

## دراسة تأثير التشويب بالخارصين في الخواص التركيبية والكهربائية لأغشية الرقيقة CdTe

عليه عبد المحسن شهاب حمد

قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة ( ابن الهيثم) / جامعة بغداد

إقبال سهام ناجي عبد

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة بغداد

هناء إبراهيم محمد عبد الله

قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة ( ابن الهيثم) / جامعة بغداد

أستلم في: 19 تشرين الثاني 2012 ، قبل في: 5 ايار 2013

### الخلاصة

لقد أجريت دراسة بعض الخواص التركيبية والكهربائية لأغشية تيلورايد الكادميوم (CdTe) النقية والمشوبة بالخارصين (Zn) وبالنسب (0.5,1,1.5)%، المرسبة على أرضيات زجاجية عند درجة حرارة أرضية (423K) وبسمك (300nm) وبمعدل ترسيب ( $0.5\text{nm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) باستعمال تقنية التبخير الحراري المزدوج في الفراغ تحت ضغط ( $2 \times 10^{-5}\text{Torr}$ ). وتمت دراسة الخواص التركيبية للأغشية المحضرة قبل التشويب وبعده عن طريق فحوصات الأشعة السينية، وتبين أن أغشية CdTe النقية والمشوبة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب بالاتجاه المفضل [111]، وان عملية التشويب أدت إلى تحسين في التركيب البلوري للأغشية الرقيقة. وخلال قياسات التوصيلية الكهربائية المستمرة ضمن المدى (291-495)K لاحظنا وجود طاقتين للتنشيط  $E_{a1}$ ،  $E_{a2}$ ، وان قيم طاقتي التنشيط تقل مع زيادة النسبة المئوية لشوائب Zn ومن ثم فان التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma_{d.c}$ ) لتلك الأغشية تزداد. تبين من قياسات تأثير هول أن التوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية CdTe هي من النوع السالب (n-type) وتصبح من النوع الموجب (p-type) عندما تشوب الأغشية بـ Zn، وان تركيز حاملات الشحنة يزداد مع زيادة نسب الشوائب ومن ثم فان تحركية هول ( $\mu_H$ ) تقل.

الكلمات المفتاحية: تيلورايد الكادميوم ، التطعيم بالخارصين ، الخواص التركيبية والكهربائية.

## المقدمة

تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير دراسة أشباه الموصلات [1] إذ تعد وسيلة مناسبة للوصول الى الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد التي يصعب دراسة خواصها وهي في شكلها الكتلي الطبيعي [2]. المركب الثنائي CdTe هو احد مركبات شبه الموصلة للمجموعة (الثانية-السادسة) (II-VI) فهو ينتمي الى مجموعة الجالوجينات [3].

يتميز هذا المركب بكونه احد المواد المناسبة لتطبيقات الخلايا الشمسية إذ ان له معامل امتصاص عال في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة للطيف الشمسي وفجوة الطاقة المباشرة (1.5eV) والقريبة من اعظم قيمة لكفاية تحويل الطاقة الشمسية جعلت منه مركب مثالي لهذا التطبيق [4,5]، ولهذا فإن تحضير أغشية هذا المركب بسمك يقارب (2µm) يجعلها قادرة على امتصاص ضوء الشمس الساقط بنسبة 100% تقريباً [6].

يعد مركب CdTe المركب الوحيد من بين مركبات المجموعة (II-VI) الذي يمتلك نوعي التوصيلية الكهربائية الموجبة والسالبة، إذ يمكن الحصول على أغشية رقيقة من النوع الموجب واخرى من النوع السالب حسب نوع الشائبة المضافة [7]، لذلك تدخل أغشية CdTe الرقيقة ايضا في صناعة المفارق المتجانسة وغير المتجانسة [8]، كما تستخدم أغشية CdTe الرقيقة بوصفها نوافذ بصرية في منطقة الأشعة تحت الحمراء وكذلك تدخل في صناعة العدسات [9].

إن تشويب أغشية تيلرايد الكاديوم (CdTe) بذرات معادن مختلفة يحدث تغيرات مهمة في خواصها التركيبية والفيزيائية، مما يجعل هذا المركب مهما في مجال تقنية الأغشية الرقيقة مثل الخلايا الشمسية [10]. تستخدم أغشية CdTe في صناعة كواشف الحالة الصلبة مثل كواشف الأشعة السينية وأشعة كاما [11].

في هذا البحث سنتناول دراسة تأثير نسب التشويب بالخاصين في الخواص التركيبية والكهربائية لأغشية CdTe الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري.

