تصنيع كاشف مفرق هجين من أوكسيد الخارصين المشوب بالمغنسيوم $\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05}/\text{Si}$ بطريقة الرش الكيميائي الحراري ودراسة خصائصه الكهربائية

رافع عبدالله منيف* رائد عبد الوهاب إسماعيل صبري جاسم محمد
قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة كركوك قسم العلوم التطبيقية/ الجامعة التكنولوجية قسم الفيزياء/ كلية التربية/ جامعة تكريت
*Email: Rafeamonef@yahoo.com

(أُستلم 3/ 11/ 2013 ؛ قُبِل 5/ 5/ 2014)

الملخص

صُنِعَ كاشف مفرق هجين (Hetro-junction) من أوكسيد الخارصين المشوب بالمغنسيوم $\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05}/\text{Si}$ بطريقة الرش الكيميائي الحراري. رُسِبَت الأغشية على شرائح من السليكون نوع n من محلول نترات الخارصين المائية $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ بمولارية 0.2 و بدرجة حرارة ارضية 673K والغاز الناقل هو النتروجين. وقد تمت دراسة الخصائص الكهربائية وقياس عامل المثالية للكاشف المصنع الذي وجد ان قيمته تساوي 1.8. وكذلك تم قياس الفولتائية للكاشف المصنع وتيار دائرة القصر وفولتية الدائرة المفتوحة وأيضا قياس قيمة الاستجابة الطيفية وكانت 0.4 A/w والكفاءة الكمية إذ بلغت 65.55% عند الطول الموجي (850nm). كذلك وجد أن قيمة الكشفية النوعية هي $(0.91 \times 10^{12} \text{ cm.Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1})$ عند الطول الموجي (850nm) وان زمن النهوض للكاشف المصنع هو بحدود (50ns).

الكلمات الدالة: المفرق الهجين، الرش الكيميائي الحراري، الاستجابة الطيفية، اوكسيد الخارصين.

Fabrication of Hetrojunction Detector $\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05}/\text{Si}$ Using Chemical Spray Pyrolysis Method and Studying Electrical Characteristics.

Rafea A. Monef
Department of Physics/ College
of Science/ University of
Karkouk

Riad A. Asmiel
University of Technology

Sabre G. Mohmmmed
Department of Physics/ College
of Education /University of
Tikreet

ABSTRACT

In this work $\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05}/\text{Si}$ hetrojunction detector was fabricated using chemical spray pyrolysis (CSP) method. The thin films were deposited on n-type silicon using $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, for molarity (0.2 M) and substrate temperature 673 K. The carrier gas is Nitrogen.

The electrical properties, voltage and short circuit current are calculated. Ideal factor was 1.8, quantum efficiency was about 65.55% at wavelength 859 nm with a value of specific defectively of $(0.91 \times 10^{12} \text{ cm.Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1})$. The maximum spectra responsivity was 0.4 A/w . The calculated rise time of the detector was found to be around 50 ns.

Keywords: Hetrojunction, chemical spray pyrolysis, spectra responsivity, Zinc oxide

المقدمة

يعد اوكسيد الخارصين ZnO شبه موصل يتكون من عنصرين، عنصر من المجموعة IIB وهو الخارصين Zn وعنصر من المجموعة VI وهو الأوكسجين O، له تركيب بلوري سداسي (Hexagonal) والأصرة التي تربط بين الذرات أصرة تساهمية، ولكن المساهمة الأيونية في الأصرة تكون اكبر وصفة الاستقطاب أقوى. اوكسيد الخارصين (ZnO) هو مركب ابيض اللون، يصفر عند التسخين بسبب تشوهات الشبكة، وهو أوكسيد امفوتييري لأنه لا يذوب في الماء والكحول ويذوب في الحوامض مثل حامض الخليك والحوامض المعدنية وفي الامونيا وكاربونات الامونيوم والهيدروكسيدات القلوية (Kammler *et al.*, 2000)

