



دراسة طوبوغرافية السطح والخصائص الكهربائية لأغشية المركب GaAs:In/c-Si

³حسين خزعل رشيد

²رفاء عبدالكريم عبدالواحد

¹جبير عبدالله نجم

^{2,1}جامعة الانبار - كلية العلوم - قسم الفيزياء ، ³جامعة بغداد - كلية العلوم - قسم الفيزياء

الخلاصة:

تم تحضير أغشية الكاليوم أرسنايد النقية والمشوبة بالانديوم بنسبة 5% من عنصر الانديوم بمسك 500 (nm) بتقنية التبخير الوميضي على أرضيات من الزجاج ورقائق السليكون بدرجة حرارة الغرفة وضغط فراغي 10^{-2} mbar بمعدل ترسيب 9.25 \AA/s ثم لدنت الأغشية بدرجات حرارة (473, 373) K لمدة ساعة واحدة.

أظهر تصور مجهر القوى الذرية للأغشية المرسبة على أرضيات من الزجاج أن معدل خشونة السطح ازداد عند التلدين بدرجة حرارة (373K) بينما اقل عند التلدين بدرجة حرارة (473 K) كما لوحظ أن متوسط حجم الحبيبي يزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين. أظهرت الخواص الكهربائية ان الأغشية المحضرة تمتلك توصيلية كهربائية بمقدار $2.05 \times 10^{-3} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ وان التلدين أدى الى انخفاض في قيم التوصيلية الكهربائية بينما كانت هناك زيادة في قيم التكرارية بزيادة درجة حرارة التلدين. تبين من دراسة تأثير هول أن جميع الاغشية المحضرة هي من النوع الموجب (p-type) وان تركيز حاملات الشحنة (n_H) يقل بزيادة درجة حرارة التلدين وتكرارية هول (μ_H) تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين. ان فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) تزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين ويرجع ذلك إلى زيادة تيار الدائرة القصيرة I_{sc} كما إن قيمة عامل المليء (FF) وكفاءة الخلية الشمسية (η) تزداد بشكل عام مع زيادة درجة حرارة التلدين للمفرق الهجين.

معلومات البحث:

تاريخ التسليم: 2018/3/12
تاريخ القبول: 2018/6/3
تاريخ النشر: 2018 / 11 / 27

DOI: 10.37652/juaps.2022.171604

الكلمات المفتاحية:

أغشية الكاليوم أرسنايد،
المشوبة بالانديوم ،
عنصر الانديوم بمسك ،
التبخير الوميضي ،
التلدين.

1- المقدمة (Introduction):

هجين هو العالم (Anderson) في عام 1960، ومنذ ذلك الوقت ازداد الاهتمام في جميع أنحاء العالم بتقنيات تصنيع المفارق الهجينة، لما أحدثته هذه التقنيات المهمة تطوراً سريعاً وتنوعاً في مجال تطبيقات نوايا أشباه الموصلات ذات المفارق الهجينة [1،2]. وتستخدم المفارق الهجينة بصورة واسعة لتصميم الخلايا الشمسية في العقود القليلة الماضية أجريت بحوث نظرية وعملية حول الخواص التركيبية للخلايا الشمسية وحساب كفاءة المفرق المتباين [3،4]، الكواشف الضوئية للموجات الكهرومغناطيسية (Photodetector)، المتحسسات الغازية (Gas Sensor)، الترانزستورات، التثائي الباعث للضوء (LED) وليزرزات أشباه الموصلات [5]. تمتاز المفارق الهجينة بسهولة التحضير والتصنيع وقلة التكاليف ولا تحتاج

إحدى التطبيقات العملية للأغشية الرقيقة هي تصنيع المفارق الهجينة (Heterojunction) التي تتكون من مادتين شبه موصلتين باتصال قريب فيما بينهما مختلفين في فجوة الطاقة (energy gap) وثابت العزل الكهربائي والالفة الالكترونية ودالة الشغل وعدم تطابق في ثابت الشبكة والتي اقترحت في عام 1951 من قبل العالم (William Shokley) الذي درس التحليل النظري لهذه المفارق الهجينة، وأن أول من قام بتحضير وتصنيع مفرق

* Corresponding author at: Science College - University of Al-Anbar
E-mail address

