مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية المجلد22 (1) 2009

القدرة الكهروحرارية لأغشية InAs العشوائية

بشرى كاظم حسون الميالي
قسم الفيزياء، كلية التربية ابن الهيثم ،جامعة بغداد

الخلاصة

تناول هذا البحث دراسة القدرة الكهروحرارية (S) لاغشية InAs العشوائية ضمن المدى الحراري K (408-303) والمحضرة بطريقة التبخير الحراري.
حُضرت هذه الاغشية باسماك مختلفة nm (450,350,250) وتم معاملتها حرارياً بدرجات حرارة تلدين مختلفة K (303,373,423,473,523).
أثبت دراسة القدرة الكهروحرارية ان جميع الاغشية المحضرة من نوع (p-type)، كما لوحظ عند دراسة سلوك القدرة الكهروحرارية لهذه الاغشية دالة للسمك ودرجة حرارة التلدين، زيادة القدرة الكهروحرارية مع زيادة درجة حرارة التلدين، بينما تناقصت مع زيادة سمك الاغشية.

المقدمة

إن آلية التوصيل في اشباه الموصلات لايمكن أن تكتمل مالم يعرف أيهما الناقل الرئيس الالكترونات أو الفجوات، ولاعطاء معلومات حول ميكانيكية التوصيل الكهربائي وتحديد نوعية حوامل الشحنات الرئيسة في التوصيل الكهربائي تستخدم قياسات القدرة الكهروحرارية، إذ تعد هذه الظاهرة أحدى الطرائق المهمة في دراسة الخصائص الكهربائية لاشباه الموصلات (1).
القدرة الكهروحرارية أو مايسمى بتأثير سيباك هو نشوء قوة دافعة كهربائية نتيجة لحدوث فرق في درجات الحرارة بين نقطتين مختلفتين في دائرة مغلقة.(2,1)

زرنيخ الانديوم واحد من مركبات ثلاثي- خماسي شبه الموصلة، ولهذا المركب ميـزات فريدة، إذ يمتاز بفجوة طاقة مباشرة صغيرة تجعل منه كاشفا جيدا للاشعة تحت الحمراء، ويمتلك قيمة كبيرة لمعامل هول تجعل منه مادة مناسبة في تصنيع نبائط تأثير هول (4,3) ،كما يستخدم في مجال بناء الليـزرات والعديـد مـن الوسـائل الكهرومغناطيـسية (5) والتطبيقات والنبائط الكهروحرارية. (7,6)

ولقد تعددت طرائق تحضير هذه الاغشية نظراً لاعتمادها في الكثير من التطبيقـات الصناعية(5)، إذ حضرت بطريقة الترسيب الكهربائي(8) Electro deposition وطريقة الترذيذ (9) Sputtering وطريقـة التبخيـر بالوميـض (10) flash evaporation وطـريقة (11) Chemical deposition and heating with a vacuum deposited وغيرها، إذ تؤدي طريقة التحضير دورا مهما في تحضير هذه الاغـشية وتجانسها وذلك بسبب الـصعوبة الكبيـرة فـي الـسيطرة علـى الموازنـة الكيميائيـة stoichiometric للغشاء المرسب (9,12).

وفي بحثنا الحالي اسـتخدمت طريقـة التبخيـر الحـراري بـالفراغ thermal evaporationفي تحضير أغشية InAs العشوائية للحصول على أغشية متجانسة لأنهـا الطريقة التي تضمن أقل أحتمالات التلوث، إذ درست القدرة الكهروحرارية لاغشية InAs العشوائية وذلك لمعرفة نوع حاملات الشحنة لهذه الاغشية وأعتمادية أنتقال الشحنة علـى ظروف التحضير من سمك ودرجة حرارة تلدين ولاتمـام العمـل مـع قياسـات تـأثير هول(13) بغية الحصول على دقة أكثر في تحديد نوعية حاملات الشحنة ولتأكيد النتـائج التي حصلنا عليها سابقاً.