(Song *et al.*, 2002) (Martfnez *et al.*, 1997). كما انه مركب غير سام بعكس مركبات الكاديوم وهو من اكاسيد التوصيل الشفافة الذي يمتاز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء (Bouderbala *et al.*, 2008)، فضلا عن امتلاكه توصيلية كهربائية جيدة من النوع السالب (n-type) وينسب ذلك إلى التشويب الذي تسببه فراغات الأوكسجين او الذرات البينية للخارصين وهذه الفراغات او الذرات البينية تعطي حالات مانحة سطحية اسفل حزمة التوصيل. تعد المفارق الهجينية من النبائط المهمة ولها تطبيقات واسعة في كثير من الأجهزة منها الخلايا الشمسية ذات المفارق الهجين ذات الكفاءة العالية لذا فمن الضروري فهم عمل هذه النبائط والإحاطة بفيزيائيتها. وتعرف بأنها اتصال بين مادتين شبه موصلتين مختلفتين في فجوة الطاقة وثابت العزل الكهربائي وفي الألفة الإلكترونية ودالة الشغل أيضاً وهناك فارق في ثوابت الشبكة يسمى باللاتوافق الشبكي (Lattice mismatch) (Sharma and purophit, 1974) (Milnes and Feucht, 1972) يمكن تصنيف المفارق الهجين الى مفارق هجين حاد (Abrupt) ومتدرج (Graded) وذلك اعتماداً على المسافة التي يتم من خلالها الانتقال من إحدى المادتين إلى الأخرى (Eboth *et al.*, 2003) وكذلك يصنف المفارق الهجين حسب نوع التوصيلية الكهربائية على كل جانب من جانبيه أي اذا أظهرت المادتين شبه الموصلتين النوع نفسه من التوصيلية يسمى مفارق هجين متماثل (Isotype Heterojunction) مثل (n-n) و (p-p) وبخلاف ذلك يسمى مفارق هجين غير متماثل (AnIsotype Heterojunction) مثل (p-n) و (n-p) (Raegan, 2005) إن مواد أشباه الموصلات المختلفة لا تمتلك عموماً فجوة طاقة متشابهة وإن هذا يشكل عدم تواصل (Discontinuity) في حزم الطاقة للسطح البيني وبسبب عدم التواصل تختلف خصائص تيار- جهد للمفارق الهجينة عن المفارق المتجانسة (Homojunction) المتكونة بواسطة الترابط بين مادتين شبه موصلتين متشابهة. إن المفارق الهجينة عموماً تحضر بواسطة التنمية الفوقية (Epitaxial growth) لأحد المواد شبه الموصلة على مادة شبه موصلة أخرى مختلفة هناك تقنيات عديدة لتصنيع المفارق الهجينة ومنها طريقة الرش الكيميائية Chemical Spry Method. إن هذه الطريقة تمتلك خصائص ومميزات تعتمد عليها خصائص المفارق الهجين الذي يتم تحضيره، لذا فإن اختيار طريقة تصنيع المفارق تكون ذات أهمية خاصة إذ تكون خصائص المفارق الهجين دالة للطريقة التي يتم بها التصنيع والتي تكون مرتبطة بالتركيب الدقيق للمادتين شبه الموصلتين (Hamad, 2008). استخدمت المفارق الهجينة في صناعة العديد من نباط أشباه الموصلات مثل صناعة الخلايا الشمسية بكفاءة عالية، والترانسسترات والكواشف وليزرز أشباه الموصلات وغيرها من التطبيقات (Streetman and Banerjee, 2000).

الشكل 1: الجهاز المستخدم في الرش.

1- مصدر التيار 2- فتحة تهويه 3- قنينة النتروجين 4- جهاز الرش

5 - قواعد الترسيب 6- سخان.