التوصيلية الكهربائية كدالة لدرجة الحرارة باستخدام دائرة كهربائية ضمن المدى الحراري K(303-483). أجريت القياسات باستخدام حساس رقمي نوع (Keithley Digital Electrometer 606) والفرن الكهربائي الانبوبي المفرغ ثم حساب معامل هول (RH) لمعرفة نوع حاملات الشحنة وتركيزها وتحركيتها في درجة حرارة الغرفة (RT)، اما معامل المثالية ((Ideality factor β)) فتم حسابه من قياس تيار الانحياز الأمامي والعكسي عند جهد انحياز يتراوح V (0-0.4) ورسم العلاقة بين تيار الانحياز الأمامي وجهد الانحياز باستخدام العلاقة الآتية [7]:

$$\beta = \left(\frac{q}{k_B T} \right) \cdot \left[\frac{dV}{d \ln(I_f)} \right] \dots \dots \dots (1)$$

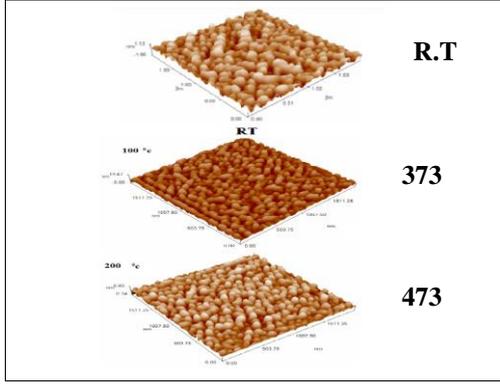
نتائج سعة - جهد للخلايا المصنعة تحت جهد الانحياز العكسي الذي يتراوح ما بين V (0.1 - 0.2) عند تردد (100 KHz) تمت باستخدام جهاز (LRC) نوع (GWInstek LCR meter model 821) ثم دراسة خواص منحنى سعة-جهد لتحديد جهد البناء الداخلي (Vbi) وتحديد نوع الاتصال للمفرد الهجين (حاد أو متدرج) كذلك خصائص تيار-جهد للمفرد الهجين GaAs:In تمت دراستها من خلال تعرض الأغشية المحضرة لمصايح الهالوجين نوع فيليبس ذات قدرة (120W) وشدة (105 mw/cm^2) باستخدام حساس رقمي نوع Keithley Digital Electrometer (606) وفولتميتر (D.C.).

3- النتائج والمناقشة (Result and Discussion)

إلى درجات حرارة عالية في بعض التقنيات لتكوين المفرد الهجين، كما انها جميعا تشترك بظاهرة تأثير النافذة (Window Effect) التي تقلل من دور تأثير إعادة الاتحاد عند السطح، وامتلاكها استجابة طيفية عالية عند طول موجي قصير أي أنها تعمل حتى ضمن مدى الأطوال الموجية للضوء المرئي ويتم التحكم بخصائصها من خلال طريقة وظروف التحضير وكذلك يمكن تصنيع مفارق هجينة مختلفة (متماثلة وغير متماثلة). ونظراً لتطور التكنولوجيا الحديثة فقد ساعدت طرائق الترسيب بشكل كبير في تصنيع مفارق هجينة مثالية تقريباً وذات مواصفات عالية، لكن تبقى الحاجة إلى استعمال تقنية رخيصة الكلفة ضرورية [2،4]، عند مراجعة الدراسات السابقة لم يكن هناك سوى قليل من النتائج المقاربة والمدرسة لمركب GaAs، كما درست تأثير درجة حرارة تليدين على الخواص الكهربائية والتكبيبة لأغشية [6]. GaAs:Se لذلك تم اعتماد تقنية التبخير الحراري في الفراغ في تحضير اغشية رقيقة بمواصفات جيدة من حيث التجانس والسلك المنتظم.

2- الجزء العملي (Experimental Work):

جرى في هذا البحث تحضير اغشية رقيقة من مركب GaAs:In على أرضيات من الزجاج والسيلكون بطريقة التبخير الحراري بالفراغ بمعدل ترسيب $9.25 \text{ A}^\circ/\text{s}$ تقريباً باستخدام جهاز نوع (Blazers) [BL 510] تحت ضغط (10^{-2} mbar) أُنذت الأغشية المحضرة بدرجتي حرارة (373 K, 473 K) لمدة ساعة واحدة. لدراسة خصائص سطوح الأغشية ومعرفة معدل خشونة السطح (Roughness) ومقدار الحجم الحبيبي (Grain size) استخدم مجهر القوى الذرية (AFM) نوع (AAA3000) المجهر من شركة (Angstrom Advanced Inc.) ثم قيس



الشكل (1) :صور مجهر القوى الذرية لأغشية GaAs:In بدرجات حرارة تليدين مختلفة.

الجدول (1): تغير معدل الحجم الحبيبي ومعدل خشونة السطح لأغشية GaAs المشوبة بالانديوم.

