

# تأثير التلدين بوساطة الليزر النبضي على $E_g$ لأفلام رقيقة نصف ناقلة من $CuInSe_2$

زكريا ظلام<sup>١</sup> ، ناصر سعد الدين<sup>١</sup> ، خالد عقيل<sup>٢</sup>

١: جامعة البعث ، حمص ، سورية

٢: جامعة دمشق ، دمشق ، سورية

بريد الكتروني : zzalam@baath.shern.net

يهدف هذا البحث إلى معالجة افلام رقيقة من  $CuInSe_2$  المستخدمة كطبقات ماصة في الخلايا الشمسية. رسبت أفلام رقيقة متماثلة من نصف الناقل  $CuInSe_2$  على شرائح زجاجية بطريقة التبخير الومضي تحت ضغط منخفض قدره  $10^{-6}$  ميلي بار. لدنت الطبقة السطحية بوساطة ليزر نبضي من نوع Nd-YAG طاقة النبضة ٢,٥ ميلي جول وكانت استطاعة التلدين كالتالي (٠,١٧-٠,٦-٠,٨)W. تم تعيين النفوذية الضوئية للأفلام الملدنة وغير الملدنة بوساطة مقياس الطيف الضوئي (spectrophotometer) اعتمادا على طيف النفوذية حددنا الامتصاصية  $A(\lambda)$  وحسبنا باستخدام علاقتي [Pankov] طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  وغير المباشر  $E_{gi}$ . بعد المناقشة توصلنا الى الاستنتاجات التالية: أدت عملية التلدين بحزم ليزرية نبضية إلى انخفاض النفوذية الضوئية، أدت عملية التلدين إلى خفض طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  وغير المباشر  $E_{gi}$ ، يؤدي انخفاض قيمة طاقة المجال المحظور للطبقة الماصة في الخلايا الشمسية إلى المساهمة في تحويل جزء من الأشعة الشمسية التي طاقتها  $h \nu_i$  تقع ضمن المجال  $\Delta E_g$  و  $\Delta E_{gi}$  إلى طاقة كهربائية ، نقترح أن يتم تلدين الأفلام الرقيقة المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية التي تعتمد المركب  $CuInSe_2$  كطبقة ماصة بحزمة ليزرية استطاعتها 0.60w.

كلمات دالة : فلم رقيق ، تلدين ، المجال المحظور ، النفوذية الضوئية.

## ١- مقدمة:

أظهرت الدراسات المختلفة التي أجريت على الطبقات الرقيقة إمكانية استخدام هذه الطبقات في تصنيع الخلايا الشمسية. وتأتي أهمية استخدامها في صناعة الخلايا الشمسية نظراً لانخفاض كلفة إنتاج الواط الساعي. يوجد العديد من المركبات المستخدمة لتصنيع خلايا شمسية من الطبقات الرقيقة منها مركبات المجموعات II-IV كخلايا كبريت الكاديوم [١] ومركبات المجموعات I-III-VI كخلايا المعتمدة على  $CuInSe_2$  و  $CuInS_2$  [2]. يلعب عرض المجال المحظور لهذه المواد دوراً أساسياً في اختيارها كطبقات ماصة في الخلايا الشمسية ذات الوصلات غير المتجانسة (heterojunction) [٣-٤]، حيث تتراوح قيمته ما بين  $0.6-0.9$  eV وهي تقع ضمن المجال المفضل للطبقات الماصة في الخلايا الشمسية [٥].

انصب خلال العقد الأخير من القرن الماضي اهتمام الباحثين على استخدام تقانات لتلدين بواسطة الليزر في النبضية لمعالجة أنصاف النواقل والطبقات الرقيقة، حيث يستخدم التلدين لتنشيط الشوارد المزروعة في العينات أو لتعديل أشكال حفر الكمون فيها، وقد نشر مؤخراً أنه تم استخدام الحزمة الليزرية لتلدين الشبكات العملاقة دون أي تخريب للطبقات داخل البنية. يستخدم الليزر ذو الطاقة المنخفضة [LPLA] حالياً في إعادة توزيع الشوائب في العينات وفي التلدين السطحي للطبقات الرقيقة [٦،٧].

تعتمد معالجة المواد بواسطة الليزر على الدفقات الحرارية المكثفة التي تعطيها الحزمة الليزرية للتأثير على عمق صغير جداً من السطح فتصهره دون التغلغل إلى داخل المادة. فعندما تسلط الحزمة الليزرية على سطح المواد المراد معالجتها، فإن جزءاً من هذه الحزمة ينعكس عن السطح وينفذ الجزء الباقي إلى عمق يتعلق بطاقة الحزمة. تلعب حالة السطح دوراً هاماً في فعالية امتصاص الأشعة الليزرية من قبل المادة. ويزداد المردود الطاقى لعمليات المعالجة الحرارية بزيادة خشونة السطح ولهذا يفضل عند إجراء المعالجة السطحية للسطوح الملساء جعلها خشنة بغية رفع فعالية امتصاصها للأشعة الليزرية.