طرائق العمل

أُستخدمت مادة نترات الخارصين المائية ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ذات الوزن الجزيئي 297.51 g/mol . أما مادة التشويب فقد تم استخدامها بنسبة (5%) من (MgCl_2) وزنها الجزيئي (95.21 g/mol) بيضاء اللون وذات كثافة 2.41 g/cm^3 وعند ذوبانها تكون ذات لون مائي، وتم اختيار التحضير بتركيز (0.2M) ولتحضير المحلول يتم إذابته في (50 ml) ماء مقطر ومن ثم يضاف كلوريد المغنيسيوم. تم استخدام شرائح سليكونية أحادية البلورة (Single Crystal) إنكليزية الصنع (U.K) ذات اتجاهية بلورية (100) من نوع (n-type) بمقاوميه كهربائية $14-22 \Omega \cdot \text{cm}$ وسماك (0.5-0.55) mm، وأبعاد (0.5-1.0) cm. تم تنظيف شرائح السليكون أولاً بالماء المقطر ثم وضعها في كحول الإيثانول داخل جهاز الذبذبات فوق الصوتية لمدة (15min). مسافة الرش كانت 28 cm ويوضع المحلول المراد ترسيبه على سخان حراري يحتوي على خلاط مغناطيسي ويبقى لمدة ساعة حتى يتم إذابة المادة بالكامل في درجة حرارة الغرفة، بعد ذلك يرش المحلول بواسطة الجهاز المبين في الشكل (1) على ارضية سليكونية ساخنة للحصول على مفرق هجيني من أوكسيد الخارصين، تم استخدام (النتروجين) كغاز حامل للترسيب. وتم إضافة قطرة من حامض النتريك للمحلول. وكان زمن الرش 10s، فترة التوقف بعد كل رشة 2.0 min. معدل كمية الترسيب 7 ml/min. وتم اخذ القياسات الكهربائية للكاشف الضوئي المتمثلة بقياسات (تيار_ جهد) في حالة الظلام و قياسات (سعة _ جهد). والقياسات الفولتائية للكاشف ZnOMg/Si المتمثلة بقياس (تيار _ جهد) في حالة الإضاءة و قياس تيار دائرة القصر و قياس فولتية الدائرة المفتوحة وقد تم قياس خصائص الكاشف الضوئي المتمثلة بقياس الاستجابة الطيفية و قياس الكفاءة الكمية و قياس الكشفية و قياس زمن النهوض للكاشف.

النتائج والمناقشة

أولاً: يتضمن هذا البند الخصائص الكهربائية للكاشف المصنع ($\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05} / \text{Si}$) في حالتي الظلام والإضاءة.

1- خصائص (تيار - جهد) في الظلام (I-V) Characteristics in the Dark

يبين الشكل (2) خصائص (تيار_ جهد) في حالة الظلام للكاشف (ZnOMg/Si) المصنع بتقنية الرش الكيميائي الحراري والتي تمثل سلوكية التيار مع الجهد المسلط في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي. ويظهر من الشكل أن خصائص (تيار_جهد) تؤكد أن المفرق الهجين هو من النوع غير المتناظر إذ يختلف سلوك تيار الانحياز الأمامي مع سلوك تيار الانحياز العكسي، ويتبين من

تغير تيار الظلام كدالة لفولتية الانحياز الأمامي والعكسي للمفرق الهجين. ففي حالة الانحياز الأمامي يزداد التيار مع زيادة الفولتية، أما في الانحياز العكسي فإن التيار يزداد بشكل تدريجي طفيف مع جهد الانحياز ويعطي فولتية انهيار تدريجية (Soft Break down) وهذا السلوك يعد صفة عامة في المفارق الهجينة غير المتناظرة (Kressel and Butter, 1977). نلاحظ من الشكل تحسناً واضحاً في خصائص تيار _ جهد حيث يقل تيار الظلام رغم عدم التوافق الشبكي الكبير بين أكسيد الزنك والسليكون نتيجة الزيادة في معدل الحجم الحبيبي وتحسن التركيب البلوري.

2- عامل المثالية:

تم حساب عامل المثالية (n) للكاشف من المعادلة التالية:

$$n = \frac{q}{K_B T} \frac{V}{\partial \ln \frac{I_f}{I_s}} \quad \text{-----(1)}$$

إذ إن n: عامل المثالية، V: الفولتية المطبقة، I_f : تيار الانحياز الأمامي، I_s : تيار الإشباع،

q: شحنة الإلكترون، T: درجة الحرارة، K_B : ثابت بولتزمان.

إن قيمة عامل المثالية للمفرق الهجين حسبت من ميل المماس لمنحني التيار الأمامي، والزيادة في قيم عامل المثالية تكون متفاوتة وهي تقريباً تميل للانتظام مع الزيادة في درجة الحرارة نتيجة كثافة الحالات للاتصال تعتمد على درجة الحرارة (Caglar and Yakuphanoglu, 2009). عامل المثالية (n) للمفرق الهجين ZnOMg/Si ان قيمة عامل المثالية للمفرق الهجين كانت 1.80

الشكل 2: خصائص (تيار_جهد) في الظلام للكاشف الضوئي المصنع (ZnOMg/Si)