Temp. (K)	Average Diameter (nm)	RMS roughness (nm)	Peak-peak (nm)
RT	77.24	0.433	2.09
373	79.72	1.93	8.85
473	81.26	1.08	5.38

(2-3) الخصائص الكهربائية (Electrical Properties):

(1-2-3) التوصيلية الكهربائية المستمرة وطاقة التنشيط:

D.C. Conductivity and Activation Energy:

لغرض دراسة طبيعة ميكانيكية التوصيل الكهربائي للأغشية

المحضرة تم رسم العلاقة بين $(\ln \sigma_{d.c.})$ كدالة لمقلوب درجة الحرارة

$(1000/T)$ ، كما موضح في الشكل (2) ضمن المدى الحراري

$(303-503)K$ ومن خلال ضرب ميل الخط المستقيم بثابت

بولتزمان بوحدة (eV) تم الحصول على طاقة التنشيط

E_a (Activation Energy) للأغشية المحضرة والتي تمثل الفرق

بين طاقة حزمة التوصيل وطاقة مستوى فيرمي [9,10,11].

ونلاحظ من الشكل (2) أن جميع الأغشية المحضرة تمتلك قيمتين

لطاقة التنشيط وكما موضح في الجدول (2) مع مديات درجة الحرارة

المقابلة لكل طاقة تنشيط وهذا يدل على وجود ميكانيكيتين للتوصيل

ولانتقال الإلكترونات: الأولى عند درجات الحرارة الواطئة والثانية عند

درجات الحرارة العالية.

(1-3) خصائص طبوغرافية السطح (Topographic properties of the surface)

تم استخدام تقنية مجهر القوى الذرية (AFM) لدراسة تضاريس طبوغرافية سطوح الأغشية المحضرة والتركيب البلوري السطحي للغشاء ومدى تأثير نسب التشويب في خصائص الغشاء المحضر، وإعطاء قيماً إحصائية في غاية الدقة عن معدل حجم الحبيبات (Grain Size) واعدادها وتوزيعها وعن درجة خشونة السطح (Roughness Surface) اعتماداً على الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخشونة (Root Mean square-RMS) كما موضح في الشكل (1) والذي يظهر صور مجهر القوى الذرية لأغشية الكاليوم ارسنايد المشوبة بالانديوم قبل وبعد التليدين بدرجات حرارة $(373,473)K$.

الجدول (1) يوضح معدل الحجم الحبيبي (Grain Size)،

معدل خشونة السطح (Roughness) والمسافة بين قمة واخرى

(peak-peak). يتضح من الجدول الحجم الحبيبي يزداد مع زيادة

درجة حرارة التليدين وقد يعود السبب في ذلك الى زيادة مراكز نمو

الذرات وبالتالي زيادة معدل خشونة السطح عند التليدين بدرجة حرارة

$(373 K)$ بينما يقل معدل خشونة السطح عند التليدين بدرجة حرارة

$(473 K)$ وقد يعود السبب في ذلك الى ان الذرات عند اكتسابها

طاقة حرارية إضافية مكنها من إعادة ترتيب نفسها وبالتالي التقليل

من عيوب الفراغات والذي يتفق مع ما توصل اليه الباحث

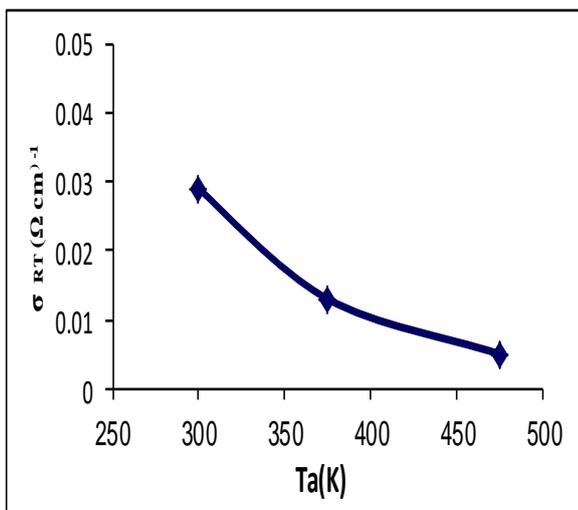
[8] HussainKh. et.al

الانتقالات الإلكترونية تتم بسبب عملية التهيح الحراري لحاملات الشحنة وقفزها من المستويات الموضعية و انتقالها إلى المستويات الممتدة عند طاقة التوصيل (Ec) و فوقه بالنسبة للإلكترونات إذ أن حاملات الشحنة بسبب درجات الحرارة العالية فإنها ستمتلك طاقة تكفيها لعبور حواجز الجهد المتولدة بسبب الحدود الحبيبية [13].