العملي

لقد حضرت أغشية InAs العشوائية بطريقة التبخير الحـراري بـالفراغ علـى أرضيات من الزجاج بعد تحضير سبيكة InAs وذلك بأخذ نسب ذرية من عناصر As, In ذي نقاوة عالية 99.999% ، ثم وضعت هذه النسب الوزنية للعناصـر المـستعملة داخل أنبوبة من الكوارتز، بعدها أجريت عملية التفريغ بوساطة مفرغة ميكانيكيـة الـى ضغط يصل (10^{-2} torr) ثم وضعت الأنبوبة المفرغة داخل الفرن وبالاعتماد على

المخطط الطوري لهذه المادة تم تسخينها الى درجة حرارة 1273 K مدة (6-5) ساعات مع تحريك الأنبوبة بين مدة وأخرى لضمان تجانس الخليط ثم أخمدت بالماء البارد، وبعدها تقطع الأنبوبة من أحد طرفيها لإخراج السبيكة واستعمالها في تحضير النماذج.

يتم تحضير الأغشية على مرحلتين ففي المرحلة الأولى يتم تهيئة أقطاب التوصيل الأومي وذلك بتبخير أسلاك من الألمنيوم (Al) على أرضيات زجاجية مغطاة بالأقنعة الخاصة بالأقطاب وتتم عملية الترسيب بعد بلوغ القيمة المطلوبة من الضغط .

أما في المرحلة الثانية فمرحلة تحضير نماذج الأغشية فيتم أستبدال أقنعة التوصيل بأقنعة أخرى ذي فتحة مستطيلة الشكل بحيث تسمح بترسيب المادة بشكل يغطي الأقطاب الى النصف تقريباً لضمان التوصيل ويستعمل النصف الأخر من الأقطاب لربط أسلاك التوصيل .

يتم تحضير الأغشية بوضع مادة InAs التي تحقق السمك المطلوب في حويض من المولبيديوم (Mo) ، وعند بلوغ الضغط القيمة القصوى torr ($3*10^{-6}$) باستعمال وحدة التغطية من نوع E306 coating unit لشركة Edwards يتم ترسيب المادة على سطح الأرضيات المثبتة على بعد(15 cm) من الحويض، هذا وقد حضرت الأغشية بأسماك مختلفة nm (250,350,450) وبمعدل ترسيب (1 nm/sec) ، بعدها تم معاملة هذه الأغشية حرارياً ولمدة ساعة واحدة بدرجات حرارة تلدين مختلفة K (303,373,423,473,523) .

قيست القدرة الكهروحرارية (S) لجميع الأغشية المحضرة قبل التلدين وبعده وذلك بوضع النماذج المحضرة بين قطعتين معدنيتين على شكل متوازي مستطيلات محاط بصفيحة من النحاس الاصفر تسخن أحداهما وتبرد الأخرى بماء جار. ويثبت الانموذج بحيث تكون الأقطاب في حالة تماس مع القطعتين ويربط قطبي التوصيل الى جهاز Keithely 616 Voltmeter لقراءة فرق الجهد بين القطبين (ΔV) ويقاس تغير درجة الحرارة (ΔT) بين القطبين عن طريق مزدوج حراري الذي تمس نهايته الغشاء .

ومن الجدير بالذكر أن درجة حرارة الصفيحة الباردة T_1 تبقى ثابتة خلال العمل وتساوي 303 K ، أما درجة حرارة الصفيحة الساخنة T_2 فتتغير ضمن المدى الحراري K (408-303) قيست الفولتية V_2 ضمن هذا المدى ولكل خمس درجات حرارية.

وبعدها حسبت القـدرة الكهروحرارية (S) بتطبيق العلاقة (2,1):-

$$S=\Delta V/\Delta T \quad [1]$$

النتائج والمناقشة

من رسم العلاقة بين القدرة الكهروحرارية (S) مقابل مقلوب درجة الحرارة (1/T) لأغشـية a-InAs المحضرة بأسمـاك مختلفـة دالة لدرجة حرارة التلـدين ، شكـل (1) وجد أن للقدرة الكهروحرارية أشارة موجبة مما يدل على أن التوصيلية مـن نـوع p-type، وأن نوعية الحاملات لا تتغير مع تغير درجة حرارة التلدين .