تتميز الطبقات الرقيقة المرسبة في الخلاء وبوجود بعض العيوب البلورية في بنيتها، تلعب عملية التلدين دوراً هاماً في خفض نسبة هذه العيوب مما يؤدي إلى تغيير المقاومة الكهربائية. لهذا يطبق حالياً التلدين على نطاق واسع على المواد المستعملة في الصناعة الإلكترونية.

## ٢- أهمية البحث:

من المعلوم أن استخدام الخلايا الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية يعاني من انخفاض مردود هذا التحويل بسبب عدد من العوامل أهمها [٨]:

- ١- ضياع جزء من الطاقة الشمسية في الشبكة المعدنية الموجودة في الجبهة الأمامية للخلية الشمسية وتبلغ حوالي ١٠%.
- ٢- تمتص الطبقة المانعة الانعكاس جزء من الطاقة الشمسية تبلغ نسبته حوالي ١٠%.
- ٣- ضياع جزء من طاقة الأشعة تحت الحمراء الموجودة في الأشعة الشمسية التي تبلغ نسبته حوالي ٢٠%.
- ٤- ضياع جزء من الطاقة الشمسية نتيجة وجود أشعة شمسية طاقة فوتوناتها لا تتوافق مع المجال المحظور للمواد الماصة وتبلغ حوالي 30%.

يبقى من طاقة الأشعة الشمسية ما نسبته حوالي ٣٠% وهو الجزء القابل للتحويل إلى طاقة كهربائية. يقع مردود الخلايا الشمسية المستخدمة حالياً ما بين ٢٠% و ٢٢% وذلك وفقاً لطبيعة وكلفة المواد المستخدمة في صناعتها، لذلك تسعى جميع الأبحاث التي تجري حالياً لزيادة مردود الخلايا إلى أعلى نسبة ممكنة.

بما أنه لا يمكن التحكم بالأجزاء الضائعة من طاقة الأشعة الشمسية فإن الأبحاث تتركز على تحضير مواد لها طاقة مجال محظور مناسبة أو العمل على التحكم بطاقة المجال المحظور للمواد المستخدمة بحيث يصبح أكثر ملائمة لزيادة نسبة الطاقة المحولة.

يستخدم المركب  $CuInSe_2$  في صناعة الخلايا الشمسية المعتمدة على الطبقات الرقيقة التي تمتاز بانخفاض كلفتها [٤].

لقد قمنا في هذا البحث بدراسة التأثيرات الناتجة عن المعالجة السطحية بواسطة الليزر على قيم طاقة المجال المحظور Eg لطبقات رقيقة لمركب CuInSe<sub>2</sub> التي أدت إلى خفض طاقة المجال المحظور ، مما يؤدي إلى زيادة مردود الخلايا الشمسية المعتمدة على الطبقات الرقيقة للمركب الأنف الذكر.

### ٣-الأجهزة المستخدمة:

- ١-جهاز تبخير (إنتاج فرنسي) يعتمد طريقة التبخير الومضي.
- ٢-جهاز مقياس الطيف الفوتوني (spectrophotometer) نوع V-530 من إنتاج شركة JASCOW .
- ٣-جهاز ليزري نبضي من نوع Nd-YAG المعدل (Q-switchet) وطول موجته 1.06μ m استطاعته الوسطى 40W ، وطاقة النبضة الليزرية 2.5mJ . مزود بجهاز قياس من النوع (Thermopile) لقياس استطاعة الدقات الليزرية.

### ٤-القسم العملي:

#### 1-4-تحضير العينات:

تم تحضير عدد كبير من الطبقات الرقيقة المتماثلة والمتجانسة سماكتها 0.6μm من مادة CuInSe<sub>2</sub> بطريقة التبخير الومضي. وذلك تحت ضغط منخفض يساوي 10<sup>-6</sup> ميلي بار . وتم اختيار عدد كاف من العينات المتجانسة والمتماثلة وذلك من خلال الحصول على طيوف نفوذية متماثلة باستخدام مقياس الطيف الفوتوني.