(2-2-3) اعتماد التوصيلية الكهربائية على درجة حرارة التلدين: Dependence of initial conductivity on annealing temperature :

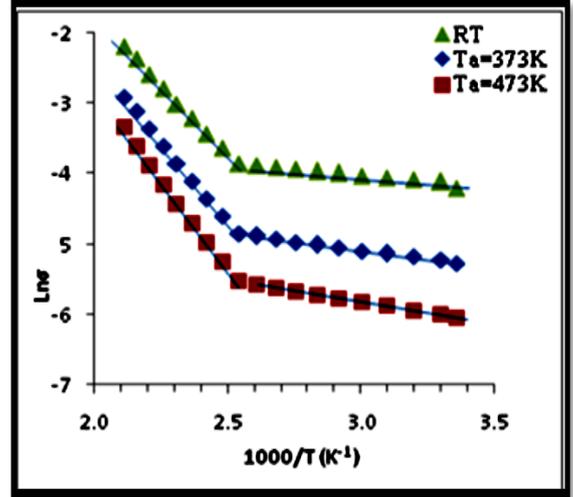
يمكن الحصول على معلومات مهمة من خلال دراسة اعتماد الخواص الكهربائية على درجة الحرارة وبالتالي تغير التركيب البلوري للغشاء، الشكل (3) يوضح اعتماد التوصيلية الابتدائية على درجة حرارة التلدين إذ نلاحظ تناقص التوصيلية مع زيادة درجة حرارة التلدين يعود سبب ذلك إلى تغير تحول الطور ودرجة تبلور الغشاء كذلك تناقص كثافة الحالات داخل الفجوة الحركية وهذا يتفق مع Mitra وIslam [14].

الشكل (3) اعتماد التوصيلية الابتدائية على درجة حرارة التلدين



لأغشية GaAs:In

(3-2-3) تأثير هول : Hall Effect



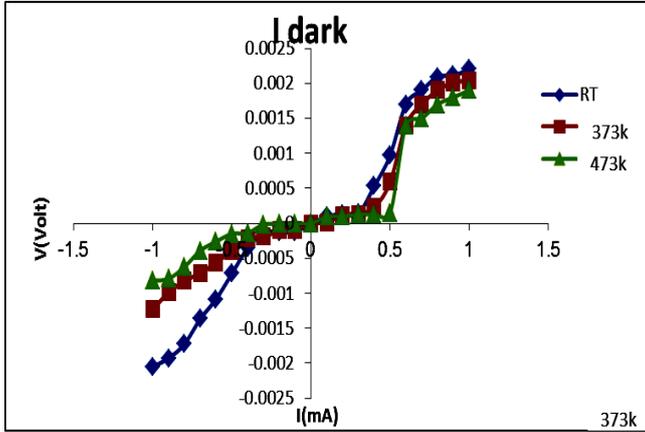
الشكل(2): العلاقة بين كدالة لمقلوب درجة الحرارة (lnσd.c) لأغشية GaAs:In (103/T)

الجدول (2):طاقات التنشيط ومدى درجة الحرارة المقابلة لكل طاقة تنشيط لأغشية GaAs:In

Temp. (K)	(383–403)K	(403 – 473)K	σ RT × 10 ⁻³ (Ω.cm) ⁻¹
	Ea1 (eV)	Ea2 (eV)	
R.T	0.052	0.376	2.50
373	0.043	0.199	1.32
473	0.058	0.163	1.08

أن ميكانيكية التوصيل الأولى التي حسبت عندها طاقة التنشيط الأولى (Ea₁) عند درجات الحرارة الواطئة للمدى K (383–403) فتكون بسبب التنطط (Hopping) أي إن حاملات الشحنة تقفز من ذرة متعادلة إلى ذرة متعادلة موجودة عند مستوى الطاقة نفسه أي التنطط ضمن المستويات المقيدة داخل فجوة الطاقة، وتحدث عملية التنطط هذه عند الحدود الحبيبية إذ إن حاملات الشحنة لا تمتلك طاقة كافية لعبور حاجز الجهد في الحدود الحبيبية (Grain boundaries) أي أن التوصيل يحدث من خلال تهيج حاملات الشحنة في المستويات الموضعية في فجوة الطاقة الممنوعة ومن خلال التنطط وبمساعدة الفونونات [11، 12]، اما عن آلية التوصيل الثانية التي حسبت عندها طاقة التنشيط الثانية (Ea₂) عند درجات الحرارة العالية للمدى K (403 – 473) فإن

التركيب مع زيادة حرارة التلدين حيث تختزل الاواصر المتداوية والعيوب التركيبية وتأخذ مواقع منتظمة داخل الشبكة البلورية عندما تكون درجة الحرارة اكبر من (473K) [18].