الإشارة الموجبة للقدرة الكهروحرارية تشير الى أن مستوى فيرمي يقع الى الأسفل مـن وسط فجوة الطاقة ، وهذا يعني أن التوصيلية تكون ناتجة مـن انتقـال الفجـوات، وان الحالات الموضعية عند حافة حزمة التكافؤ هي التي تستعمل في عملية التوصيل.

هذه النتائج تؤكد صحة نتائج قياساتنا لتأثير هول (13) ، كما تتفق مع ما توصـلت إليـه الدراسة(14) من أن لمادة InAs توصيلية من نوع p-type .

يلاحظ من الشكل (1) أزدياد قيم S بزيادة درجة حرارة التلدين وهذا يعود الى نقـصان تركيز حاملات الشحنة (الفجوات) بزيادة درجة حرارة التلدين، بينما تتناقص قيم S بزيادة سمك الغشاء وقد يعزى ذلك الى أن زيادة السمك يؤدي الى نقـصان مراكـز أصـطياد حاملات الشحنة وهذا بدوره يؤدي الى زيادة تركيز حاملات الشحنة ومـن ثـم نقـصان قيم(S) .

حسبت طاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية (Es) التي تمثل فرق الطاقـة بـين مـستوى فيرمي، والطاقة عند الموضع الذي يحدث فيه انتقال الشحنات، من ميل المنحني المرسوم بين (S) مقابل (1/T).

ويبين الشكل (2) تغير Es مع تغير درجة حرارة التلدين دالة للسمك، إذ يلاحظ ازدياد قيم Es مع زيادة درجة حرارة التلدين، وقد يعزى السبب في ذلك الى أن عملية التلدين تعمل على تقليل كثافة الأواصر المتدلية وزوال الثغرات وقد تؤدي الى التقليل من الحالات

الموضعية داخل فجوة الطاقة ومن ثم زيادة طاقة التنشيط، بينما يبين لنا شكل (3) تناقص قيم Es مع زيادة سمك الغشاء المحضر قبل التلدين وبعده.

ولقد درس Nagels (15) ظاهرة القدرة الكهروحرارية لاشباه الموصلات العشوائية وبين أن هناك ثلاث ميكانيكيات ممكنة للتوصيل الكهروحراري وهي : (a) التوصيل في الحالات الممتدة لحزمة التوصيل وهنا تكون طاقة التنشيط للتوصيلية مقاربة لطاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية .(b) التوصيل في الحالات الموضعية قرب الحافة الحركية، وفي هذه الحالة يكون هنالك فرق بين طاقة التنشيط للتوصيلية وطاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية بمقدار طاقة التنشيط للتنطط. (c) التوصيل في الحالات الموضعية قرب مستوى فيرمي.

وعند مقارنة النتائج المستحصلة من بحثنا هذا مع النتائج التي حصلنا عليها عند قياس التوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية InAs العشوائية، نجد أن هناك فرقاً بين قيم Es وEa, إذ تكون قيم طاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية Es اقل من طاقة التنشيط للتوصيل الكهربائي Ea لاحظ جدول (1)، وهذا الفرق يمثل طاقة التنشيط للتنطط مما يدل على أن ميكانيكية توصيل القدرة الكهروحرارية تتم بوساطة انتقال الحاملات (الفجوات) المتهيجة في المستويات الموضعية عند حافة حزمة التكافؤ والتنطط في الحالات الموضعية عند ذيل الحزمة.

الاستنتاجات

النتائج التي حصلنا عليها من دراسة القدرة الكهروحرارية لأغشية InAs العشوائية والمحضرة بطريقة التبخير الحراري تبين أن للقدرة الكهروحرارية أشارة موجبة مما يؤكد أن التوصيلية من نوع p-type، وأن حاملات الشحنة الرئيسة هي الفجوات ، ولم تظهر عملية التلدين وتغير سمك الأغشية أي تغير على نوع حاملات الشحنة.

وقد أظهرت النتائج زيادة القدرة الكهروحرارية وطاقة التنشيط مع زيادة درجة حرارة التلدين ، بينما تناقصت كل من القدرة الكهروحرارية، وطاقة التنشيط مع زيادة سمك الأغشية.