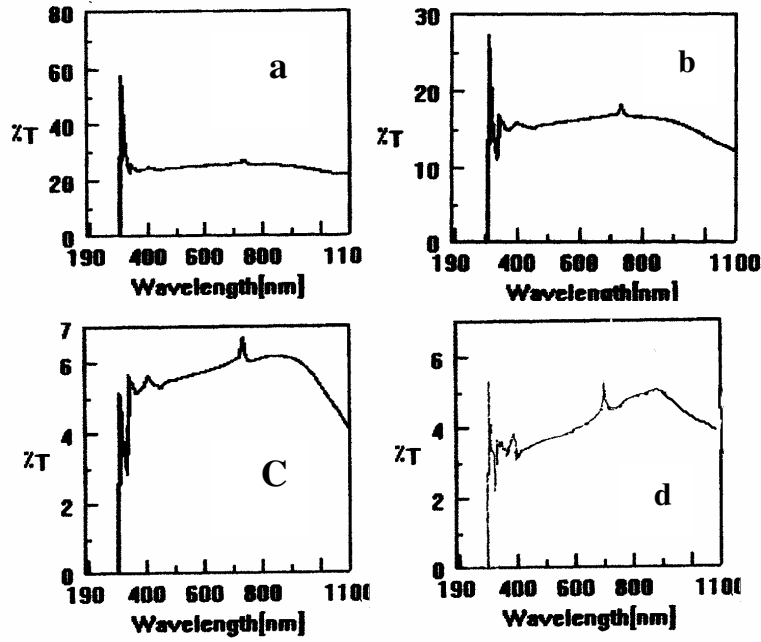
أخضعنا بعض العينات إلى دقات ليزرية مختلفة الاستطاعة حيث تم تخفيض الاستطاعة الأساسية لليزر بواسطة مضعف (attenuator) وكان معدل تكرار النبضات 500 Hz . يبين الجدول (١) استطاعة الحزم الليزرية المستخدمة لتلدين الطبقات الرقيقة .

الجدول رقم (١) و يبين استطاعة الحزم الليزرية المستخدمة لتلدين الطبقات الرقيقة .

| رقم العينة | استطاعة الشعاع الليزري W |
|------------|--------------------------|
| S1 (شاهد)  | -                        |
| S2         | 0.17                     |
| S3         | 0.60                     |
| S4         | 0.80                     |

#### 2-4- أطياف النفوذية:

تم بواسطة مقياس الطيف الفوتوني (spectrophotometer) تحديد أطياف النفوذية T للطبقة غير الملدنة وللطبقات الملدنة باستطاعات مختلفة وهي موضحة في الشكل رقم (١)



الشكل رقم (1) أطيف النفوذية للطبقات المدروسة .

يمثل المنحني (a-1) طيف النفوذية للطبقة غير الملدنة بينما تمثل المنحنيات (b-1)، (c-1)، (d-1) أطيف النفوذية للطبقات الملدنة بالدقات الليزرية ذات الاستطاعات  $w(0,80-0,60-0,17)$  على الترتيب.

نلاحظ من الشكل (1) -[مقارنة المنحنيات (b-1)، (c-1)، (d-1) مع المنحني (a-1)] - أن أكبر تغيير في شدة طيف النفوذية كان للمنحني (d-1) أي للعينة التي خضعت لمعالجة بدقات ليزرية ذات الاستطاعة الأكبر. يفسر ذلك بأن الحزمة الليزرية ذات الاستطاعة الأكبر اخترقت الطبقات إلى عمق أكبر أدى إلى إعادة بلورة طبقة سميكة من الطبقة المعالجة. أما الحزمة الليزرية ذات الاستطاعة المنخفضة فكان تأثيرها على عمق صغير فقط ، ونستدل على ذلك من التشابه الكبير بين شكل طيف النفوذية للطبقة الملدنة بالاستطاعة (0.17w) وشكل طيف النفوذية للطبقة غير الملدنة واختلاف الطيفين الآخرين عنه.