## الجزء العملي

استخدم جهاز وحدة التغطية (Coating Unit) من نوع (Edward 306) لترسيب أغشية CdTe النقية والمشوبة ب(Zn)، كما استخدم الجهاز نفسه لترسيب أقطاب التوصيل لإجراء القياسات الكهربائية. تم استعمال مادة CdTe المحضرة بنقاوة 99.999% من شركة (Balzers) لتحضير الأغشية المطلوبة بطريقة التبخير الحراري المزوج في الفراغ تحت ضغط Torr ( $2 \times 10^{-5}$ ) على أرضيات زجاجية من نوع (Coring Glass) وبدرجة حرارة أساس (423K) والمثبتة على بعد (15cm) من الحويص المصنوع من الموليدنيوم (Mo). تم التحكم بدرجة حرارة الأساس بواسطة مزوج حراري نوع (Alumel-Chromal) يدخل عن طريق فتحة محكمة الغلق يوضع بتماس مع السطح العلوي للأرضية ومن الخارج يتصل بجهاز ثرموميتر رقمي بواسطة قرنت درجة الحرارة. بعد تحضير الأغشية تم التأكد من سمكها باستخدام طريقة التداخل الضوئي. شحص التركيب البلوري لمادة الغشاء المحضر بسمك (300nm) ومعرفة مدى تأثير إضافة الشوائب وبالنسب (0.5,1,1.5) في التركيب البلوري باستخدام جهاز الأشعة السينية (Cu-Kα)، ( $\lambda=0.154\text{nm}$ ). لأجراء القياسات الكهربائية للأغشية المحضرة تم ترسيب أقطاب التوصيل من مادة الألمنيوم (Al) وباستخدام أفنعة مناسبة على الأرضيات الزجاجية قبل ترسيب الأغشية حسب التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma_{d.c}$ ) باستخدام الكتروميتر نوع (Keithely 616 Electrometer) لقياس المقاومة الكهربائية ضمن المدى الحراري (291-495)K، اما قياسات تأثير هول فقد أجريت باستخدام جهاز قدرة (D.C. Power Supply)، مقياسان نوع (Keithley) وذلك لقياس التيار المار ( $I_x$ )، وفولتية هول ( $V_H$ ) بعد تسليط مجال مغناطيسي شدته ( $B=0.257\text{T}$  asla).

## النتائج

تتضمن نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية CdTe الرقيقة النقية والمشوبة ب(Zn) وبالنسب (0.5,1,1.5)٪، كذلك نتائج القياسات الكهربائية (التوصيلية الكهربائية المستمرة، تأثير هول).

## المناقشة

### الخواص التركيبية

تعد دراسة الخواص التركيبية لأغشية CdTe مهمة جدا ، إذ ان كفاية بناط أغشية CdTe تتأثر بشدة بالخصائص التركيبية لتلك الأغشية [12].

نلاحظ من خلال الشكل (1a) الذي يمثل نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية CdTe النقية بأن الأغشية المحضرة تمتلك ثلاث قمم بالاتجاه [111] و [220] و [311] مما يشير الى أن الأغشية النقية كانت ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب (Cubic) والاتجاه [111]. وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه Ebeid et al. [13]. أما الإشكال (1b,c,d) التي تمثل نتائج (XRD) لأغشية CdTe المشوبة بالنسب Zn % (0.5,1,1.5) على التوالي، فتوضح بأن جميع الأغشية المشوبة تمتلك ثلاث قمم بالاتجاه [111] و [220] و [311] أيضا مع وجود انحراف بسيط في مواقع القمم (2θ) وكما هو موضح بالجدول (1). مما يشير الى انعدام التأثير الواضح في التركيب البلوري

لأغشية CdTe النقية عند إضافة شوائب Zn. وقد يعزى السبب إلى أن وجود شوائب في بلورة قد لا يسبب تغيراً واضحاً في تركيبها البلوري [14]. كما يتضح من خلال طيف الحيود للأغشية كافة إن ارتفاع القمة بالاتجاه [111] يزداد كلما زادت نسبة التشويب بينما يقل ارتفاع القمتين بالاتجاه [220] و [311] مما يشير إلى إن عدد الذرات التي ترتب نفسها بالاتجاه [111] يزداد مع زيادة نسب Zn في الأغشية المحضرة في حين يقل بالاتجاهين [220] و [311]، أي إن درجة تبلور الأغشية بالاتجاه [111] تزداد مع زيادة نسبة الشوائب، كما توضح نتائج (XRD) امتلاك أغشية CdTe المشوبة بنسبة Zn 1.5% درجة عالية من التبلور مما يشير إلى حصول تحسن كبير في التركيب البلوري للأغشية المحضرة عند تلك النسبة، إذ يقترب تركيبها من التركيب البلوري أحادي التبلور وهذه النتيجة قد انعكست على الخواص الأخر لهذه الأغشية.

