مجلة تكريت للعلوم الصرفة، 2017 (4) 22
ISSN: 1813 – 1662 (Print)
E-ISSN: 2415 – 1726 (On Line)

دراسة الخواص الكهربائية لكاشف $ZnOSiO_2$ المحضر بطريقة الأكسدة الحرارية الحرة السريعة

عبد المجيد عيادة ابراهيم[1] ، رائد عبد الوهاب اسماعيل[2] ، ولاء محفوظ محمد[1]

[1] قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

[2] قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد العراق

الملخص

تم في هذا البحث أكسدة أغشية الزنك الرقيقة المرسبة على أرضيات من السليكون من نوع n-type بدرجة حرارة 510°C وبأزمان أكسدة (10,20,30,35)sec. حيث تم ترسيب الزنك بطريقة الانتشار الحراري وتم استعمال مسخن حراري بدلا من الأفران التقليدية . بينت النتائج إمكانية الحصول على اوكسيد الزنك بدون استعمال غاز الأوكسجين وبدون استعمال أفران مغلقة. وبسرعة عالية نسبياً وهذه الطريقة تكون فعالة في عمليات الإنتاج بصفة صناعية ولكميات كبيرة .بينت الخواص الكهربائية في الظلام ان الكاشف المتكون هو من نوع (n^+n) وان انسب زمن للحصول على المفرق هو 35sec وأظهرت ايضاً ان عامل المثالية هو 3.3 بقيمة دالة شغل 0.58ev . اما النتائج عند الاضاءة بقدرات ضوئية ($50,100,150,200,250)mW/cm^2$ فبينت ان الكاشف المؤكسد لمدة 35sec يمتلك عامل كشفية 540.8 . ويمتلك سرعة استجابة عالية تمكنه من العمل ككاشف للاشارات المحملة على ضوء IR .

المقدمة

يعد اوكسيد الزنك واحد من أهم المواد الشبه موصلة استعمالا في تصنيع الكواشف و الخلايا الشمسية. كما ويدخل في تكنولوجيا متحسسات الغازات وشاشات العرض السائلة . يمتلك اوكسيد الزنك تركيب بلوري سداسي (Hexagonal) و فجوة طاقة 3.3eV وهو ينتمي الى المجاميع (II-VI) من الجدول الدوري من النوع السالب[1]. ويستخدم الباحثون عادة افران تتطلب ازمان تتراوح بين 15min الى 30 min لاكسدة الخارصين [1] [2] [8].

يهدف البحث الحالي الى الحصول على أغشية اوكسيد الزنك المرسبة على ارضيات من السليكون من نوعn-type ليتكون لدينا ثنائي شوتكي وبطريقة تتسم بالسرعة وقلة بالتكاليف .

الجانب العملي

تم تحضير أغشية الزنك باستعمال التبخير الحراري بالفراغ حيث تم استعمال منظومة تفريغ عالي . تعمل على تفريغ الحجرة من الهواء على مرحلتين الاولى ميكانيكية ويصل بها الضغط الى $1.0X10^{-2}$ والثانية تعمل بالانتشار ليصل بها الضغط الى $1.9X10^{-4}$ mbar تم تبخير مسحوق الزنك والذي تصل نقاوته الى 99% . باستعمال بودقة من مادة التنكستن . تمت عملية الترسيب على قواعد من السليكون ذات التوجه البلوري (111) بعد غسلها وتجفيفها . تم احتساب سمك الغشاء باستعمال الطريقة الوزنية للحصول على سمك 550nm وفيها يتم وزن قاعدة السليكون قبل وبعد الترسيب وباستعمال المعادلة (1) أمكننا إيجاد سمك الغشاء t [2].

$$t = \frac{m_2 - m_1}{A.\rho_{Zno}} \quad (1)$$

حيث إن(m_1) هو الوزن قبل الترسيب و(m_2) الوزن بعد الترسيب أما ρ فتمثل كثافة المادة .

في هذا البحث تم استعمال مسخن مسطح تم ضبط درجة حرارته عند 510° C بدون وضعة في حيز مغلق وبدون استعمال قنينة أوكسجين عند ارتفاع درجة حرارة المسخن الى الدرجة المطلوبة تم وضع نماذج أغشية الزنك مباشرةً إي إن المادة ترتفع درجة حرارتها بشكل سريع وغير تدريجي وعملية التبريد تمت أيضا بسرعة .تم تحضير نماذج مؤكسدة لمدة sec(10, 20, 30 ,35). وتم ترسيب الاقطاب بتقنية التبخير بالفراغ وتم طلاء الجزء الخلفي من السليكون اما الجزء الامامي من الكاشف فتم ترسيب الالمنيوم بشكل قطب دائي في المركز بقطر 0.5mm .