#### 3-4. تحديد معاملات الامتصاص:

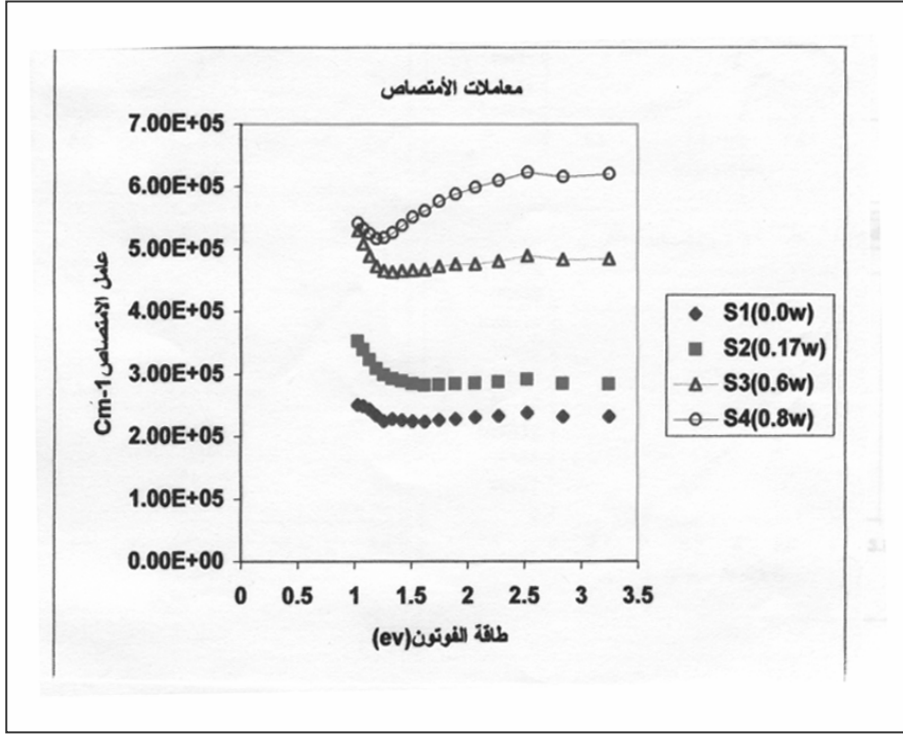
اعتماداً على أطيف النفوذية -الشكل (1)- حسبنا الامتصاصية  $A(\lambda)$  ومعامل الامتصاص  $\alpha(\lambda)$  وذلك باستخدام العلاقتين التاليتين [9]:

$$A(\lambda) = \log \frac{1}{T} \dots\dots (1)$$

$$\alpha(\lambda) = 2.303 \frac{A(\lambda)}{d} \dots\dots (2)$$

حيث d: سماكة العينة

نظراً لعدم حاجتنا لعرض أطيف الامتصاصية  $A(\lambda)$  وهي مماثلة لأطيف  $\alpha(\lambda)$  من حيث الشكل -فاننا نكتفي بعرض تغيرات قيم معاملات الامتصاص بدلالة طاقة الفوتون لكل من الطبقة غير المدنة والطبقات المدنة باستطاعات مختلفة . انظر الشكل (٢) .



الشكل (٢) أطيف معاملات الامتصاص للطبقات المدروسة

نلاحظ من الشكل (٢) أن قيم معاملات الامتصاص للطبقات المدنة قد ازدادت عن مثيلاتها للطبقة غير المدنة من أجل جميع الأطوال الموجية ، ونلاحظ أيضاً أن قيم معاملات الامتصاص تزداد بزيادة استطاعة الحزمة الليزرية المستخدمة بعملية التلدين.

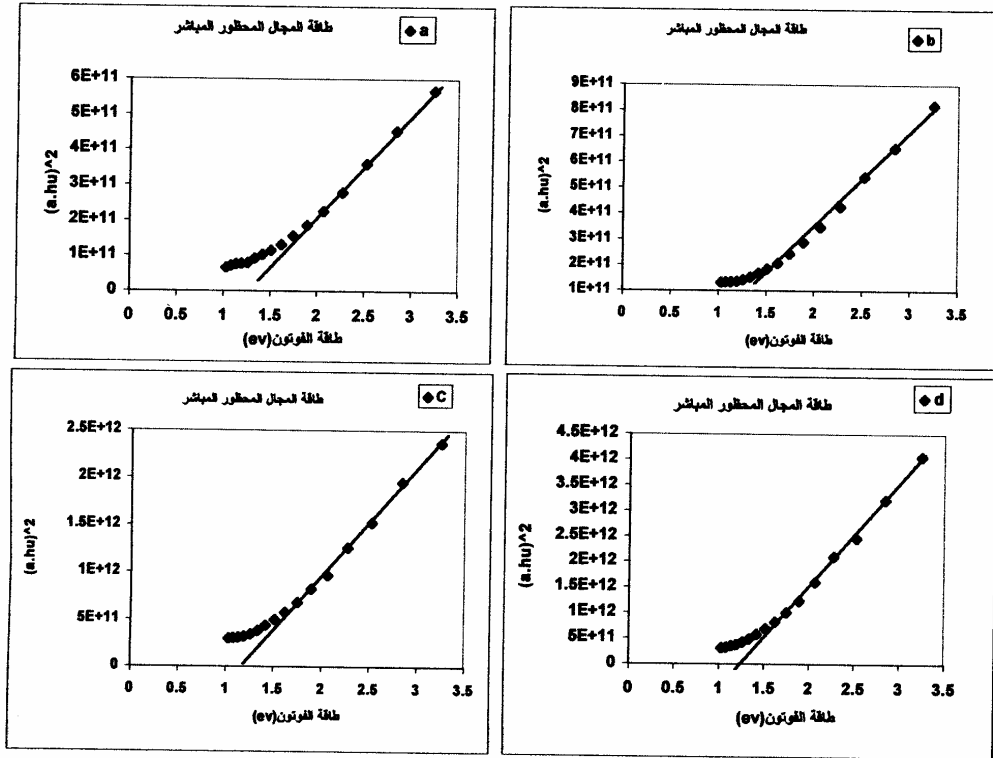
#### 4-4- حساب طاقة المجال المحظور المباشر $E_g$ :