## الخواص الكهربائية

### التوصيلية الكهربائية المستمرة:

للحصول على معلومات حول طبيعة آلية التوصيل في أغشية CdTe النقية والمشوبة فقد قمنا بدراسة التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma_{d.c}$ ) دالة لدرجة الحرارة وحساب طاقة التنشيط (Activation Energy) ضمن المدى الحراري (291-495)K. يبين الشكل (2) الذي يمثل العلاقة بين ( $\ln \sigma_{d.c}$ ) دالة لمقلوب درجة الحرارة ( $10^3/T$ ) ولجميع الأغشية المحضرة (النقية والمشوبة) ازدياد قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة مع زيادة درجة الحرارة وهذه من الصفات المميزة لأشباه الموصلات [14,15]. كما يبين الشكل وجود طاقتي تنشيط لأغشية CdTe كافة، وهذا يتفق مع نتائج فحوصات (XRD)، أي إن الأغشية المحضرة تمتلك تركيب متعدد التبلور. إن وجود طاقتي تنشيط يدل على وجود ميكانيكيتين للتوصيل: أحدهما في الدرجات الحرارة الواطئة، والأخرى في درجات الحرارة العالية. إن قيمتي طاقة التنشيط ( $E_{a2}$ ,  $E_{a1}$ ) التي تم حسابهما باستخدام العلاقة التالية [16]:

$$\sigma_{d.c} = \sigma_0 \exp(-E_a/k_B T) \dots \dots \dots (1)$$

إذ أن:  $\sigma_0$  أقل توصيلية معدنية، T درجة الحرارة المطلقة،  $k_B$  ثابت بولتزمان تقلان مع زيادة نسبة التشويب وكما هو موضح بالجدول (2). وقد يعزى السبب في ذلك إلى إن زيادة تركيز الشوائب ( $N_A$ ) أدى إلى زيادة اقتراب مستوي فيرمي باتجاه حزمة التكافؤ ومن ثم نقصان قيمة طاقة التنشيط ( $E_f - E_v$ ) استناداً إلى العلاقة الاتية [17]:

$$E_f - E_v = k_B T \ln(N_v/N_A) \dots \dots \dots (2)$$

إذ أن:  $N_v$  الكثافة الفعالة لمستويات الطاقة في حزمة التكافؤ،  $N_A$  تركيز القابلات. يتضح خلال الشكل (3) الذي يمثل العلاقة بين التوصيلية الكهربائية المستمرة بدرجة حرارة الغرفة ( $\sigma_{d.c}$ )<sub>R.T</sub> لأغشية CdTe النقية والمشوبة بالنسب كافة دالة لنسب التشويب وكذلك خلال النتائج التي حصلنا عليها والمدونة بالجدول (2) حصول زيادة في قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة ولجميع الأغشية المحضرة والتي تم حسابها باستعمال العلاقة الاتية: [18]

$$\sigma = \frac{L}{RWt} \dots \dots \dots (3)$$

إذ أن: L المسافة بين قطبي الغشاء، R المقاومة لكهربائية للغشاء، W عرض القطب، t سمك الغشاء

مع زيادة نسب التشويب، وقد يعزى السبب إلى ارتباط ذرات المادة الشائبة (Zn) مع ذرات المادة الأصلية (CdTe) وبشكل تعويضي [10] لتحتل الفجوات التركيبية داخل الشبكة مما يؤدي إلى تقلص عدد الفجوات التركيبية، وقد يعزى السبب أيضاً إلى حدوث تغير في التركيب ناتج من دخول ذرات Zn بوصفها شوائب مكونة مستويات موضعية مساعدة جديدة داخل فجوة الطاقة لهذا يكون انتقال حاملات الشحنة بين مستويات طاقة متقاربة داخل الفجوة مما يجعلها تحتاج إلى طاقة أقل للانتقال من المستويات الموضعية فوق حزمة التكافؤ إلى المستويات الموضعية أسفل حزمة التوصيل وهذا بدوره أدى إلى زيادة التوصيلية الكهربائية ضمن المدى الحراري (291-495)K وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه Rusu et al. [19]، إذ حيث وجد أن التوصيلية الكهربائية المستمرة عند درجة حرارة الغرفة لأغشية CdTe النقية تتراوح بين  $(10^{-4} - 10^{-6}) \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ ، في حين بلغت قيمة التوصيلية عند درجة حرارة الغرفة لأغشية CdTe المشوبة بـ Te والمحضرة تحت نفس الظروف  $0.13 \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ .

إن قيمة التوصيلية الكهربائية المستمرة عند درجة حرارة الغرفة التي حصلنا عليها لأغشية CdTe النقية جاءت مطابقة للقيمة التي حصل عليها الباحث [20] Hussain، إذ بلغت قيمة التوصيلية الكهربائية المستمرة عند درجة حرارة الغرفة لأغشية CdTe النقية والمرسبة بسمك (300nm) باستعمال تقنية (PVD) على أرضيات زجاجية عند  $T_S = 473\text{K}$ ،  $10^{-6}$ .

$(\Omega.cm)^{-1}$  أما الباحثة [21] Abdulah فقد وجدت إن لأغشية CdTe النقية توصيلية كهربائية مستمرة عند درجة حرارة الغرفة بحدود  $1.903 \times 10^{-2} (\Omega.cm)^{-1}$ . كما يتضح خلال الشكل (3) والنتائج المدونة في الجدول (2) حصول زيادة مفاجئة في قيمة التوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية CdTe المشوبة بنسبة 1.5% Zn وقد يعزى السبب في ذلك إلى التحسن الكبير في التركيب البلوري لهذه الأغشية مما أدى إلى تقلص حجم العيوب البلورية بشكل كبير ومن ثم زيادة التوصيلية الكهربائية بشكل مفاجئ.