Capacitance-Voltage characteristic

3- خصائص (سعة - جهد)

يبين الشكل (3) العلاقة بين مقلوب مربع السعة ($1/C^2$) مع جهد الانحياز العكسي للمفرق الهجين (ZnOMg/Si) المصنع بتقنية الرش الكيميائي الحراري، ونلاحظ أن العلاقة خطية بين الفولتية ومقلوب مربع السعة، وهذا يدل على أن المفرق المصنع هو من النوع الحاد (Abrupt) وهذا يتفق مع نتائج بحوث (Ortega et al., 2001). من الشكل (3) نلاحظ تغير سعة المفرق مع فولتية الانحياز العكسي وكذلك نلاحظ نقصان سعة المفرق مع فولتية الانحياز وذلك لزيادة جهد البناء الداخلي مع فولتية الانحياز العكسي نتيجة لزيادة عرض منطقة النضوب ويمكن أن يعزى ذلك إلى تحسن في الخصائص البلورية للغشاء المرسب والذي أدى إلى التقليل من العيوب التركيبية وحالات السطح وحدوث تحسن في الخواص الكهربائية.

الشكل 3 : خصائص (سعة_جهد) للكاشف الضوئي المصنع (ZnOMg/Si)

ثانياً: الخصائص الكهربائية للكاشف المصنع ($\text{ZnO}_{0.95}\text{Mg}_{0.05}/\text{Si}$) في حالة الإضاءة.

1- خصائص (تيار-جهد) عند الإضاءة

(Current –Voltage) characteristic under illumination

قياس (تيار_ جهد) عند الإضاءة أحد المعلومات المهمة والمؤثرة على خصائص الاستجابة الضوئية والخطية للكواشف الضوئية. يبين الشكل (4) منحنى تغير قيم تيار الإضاءة مع جهد الانحياز العكسي للكاشف الضوئي (ZnOMg/Si) المصنع. نلاحظ زيادة التيار الضوئي مع زيادة القدرة الضوئية وزيادة فولتية الانحياز، يعود ذلك إلى زيادة تولد الحاملات الضوئية مع زيادة عدد الفوتونات الممتصة وأن زيادة قدرة الضوء الساقطة تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة الذي يزيد من عدد الحاملات المتولدة ضوئياً ضمن منطقة النضوب وضمن عمق انتشار الحاملات الذي يعتمد على مدة حياة الحاملات الأقلية على جانبي منطقة النضوب، وبهذا يزداد التيار الضوئي بزيادة القدرة الساقطة.

ويبين الشكل (4) تيار الإضاءة مع جهد الانحياز العكسي للكاشف الضوئي (ZnOMg/Si) هو جيد بسبب زيادة الإنماء البلوري بشكل أفضل وهذا يقلل من العيوب البلورية الناتجة، ويؤدي إلى نقصان في عدم التطابق الشبكي الذي يؤثر على تحريك الحاملات المتولدة ضوئياً، وبالتالي يزيد من سريان التيار الضوئي عبر المفرق الهجين. نلاحظ إن التيار الضوئي العكسي يصل إلى حالة الإشباع عند قيم جهد أكبر من 2.5V ويتكرر التصرف نفسه لجميع القدرات الضوئية. ذلك يعود إلى استنزاف كافة الحاملات المتولدة ضوئياً في الانحيازات العالية تصبح منطقة النضوب من الاتساع ما يكفي لفصل كل ما يتولد من الحاملات الضوئية وعند

هذه الحالة يستقر التيار الضوئي عند قيمة تدعى قيمة الإشباع (Caglar and Yakuphanoglu, 2009). من جانب آخر فإن زيادة درجة حرارة التحضير يعمل على زيادة النفاذية للضوء وحدث الامتصاص ضمن منطقة النضوب والذي بدوره يزيد من التيار الضوئي. تعزى زيادة التيار الضوئي مع جهد الانحياز العكسي إلى زيادة عرض منطقة النضوب مع زيادة جهد الانحياز العكسي ونحصل على امتصاص الضوء ضمنها أو ضمن المنطقة القريبة منها وبالتالي سوف تتعاظم احتمالية مساهمة الحاملات المتولدة في زيادة التيار الضوئي. إن زيادة جهد الانحياز العكسي المسلط على الكاشف يعمل على زيادة قيمة المجال الكهربائي الداخلي ضمن منطقة النضوب مما يزيد من احتمالية فصل المزدوجات (إلكترون - فجوة) وبالتالي المساهمة في زيادة التيار الضوئي ونقصان احتمالية عمليات إعادة الاتحاد السطحية والحجمية. كذلك نلاحظ استقرار قيم التيار الضوئي عند جهد انحياز عكسي معين ويتكرر ذلك مع القدرات المختلفة.