أجريت على هذه النماذج دراسة للخواص الكهربائية وبمدى فولتية من -10V الى+10V عند الظلام وعند قدرات ضوئية mW/cm^2-50) 100-150-200-250) . المعادلة (2) تمثل وصف للتيار المار في الثنائي بالاتجاه الامامي [3].

$$I = I_s e^{\frac{qv}{kT}} \quad (2)$$

المعادلة اعلاه يمكن اعادة صياغتها لتكتب بالطريقة الاتية

$$1 = \left(\frac{q}{kT}\right)\left(\frac{v}{ln\frac{I}{I_s}}\right) \quad (3)$$

حيث ان v فرق الجهد المسلط. q هي شحنة الالكترون .T درجة الحرارة المطلقة . k ثابت بولتزمان . I التيار المار بالثنائي. I_s تيار التشبع للثنائي. المعادلة بصيغتها الحالية ولكون كل من (q,K,T) ثوابت فهي تعني بان كل نقطتان نقع في رسم بياني محوره السيني $ln\frac{I}{I_s}$ ومحوره الصادي هو الفولتية , تكون عامودية تقريباً على النقطتين التي تليهما. هذا الوصف للتيار يعد مثالي جداً ولا يمكن تحقيقة عملياً. الان يمكن تبديل قيمة الواحد بالرمز n والذي يمثل عامل المثالية لتصبح المعادلة بالشكل الاتي [4].

$$n = \left(\frac{q}{kT}\right)\left(\frac{v}{ln\frac{I}{I_s}}\right) \quad (4)$$

اي ان قيمة n كلما اقتربت من الواحد كلما اقترب الثنائي من حالة المثالية [4].

النتائج والمناقشة

(1) دراسة الخواص الكهربائية (فولتية – تيار) عند الظلام لنماذج مؤكسدة عند أزمان مختلفة

تم ترسيب غشاء رقيق من الزنك على أرضيات من السيليكون نوع n-type . ثم تمت اكسدته لتحويله الى اوكسيد الزنك ZnO وبأزمان (10,20,30,35)sec . يبين الشكل (1)a خواص (فولتية – تيار) وبالانحياز الأمامي والعكسي عند الظلام لنموذج مؤكسد لمدة 10 sec , يبين الشكل خواص ثنائي من نوع $n\text{-}n^{+}$ الناشئ من اتصال معدن– شبه موصل ويعرف بثنائي شوتكي حيث نجد بان غشاء الزنك المؤكسد جزئياً يمثل n^{+}-type أما السليكون فيمثل n-type . يعود السبب الى كون الأكسدة الجزئية لغشاء الزنك مما يعني أن معدن الزنك هو المهيمن وبالتالي يمتلك وفرة كبيرة من الالكترونات في حزمة التوصيل اكبر بكثير من الالكترونات الموجودة في السليكون[5]. الشكل (2) تمثل توضيح خصائص (فولتية –تيار) بالانحياز الامامي بمقياس لوغارتيمي ومنه تم حساب تيار التشبع من تقاطع الخط المستقيم مع محور التيار . وباستعمال المعادلة(5) تم احتساب دالة الشغل [5].

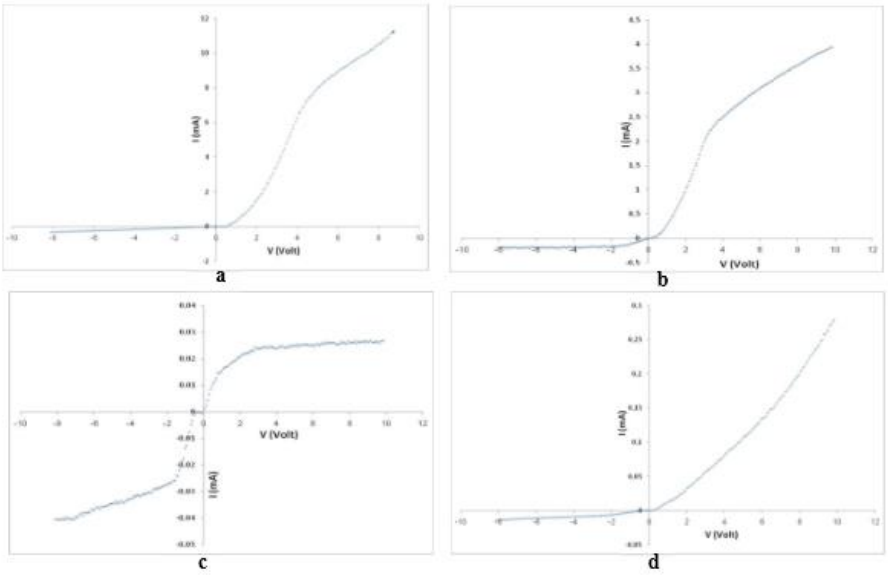
$$\emptyset_b = \frac{kT}{q} ln\left(\frac{A^* T^2}{I_s}\right) \quad (5)$$