### تأثير هول:

أجريت قياسات تأثير هول في درجة حرارة الغرفة لأغشية CdTe النقية والمشوبة وذلك لمعرفة نوع وتركيز وتحركية حاملات الشحنة الأغلبية (Majority Carriers) لتلك الأغشية. توضح الأشكال (4a,b,c,d) العلاقة بين فولتية هول ( $V_H$ ) دالة لتيار أغشية CdTe النقية والمشوبة ( $I_x$ ). فبعد إيجاد الميل من هذه الأشكال وحساب معامل هول ( $R_H$ ) باستعمال العلاقة الآتية [15]:

$$R_H = (V_H / I_x) \times (t / B) \dots \dots \dots (4)$$

توصلنا إلى ما يأتي:

1. إن أغشية CdTe النقية هي من النوع السالب (n-type)، مما يشير إلى إن حاملات الشحنة الأغلبية في تلك الأغشية هي الإلكترونات (Electrons) وحاملات الشحنة الأقلية (Minority Carriers) هي الفجوات (Holes) وقد يعزى السبب إلى كون كثافة ذرات الكاديوم (Cd) البيئية التي تعمل بوصفها واهبات (Donors) أكبر من كثافة فراغات التليريوم (Te) [22].
2. إن أغشية CdTe المشوبة بـ Zn وللنسب كافة هي من النوع الموجب (P-type)، مما يشير إلى إن حاملات الشحنة الأغلبية في تلك الأغشية هي الفجوات وحاملات الشحنة الأقلية هي الإلكترونات، وقد يعزى السبب إلى إن إضافة ذرات Zn أدت إلى تكوين مستويات قابلة (Acceptor Levels) داخل فجوة الطاقة وبالقرب من حافة حزمة التكافؤ وهذا ما تعززه قياسات التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma_{d.c}$ ) فأدى ذلك إلى زيادة كثافة الفجوات، إذ أصبحت أكبر من كثافة الإلكترونات وهذا ما يفسره سبب تغير نوع توصيلية الغشاء.

ونستنتج من النقطتين (2, 1) إن إضافة شوائب Zn والنسب % (0.5, 1, 1.5) أدت إلى تغير نوع ( $\sigma_{d.c}$ ) لغشاء CdTe النقي. وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه الباحث [23] Dzhafarov et al. باستعمال العلاقات الآتية: [15]

$$P = 1 / R_H \cdot e \dots \dots \dots (5)$$

$$n = -1 / R_H \cdot e \dots \dots \dots (6)$$

إذ إن: e شحنة الإلكترون

$$\mu_H = \sigma / |R_H| \dots \dots \dots (7)$$

حسب تركيز حاملات الشحنة الأغلبية وتحركيتها لأغشية CdTe كافة (النقية والمشوبة)، إذ يتضح خلال النتائج التي حصلنا والمدونة في الجدول (3)، وخلال الشكل (5) حصول زيادة في تركيز حاملات الشحنة الأغلبية مع زيادة نسب التشويب، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه الباحث [24] Hussain. إن زيادة تركيز حاملات الشحنة مع زيادة نسب التشويب يتفق مع زيادة التوصيلية الكهربائية المستمرة بزيادة نسب Zn في أغشية CdTe، كما يؤكد دخول ذرات Zn بشكل تعويضي في التركيب البلوري لـ CdTe إذ إن الشوائب التي لا تدخل في التركيب البلوري تعويضي لا تؤثر في تركيز حاملات الشحنة [14].

خلال الشكل (6) والنتائج المدونة في الجدول (3) أيضا يتضح إن تحركية هول ( $\mu_H$ ) تقل مع زيادة نسب التشويب، وقد يعزى السبب إلى حدوث استطارة بالشوائب إذ تقل التحركية مع زيادة نسب الشوائب [17]، أو قد يعزى السبب بالنسبة لأغشية CdTe النقية (n-type) وأغشية CdTe المشوبة (p-type) إلى إن حركية الإلكترون أكبر من حركية الفجوة وهذا يعود بصورة رئيسة إلى الكتلة الفعالة الأصغر للإلكترون [17].

### الاستنتاجات

تم في هذا البحث التوصل إلى أهم الاستنتاجات الآتية:

1. غشاء CdTe النقي المحضر بطريقة التبخير الحراري في الفراغ ذو تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب، وإن إضافة شوائب Zn عملت على زيادة درجة تبلور الأغشية بالاتجاه [111].

