تصنيع كاشف السيلكون المطعم ودراسة خواصه الكهروبصرية

ياسين حميد محمود[١] و محمد شياع مرعي[١] و نادية عبدالرحمن ياسين[٢]

[١] قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

[٢] قسم الفيزياء ، كلية التربية، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: ١٥ / ٤ /٢٠٠٨ ، تاريخ القبول: ١٦ / ٩ /٢٠٠٨)

الملخص

في هذا البحث تم تصنيع كاشف السيلكون المطعم بالفضة بطريقة الاشابة بالانتشار الحراري كما تم دراسة بعض خواصة الكهروبصرية حيث اثبتت النتائج بان للكاشف استجابة طيفية بحدود (0.5A/W) عند الطول الموجي (900nm) بينما بلغت قيمته الكشفية ($5*10^{11}cmHZ^{1/2}W^{-1}$)

المقدمة:

ان تصنيع الكواشف باختلاف انواعها مرت بمراحل مختلفة وقد انجزت عدة بحوث في مجال الاشعة تحت الحمراء[1] حيث تمت دراسة الانتشار المحتث والعيوب في الجرمانيوم[2] اعقب ذلك دراسة الانتشار في بلورة ارسنيد الكاليوم[3] وغيرها من الكواشف ذات التطبيقات في مجال الاشعة تحت الحمراء، كما يتضمن البحث محورين اساسيين هما تصنيع الكاشف السيلكوني بطريقة الانتشار الحراري واجراء القياسات المهمة التي لها علاقة في تحديد خصائصه وعمله ثم تحضير العينة بعد ترسيب الفضة عليها واجراء عملية التلدين بمعزل عن الهواء وذلك للحصول على كاشف سيلكوني ضمن المواغصفات القياسية[4] يعمل بالمدى nm(1200-250) وله استجابه طيفية جيدة عند الطول الموجي nm(950-800) وسرعة عالية للاستفادة منه في انظمة التحسس بالاضاءة واجهزة السيطرة بالاشعة تحت الحمراء والليزر.

الجانب النظري:

ان عمل الكواشف يعتمد بشكل اساسي على نوعين من عغمليات الامتصاص وهما:

١.عمليات الامتصاص الاساسية: تحصل هذه العملية اذا كانت طاقة الفوتون الساقط اكبر من فجوة الطاقة للمادة شبه الموصلة $h\mu \geq Eg$ حيث h: ثابت بلانك ، μ: التردد ، E_g طاقة الفجوة وينشا عن هكذا امتصاص توليد مزدوج الكترون–فجوة بسبب انتقال الالكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ويعتمد معامل الامتصاص لهذه المواد على مقدار ونوع فجوة الطاقة وعلى طاقة الفوتون الساقط وتختلف عملية الامتصاص للمواد ذات الفجوة المباشرة مثل السلكون وارسنيد الكاليوم [5]

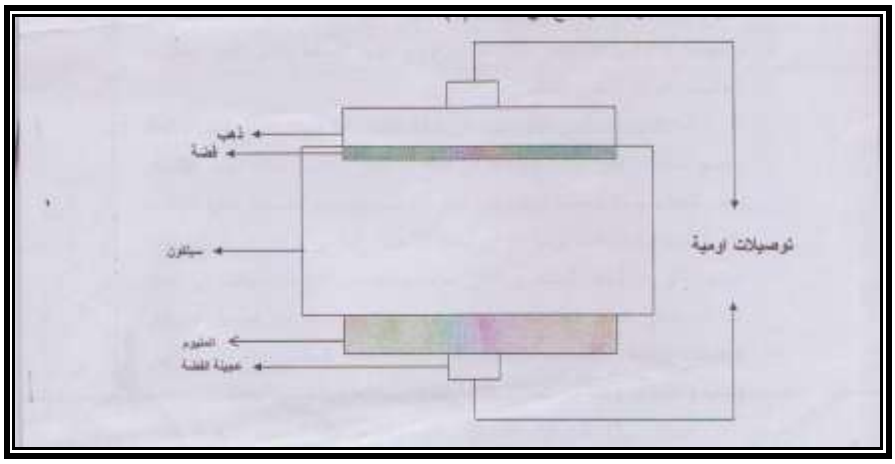
٢.عمليات الامتصاص بواسطة الشوائب: وتحصل اذا كانت طاقة الفوتون الساقط اقل من فجوة الطاقة للمادة شبه الموصلة ($\lambda > \lambda_c$) ولكنها اكبر من طاقة التاين للذرة الشائبة، في عمليات الامتصاص هذه يتولد اما الكترون حر وايون موجب او فجوة حرة وايون سالب ويتناسب معامل الامتصاص بالشوائب (α_{im}) مع تركيز الشوائب المتاينة حراريا N_T ومع مساحة المقطع العرضي للامتصاص (σ) [6]