حيث ان φ_b تمثل دالة الشغل و J_s هو تيار التشبع اما A^*فهو ثابت ريتشاردسون ويساوي 120 $A/cm^2.K^2$ بالنسبة للسليكون من نوع n . اما عامل المثالية n فتم احتسابه من ميل المنحني (slope) بين ln I/I_sالموضح بالشكل (3) والفولتية الامامية باستعمال المعادلة [6] :

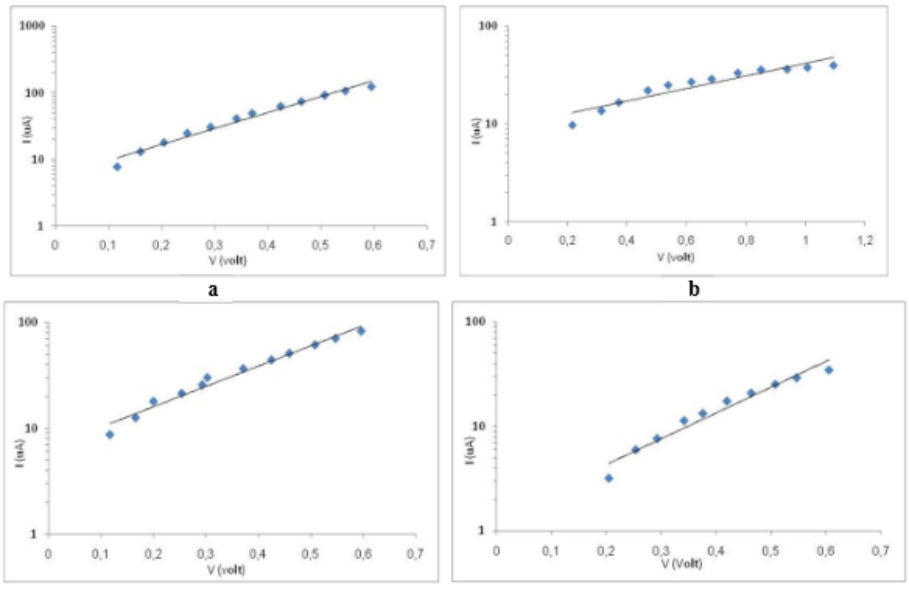
$$n = \frac{q}{kT}(slope) \quad (6)$$

بينت النتائج ان دالة الشغل مساوية الى 0.55 ev . اما عامل المثالية فهو مساوي الى 2.7 . تاتي هذه النتائج تعزيز الى ان التيار السائد هو تيار اعادة الالتحام. الشكل (1)b يمثل الخواص الكهربائية لنموذج مؤكسد لمدة 20 sec. ويمكن ملاحظة انخفاض بقيمة التيار المار بالاتجاه الامامي و العكسي مقارنةً مع النموذج السابق . السبب يكمن في كون ازدياد في عدد ذرات المتحولة الى الاوكسيد الزنك وبالتالي انخفاض في عدد الالكترونات الحرة التي تكون في معدن الزنك وبالتالي انخفاض في قيمة داله الشغل الى 0.54 ev وارتفاع في عامل المثالية الى 4.43 . الشكل c (1) يبين خواص نموذج مؤكسد لمدة 30 sec والخواص الامامية والعكسية تشابه الى حد كبير خواص اتصال اومي مع وجود حد لتشبع التيار. يمكن ان يكون السبب هو الزيادة في تأكسد الزنك ادى الى انخفاض في عدد الالكترونات وعند هذا الزمن بالذات كانت هناك مساواة بين عدد حاملات الشحنة من الالكترونات في الزنك المؤكسد بنسبة كبيرة مع عدد حاملات الشحنة في السيليكون , وبالتالي فان نوع الاتصال بين المكونين سيكون اومي تقريباً مع انخفاض في قيمة دالة الشغل الى 0.52 ev مع ارتفاع كبير في عامل المثالية الى 14.6 [1].ان النتائج الامامية والعكسية الموضحة بالشكل الشكل (1)d والتي تبين الخواص الامامية والعكسية لنموذج مؤكسد لمدة 35sec. بينت ان ارضية السيليكون اصبحت n^{+}-type اما غشاء الاوكسيد الزنك فقد اصبح n-type ويتكون لدينا ثنائي من نوع $n\text{-}n^{+}$tepy . حيث ان عامل المثالية فيه مساوي الى 3.3 وقيمة دالة الشغل 0.58 ev .