لحساب طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  للطبقات المدروسة استخدمنا علاقة [Pankov] التالية: [١٠، ١١]

$$\alpha = \frac{A (h\nu - E_g)^{\frac{1}{2}}}{s h\nu} \dots\dots (٣)$$

حيث  $A_s$  ثابت

يبين الشكل (3-a-b-c-d) المنحنيات البيانية لتغيرات المقدار  $(\alpha \cdot hv)^2$  للطبقات المدروسة بدلالة تغير طاقة الفوتونات الضوئية .



الشكل (3) منحنيات تغير المقدار  $(\alpha \cdot hv)^2$  بدلالة تغير طاقة الفوتون

يمثل الشكل (3-a) منحنى تغيرات المقدار  $(\alpha \cdot hv)^2$  بدلالة تغير طاقة الفوتون للطبقة غير المدلنة ، بينما تمثل الأشكال (b, c, d-3) المنحنيات المماثلة للطبقات المدلنة بالاستطاعات  $w$  (0.17-0.6-0.8) على الترتيب. للحصول على قيم المجال المحظور المباشر مددنا الجزء الخطي من المنحنيات الواردة في الشكل (3) حتى نقطة تقاطعه مع محور طاقة الفوتون ، وبذلك حصلنا على قيم  $E_g$  لمختلف الطبقات المدروسة [11] ودونها في الجدول رقم (2).

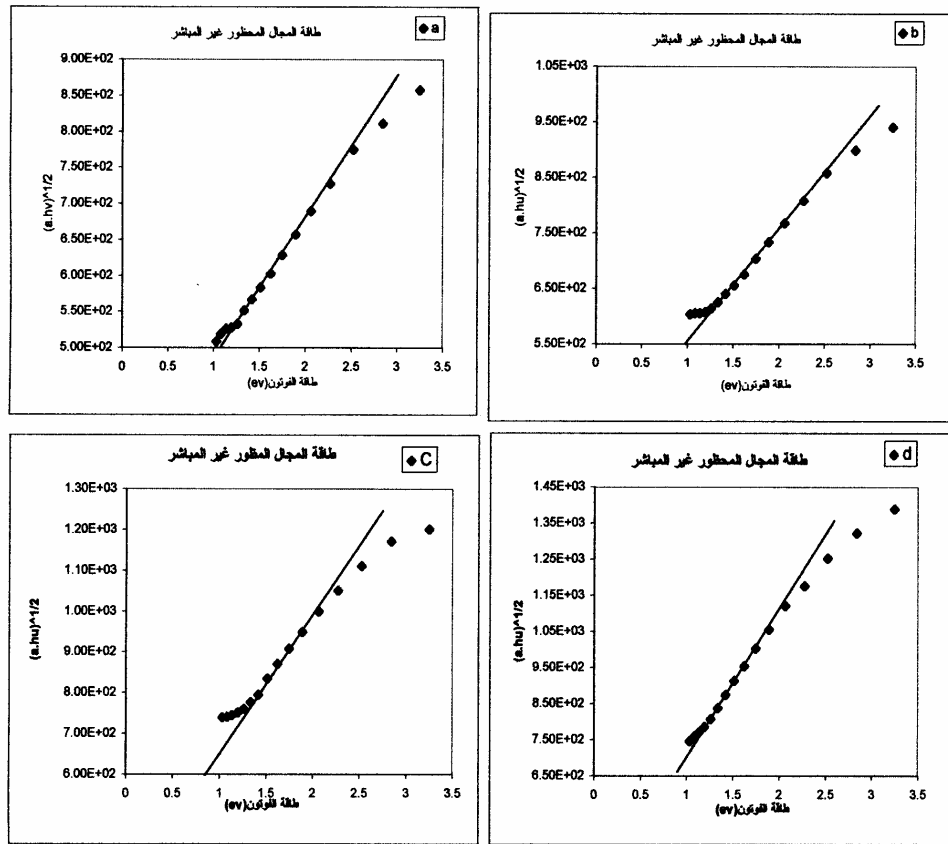
#### 4-5- حساب طاقة المجال المحظور غير المباشر $E_{gi}$ :

لحساب طاقة المجال المحظور غير المباشر للطبقات المدروسة استخدمنا علاقة [Pankov] التالية [10، 11].

$$\alpha = \frac{B_s (hv - E_{gi})^2}{hv}$$

حيث  $B_s$ : ثابت

يبين الشكل (٤- a, b, c, d) المنحنيات البيانية لتغيرات المقدار  $(\alpha \cdot hv)^{1/2}$  للطبقات المدروسة بدلالة تغير طاقة الفوتون .