$\alpha_{im} = N_T * \sigma$ وبشكل عام يكون معامل الامتصاص بالشوائب اقل من معامل الامتصاص للعمليات الاساسية ومن الكواشف التي تعمل بهذه الميكانيكية هي كواشف التوصيلية غير الذاتية.

الجانب العملي:

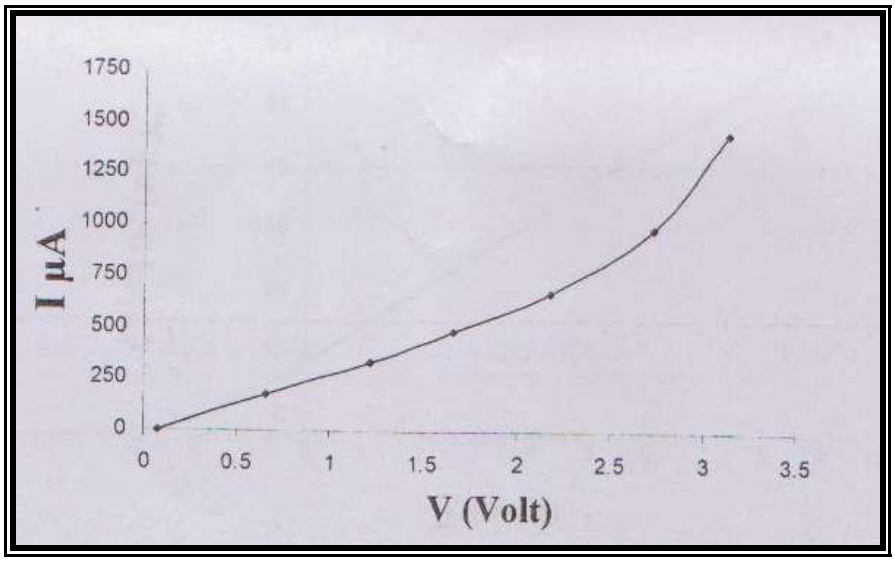
يتضمن هذا الجانب تصنيع الكاشف بطريقة الانتشار الحراري واجراء القياسات اللازمة لتحديد خصائصه الكهربائية ابتدا من تحضير شرائح السيلكون حيث تضمنت عملية استخدام شرائح السيلكون احادية التبلور من نوع (p-Type) ذات معاملات ميللر (111) وبسمك (500μm) وتوصيلية كهربائية ($0.2\ \Omega^{-1}\ c\ m^{-1}$)، في البدء تم تنظيف الشرائح بالماء المقطر وغسلها بكحول الايثانول في جهاز الذبذبات فوق الصوتية لمدة (١٥) دقيقة بعد ذلك تم اجراء عملية التنظيف الكيمياوي للتخلص من الطبقات الموجودة على السطح وطبقة الاوكسيد التي قد تكون موجودة على السطح حيث وضعت العينات في حامض الخليك (CH_3COOH) وحامض النتريك (HNO_3) مضافا اليها حامض الهيدروقلوريك (HF) والذي (CP-4) بنسبة حجمية (2:3:2) وبتراكيز 99% ، 70%، 49% على التوالي ووضعت الشرائح في المحلول لمدة (٣) دقائق بعد ذلك جففت العينات بالهواء الساخن بعد هذه العملية تم ترسيب غشاء رقيق من مادة الفضة النقية (99.99) على شرائح السيلكون باستخدام منظومة التبخير الحراري نوع(Balzers BaE 370) تحت ضغط واطئ بحدود (10^{-5}) Toor اذ تتكون المنظومة بشكل عام من حجرة التبخير التي تحتوي على اقطاب كهربائية بينهما حويض تبخير من مادة المولبدينيوم (Mo) وذلك لوضع المادة المراد تبخيرها مع حامل لقواعد الترسيب (Substrate) بالاضافة الى بلورة الكوارتز التي تقوم بقياس سمك الغشاء المرسب اثناء عملية التبخير، كما يفضل بين حويض التبخير وحامل العينات حاجز (Shutter) يعمل على منع او ايقاف عملية الترسيب عند الوصول الى السمك المطلوب وتفرغ حجرة التبخير بنوعين من المضخات الميكانيكية ذات مرحلتين (Double Stage Rotary Pump) كتفريغ لغاية (10^{-3} Torr) يعقبها عمل المضخة الانتشارية (Diffusion Pump) كتفريغ الحجرة الى (10^{-7} Torr) مع وجود قياس ضغط نوع (Penning Gauge) وقد تم ترسيب غشاء الفضة بسمك (0.03μm) علما بان نقاوة مادة الفضة هو (99.999) تؤخذ العينة بعد ذلك وتوضع في زجاجة التلدين وهي زجاجة من مادة الكوارتز مفرغة من الهواء لغاية (10^{-5} Torr) وتوضع الزجاجة في داخل الفرن بدرجة C°(450) لمدة ٢٥ دقيقة بعدها يتم اخراج العينة وتنظيفها بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaoH) المخفف بالماء المقطر، يتم عمل قناع خاص من مادة الالمنيوم وتجهيزها لغرض طلاء الاقطاب حيث تغطى جميع اجزاء العينة عدا الجزء المراد