2. يمتلك غشاء CdTe توصيلية كهربائية مستمرة عالية وطاقتين للتنشيط ضمن المدى الحراري K(495-291)، وإن التشويب بـ Zn أدى إلى زيادة هذه التوصيلية ونقصان طاقتي التنشيط.
3. التوصيلية الكهربائية المستمرة لغشاء CdTe من النوع السالب (n-type)، وإن إضافة شوائب Zn أدت إلى تغير نوع التوصيلية للغشاء.

## المصادر

1. Zhou, D.M.; Wang, S.Q.; and Chen ,H.M.(2005),Brazilian Journal Physics, 34(2b).
2. Chopra, K.L. (1990), Thin Films Phenomena,Mc-graw Hill,New York.
3. Willardson, R.K.and Beer, A.C.(1978),Semiconductors and Semimetals,Academic press,Inc,New York.
4. Nikal, V.M.;Shinde,S.S.;Bhosale,C.H. and K.Y.Rajpure,(2011),Physical properties of spray deposited CdTe thin films pec performance, Journal of Semiconductor,32,1-7.
5. Velumani, K.; Venkatachalam ,S.T. and Ganesan, S.(2009), Structural and optical studies of hot vacuum evaporated CdTeSn thin films, Advanced Materials Research, 68:77-83.
6. Madhu, U.; Mukherjee, N.; Bandyopadhyay ,N.R. and Mondal, A.(2007), Properties of CdSand CdTe thin films deposited by an electrochemical technique, Indian Journal of Pure&Applied Physics, 45:226-230.
7. Bayhan, M.(1998), Structural and optical characterization of vacuum deposited CdTe thin films ,Tr.Journal of Physics, , 22 (929).
8. Ray,B.(1969), II-VI Compounds, 1<sup>st</sup> ed. Printed in GB by anaell and Co.Ltd. of Edinburgh.
9. Popescu ,M.; Sava ,F.;Al orizczi,R.; Savastrur, D.;Radvan; Mihailescu, I.N. and Socol, G.,(2004),Chalcojenide Letters, 1(9).
10. Rusu G.G., (2006), Structural electronic transport and optical properties of Zn-doped CdTe thin films, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 8,(3): 931-935 .
11. Bilevych, Ye.O.;Boka,A.I.;Darchuk,L.O.;Sichevska,J.V.G.;Sizov,F.F.;Boelling, O.and Cleff , B.S.,(2004), Properties of CdTe thin films prepared by hot wall epitaxy ,Semiconductor Physics,Quantum Electronics and Optoelectronics, , 7 (2): 129-132.
12. Al-Dhafiri, A.M.,(2002), Isothermal and isochronal studied of the structural and electrical properties of CdTe Cryst.Res.Technol., 37(9):950.
13. Ebeid M.R.;Ahmed M.F.;Ramadan A.A.and Abdel-Hadym.K.,(2005),Thickness and deposition rate dependence of structural characteristics of evaporated CdTe films Egypt,Journ- al Solid, , 28(2):231.
14. Yousif, M.G.,(1989),Solid state physics,Baghdad university press,2,Arabic version.
15. Al-Jammal ,Y.N.,(1990),Solid state physics,Al-Mousal unv.press,Arabic version.
16. Brodsky, M.,(1979),Topic in applied physics,amorphous semiconductor,Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
17. Sze, S.M.(1990),Semiconductors devises physics and technology,Translated to Arabic by F. G. Hayaty and H.A.Ahmed,Baghdad.
18. Roulston D.J.(1999),An introduction to the physics of semiconductor devices,Oxf-ord unv.press,Oxford.
19. Rusu ,G.G.and Rusu,M. (2000), On the electrical conductivity of CdTe thin films evaporated onto unheated substrates, Solid State Communications, 116:.363-368.
20. Hussain S.A.,(2006),The study of electrical properties of Al/CdTe/Al and Al/ZnTe/Al systems for switching applications,Ph.D.thesis,college of Science,univ.of Baghdad
21. Abdulah R.A.,(2006),Study of photovoltaic characteristic of CdS/CdTe heterojunction,M.Sc .thesis,college of Science,unv.of Baghdad
22. Berding M.A.(1999), Annealing conditions for intrinsic CdTe ,Applied phys. letters, 74(4).
23. Dzhafarov ,T.D.and Ongul, F.,(2005), Modification of CdTe thin films by Zn reactive diffusion ,J.Phys.D:Appl.Phys., 38:3764-3767.

24. Hussain S.A. (1998), Study of the electrical properties of (M I S) junction Al-a-Se-CdTe, M.Sc. thesis, college of Baghdad, Univ. of Baghdad.