الشكل (٤) منحنيات تغير المقدار  $(\alpha \cdot hv)^{1/2}$  بدلالة تغير طاقة الفوتون

يمثل الشكل (٤- a) منحنى تغيرات المقدار  $(\alpha \cdot hv)^{1/2}$  للطبقة غير المدونة بدلالة تغير طاقة الفوتون ، بينما تمثل الأشكال (b, c, d-4) منحنيات المماثلة للطبقات المدونة بالاستطاعات w (0.17-0.6-0.8) على الترتيب. للحصول على قيم المجال المحظور غير المباشر مددنا الجزء الخطي من المنحنيات الواردة في الشكل (٤) حتى نقطة تقاطعه مع محور طاقة الفوتون [١١]. وقد أوردنا هذه القيم في الجدول رقم (٢).

الجدول رقم (٢) ويبين قيم طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  وطاقة المجال المحظور غير المباشر  $E_{gi}$  للطبقات الرقيقة المدروسة.

| رقم العينة | استطاعة الشعاع الليزري المستخدم في التلدين | طاقة المجال المحظور غير المباشر $E_{gi}(ev)$ | طاقة المجال المحظور المباشر $E_g(ev)$ |
|------------|--|--|---------------------------------------|
| S1         | 0.0 w                                      | $1.1 \pm 0.01$                               | $1.4 \pm 0.01$                        |
| S2         | 0.17 w                                     | $1.00 \pm 0.01$                              | $1.38 \pm 0.01$                       |
| S3         | 0.60w                                      | $0.9 \pm 0.01$                               | $1.2 \pm 0.01$                        |

|    |       |                 |                 |
|----|-------|-----------------|-----------------|
| S4 | 0.80w | $0.95 \pm 0.01$ | $1.25 \pm 0.01$ |
|----|-------|-----------------|-----------------|

نلاحظ من الجدول رقم (٢) أن قيم طاقة المجال المحظور المباشر وغير المباشر قد انخفضت نتيجة لعملية التلدين، كما نلاحظ أن أصغر قيمة لكل من طاقتي المجال المحظور المباشر وغير المباشر كانتا للطبقة المدنة بحزمة ليزيرية استطاعتها  $0.6 \text{ W}$ . مما سبق نستنتج أن التلدين بحزمة ليزيرية ذات استطاعة صغيرة لم تؤد إلى تغيير يذكر في طاقة المجال المحظور أما زيادة استطاعة الحزمة الليزرية عن  $0.6 \text{ W}$  فقد أدى إلى بدء ارتفاع قيمة كل من طاقة المجال المحظور المباشر وغير المباشر مجدداً، ويعود ذلك إلى زيادة عمق الطبقة السطحية من الطبقة الرقيقة المتأثرة بعملية التلدين عن الحد المفضل. بمقارنة قيم  $E_g$  التي حصلنا عليها للطبقة غير المدنة وللطبقات المدنة مع نتائج دراسات أخرى أجريت بدرجات حرارة منخفضة ( $77\text{K}$ ) [١٢،٤،٢] نلاحظ توافق تلك النتائج مع القيم التي حصلنا عليها.

## ٥ - مناقشة النتائج :

ترد التغييرات في الخصائص الضوئية والكهربائية للطبقات الرقيقة نتيجة لعملية التلدين إلى العوامل التالية:

- ١- تخفيف الحدود بين الحبيبات المجمعة على سطوح الطبقات الرقيقة .
- ٢- إعادة بلورة الطبقة السطحية من الطبقات الرقيقة مما يقلل من عيوب البنى البلورية .
- ٣- أدت عملية إعادة البلورة إلى عزل بعض الشوائب غير المرغوب فيها التي يمكن أن تساهم في زيادة عملية إعادة الاتحاد بين الإلكترونات والثغوب المتولدة .

من مقارنة طيف النفوذية للطبقة غير المدنة مع أطراف النفوذية للطبقات المدنة بحزم ليزيرية مختلفة استطاعة نلاحظ انخفاض نفوذية الطبقات للأشعة الضوئية بزيادة طاقة الأشعة الليزرية، من أجل جميع الأطوال الموجية، وهذا يعني زيادة امتصاص الأشعة الضوئية .