طلائه وبذلك يتم طلاء طبقة الذهب بسمك (1µm) على الوجه (n-type) ومادة الالمنيوم على الوجه (p-type) وبنفس السمك (1µm). فحصت العينة قبل عملية طلاء الاقطاب للتاكد من نوعية الحاملات هل هي الفجوات ام الالكترونات علما ان الشريحة الاساسية كانت من نوع (p-type) بعد ذلك تقطع العينة وتثبت على قواعد ترانزستور بعد ربط اسلاك توصيل لها بمادة عجينة الفضة (Silver Paste). والشكل رقم (١) يوضح لنا كاشف السيلكون المصنع.



شكل (١) الكاشف مع الاقطاب المرسبة عليه

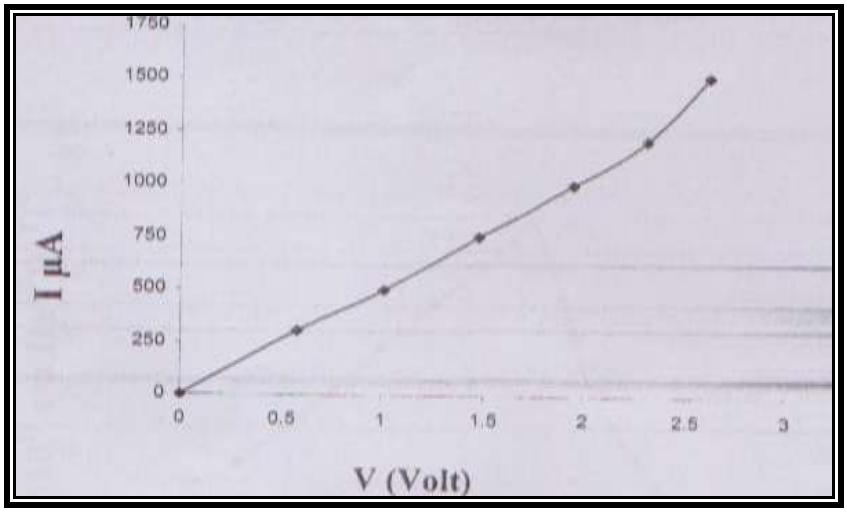
النتائج والمناقشة: تمثل خصائص تيار – جهد في حالة الظلام احد المعلمات المهمة في فحوصات الكواشف ومن خلاله يتضح لنا سلوكية التيار مع الجهد على طرفي الكاشف في الانحياز الامامي والخلفي كما موضح في الشكل (٢).