الشكل 4: خصائص (تيار_جهد) عند شدة ضوئية مختلفة للكاشف الضوئي المصنع

Short Circuit Current and Open Circuit Voltage

2- تيار دائرة القصر وفولتية الدائرة المفتوحة

إن من الصفات المهمة التي تحدد أداء الكواشف هي تيار دائرة القصر وفولتية الدائرة المفتوحة إذ يمكن فصل الأزواج المتولدة في منطقة النضوب بالمجال الكهربائي الداخلي دون الحاجة إلى مجال كهربائي خارجي إذ يمكن اختبار ادائها كخلية شمسية (Afify et al., 2005). يبين الشكل (5) تغير قيم تيار دائرة القصر مع شدة الضوء الساقط للكاشف الضوئي (ZnOMg/n-Si) المصنع إذ نلاحظ وجود منطقتين متميزتين الأولى عند الشدات الضوئية القليلة وعندها نلاحظ تناسب تيار دائرة القصر خطياً مع شدة الضوء الساقط وهذه المنطقة تسمى بالخصائص الخطية التي تعد واحدة من الخصائص المهمة للكواشف التي ينصح بالعمل فيها. أما المنطقة الثانية في الشكل فهي منطقة الإشباع (Saturation Region) وبعد هذه المنطقة لا تتأثر قيمة التيار بزيادة الشدات الضوئية، إذ لا يمكن التعرف على مقدار الشدة الضوئية الساقطة، أي إن الاستجابة تكون متغيرة لذلك لا يوصى باستخدام الكاشف ضمن هذه المنطقة من الشدات الضوئية وإن هذا التشبع يعزى إلى أن الفوتونات الساقطة على الكاشف قد عملت على تهيج وفصل كافة الإلكترونات وتكوين مزدوجات إلكترون-فجوة. أي إن الكاشف المصنع يمتلك خصائص خطية عند الشدات الضوئية الواطئة وتشبعاً عند الشدات الضوئية العالية وهذا السلوك موجود أيضاً في الكواشف التقليدية مثل كواشف ثنائية الوصلة المصنعة من السليكون أو الجرمانيوم.

الشكل 5: تغير تيار دائرة القصر مع شدة الضوء الساقط على الكاشف الضوئي المصنع.

كما يوضح الشكل (6) تغير قيم فولتية الدائرة المفتوحة مع شدة الضوء الساقط للكاشف الضوئي (ZnOMg/n-Si) من الشكل نلاحظ زيادة مقدار فولتية الدائرة المفتوحة بزيادة شدة الأشعة الضوئية الساقطة على الكاشف بسبب زيادة التيار الضوئي، وتعتمد قيمة فولتية الدائرة المفتوحة على التيار الضوئي، كما نلاحظ السلوك السابق نفسه بالنسبة لتيار دائرة القصر من حيث وجود منطقتين منطقة خطية ومنطقة إشباع ومن هنا نستنتج أن الكاشف المصنع يعمل بنمطين الأول نمط التوصيلية الضوئية (I_{cs}) والثاني يخص الفولتائية الضوئية (V_{oc}). كذلك نلاحظ ظهور السلوك نفسه لفولتية الدائرة المفتوحة من حيث الزيادة والنقصان الذي تمت مناقشته لقيم تيار دائرة القصر. إن الارتفاع في مقدار تيار دائرة القصر وفولتية الدائرة المفتوحة تقود إلى ارتفاع في قيمة الاستجابة وبالتالي تحسن خصائص الكاشف.

الشكل 6: تغير فولتية الدائرة المفتوحة مع القدرة الضوئية الساقطة على الكاشف الضوئي المصنع.

