

دراسة الخواص البصرية لكاشف شوتكي AL/n-GaSb

ضمن المدى الطيفي (0.7-1.8) um

السيد عبد السميع فوزي السيد نديم خالد حسن

جامعة تكريت . كلية التربية . قسم الفيزياء

السيدة ليلى عبد إسماعيل

المعهد الفني التكنولوجي / كركوك قسم الالكترونيك

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة الخواص البصرية المتمثلة بدراسة علاقة التيار الضوئي الناتج من الكاشف ، والطول الموجي للأشعة الساقطة ، التي من خلالها تم دراسة خصائص الاستجابة الطيفية ، ومدى تأثير الطول الموجي عليها ، فضلاً عن ذلك تم دراسة الكفاءة الكمية والتحسسية والكشفية النوعية والقدرة المكافئة للضوء للكاشف في حالة الانحياز العكسي أو عدمه .

المقدمة

تعرف كواشف شوتكي بأنها نبائط الكترونية تعمل على وفق مبدأ تحويل الأشعة الضوئية الساقطة إلى إشارات كهربائية خارجة يمكن قياسها . وتعتمد هذه الكواشف في عملها على نشوء حاملات الشحنة في أشباه الموصلات ، بسبب تهيجها بفعل الأشعة الضوئية الساقطة التي تعمل على تحفيز الالكترونات للانتقال من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ، ومن المستويات الموضعية localized state إلى حزمة التوصيل ، وتلعب هذه المستويات دوراً مهماً في تكوين حاجز شوتكي^(١) .

إن تماس معدن – شبه موصل يعرف عامة بحاجز شوتكي وإن هذا الحاجز ينتج من الفرق في دالة الشغل work function لمادتي شبه الموصل والمعدن ويعطي ارتفاع الحاجز على وفق المعادلة الآتية:

$$\varphi_d = \varphi_m - x_s \dots\dots\dots 1$$

إذ إن φ_m هي دالة الشغل للمعدن

X_s : الالفة الالكترونية affinity electron

وهي فرق الطاقة بين حافة التوصيل ومنسوب الفراغ (vacuum level) شبه الموصل ، وهي لا تعتمد على مستوى التطعيم ، ويفترض أن تكون دالة الشغل للمعدن أكبر الالفة الالكترونية في حالة أشباه الموصلات من النوع المانح Donor type ، والعكس صحيح في حالة النوع القابل acceptable type .

ϕ_d : ارتفاع حاجز شوتكي

ويتم نقل التيار في تماس معدن شبه موصل بواسطة الحاملات الأغلبية (majority carriers) ، وهناك أربعة ميكانيكيات مختلفة ويمكن أن ينتقل بها الحامل في شبه الموصل وتحت الانحياز الأمامي (forward biases) وعكس هذه العمليات تحدث بالنسبة إلى الانحياز العكسي (reverse biases) وهي^(٢) :

١. انبعاث الالكترونات من شبه الموصل عقبر قمة الحاجز إلى داخل المعدن .
٢. الحركة النفقية (tunneling) خلال الحاجز .
٣. إعادة الاتحاد (recombination) في منطقة النضوب depletion region .
٤. حقن الثقوب (holes injection) .

إن الانبعاث عبر قمة الحاجز هو الذي يكون مهيمناً على عمليات الانتقال في ثنائي شوتكي المثالي ، أما العمليات الأخرى فتسبب الانحراف عن السلوك المثالي للثنائي ، ولحظ أن وجود التصدع والتخلخل في المشبك البلوري عند سطح شبه الموصل يؤدي إلى نشوء عدد كبير من مستويات الطاقة السطحية في فجوة الطاقة المحظورة ، وهذه المستويات تفعل فعل المانحات أو القابلات ، فتؤثر على القيمة النهائية لارتفاع حاجز الحهد^(٣) ، إن وجود الطبقة البينية بين المعدن وشبه الموصل التلوث أثناء تحضير التماس المقوم rectified junction يبعد الثنائي عن السلوك المثالي .