جدول رقم(1): نتائج حيود الاشعة السينية لاغشية CdTe النقية والمشوبة المرسبة على ارضيات زجاجية عند  $T_s=423K$

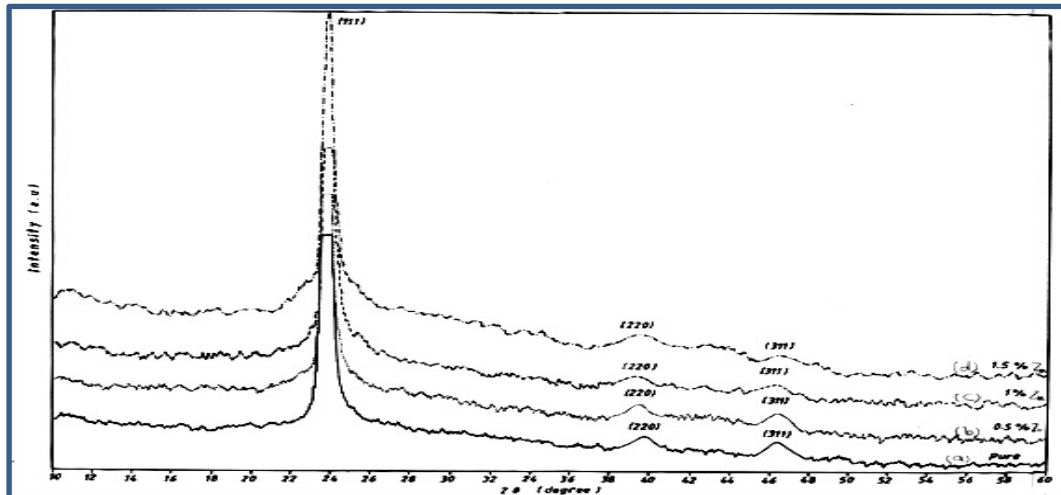
Sample	2θ (degree)	$d_{hkl}(\text{Å})$	hkl
CdTe	23.7	3.749	111
	39.5	2.281	220
	46.5	1.951	311
CdTe + 0.5%Zn	23.7	3.749	111
	39.1	2.301	220
	46.2	1.964	311
CdTe + 1%Zn	23.8	3.737	111
	39.1	2.301	220
	46.4	1.956	311
CdTe + 1.5%Zn	23.7	3.749	111
	39.3	2.291	220
	46.4	1.956	311

جدول رقم(2): تأثير التطعيم ب Zn في  $\sigma_{d.c}$  و  $E_{a1}$  و  $E_{a2}$  عند  $T_s=423K$  وسمك  $t=300nm$ .

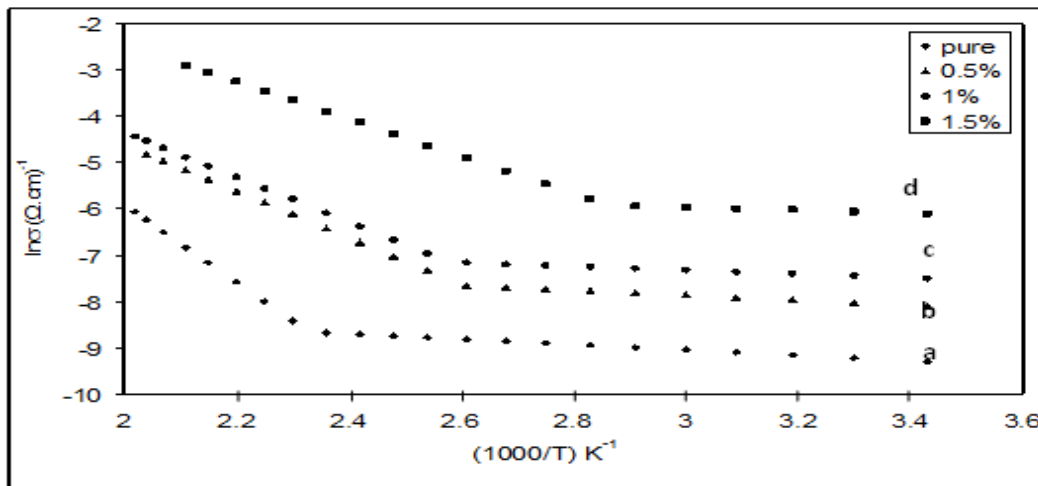
Sample	$(\sigma_{d.c})_{R.T} (\Omega.cm)^{-1} \times 10^{-5}$	$E_{a1}(eV)$	Range of Temp. (K)	$E_{a2}(eV)$	Range of Temp. (K)
Pure CdTe	9.142	0.72	423-495	0.049	291-423
CdTe+0.5%Zn	30.353	0.43	383-490	0.046	291-383
CdTe+1%Zn	55.308	0.417	383-495	0.034	291-383
CdTe+1.5%Zn	224.286	0.345	343-473	0.027	291-343

جدول رقم(3): تأثير التطعيم ب Zn في  $\mu_H, n, R_H$  عند  $T_s=423K$  وسمك  $t=300nm$ .