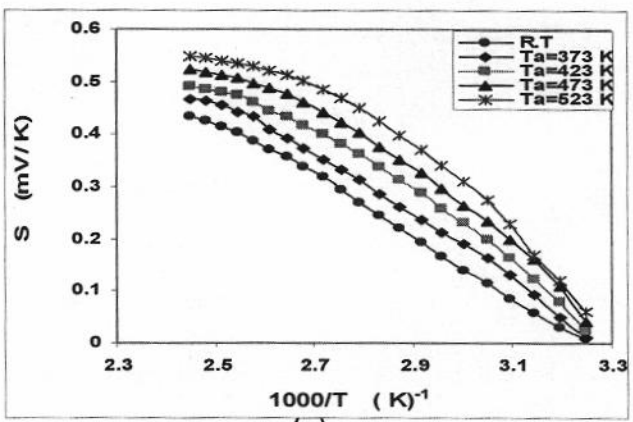
وكان هناك فرق بين طاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية وطاقة التنشيط للتوصيل الكهربائي.

المصادر

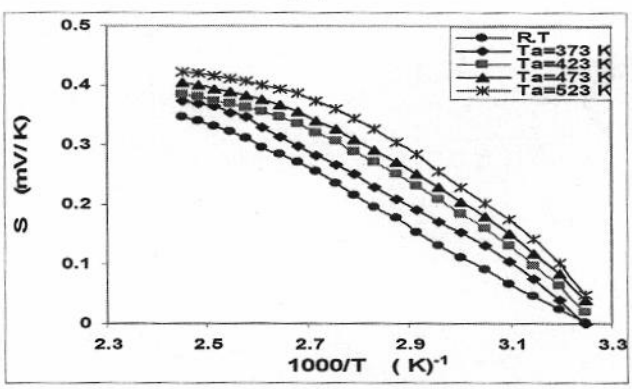
1. Trakalo, M.; Moore, C.J.; Leslie, J.D. and Brodie, D.E. (1984), "Rev.Sci.Instrum.", 55: (5) 754-757.
2. Kasap, S.O. (2002)"Principles of Electronic Materials and Devices", 2nd edition, McGraw Hill.
3. Francombe, M.H. and Johnson, J.E. (1969),"Physics of thin films", Ed by Georg Hass and R.E.Thun, Academic Press, New York, 5:143-229.
4. Wieder, H.H. (1970) "Intermetallic Semiconducting Films", Pergamon Press, Germany.
5. Sharma, A. K. and Jayarma Keddy, P. (1984)"Appl.Phys.A", 34: 69-74.
6. Mingo, N. (2004) "Appl.Phys.Lett.", 84: 2652-2658.
7. Mavrokefalos, A.; Pettes, M. T. and Shi, L. (2007) "Rev.Sci.Instrum.", 78: 034901.
8. Valentin, M.; Benedetto, B. and Luisa, P. (2004),"Journal of alloys and compounds", 366: (1) 152-160.
9. Szczyrbowski, J.; Czapla, A. and Jachimowski, M. (1977), "Thin Solid films", 42: 193-198.
10. Sharma, A. K. and Reddy, P.J. (2006),"Physica Status Solidi (a)", 61: (1) 295-299.
11. Botha, L.; Shamba, P. and Botha, J.R. (2006) "Semicond.Sci.Technol." 21:450-461.
12. Sharma, A.K. (1984), "Czech.J.Phys.B", 34: (7) 705-711.
13. Al-Maiyaly,B.K.H.(2000),"J.ofCol.ofEducation",AL-Mustansiriyah University, 2: 15-20.
14. Kaiwa, N.; Yamazaki, J.; Matsumoto, T. and Saito, M. (2007), "Appl.Phys.Lett.", 90: 52107.
15. Nagels, P.(1979),"Topics in applied physics amorphous Semiconductors " ed by Brodsky M.H.,36:116-159.