حدثت تطورات كبيرة في السنوات الأخيرة في طرق تحضير وتصنيع كواشف الأشعة المرئية وتحت الحمراء القريبة والتي تصنع من تماس معدن - شبه موصل ، والتي تستعمل في التطبيقات الالكترونية ، إذ فسر Bude^(٤) الاستجابة الطيفية لأغشية انتيمون الكاليوم Gasb على أساس زيادة حركية الالكترونات من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من تحضير مادة انتيمون الكاليوم بطريقة الرش الكيماوي الحراري ، وتمكن الباحث Menezer^(٥) دراسة نسبة التيار الضوئي إلى تيار الظلام لأغشية رقيقة من مادة انتيمون الكاليوم المحضر بطريقة الرش الكيماوي ، فوجد أنها تساوي ٥٠ عند شدة إضاءة (100 Ft candles) أما AgninoTri^(٦) وجماعته فقد تمكنوا من قياس أعظم استجابة طيفية ناتجة عن تحضير الأغشية الرقيقة لمادة انتيمون الكاليوم عند الطول الموجي 490 nm ، وذلك حين تتغير نسبة ايونات الكاليوم إلى ايونات الانتيمون .

مراحل التصنيع والقياسات العملية

تتضمن مراحل تصنيع كواشف من نوع شوتكي عدة عمليات تبدأ بعملية التنظيف ، و المتمثلة بالتنظيف الكيميائي (chemical cleaning) والإزالة (Etching) ، وعملية التبخير المتمثلة بالاتصال الأومي (ohmic contact) واتصال شوتكي Schottky contact ، بعد ذلك جرت عملية التلدين (annealing) وتقطيع الشريحة الحاوية على الثنائيات إلى ثنائيات منفصلة ثم عملية التجميع المتمثلة بالالصق وربط الأسلاك وتغليف العينات للمحافظة عليها ، أما فيما يخص القياسات البصرية فقد تم استعمال منظومة OPTRONIC LABORIES ,INCDSR -500 أمريكية المنشأ ، وتشمل هذه المنظومة مصدرًا ضوئيًا تتكستن – هالوجين ذا قدرة (250W) وانبعاثه ضمن المدى الطيفي (200 - 2000 nm) مع جهاز قدرة خاص به ، وتشمل المنظومة محلل الأطياف monochromater الذي يعطي أشعة ضوئية بترددات مختلفة ويعمل ضمن المدى الطيفي (0.1-2 um) باستعمال محزرات حيود مختلفة وبقدرة تحليلية 0.1 um ، وكذلك على مرشحات بصرية مختلفة ومجموعة عدسات تقوم بتركيز الأشعة الخارجة من المحلل الطيفي وإسقاطها على الكاشف المراد فحصه ، وتشمل المنظومة جهازًا لقياس التيار الضعيفة 10⁻¹² mp لأغراض الكشف وجهاز قياس القدرة الإشعاعية وشدة الإضاءة الساقطة على الكاشف.

القياسات العملية

A : علاقة التيار الضوئي مع الطول الموجي

تعتمد عملية امتصاص الأشعة في المنطقة تحت الحمراء القريبة بصورة محسوسة على الطول الموجي للفوتون الساقط ، فحينئذ ينشأ الفوتون الممتص أزواجاً (إلكترون – ثقب) في منطقة النضوب والمنطقة المحيطة بمنطقة النضوب لشبه الموصل ، إذ إن معامل الامتصاص تعتمد على طاقة الفوتون الساقط بالنسبة إلى فجوة الطاقة لشبه الموصل أي إن $h\nu < E_g$ حينما تتحرك الثقوب من شبه الموصل باتجاه المعدن والالكترونات باتجاه شبه الموصل سيتولد التيار الضوئي .

إذن التيار الضوئي ينتج بصورة أساسية من انتقال الالكترونات من حزمة إلى حزمة (band to band) من الشكل (١) والذي يوضح العلاقة بين التيار الضوئي الطول الموجي ، فسيؤدي إلى أن الأشعة الساقطة ستمتص إلى داخل شبه الموصل، وبفعل المجال الكهربائي الداخلي ستزداد عملية فصل الحاملات، مما سيؤدي إلى زيادة في قيمة التيار الضوئي إلى أن تصل إلى أعظم قيمة لها عند الطول الموجي 1200 nm ، بعدها يبدأ التيار الضوئي بالهبوط، لأن طاقة الفوتون الساقطة ستقترب من حزمة الفجوة وبالمقابل ستؤدي إلى تقليل

عملية فصل الحاملات، بسبب تناقص تأثير المجال الكهربائي الداخلي، ويظهر أيضاً تأثير إعادة الاتحاد، ليمثل التيار الضوئي الخارج.