Spectral Responsivity

3- الاستجابة الطيفية

يبين الشكل (7) الاستجابة الطيفية كدالة للطول الموجي لكاشف المفرق الهجين (ZnOMg/n-Si) من الشكل نلاحظ أن الاستجابة الطيفية تتميز بوجود ثلاث مناطق، الأولى عند طول موجي (400-625nm) وسببها فجوة الطاقة الكبيرة في غشاء ZnO والمنطقة الثانية عند طول موجي (600-800nm) وسببها مساهمة أوكسيد الزنك مع عنصر التشويب وهو المغنسيوم وذلك بسبب امتصاص الضوء هذه الأطوال في منطقة النضوب وعلى طرفيها بما هو مساو إلى عمق انتشار الحاملات الأقلية إذ تمتلك منطقة النضوب القابلية على فصل الحاملات المتولدة بالمجال الكهربائي الداخلي فضلاً عن قلة عمليات إعادة الاتحاد في هذه المنطقة. أما عند الأطوال الموجية ضمن المدى (800-850nm) التي تمثل أعلى قمة منطقة استجابة حاصلة للكاشف المحضر ويتم امتصاص

الضوء من قبل السليكون بعد نفاذها من غشاء ZnO ويلاحظ ازدياد شدتها إذ تمتص هذه الأطوال في منطقة النضوب وعلى طرفيها بما هو مساو إلى عمق انتشار الحاملات الأقلية إذ تمتلك منطقة النضوب القابلية على فصل الحاملات المتولدة بالمجال الكهربائي الداخلي فضلاً عن قلة عمليات إعادة الاتحاد في هذه المنطقة (Khawla, 2008). أما عند المنطقة الثالثة فهي (850-1000nm) فيلاحظ نقصان الاستجابة الطيفية مع زيادة الطول الموجي بسبب اقتراب الطول الموجي في هذه المنطقة من طول موجة القطع للسليكون (λ_c) وهي تمتلك احتمالية لتجمع الحاملات وفي تلك المنطقة تزداد عمليات إعادة الاتحاد ضمن المادة مما ينعكس أثره على قيمة الاستجابة الطيفية.

الشكل 7: الاستجابة دالة للطول الموجي للكاشف الضوئي المصنع

Quantum Efficiency

4- الكفاءة الكمية

نلاحظ من الشكل (8) أن الكفاءة الكمية للكاشف المصنع جيدة وذلك يدل على تحسن الخصائص الكهربائية للكاشف وبالتالي كفاءة الكشف للأطوال الموجية الساقطة نتيجة لتقليل العيوب التركيبية التي تكون كمراكز قنص لحاملات الشحنة وبالتالي الحد من عمليات إعادة الاتحاد وهذا واضح من نتائج الاستجابة الطيفية وبالتالي يؤثر إيجابياً على زيادة الكفاءة الكمية. كذلك نجد أن أعلى كفاءة كمية كانت للكاشف المصنع بلغت 65.5% عند الطول الموجي (850nm) والتي هي ذروة امتصاص الفوتونات عند هذا الطول الموجي.

الشكل 8: الكفاءة الكمية دالة للطول الموجي للكاشف الضوئي المصنع

Specific Detectivity

5- الكشفية النوعية (D^*)

نلاحظ من الشكل (9) أن الكشفية النوعية بهذه التقنية (CSP) هي ممتازة ويعود ذلك إلى تحسن الخصائص التركيبية والكهربائية لهذا المفرق وكما يتضح من نتائج الاستجابة الطيفية، وقد أدت زيادة درجة الحرارة إلى تقليل العيوب التركيبية وبالتالي تقليل مراكز إعادة الاتحاد وتقليل تيار الضوضاء المتولد في الكاشف وبالنتيجة زيادة الكشفية النوعية وإن أعلى قيمة للكشفية النوعية هي $(0.9 \times 10^{12} \text{ cm.Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1})$ عند الطول الموجي (850nm)

الشكل 9: الكشفية النوعية دالة للطول الموجي للكاشف الضوئي المصنع

Response Time

6- زمن الاستجابة

تم استخدام الكاشف المصنع لكشف الطول الموجي لليزر شبه موصل (GaAlAs) بطول موجي 904 nm. يبين الشكل (10) النبضة الخارجة من الكاشف حيث جرى تسجيل الإشارة الخارجة من الكاشف المعرض إلى نبضة ليزر GaAlAs بدون انحياز ومن ثم حساب زمن النهوض t_r . والشكل (10) يبين تأثير جهد الانحياز العكسي على شكل النبضة الخارجة من الكاشف وأن أقل زمن نهوض تم الحصول عليه للكاشف المصنع بحدود (50 ns) وهذا يتوافق مع الباحث (Lampert and Mark, 1970).