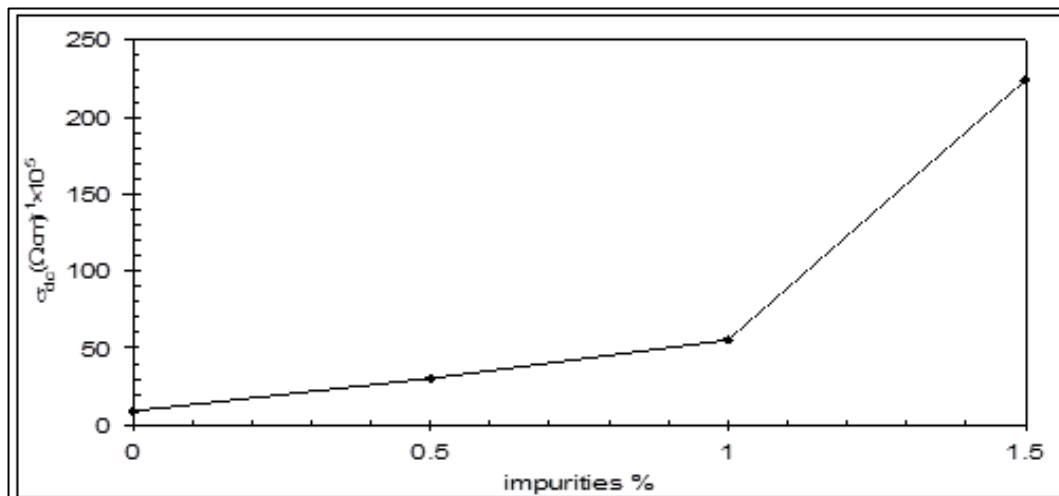
Sample	$R_H(cm^3.C^{-1}) \times 10^5$	Type of carrier	Carrier Concentration $(cm^{-3}) \times 10^{14}$	Hall Mobility $\mu_H(cm^2.(V.sec)^{-1})$
Pure CdTe	-1.015	n	0.629	9.27
CdTe+0.5%Zn	0.256	P	2.403	7.77
CdTe+1%Zn	0.120	P	5.04	6.63
CdTe+1.5%Zn	0.026	p	23.148	5.83



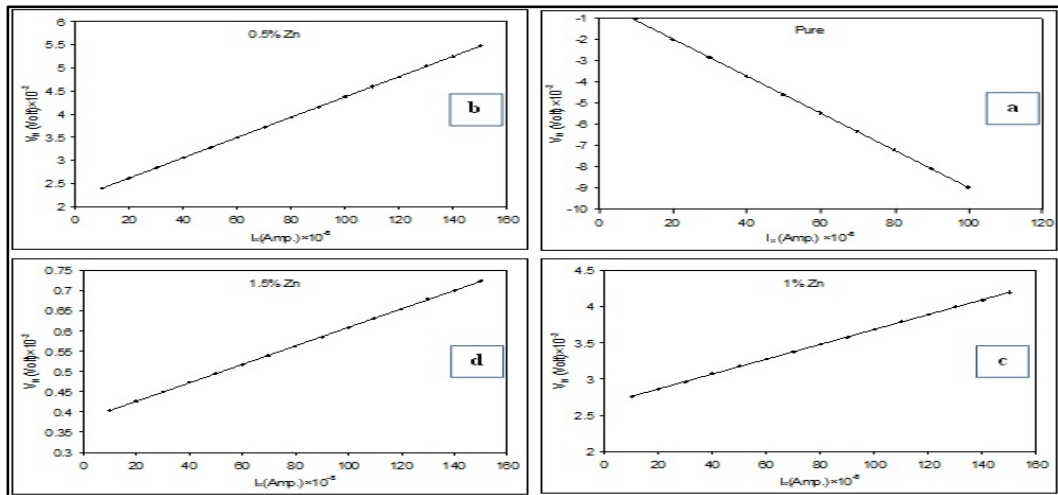
شكل رقم (1): مخطط حيود الاشعة السينية (XRD) لاغشية CdTe  
(a) pure, (b) 0.5% Zn, (c) 1% Zn, (d) 1.5% Zn



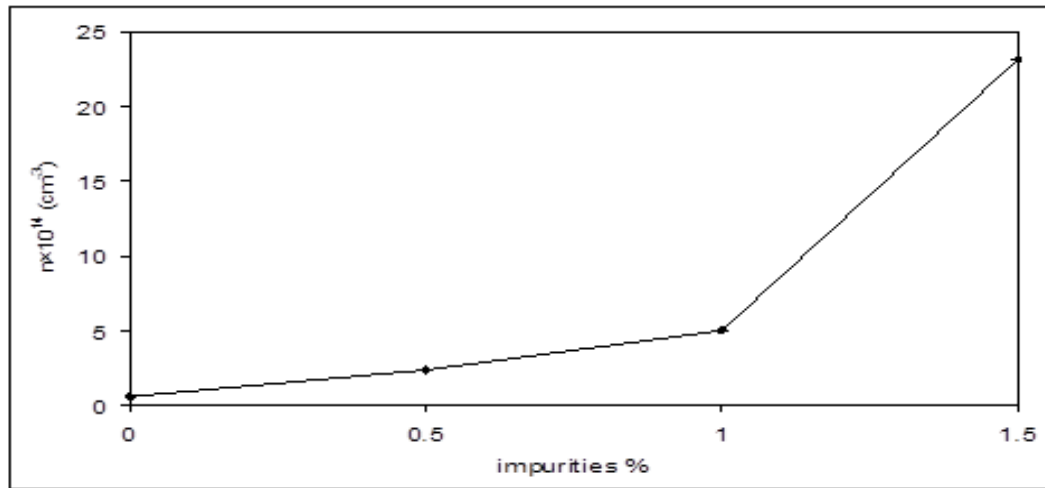
شكل رقم (2): العلاقة بين  $(1000/T)$  و  $\ln(\sigma_{d.c})$  لاغشية CdTe النقية والمشوبة ب Zn ونسب التشويب  
(a) pure, (b) 0.5% Zn, (c) 1% Zn, (d) 1.5% Zn