B: الاستجابة الطيفية Responsivity

تعتمد الاستجابات الطيفية أساساً على التيار الضوئي استناداً ، إلى العلاقة الرياضية

$$R = \frac{I_{ph}}{P_{opt}} \dots\dots\dots 2 \quad \text{الآتية:}$$

وان الاستجابة الطيفية تعتمد بدورها على الطول الموجي للفوتون الساقط ، إذ إن I_{ph} يمثل التيار الضوئي الخارج P_{opt} قدرة الأشعة الضوئية الساقطة ، إذ إن الأطوال الموجية التي تكون أكبر من الطول الموجي القاطع أو الحرج تكون استجابة قليلة جداً ، إن لم تكن معدومة . ومن الشكل (٢) نلاحظ إن استجابة كاشف GaSb تمتد ضمن المنطقة الطيفية التي تمثل الأطوال الموجية (700-1800) nm ، وتكون أقصى استجابة لهذا الكاشف (0.23 Amp/watt) عند الطول الموجي (1200nm).

C: الكفاءة الكمية Quantum Efficiency

إن الكفاءة الكمية هي دالة للاستجابة الطيفية استناداً إلى العلاقة الرياضية الآتية:

$$\eta = R / \lambda * hc / g \dots\dots\dots 3$$

لذا فإن قيمة الكفاءة الكمية تتغير تبعاً لتغير قيم الاستجابة ، لذا فإن الكفاءة تكون (0.09) ، وذلك عند الطول الموجي (750 nm) ، وتصل إلى أعظم قيمة لها عند الطول الموجي (1200 nm) تكون (0.24) ، وكما موضح في الشكل (٣).

D- القدرة المكافئة للضوء Noise equivalent power (NEP)

نلاحظ من الشكل (٤) إن أقل قدرة مكافئة للضوء قد قيست لكاشف Al/n

$$2 * 10^{-11} \text{w} \text{ هي GaSb.}$$

E- التحسسية Detectivity

تعرف التحسسية للكاشف بأنها مقلوب القدرة المكافئة للضوء ، وهي كذلك دالة للاستجابة الطيفية ، فهي تتغير بتغير الاستجابة ، كما موضح في الشكل (٤) ، فقد بلغت التحسسية (0.5 watt) عند الطول الموجي (750nm) ، وبلغت أقصى قيمة لها عند الطول الموجي (1200 nm) إذ بلغت (45.5 watt).

الاستنتاجات :

١. أظهر الكاشف أقصى استجابة عند الطول الموجي (1200 nm) .
٢. يتبين لنا أن أقصى كفاءة كمية كانت (0.24 %) .
٣. أظهرت النتائج إن أقصى تحسسية للكاشف كانت (0.23 Amp/watt) ، وذلك عند الطول الموجي (1200 nm) .

شكل (١) العلاقة بين التيار الضوئي المتولد من الكاشف Al/n-GaSb والأطوال الموجية للأشعة الساقطة



شكل (٢) يبين تأثير الطول الموجي على استجابة كاشف Al/n-GaSb

شكل (٣) يبين تأثير الكفاءة الكمية للأطوال الموجية لكاشف Al/n-GaSb



شكل (٤) يبين تغير القدرة المكافئة للضوء لكاشف Al/n-GaSb

شكل (٥) يبين تغير التحسية للأطوال الموجية لكاشف Al/n-GaSb



REFERENCES

- 1- N. F. Mott, Proc.camb-phil.soc, 34,568, (1938).
- 2- E. H. R Hoderick, Transport Processes in Schottky, inst of phys.conf. No. 22,3, (1974).
- 3- S. M. Sze, Semiconductor Devices Physics and Technology, 162, (1985).
- 4- R. H. Bude and W. C. Ho, Journal Appl Physics, 45,648, (1984).
- 5- C. Menezes and N. Pavaskow, J.Appl Phys. 7,743, (1990).
- 6- O. P. Agninothri, B. K. Gupta and Ahmaraza, Thin Solid Film, 153, (1992).
- 7- B. L. Smith, J.Appl.Phys. Vol. 40, 4675, (1969).



**Studying the Optical Properties of (AL/n-GaSb) Schottky Detector
through Spectral Response (0.7-1.8) um**

Abstract

In the present work the optical properties studied include the relation between the photo current which obtained from the detector and the wave length to the incident light and through it the properties of responsivity and the range of the effective wave length was studied in addition to the quantum efficiency and specific delectivity also the noise equivalent power of the detector included this work .