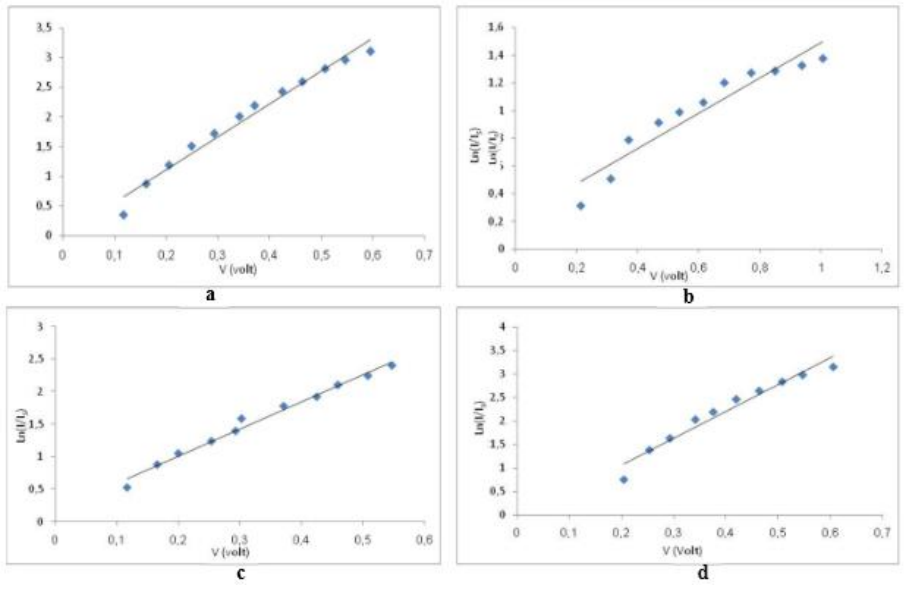
الشكل (4)a يبين التغير في مقدار دالة الشغل عند أزمان أكسدة متغيره بينما يبين الشكل (3)b التغير بقيمة عامل المثالية عند أزمان أكسدة متغيرة.



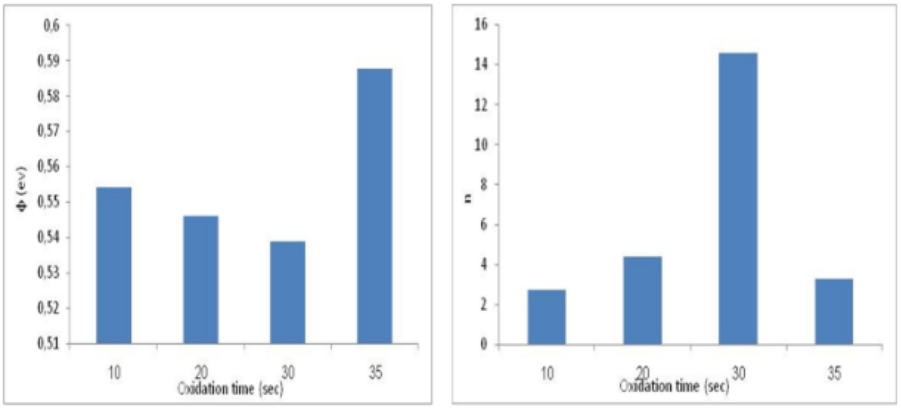
شكل (1) خواص (فولتية – تيار)عند الظلام لنموذج (a) مؤكسد لمدة 10 sec (b) مؤكسد لمدة 20 sec (c) مؤكسد لمدة 30 sec (d) مؤكسد لمدة 35 sec



شكل (2) خواص الامامية (فولتية – تيار)عند الظلام بالمقياس لوغارتمي لنموذج (a) مؤكسد لمدة 10 sec (b) مؤكسد لمدة 20 sec (c) مؤكسد لمدة 30 sec (d) مؤكسد لمدة 35 sec



شكل(3)خواص الامامية ($\ln I/I_s$–V) عند الظلام لنموذج مؤكسد لمدة (a) 10 sec (b)20 sec (c) 30 sec (d) 35 sec