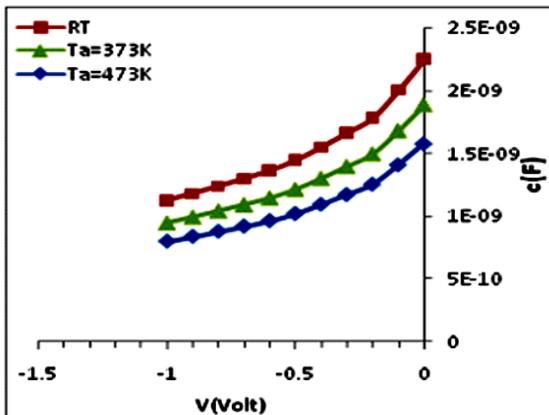


شكل (4): خصائص تيار - جهد لأغشية GaAs:In / Si في حالة الظلام.

(3-5) خصائص (سعة - جهد) لمفروق هجين في حالة الظلام:

C-V Characteristics of a-GaAs:In/c-Si Heterojunction under Dark condition

من قياسات سعة- جهد يمكن حساب جهد البناء الداخلي وعرض منطقة النضوب للمفروق, الشكل (5) يوضح علاقة الفولتية مع السعة للمفروق عند تردد 100 هيرتز حيث لوحظ ازدياد السعة مع زيادة الفولتية ودرجة حرارة التلدين ويمكن تفسير ذلك على أساس زيادة عرض منطقة النضوب الذي يتفق مع M. El Wahhab [19].



الشكل (5) :علاقة الفولتية مع السعة للمفروق عند GaAs:In عند تردد 100 هيرتز.

من الشكل (6) نلاحظ تغير جهد البناء الداخلي للمفروق مع مقلوب السعة لعدة درجات حرارة تلدين ويتضح من الشكل ان نوع

من خلال دراسة تأثير هول نلاحظ اعتماد تركيز حاملات الشحنة (النواقل) وتحركية هول على درجة حرارة التلدين كما موضح في الجدول (3) حيث يقل تركيز حاملات الشحنة وتزداد تحركية هول مع زيادة درجة حرارة التلدين. ويعود سبب ذلك الى عمليات اعادة الترتيب البلوري والتي تؤدي الى تقليل العيوب في الغشاء اثناء النمو وبالتالي تقل استطارة النواقل وزيادة الحركية [16,15].

جدول (3) تغير تركيز حاملات الشحنة وتحركية هول مع درجة الحرارة.

Ta (K)	$n_{HX} 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	$\mu_H (\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec})$
RT	1.95	4.82
373	0.52	6.21
473	0.21	7.16

(3-4) خصائص (تيار - جهد) للمفروق الهجين في حالة الظلام: I-V Characteristics of GaAs:In/c-Si Heterojunction under Dark Condition

الشكل (4) يوضح خصائص تيار - جهد للمفروق الهجين في حالة الظلام بدرجات حرارة تلدين مختلفة اذ لوحظ زيادة التيار مع الفولتية بشكل اسي عندما تكون الفولتية المسلطة اكبر من حاجز المفروق (انحياز امامي) بسبب زيادة ناقلات الشحنة الاغلبية والتي تؤدي الى تقليل عرض منطقة النضوب (الاستنزاف) وزيادة عملية التحام حاملات الشحنة [17], وهي ميزة عامة في المفاروق الهجينية اضافة الى ذلك يتولد مجال يؤدي الى حدوث التيار النفقي (Tunneling Current) حيث تحفز حاملات الشحنة الاغلبية من حزمة تكافؤ الى حزمة توصيل حتى يصل الى تيار الاشباع مع زيادة الفولتية المسلطة. اما في حالة الانحياز المعاكس فان تسليط فولتية معاكسة على المفروق يؤدي الى اتساع منطقة النضوب وزيادة حاجز الجهد ويكون لدينا تيار تسريب. لوحظ تناقص قيمة هذا التيار مع زيادة درجة حرارة التلدين ويعود ذلك الى تحسن

mW/cm^2 فلوخط زيادة التيار الضوئي مع زيادة القدرة الضوئية وزيادة فولتية الانحياز. يعود ذلك إلى زيادة تولد الحاملات الضوئية مع زيادة عدد الفوتونات الممتصة وان زيادة قدرة الضوء الساقطة تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة الذي يزيد من عدد الحاملات المتولدة ضوئيا ضمن منطقة النضوب وضمن عمق انتشار الحاملات الذي يعتمد على فترة حياة الحاملات الأقلية على جانبي منطقة النضوب وبهذا يزداد التيار الضوئي بزيادة القدرة الساقطة.