شكل (٢) خصائص تيار جهد عند الظلام

من خلال الشكل (٢) نلاحظ تغير تيار الانحياز الامامي والعكسي كدالة لظروف التصنيع وبشكل عام ينشا تيار الانحياز الامامي في حالة الظم نتيجة انتقال حاملات الشحنة الاغلبية والجهد المسلط يعمل على حقن حاملات الشحنة مما ينتج عنه انخفاض في قيمة جهد البناء الداخلي وتناقص عرض منطقة النضوب ويكون تركيز الحاملات بنوعيه الاقلية والاغلبية اكبر من مربع تركيز الحاملات الذاتية ولهذا ينشا تيار اعادة الاتحاد، يمكن تقسيم منطقة تيار جهد في حالة الانحياز الامامي الى منطقتين الاولى تمثل قيما من الجهد الواطئ وتكون الزيادة في التيار قليلة وهذه الزيادة نتيجة لتغير تيار الاتحاد مع الجهد من خلال تغير عرض منطقة النضوب والمنطقة الثانية يزداد التيار بشكل متسارع مع الجهد المسلط والتي تعد منطقة الفولتيات العالية او تيار الانتشار.

اما نتائج خصائص تيار–جهد في حالة الاضاءة فيمثلها شكل (٣).



شكل (٣) خصائص تيار–جهد عند الاضاءة

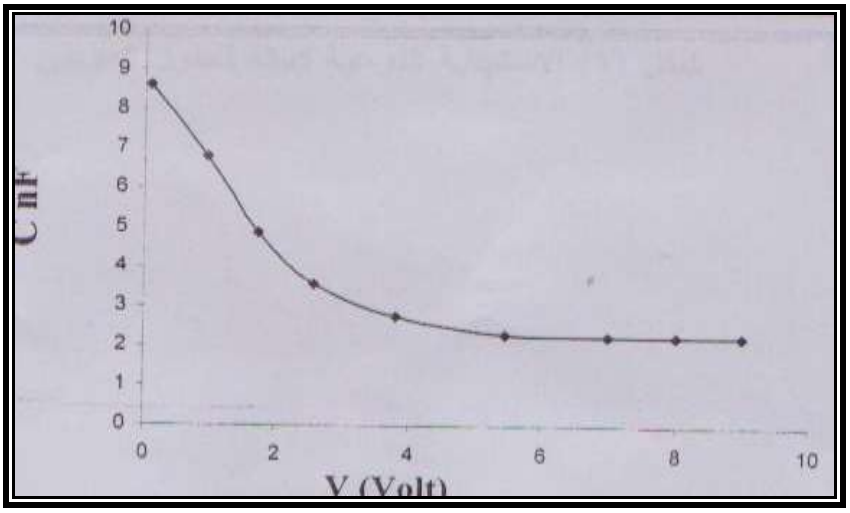
يوضح منحنيات تغير تيار الاضاءة في حالة الانحياز العكسي كدالة لجهد الانحياز وعند كثافة ضوئية مختلفة وبشكل عام ابدى الكاشف المصنع استجابة عالية لكثافة القدرة الضوئية الساقطة حيث انه في حالة الانحياز العكسي يزداد عرض منطقة النضوب بزيادة الجهد المسلط وبالتالي سوف يستفيد من الاشعة الساقطة في فصل مزدوجات الكترون–فجوة في منطقة النضوب وعلى طرفيها وبشكل مساو الى عمق انتشار حاملات الاقلية ولذلك التيار الضوئي في حالة الانحياز العكسي دالة كلك من تيار التوليد والانتشار وكما في العلاقة الاتية [7]$I_{ph}=qA_dG_{ph}(w\pm L_n+L_p)$ حيث