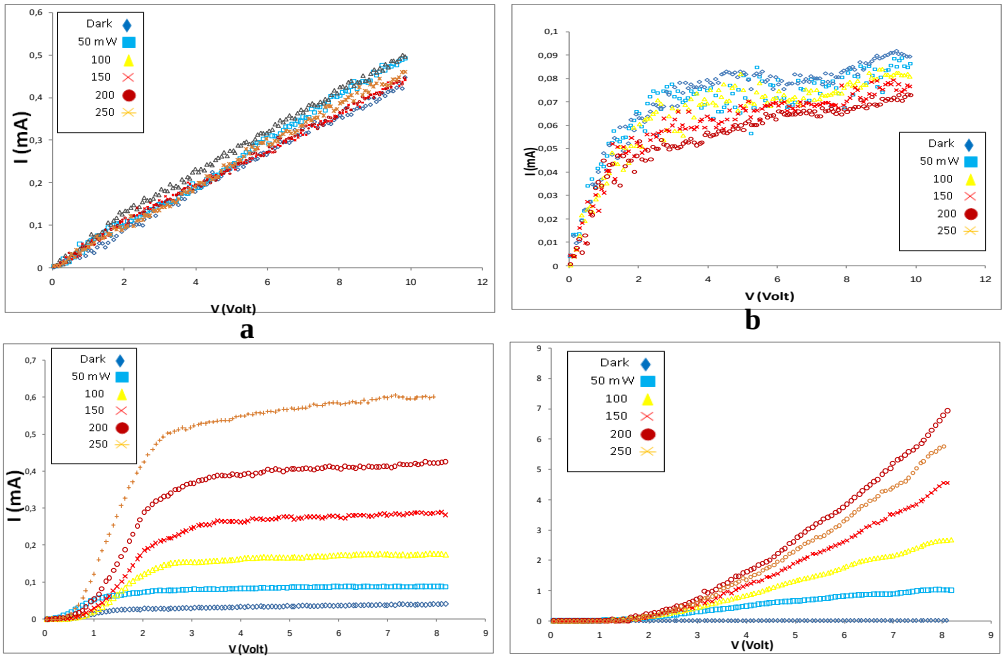
شكل (4) a يبين تأثير ازمان الاكسدة في مقدار دالة الشغل .b يبين تأثير أزمان الأكسدة في قيمة عامل المثالية

(2) الخواص الكهربائية (فولتية – تيار) عند الإضاءة لنماذج مؤكسدة عند أزمان مختلفة

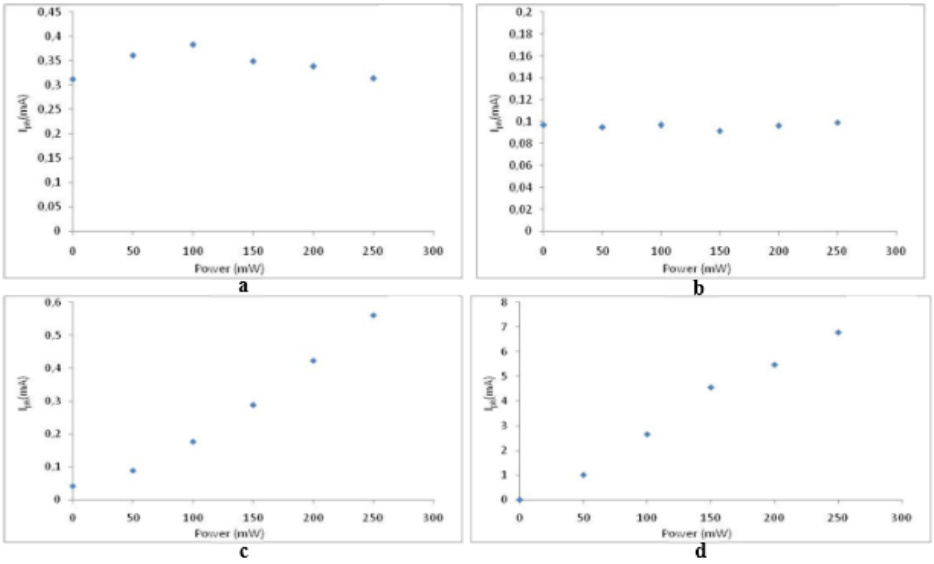
تم إجراء دراسة للخواص الكهربائية بالانحياز العكسي للنماذج المؤكسدة بازمان مختلفة عند تسليط قدرات ضوئية $(50,100,150,200,250)mW/cm^2$. يبين الشكل (5) خواص (فولتية – تيار)عند أزمان أكسدة sec(10,20,30,35).

تدل النتائج في الشكل a(5) لنموذج مؤكسد لمدة 10sec والشكل b(5) لنموذج مؤكسد لمدة 20sec عدم تاثر النموذجين بالقدرة الضوئية الساقطة. حيث ان سطح الزنك المؤكسد جزئياً لايزال بلون داكن ويمنع مرور الفوتونات الضوئية الى منطقة النضوب, ان التذبذب البسيط في التيار المبينة بالشكل (6) والذي يمثل تيار الإضاءة عند فولتية انحياز 8V بتسليط قدرات ضوئية متغيرة والشكل (7) فيبين النسبة بين تيار الظلام الى تيار الإضاءة عند فولتية انحياز 8V. قد يكون نتيجة لتغير في درجة حرارة الكاشف كنتيجة لامتصاص الطاقة من الضوء الساقط[4]. اما عند الاكسدة لمدة 30sec والموضحة بالشكل c(5) فاظهر النموذج ارتفاع في قيمة التيار عند تسليط الضوء عليه, حيث ان الزنك في هذه المرحلة يكون مؤكسد بشكل كبير ويميل لكونه شبه شفاف ممكناً الفوتونات الضوئية من المرور الى منطقة النضوب وبالتالي حصول عملية فصل (الكترون فجوة) مسبباً زيادة بالتيار والموضحة بالشكل c(6) . وان اعلى قيمة للنسبة بين تيار الاضاءة الى الظلام ولقدرات ضوئية مختلفة والمبينة بالشكل c(7)عند فولتية انحياز 8V كانت 13.6 [1].