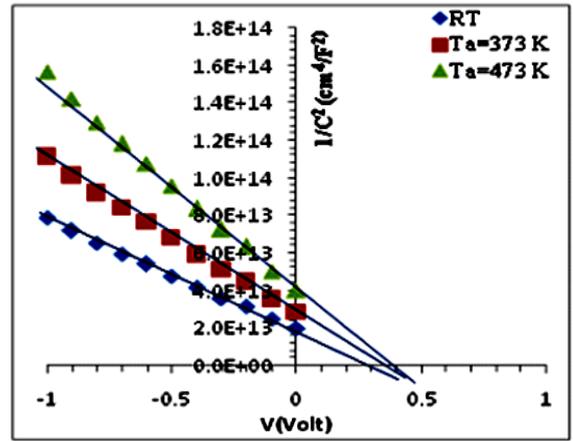
أن زيادة جهد الانحياز العكسي المسلط على الكاشف يعمل على زيادة قيمة المجال الكهربائي الداخلي ضمن منطقة النضوب مما يزيد من احتمالية فصل أزواج إلكترون- فجوة وبالتالي المساهمة في زيادة التيار الضوئي ونقصان احتمالية عمليات إعادة الاتحاد السطحية والحجمية لناقلات الشحنة. كذلك نلاحظ استقرار قيم التيار الضوئي عند جهد انحياز عكسي معين ويتكرر ذلك مع القدرات المختلفة. أن انعدام تأثير الجهد العكسي في سلوك التيار الضوئي يأتي من كون تأثير الجهد ينحصر في تغيير عرض منطقة النضوب كما يعتمد التيار الضوئي في حالة الانحياز العكسي على معدل تولد حاملات الشحنة وعلى عمق الانتشار للحاملات بالاعتماد على العلاقة: [21,20]

$$I_{ph} = q A G (W + L_n + L_p) \dots (2)$$

حيث إن I_{ph} : التيار الضوئي، q : شحنة الكترون، W : عرض منطقة النضوب، L_n, L_p : طول الانتشار للإلكترونات والفجوات على التوالي، G : معدل التولد لحاملات الشحنة.

يتبين من الشكل (7) أن التيار الضوئي يتحسن بزيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الإنماء البلوري بشكل افضل وهذا يقلل من

المفرق هو حاد ويمكن تحديد جهد البناء الداخلي عندما يكون مقلوب السعة يساوي صفر ولوحظ زيادة جهد البناء الداخلي V_{bi} وعرض منطقة النضوب W وتتاقص السعة الداخلية C_0 مع زيادة درجة حرارة التلدين ويعزى سبب ذلك إلى تحسن التركيب البلوري للغشاء وهذا يتفق مع [19] M. El Wahhab.



الشكل (6) تغير جهد البناء الداخلي للمفرق GaAs:In مع مقلوب السعة عند درجات حرارة تلدين مختلفة. الجدول (4) : تغير قيمة السعة الابتدائية وعرض منطقة النضوب وجهد البناء الداخلي للمفرق GaAs:In عند درجات حرارة تلدين مختلفة.

Ta (K)	$C_0 \times 10^{-7}$ (F/cm ²)	W(m)	V _{bi} (Volt)
R.T	2.24	0.0471	0.30
373	1.83	0.0577	0.38
473	1.54	0.0683	0.40

(3-6) خصائص (تيار-جهد) عند الإضاءة:

Current-Voltage Characterization under illumination

الشكل (7) يوضح خصائص تيار-جهد عند الإضاءة إضافة إلى منحنيات تغير تيار الظلام وتيار الإضاءة كدالة لجهد الانحياز الأمامي والانحياز العكسي للخلايا المحضرة بدرجات حرارة مختلفة. تم تعريض الخلية لضوء ابيض بشدة طاقة تساوي (105

عالية للطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية كما ان تأثير النافذة يعمل على تقليل عمليات إعادة الاتحاد السطحي للحاملات الأقلية بشكل كبير وتقليل مراكز قنص الحاملات نظراً لكون المادة شبه الموصلة ذات فجوة الطاقة الصغيرة (Si) بعيدة عن سطح سقوط الأشعة الضوئية [22]. الجدول (5) يوضح ان فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) تزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين ويرجع ذلك إلى زيادة تيار الدائرة القصيرة I_{sc} كما إن قيمة عامل المليء (FF) وكفاءة الخلية الشمسية (η) تزداد بشكل عام مع زيادة درجة حرارة التلدين للمفرد الهجين.

