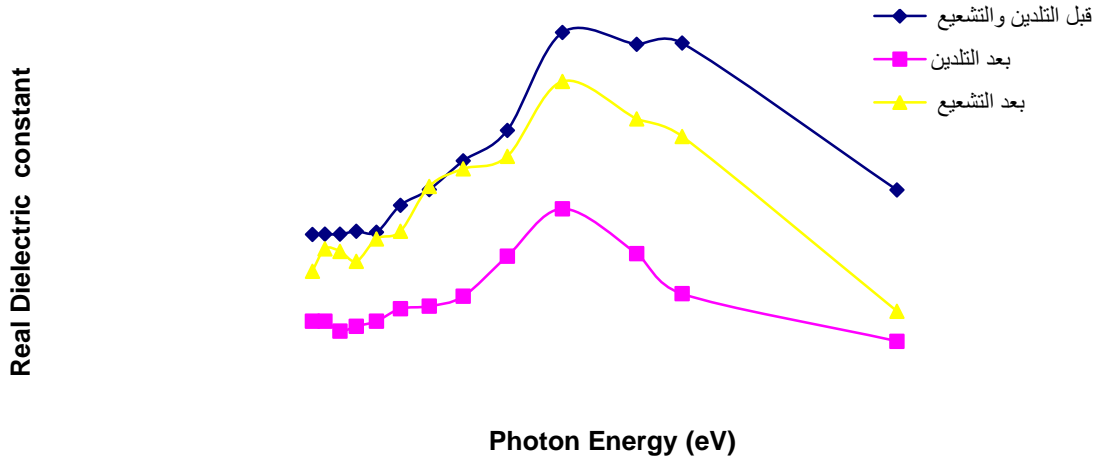


شكل رقم(4) يوضح العلاقة بين معامل الانكسار (n) لأغشية CdSe كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) قبل وبعد التلدين والتشيع.

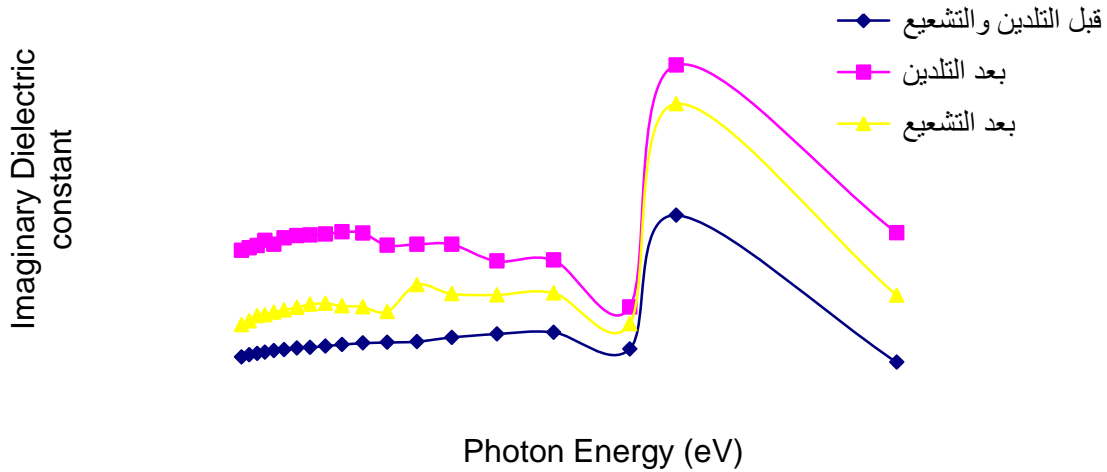
ثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي :-

Real and Imaginary part of Dielectric Constant:-

أن ثابت العزل يتكون من جزئين هما الحقيقي والخيالي ويعرف بأنه مدى استجابة المادة للمجالات الكهرومغناطيسية الساقطة ويمكن حسابه باستخدام المعادلتين (16) و(17) ومن خلال رسم العلاقة بين ثابت العزل الحقيقي والخيالي مع طاقة الفوتون نلاحظ أن ثابت العزل الحقيقي يقل بعد التلدين والتشعيع كما في الشكل رقم (5) [16]. أما ثابت العزل الخيالي يزداد بعد التلدين والتشعيع كما هو واضح بالشكل رقم (6).



شكل رقم (5) يوضح العلاقة بين ثابت العزل الحقيقي (ϵ_r) لأغشية CdSe كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) قبل وبعد التلدين والتشعيع .



شكل رقم (6) يوضح العلاقة بين ثابت العزل الخيالي (ϵ_i) لأغشية CdSe كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) قبل وبعد التلدين والتشعيع .

References:-

- 1-Bhaskar Kumar, Parag Vasekar, Shirish A. Pethe: Thin Solid Films, 517(2009) 2295-2299.
- 2- Sonal Singhal, Amit Kumar Chawla, Hari Om Gupta: Thin Solid Films, 518 (2009) 1402-1406.
- 3-Narayandass, K. and Mangalaraj, D., 1998, Semiconducting science and technology, Electronic Journals, 641-46.
- 4- Madan, A. and Shaw, M., 1986, The Physics and Applications of Amorphous Semiconductors, Academic Press, ed.Madan, In. New York.
- 5-Al-Ani, S.K.J.,Mohammed, H.H., and Al-Fawade, E.M., 2000, The Optoelectronic Properties of CdSe Photoconductive Detector, world Renewable Energy congress, VI Reading, U.K.,2026-2031.
- 6- Mahmoud, A.H., 1990, Cadmium SelenideThin Films Grown by Vacuum Deposition Technique, Crys. Res.Technol, 25:1147.
- 7-Chopra K.L.(1969) ,”Thin Film Phenomena “ , Ch.2 , Mc Graw- ill Book Co. , New York
- 8- Al-Ani, S.K.J.,Mohammed, H.H., and Al-Fawade, E.M., 2000, The Optoelectronic Properties of CdSe Photoconductive Detector, world Renewable Energy congress, VI Reading, U.K.,2026-2031.
- 9-E.M.N.Al-Fawade,2006, The Effect of Doping Ratio on the Optical Properties of CdSe Films,Um-Salma Science Journal,3(1):180-185.
- 10- C.Baban, G.I.Rusu, P.Preelite, 2005, On the Optical Properties of Polycrystalline CdSe Thin Films, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 7(2):817-821.
- 11-. hrekanthan, K.N., Regendra, B.V., Kasturi, V.B. and Shivakumar, G.K., 2003, Growth and characterization of semiconducting Cadmium.
- 12-D.D.O.Eya, 2006, the Optical Properties of Cadmium Selenide CdSe Thin Films Prepared by CBD, The Pacific Journal of Science and Technology,7(1):64-68.
- 13- M.Perdo "Technological advance Lead to Greater Variety of Infrared detector " (2001).
- 14- E.M.Zobov , G.G.Garyadyev and M.A.Rizakhanov, "Sov.Phys. Semicond" , 21(1987) 991.
- 15-Jeffery P., szabo and M.cocivera,1987, Effect of annealing atmosphere on the properties of thin film CdSe, J. Appl. Phys.,61(10):4820.
- 16-. Ichimura, M., Sato, N., Nakeichi, A. and Arai, E., 2002, Properties of Photoconductivity Deposited CdSe, Phys. Stat.Sol. a, 193(1):132-138.