تجلت زيادة امتصاصية الطبقات المدنة للأشعة الضوئية بوضوح من زيادة قيم معاملات الامتصاص للطبقات المدنة بالمقارنة مع قيم معامل الامتصاص للطبقة غير المدنة، من أجل جميع الأطوال الموجية الضوئية ضمن المجال المدروس من  $(1100-350) \text{ nm}$  .

أدت عملية التلدين إلى خفض قيم كل من طاقة المجال المحظور المباشر وطاقة المجال المحظور غير المباشر وكانت أصغر قيمة لكل منهما للطبقة المدنة بحزمة ليزيرية استطاعتها  $0.6 \text{ W}$  حين كانت قيم معامل الامتصاص - وبالتالي الامتصاصية - للطبقة المدنة بأشعة ليزيرية استطاعتها  $0.8 \text{ W}$  أكبر من القيم المقابلة للطبقة المدنة بالاستطاعة  $0.6 \text{ W}$ . ويمكن تفسير ذلك بأن التلدين باستطاعة  $0.8 \text{ W}$  أدى إلى صهر وإعادة بلورة سماكة كبيرة من الطبقة الرقيقة مما أدى إلى زيادة الامتصاص غير المفيد للأشعة الضوئية (أي الامتصاص الذي لا يتم عبر المجال المحظور).

مما سبق نلاحظ أن عملية التلدين أدت إلى زيادة قيم معامل الامتصاص كما أدت إلى انخفاض طاقة المجال المحظور للطبقة الرقيقة المحضرة من  $\text{CuInSe}_2$ ، لذلك نتوقع زيادة مردود الخلايا الشمسية التي تتكون طبقتها الماصة من هذه الطبقات إذا ما لدنت بشكل مناسب.

## ٦ - الاستنتاجات :

١. أدت عملية التلدين بحزم ليزيرية نبضية إلى انخفاض نفوذية (أي زيادة امتصاصية) الطبقات المدنة للأشعة الضوئية.
٢. أدت عملية التلدين إلى خفض قيم طاقة المجال المحظور المباشر  $E_{g,m}$  وغير المباشر  $E_{g,i}$  وكانت أخفض قيمة لكل منهما في الطبقة المدنة بحزمة ليزيرية استطاعتها  $0.6 \text{ W}$ .



3. من المتوقع أن يؤدي انخفاض قيمة طاقة المجال المحظور للطبقة الماصة في الخلايا الشمسية إلى المساهمة في تحويل جزء من الأشعة الشمسية التي طاقتها  $h \nu_i$  تقع ضمن المجال  $\Delta E_g$  و  $\Delta E_{g_i}$  إلى طاقة كهربائية ، وهذا يؤدي حتماً إلى زيادة مردود الخلايا الشمسية التي تُصنع من طبقات  $\text{CuInSe}_2$  الملدنة .

4. نقترح أن يتم تلدين الطبقات الرقيقة المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية التي تعتمد المركب  $\text{CuInSe}_2$  كطبقة ماصة بحزمة ليزرية استطاعتها  $0.60\text{w}$ .

- ١- A.Hariri-**1996**-Indications Towards the Improvement of the Cds-Cu<sub>x</sub>S Thin film Solar cells. Aleppo University Journal..No:21.P: 150-160
- ٢-M.Bourgoul -**1993**- these de Doctoral fabricaton et caraeterisation de couches minces de Cu(Ga,In)Te<sub>2</sub> pour evaporation Eclair MontpellierII -France P:36-39
- 3- J.L. Shay,-**1972**-Physices.letter.vols:29-17 . P:1162.
- ٤-S.Agustinus –**1993** these Fabrication et caracterisation de couches minces de CuInSe<sub>2</sub>,CuGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Te<sub>2</sub>...Universite Montpellier II-France
- ٥-A .Catalono-**1996**-Polycrystalline thin films techologes Status and prospects. Solar Energy Materials and solar cell 41/42 P:205-217.
- ٦-R.F.Wood,C.W.white –**1984**-Semiconductors and semimetals Vol:23Pulsed laser Annealing Processing of Semicopnductors Acadmic Press Inc London.
- 7-H.Howari-1999-Pulsed laser Annealing CdTe/Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te Epilayers and Pulsed Laser Emission of ZnS/Zn<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>S Quantum Well Structures.Univ.Hull.P:123
- 8-Hans Joachim Moller -1993-Semiconductors for solar cells ISBN 0- 89006-574-8 P:43.
- 9-Jascow corportion-SpectraAnalysis Program-1996-UV530 P:26.
- 10- J . I .Pankove-**1975**- Optical Process in Semiconductors .Dover New York.P:344
- 11- T.Akuko -**1995**-growth and physical properties of Vacuum evaporated PbSnS thin films workshop on materials Science and Physics of Non-conventional Energy sources International Center for Theoretical Physics. Publication Smr/872-12.
- 12-Zeater Khlil -1999-thies- these de Doctoral fabricaton et caraeterisation de quaternaires pour Ellipsoscpique applaction photovoltaic Montpellier II –France P:7-20.