الجدول (5): I_{sc} , V_{oc} , I_m , V_m , η ، للمخلية عند شدة

ضوء $105 \text{ (mW/ cm}^2\text{)}$

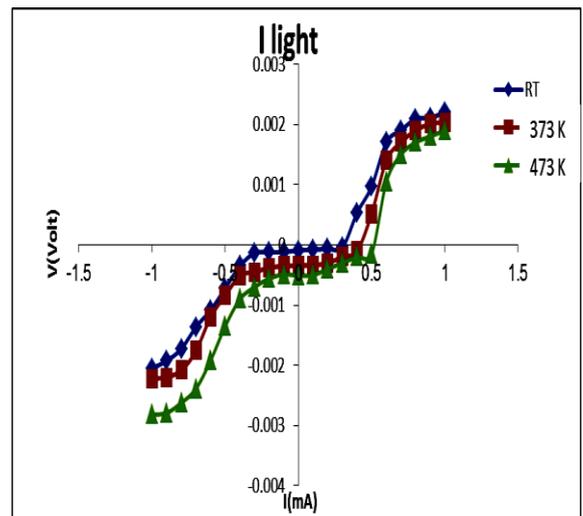
Temp. (K)	I_{sc} (mA)	V_{oc} (V)	I_m (mA)	V_m (V)	F.F%	η %
R.T	0.00009	0.310004	6.81E-05	0.23	57.70	1.07
373	0.00034	0.425	2.25E-04	0.28	43.98	4.23
473	0.00051	0.518	2.97E-04	0.30	34.06	5.99

الاستنتاجات: Conclusion:

في هذه الدراسة تم التوصل الى الاستنتاجات التالية:

تبين من خلال قياسات مجهر القوة الذرية (AFM) ان هناك زيادة قليلة في معامل خشونة السطح Roughness وزيادة بالحجم الحبيبي بزيادة درجة حرارة التلدين. اظهرت دراسة الخواص الكهربائية ان التوصيلية الكهربائية المستمرة ($\sigma_{d.c}$) انها تزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين بينما يقل تركيز حاملات الشحنة (nH) وتزداد تحركية هول (μH) بزيادة درجة حرارة التلدين. من دراسة خصائص (سعة- جهد) لمفرد هجين في حالة الظلام لوحظ زيادة جهد البناء الداخلي وعرض منطقة النضوب وتناقص السعة الداخلية مع زيادة درجة حرارة التلدين و ان سلوك تيار الظلام والاضاءة كدالة للفولتية الانحياز كان اسياً. كما اظهرت نتائج قياس تيار الدائرة القصيرة

العيوب البلورية الناتجة ويؤدي إلى نقصان في عدم التطابق الشبكي الذي يؤثر على تحركية الحاملات المتولدة ضوئياً وبالتالي يزيد من سريان التيار الضوئي عبر المفرد الهجين. من جانب آخر فإن زيادة درجة حرارة يعمل على زيادة نفاذية الضوء وحدث الامتصاص ضمن منطقة النضوب والذي يزيد من التيار الضوئي [21].



شكل (7) خصائص تيار- جهد في حالة الإضاءة للمفرد الهجين.

(3-7) قياسات تيار الدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة:

Short Circuit Current and Open Voltage Measurements

يُعد تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) صفتين مميزتين للنبائط الفولطائية الضوئية مثل الكواشف الضوئية والخلايا الشمسية وتصان كفاءة النبيلة دون الحاجة إلى تحييزها أو تسليط فرق جهد خارجي على النبيلة وذلك لان دوائر (I_{sc}) و (V_{oc}) ينتجان من فصل أزواج الكترولون - فجوة المتولدة في منطقة النضوب (W) بواسطة المجال الكهربائي الداخلي للنبيلة الناشئ من سقوط الإشعاع الضوئي عليها دون الحاجة إلى تسليط مجال كهربائي خارجي على النبيلة [23،2]. وبشكل عام فإن المفرد الهجين التي تعتمد على تأثير النافذة مثل المفرد الهجين المُحضر (GaAs:In/Si) تتميز بتكوين نبيلة كهروضوئية ذات كفاءة تحويل

semiconductors and their alloys" Journal of Applied Physics, Vol.89, No.11, p. 5815-5875 (2001).

- [8] Husain Kh., DuhahImad, " *Surface Morphology and Photoluminescences properties of A-GaAs:Se Detector*", International J. of Sc.&Tec. Research, 4, 01, p.p229-231, (2015).
- [9] M. G. Yousif, " *Solid State Physics*", 2nd Edition, Baghdad University, Arabic version, (1989).
- [10] D. Shaw, " *Atomic Diffusion in Semiconductors*", Plenum Publishing Ltd, New York, (1973).
- [11] L. Kazmerski, " *Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices*", Academic Press, New York, (1980).
- [12] B. G. Yacobi, " *Semiconductor Materials: An Introduction to Basic Principles*", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, (2003).
- [13] A. G. Nilens, " *Deep Impurity in Semiconductors*", Wiley-Inter Science Publication, Canada, (1973).
- [14] M. N. Islam and S. K. Mitra, " *Electrical and optical properties of annealed gallium arsenide thin films on glass substrates*" Journal of Materials Science, Vol.24, pp.2863-2865 (1986).
- [15] P. Extance, S. R. Elliott, and E.A. Davis " *Frequency-dependent conductivity in sputtered amorphous phosphorus thin films*", Journal Physical Review B, vol.35, P. 8148, (1985).