الجدول (1) قيم طاقات التنشيط للقدرة الكهروحرارية والتوصيل الكهربائي المستمر لأغشية InAs العشوائية المحضرة بسمك 450 nm .

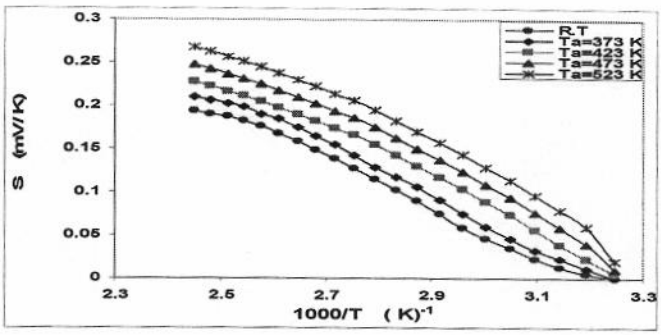
The case	Ea_2 (eV)	Es (eV)
R.T	0.35	0.307
Ta=373 K	0.38	0.334
Ta=423 K	0.42	0.374
Ta=473 K	0.45	0.414
Ta=523 K	0.483	0.44



(a)

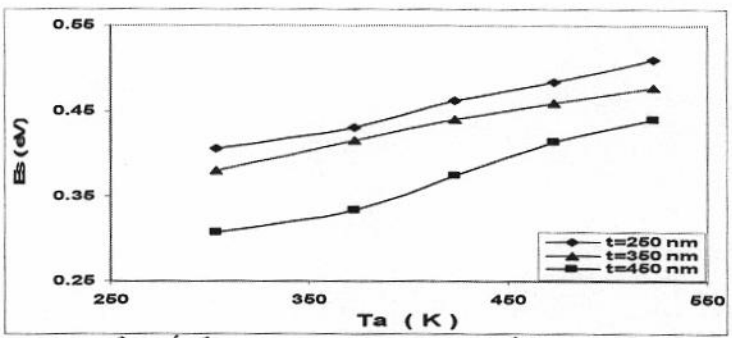


(b)

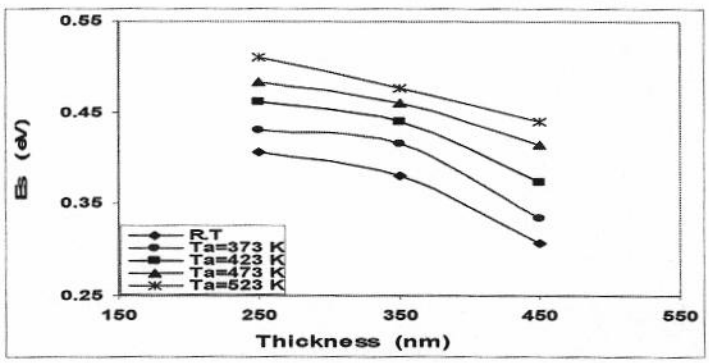


(c)

الشكل (1) تغير القدرة الكهروحرارية (S) مقابل مقلوب درجة الحرارة دالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية a-InAs المحضرة بسمك: (a) 250 nm. (b) 350 nm . (c) 450 nm .



الشكل (2) تغير طاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية لأغشية a-InAs مقابل تغير درجة حرارة التلدين دالة للسمك .



الشكل (3) تغير طاقة التنشيط للقدرة الكهروحرارية لأغشية a-InAs مقابل تغير السمك دالة لدرجة حرارة التلدين.

IBN AL- HAITHAM J. FOR PURE & APPL. SCI VOL.22 (1) 2009

Thermoelectric Power of Amorphous InAs Thin Films

B. K. H. Al-Maiyaly
Department of Physics ,College of Ibn Al-Haytham,
University of Baghdad

Abstract

The thermoelectric power (S) of thermal evaporated a-InAs films were measured in the temperature rang (303-408) K.

These films were prepared at different thickness (250,350,450) nm and treated at different annealing temperatures (303,373,423,473,523) K.

The behaviour of the thermoelectric power studies of these films as a function of thickness and annealing temperature showed the thermoelectric power an increasing trend with annealing temperature ,whereas it decreases as the film thickness increases.