G_{ph} معدل توليد الحاملات الضوئية وهو دالة لمعامل الامتصاص

L_p ، L_n عمق الانتشار للحاملات

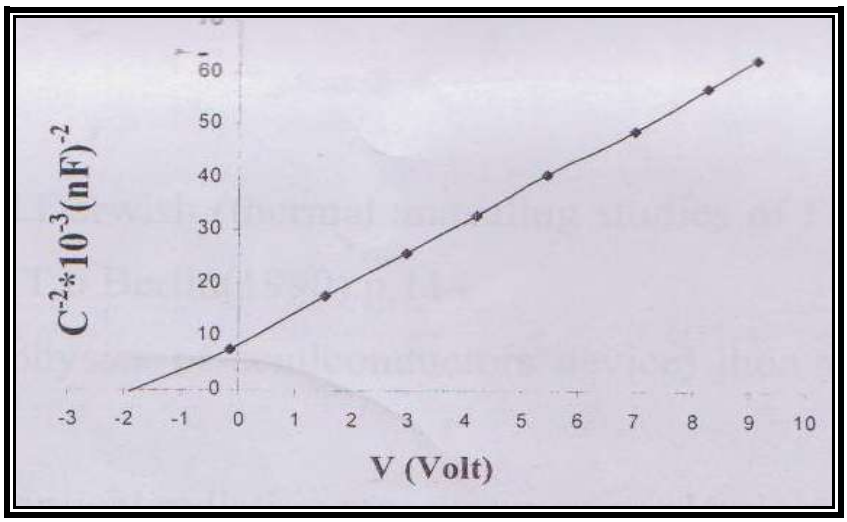
I_{ph} التيار الضوئي.

وكذلك فان زيادة الجهد تسبب زيادة في قيمة المجال الكهربائي ضمن منطقة النضوب مما يؤدي الى احتمالية فصل المزدوج (الكترون–فجوة) والمساهمة في التيار الضوئي. اما خصائص سعة–جهد فيمثلها الشكل (٤).



شكل (٤) خصائص تيار سعة

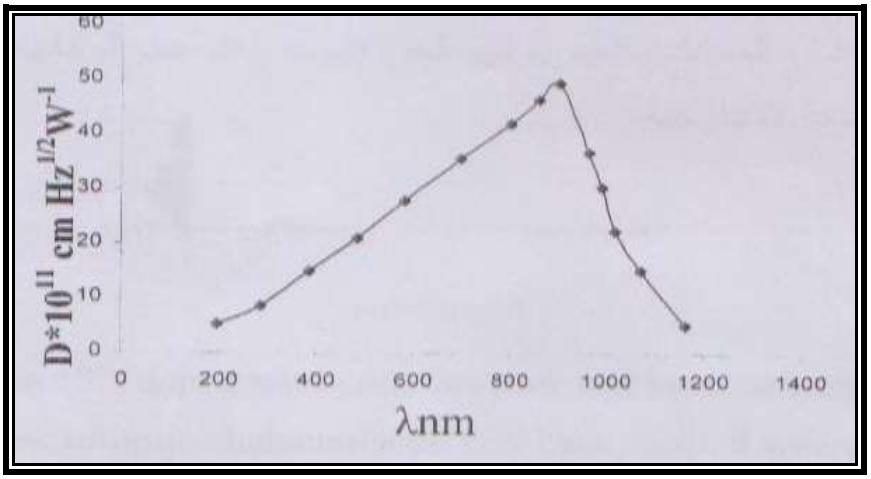
حيث تم فحص العينات بواسطة جهاز (Impedens Analyzer) باعطاء فولتية وترددات معينة للعينة وقياس السعة في كل مرة كدالة للتردد والجهد وبعد ذلك يتم رسم العلاقة بين السعة والجهد وهي احدى الخصائص التي يعول عليها في وصف الوصلة المتكونة وتحديد نوعيتها وكذلك نستطيع من خلالها معرفة كل من جهد البناء الداخلي وعرض منطقة النضوب[2]، اما الشكل (٥) فيوضح خصائص سعة –جهد عند الانحياز العكسي حيث يلاحظ من المنحني تناقص السعة مع زيادة الجهد العكسي ويزداد عرض منطقة النضوب مما يؤدي الى نقصان سع الوصلة كما يلاحظ ان السعة تتناقص بشكل اسي اي تحقق العلاقة[8] $C=KV^{-y}$ حيثK ثابت (y) يحدد نوع الوصلة ولتحديد نوع الوصلة نرسم علاقة بين مقلوب مربع السعة مع الجهد العكسي شكل رقم (٥).