(I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) ان تيار الاشباع يقل والفولتية تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين وان كفاءة الخلية تزداد بزيادة درجة الحرارة وعامل المليء يقل بزيادة درجة حرارة التلدين.

References

- [1] G. Margaritondo, " *Electronic Structure of semiconductor Heterojunctions*", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, London, (1988).
- [2] B. L. Sharma and R. K. Purohit, " *Semiconductor Heterojunctions*", 1st Edition. Pergamon Press Ltd, New York, (1974).
- [3] Sayantan B., Ashim K., Avigyan C. ,and Amitabha S., " *An Analytical Study of a GaAs-Si n/p Heterojunction Solar Cell and Suggestion for A Structure for Improved performance*.", International Journal of Applied Engineering Research, Vo1, No3, P (1855-1858), (2016).
- [4] L. A. Kosyachenko, " *Solar Cells–Thin–Film Technologies*", Publisher In Tech, Campus University Campus - Croatia, (2011).
- [5] R. S. Quimby, " *Photonics and Lasers-An Introduction*", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, (2006).
- [6] Hussein Kh. Rasheed, Dhuhaimad " *Effect of Annealing Temperature on Structural and Electrical properties of a-GaAs:Se Films*" International Journal of Applied Electrical and Electrical and Electrones Engineering, V01-1 p (138-142) (2015).
- [7] I. Vurafman, J.R. Meyer and L.R. Ram. Mohan, " *Band parameters for III–V compound*

- [19] M. A. El-Wahhab "Schottky Diode of In/GaAs/Au-Ag Films Prepared by Flash Evaporation", M.Sc., University of Baghdad (2006).
- [20] S.M.Sze, "Semiconductor Devices, Physics and Technology", Wiley, New York. (1985).
- [21] B.L. Sharma and R.K. Purohit, "Semiconductor Heterojunctions". Pergamon Press, New York, 1974.
- [22] K. W. Boer, "Survey of Semiconductor Physics: Barriers, Junctions, Surfaces and Devices" Vo.2, Van Nostrand Reinhold Press, Canada, (1992).
- [23] S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", 3rd Edition. John Wiley and Sons, Inc Publication, Canada, (2007).
- [16] Hussein Kh. Rasheed, Dhuhaimad "Effect of Annealing Temperature on structural and Electrical properties of a-GaAs:se Films " International Journal of Applied Electrical and Electrical and Electrons Engineering, V01-1 p.p138-142, (2015).
- [17] G. Gomila and J. M. rubi, "Relation for the nonequilibrium population of the interface states: Effects on the bias dependence of the ideality factor" J. appl. Phys. , V.81, P.2679, (1996).
- [18] Mahdi H. Suhail, Souad G. Kaleel and Marwa R. Fahad, "Influence of thickness and annealing temperature on structural and electrical properties of Te/Si heterojunction" Int. J. Thin Film Sci. Tec. ,V. 1 No. 1, P. 09-23, (2012).

Study the Surface topography and electrical properties of GaAs:In / c-Si Composite Thin Films Jobair A.Najim² rafa'a A.Abd alwahid² Hussain khazal Rasheed¹

Science College - University of Baghdad¹ - Science College - University of Al-Anbar²

Abstract:

Gallium arsenide undoped and doped thin films with 5% Indium and thick of 500 nm by flash evaporative technology on glass substrate and silicon wafers at room temperature at 10-2 mbar pressure with deposition rate of 9.25Å/s. These films were annealed at (373 and 473) K for one hour. The images of the atomic force microscopy of the films deposited on glass substrates showed that the rate of surface roughness increased at the temperature of (373)K while it was reduced at (473)K. It was also observed that the average grain size increased with the increasing in the annealing temperature. The electrical properties showed that the prepared films had an electrical conductivity of $2.05 \times 10^{-3} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ and that the annealing led to a decrease in the values of the electrical conductivity while there was an increase in the values of the mobility by increasing the temperature of annealing. A study of Hall's effect showed that all the prepared films have a positive type (p-type) and that the concentration of charge carriers (nH) decreased by increasing the annealing temperature and Hall's mobility (μH) increased by increasing the annealing temperature. The voltage of the open circuit (V_{oc}) increases with the increase in the temperature of the alternation due to the increase of the short circuit current I_{sc} . The value of the FF and the efficiency of the solar cell (η) increases with the increase of the temperature of the intercellular hybrid.