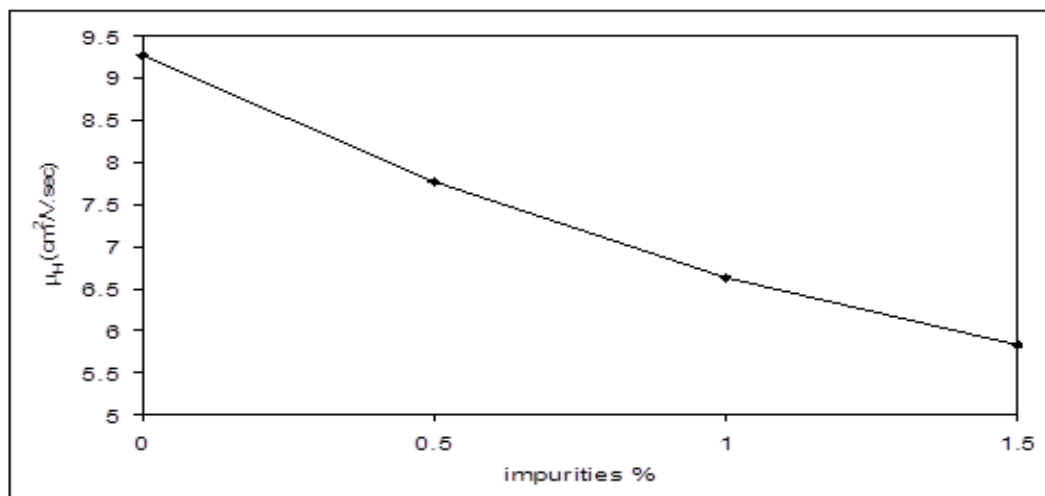
شكل رقم (3): العلاقة بين  $(\sigma_{d.c})$  لاغشية CdTe النقية والمشوبة ونسب التشويب



شكل رقم (4): العلاقة بين التيار وفولتية هول لأغشية CdTe النقية والمشوبة ب (Zn) ونسب مختلفة (a) pure, (b) 0.5% Zn, (c) 1% Zn, (d) 1.5% Zn



شكل رقم (5) : العلاقة بين تركيز الحاملات لأغشية CdTe النقية والمشوبة ونسب التشويب



شكل رقم (6): العلاقة بين تحركية هول لأغشية CdTe النقية والمشوبة ونسب التشويب



## Study the Effect of Zn Doping in the Structural and Electrical Properties of CdTe Thin Films

**Alia A. M. Shehab**

Dept. of Physics/College of Education for Pure Science (Ibn Al-Haitham)  
/ University of Baghdad

**Iqbal S. N. Abd**

Dept. of Physics /College of Science / University of Baghdad

**Hanaa I. Mohammed**

Dept. of Physics/College of Education for Pure Science (Ibn Al-Haitham)  
/ University of Baghdad

**Received in:19 November 2012 , Accepted in:5 May 2013**

### Abstract

Some of structural ,and electrical properties of pure and zinc (Zn) doped cadmium telluride thin films with impurity percentages (0.5, 1, 1.5)%, deposited on hot glass substrate (temperature equals to 423K) of thickness of 300nm and rate deposition of  $0.5 \text{ nm.s}^{-1}$  by thermal co-evaporation technique under vacuum of  $(2 \times 10^{-5})$ Torr have been investigated.

The structural properties for the prepared films were studied before and after doping process by analysis of the X-ray diffraction, and it appeared that pure and dopant CdTe thin films are polycrystalline and have the cubic structure with preferential orientation in the [111] direction, and the crystal structure of the films were improved due to doping process. From d.c.electrical conductivity in range of (291-495)K, we noticed that there are two activation energies  $E_{a1}$  and  $E_{a2}$ , and their values decrease with the increase of Zn percentages,so  $(\sigma_{d.c.})$  of those thin films increase .

From Hall effect measurements we showed that the  $(\sigma_{d.c.})$  for CdTe thin film is of n-type and converted to p-type when they adopted with Zn, and charge carrier concentration increases with the increase of Zn percentages, so Hall mobility ( $\mu_H$ ) decreases.

**Keywords: CdTe, doping with Zn, Structural and Electrical Properties.**