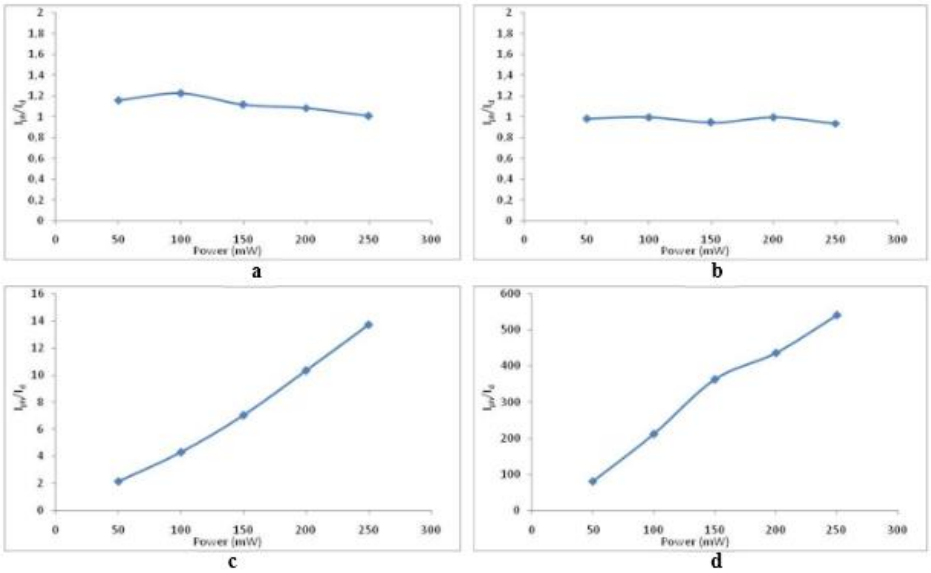
اظهر النموذج المؤكسد لمدة 30sec تاثراً كبيراً عند تسليط الضوء علية كما هو موضح بالشكل d(5) ويكمن السبب في التأكسد الكامل للزنك وتحوله الى اوكسيد الزنك الشفاف وبالتالي السماح لكمية اكبر من الفوتونات الضوئية من الوصول الى منطقة النضوب مسبباً زيادة في عملية الفصل (الكترون – فجوة). يزداد التيار كلما ازدادت الفولتية لكونها تعمل جذب ثنائي(الكترون – فجوة) مانعةً اياها من عملية اعادة الالتحام[3][7]. ومن الشكل d(7) والذي يمثل النسبة بين تيار الاضاءة الى الظلام ولقدرات ضوئية مختلفة عند فولتية انحياز 8V كانت النسبة مساوية الى 540.8 .



شكل (5) خصائص (فولتية – تيار) عند الاضاءة ولقدرات ضوئية مختلفة لنموذج مؤكسد لمدة (a) 10 sec (b) 20 sec (c) 30 sec (d) 35 sec



شكل (6) خصائص (تيار – اضاءة) عند فولتية انحياز (8V) لنموذج مؤكسد لمدة (a) 10 sec (b) 20 sec (c) 30 sec (d) 35 sec