# تأثير التلدين بوساطة الليزر النبضي على $E_g$ لأفلام رقيقة نصف ناقلة من $CuInSe_2$

زكريا ظلام<sup>١</sup> ، ناصر سعد الدين<sup>١</sup> ، خالد عقيل<sup>٢</sup>

١: جامعة البعث ، حمص ، سورية

٢: جامعة دمشق ، دمشق ، سورية

بريد الكتروني : zzalam@baath.shern.net

يهدف هذا البحث إلى معالجة افلام رقيقة من  $CuInSe_2$  المستخدمة كطبقات ماصة في الخلايا الشمسية. رسبت أفلام رقيقة متماثلة من نصف الناقل  $CuInSe_2$  على شرائح زجاجية بطريقة التبخير الومضي تحت ضغط منخفض قدره  $10^{-6}$  ميلي بار. لدنت الطبقة السطحية بوساطة ليزر نبضي من نوع Nd-YAG طاقة النبضة ٢,٥ ميلي جول وكانت استطاعة التلدين كالتالي (٠,١٧-٠,٦-٠,٨)W. تم تعيين النفوذية الضوئية للأفلام الملدنة وغير الملدنة بوساطة مقياس الطيف الضوئي (spectrophotometer) اعتمادا على طيف النفوذية حددنا الامتصاصية  $A(\lambda)$  وحسبنا باستخدام علاقتي [Pankov] طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  وغير المباشر  $E_{gi}$ . بعد المناقشة توصلنا الى الاستنتاجات التالية: أدت عملية التلدين بحزم ليزرية نبضية إلى انخفاض النفوذية الضوئية، أدت عملية التلدين إلى خفض طاقة المجال المحظور المباشر  $E_g$  وغير المباشر  $E_{gi}$ ، يؤدي انخفاض قيمة طاقة المجال المحظور للطبقة الماصة في الخلايا الشمسية إلى المساهمة في تحويل جزء من الأشعة الشمسية التي طاقتها  $h \nu_i$  تقع ضمن المجال  $\Delta E_{gi}$  و  $\Delta E_g$  إلى طاقة كهربائية ، نقترح أن يتم تلدين الأفلام الرقيقة المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية التي تعتمد المركب  $CuInSe_2$  كطبقة ماصة بحزمة ليزرية استطاعتها 0.60w.

كلمات دالة : فلم رقيق ، تلدين ، المجال المحظور ، النفوذية الضوئية.

# The Effect of Annealing by Laser Pulses on Eg for Semi-Conductor Thin Films of CuInSe<sub>2</sub>

Zakaria Zalam<sup>1</sup>, Naser Saad Aldin<sup>1</sup>, Khalid Aqel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>:Al-Baath University, P.O. Box 77 Homs, Syria

<sup>2</sup>:Damascus University, Damascus, Syria

Email: zzalam@baath.shern.net

The aim of this research is the treatment of absorption layer of the solar cells for increasing their efficiency. Thin films of CuInSe<sub>2</sub> are considered important semiconductors and are used as an absorption layer in the solar cells. Thin films of homogeneous CuInSe<sub>2</sub> of 0.6  $\lambda$ m thickness were prepared by flash evaporation on glass slides under low pressure of  $10^{-6}$  mbar. The surface layer of some of the films were annealed by laser pulses with the power of 2.5 mJ (milli Joules) using Nd-YAG pulsed laser (0.17-0.6-0.8) w. The optical transmittance of these films were measured in the range of 190-1100 nm. The absorption coefficients A ( $\lambda$ ) were calculated before and after annealing and then the energy gaps were estimated using Pankove relationships. Decrease in the direct and indirect energy gap values were observed because of annealing, It was concluded from the obtained results: The annealing process by pulsed laser led to the decreased transmission and consequently it resulted in an increase of the absorption of the solar rays, The annealing process decreased values of the direct and indirect energy gaps Eg and Egi and therefore the lowest value was for the thin films which were annealed by laser with 0.6 w, The decrease in the values of the energy gaps of the absorbed layer of the solar cells contributed in the conversion of solar beams of  $h\lambda_i$  energy within the fields  $\lambda$  Eg and  $\lambda$  Egi to electrical energy. This led to the increase in the efficiency of solar cells that are produced from the annealing films of CuInSe<sub>2</sub>. We therefore suggest annealing the thin films used in the manufacture of solar cells that use CuInSe<sub>2</sub> as absorbing layer for laser beams of 0.60 w.

**Key words:** Thin films, Solar cells, Annealing, Energy gap, Opti