الشكل 10: النبضة المسجلة للكاشف الضوئي المصنع

الاستنتاجات

1- إمكانية توظيف أغشية ZnO المحضرة بتقنية الرش الكيميائي الحراري لتصنيع كواشف ضوئية.

- 2- نقصان زمن النهوض مع زيادة جهد الانحياز العكسي وإن أقل زمن نهوض تم الحصول عليه عند الكاشف المصنع عند ظروف تحضير مثلى وهو بحدود 50 ns.
- 3- أن الكاشف الضوئي المصنع كان من النوع الحاد وله استجابة طيفية بثلاث قمم: الأولى عند الطول الموجي 450nm في حين الثانية عند الطول الموجي 625 nm والثالثة عند الطول الموجي 850 nm.
- 4- إن زمن الاستجابة للكاشف الضوئي Abrupt الذي تم تصنيعه مقارب من بعض أنواع الكواشف السليكونية (Homojunction) ويمكن استخدام هذه الكواشف في كشف الإشارة السريعة.

المصادر

- Afify, H.H.; EL-Hefnawi, S.H.; Eliwa, A.Y.; Abdel-Naby, M.M.; Ahmed, N.M. (2005). Realization and characterization of ZnO/n- Si solar cells by spray pyrolysis. *Egypt. J. Solids*, **28**(2).
- Bouderbala, M.; Hamzaoui, S.; Amrani, B.; Ali, H.; Reshak, A.M.; Ahraoui, T.; Zerdali, M. (2008). Thickness dependence of structural, electrical and optical behavior of undoped ZnO thin films. *Physica.*, **B403**, 3326-3330.
- Caglar, M.; Yakuphanoglu, F. (2009). Fabrication and electrical characterization of flower-like CdO/p-Si hetero junction diode. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, (41), 903- 907.
- Eboth, J.; Hichou, A.; Addam, M. (2003). Flow rate and interface roughness of zinc oxide thin films deposited by spray pyrolysis technique. *J. Appl. Phys.* **93**(1), 632.
- Hamad, O.A. (2008). Characteristics of CdO-Si hetero structure produced by plasma- induced bonding technique, Materials: Design and Applications. 222. *J. Appl. Phys.* **88**(2), 56-65.
- Kammler, D.R.; Edward., D.D.; Ingram, B.G.; Mason, T.O. (2000). Novel compound and solid solution transparent conducting oxides for photovoltaics. *Electrochemical Society Proceeding*, (11), 68-77.
- Khawla, S.Kh. (2008). Optoelectronic properties of ZnO/PS/n-Si Heterojunctions. *Eng. Tech.* **26**(4), 324-345.
- Kressel, H.; Butter, J.K. (1977). "Semiconductor Laser and Heterjunction Led's". Academic Press, New York. pp. 730- 755.
- Lampert, M.A.; Mark, P. (1970). "Current Injection in Solids". Academic Press, New York. pp. 220-250.
- Martfnez, M.A.; Herrero, J.; Gutierrez, M.T. (1997). "Sol Energy Mater Sol Cells". Amsterdam and Oxford, New York. pp .75-86.
- Milnes, A.G.; Feucht, D.L. (1972). "Heterojunction and Metal – Semiconductor Junction". Academic press, NewYork.
- Ortega, M.; Santana, G.; Morales-Acevedo, A. (2001). Optoelectronic properties of CdO/Si photodetectors. *Solid State Electron.* (44),1765-769.
- Raegan, L.J. (2005). Characterization of piezoelectric ZnO thin films and the fabrication of piezoelectric micro-cantilevers. M. Sc. Thesis, Iowa State University. Ames, Iowa.
- Song, D.; Dirk-Holger, N.; James, X.; Armin, G.A. (2002). Structure and characteristics of ZnO:Al/n-Si heterojunctions prepared by magnetron sputtering. *Thin Solid Films.* **95**(3),180-185
- Sharma, B.L.; Purohit, R.K. (1974). "Semiconductor Heterojunctions". Pergamon Press, New York.
- Streetman, B.; Banerjee, S. (2000). "Solid State Electronic Devices". 5th ed. New jersey. USA.