شكل (٥) مقلوب مربع السعة كدالة لفرق الجهد

اذ نلاحظ ان المقدار y يساوي ½ وهذا يدل على ان الوصلة من النوع الحاد[9]. ومن المعلومات المهمة التي يمكن الحصول عليها من خصائص سعة–جهد هي مقدار حاجز جهد البناء الداخلي (V_{bi}) الذي يعطي من تقاطع الخط المستقيم لمنحني ($V\text{-}1/C^2$) مع محور الجهد ($1/C^2=0$) [7-9].

اما الشكل (٦) فيمثل العلاقة بين الطول الموجي والاستجابية.



شكل (٦) الاستجابية النوعية كدالة للطول الموجي

ان اعلى استجابية عند الطول الموجي (0.9μm) (0.5A/W) يبدا بعدها بالنقصان قبل وبعد القمة وهي ميزة الكواشف الفوتونية ويعزى وجود قمة استجابة الى كون معامل الامتصاص لمادة السيلكون لهذا الطول الموجي اقل من نظيره للمنطقة المرئية وبالتالي فان عمق الامتصاص (α^{-}) [1] يكون اكبر اي ان امتصاصه للضوء يكون ضمن منطقة النضوب او طول الانتشار للحاملات فيسهم بشكل فعال في زيادة مقدار الاستجابية-8] [2 ومن خلال الاستجابية نجد قيمة الكشفية النوعية (D^*) $D^*=S_\lambda (A\Delta f)^{1/2}/I_n$ حيث S_λ الاستجابية الطيفية

A مساحة الكاشف

I_n التيار (ضوضاء +ظلام)

Δf عرض النطاق الترددي.

حيث تعتبر من اهم العوامل في تقسيم الكواشف من خلال ذلك نلاحظ ان الكاشف يستجيب بشكل جيد لليزر النبظي (0.94μm, 200sec) وكذلك لليزر الياك (1.06μm)

المصادر

1. M.C.Schlamp, X. Pengand A.P. Alivisatos, J.Appl, phys. 82(1997)5837.
2. S.M. Sze. (physics of semiconductors device) Jhon Willy and Sons (1981).
3. W. Budde (optical radiation measurement) academic press Vol.4, (1983) p, 268.
4. A. Zunger (solid state theory photo voltac conference Junuary 2005, 192)
5. R.A Smith semiconductors 2nd edition Cambridge University press, London (1978) p, 190, 191, 197.
6. W.L. Brown , J. Vac, Sci. Technol. Vol. 20, No.3 (1982).
7. A.S. Gove "physics & technology of semiconductors Devices, John Willy & Sons, INC. (1967), P,180.
8. S.G.Kivak & G.N. Saritskil, Sov. Phys semiconductors Vol.18.No.11, (1984), p, 1223.
9. D.A. Vakhabov, As. Zakivov, N.I. Ibragimev, Sov, Phys. Semiconductors Vol.15, No.4, (1981), P, 455.

Fibrication and Study the Optoelectronics Properties of Silicon detector

Yassin .H. Mahmood[1] , Mohammed Sh. Marie[1] , Nada A. Yassin[2]

[1]Department of Physics , College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

[2] Department of Physics , College of Education, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

(Received 15 / 4 / 2008 , Accepted 16 / 9 / 2008)

Abstract:

Silicon doped with silver detectors has den constructed in this work, it is optoelectronic characteristics also has been studied where the results showed that the spectral responsively was around (0.5A/W) at (900nm) wave length, while detectives reaches ($50*10^{11}$ cm $HZ^{1/2}$ W^{-1}).