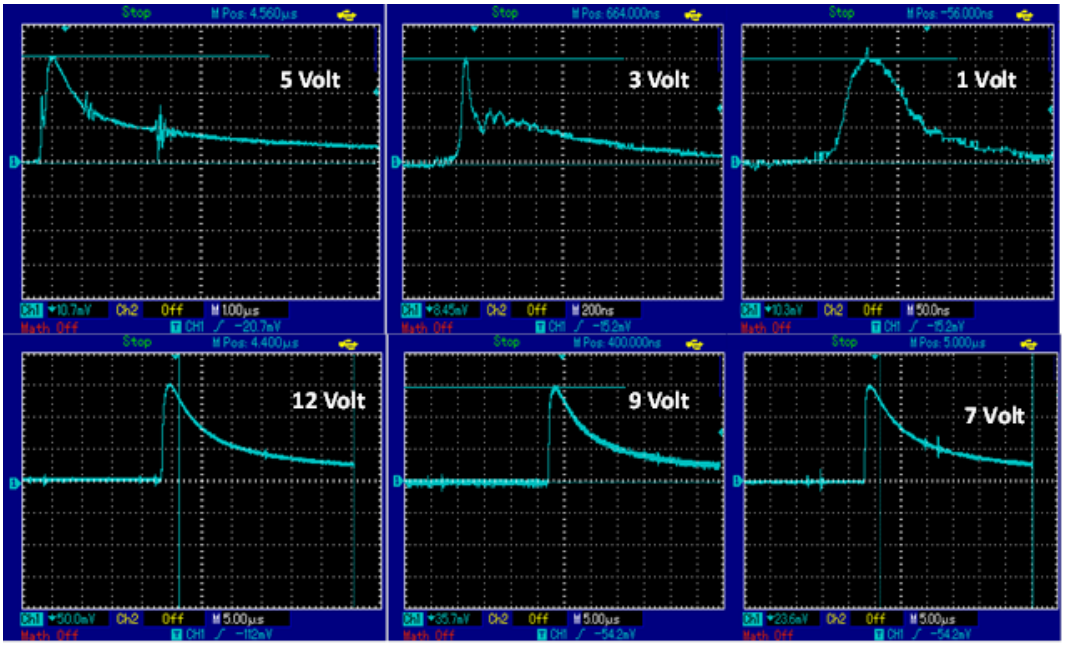


شكل (7) خصائص النسبة بين تيار الظلام الى الاضاءة والقدرة الضوئية الساقطة عند فولتية انحياز (8V) لنموذج مؤكسد لمدة (a) 10 sec (b) 20 sec (c) 30 sec (d) 35 sec

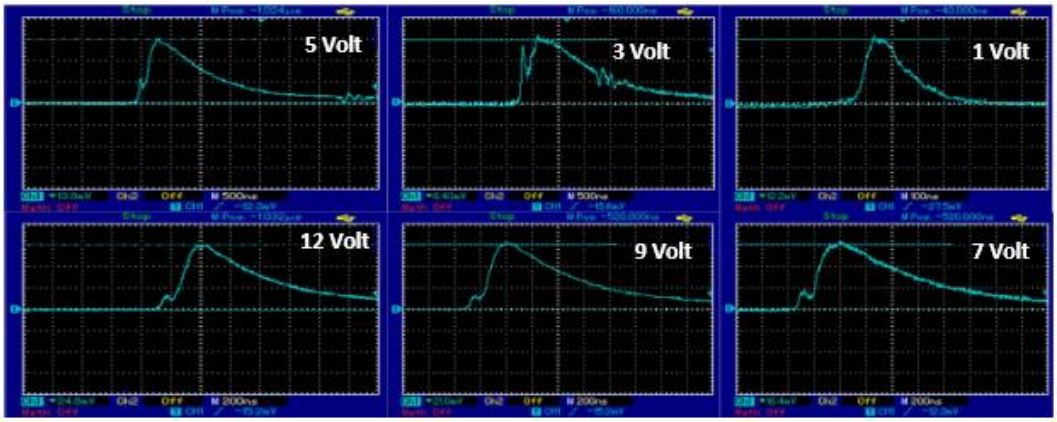
(3-6-4) زمن الاستجابة

تمتاز الكواشف الفوتونية بامتلاكها زمن استجابة قصير تقع ضمن اطوال موجية معينة . ويعتمد على انتشار الحاملات في منطقة النضوب وسعة منطقة النضوب بالإضافة الى مساحة الكاشف ومقدار مقاومة الحمل . تم اجراء دراسة على النماذج المؤكسدة وذلك بتسليط فولتية انحياز volt(12-9-7-5-3-1). تم بعدها احتساب مقدار زمن النهوض (on time) من احتساب زمن 10% الى 90% من زمن صعود النبضة وزمن الخمود (off time) من احتساب زمن 10% الى 90% من زمن هبوط النبضة. تمت الدراسة باستعمال ليزر دايود يعمل بشكل نبضي عند الطول الموجي 900nm .يبين الشكل (8) صورة للاشارة الصادرة من كاشف مؤكسد لمدة 10sec. عانت الاشارة من تشويش خاصة عند الفولتيات المنخفضة وقيمة منخفضة للاشارة . ومن الشكل ايضاً يتبين لنا ان زمن النهوض يتذبذب مع ازدياد الفولتية و زمن الخمود يرتفع بارتفاع الفولتية مما يدل على ان الكاشف يعمل بطريقة كاشف التوصيل. اما النموذج المؤكسد لمدة 20sec فقد عانت ايضاً من تشويش عالي في الاشارة وقيمة منخفضة لسعة الموجة الخارجة كما في الشكل (9). ان كل من زمن النهوض وزمن الخمود ينخفضون كلما ارتفعت الفولتية المجهزة . ويعود السبب الى كون فرق الجهد الخارجي المسلط يعمل على اقتناص المزيد من (الكترون – فجوة) المتولدة بسبب الفوتونات الضوئية الساقطة ويمنعها من عملية الالتحام. تدل النتائج ان الكاشف يعمل بطريقة كاشف فولتائي . النتائج المبينة بالشكل (10) لنموذج مؤكسد لمدة 30 sec بينت ان

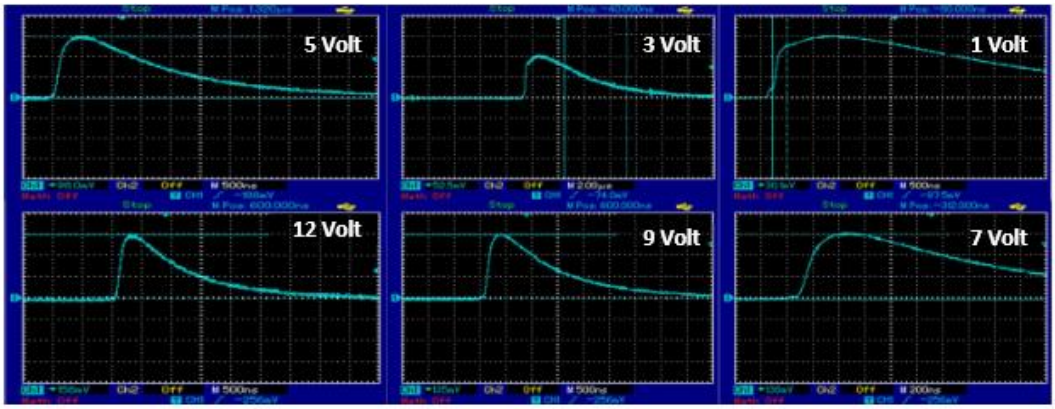
الاشارة الناتجة من الكاشف تملك زمن نهوض قصير مقارنةً بزمن الخمود . وان مقدار كل من زمن النهوض وزمن الخمود ينخفضان كلما ازدادت الفولتية المجهزة من 1-5)V) بعدها فان مقدار الانخفاض يصبح اقل عند الفولتيات7-12)V)وكما هوموضح بالشكل (10) لذا فان فولتية تشغيل الكاشف يجب أن تتجاوز 5V. شكل الإشارة الأفضل كانت للنموذج المؤكسد لمدة 35sec حيث اتسمت الاشارة بشكل واضح وانسيابي مع سعة فولتية اشارة جيدة كما هو موضح بالشكل (11). يبين لنا ايضاً انخفاض في زمن النهوض بارتفاع الجهد الخارجي مع انخفاض بسيط في زمن الخمود. تدل النتائج امكانية تشغيل الكاشف حتى عند فولتيات منخفضة.



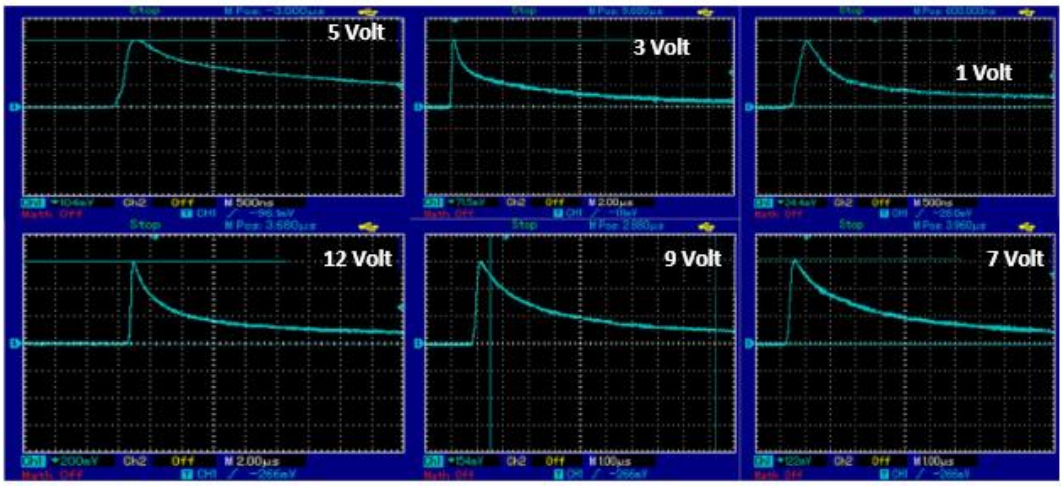
شكل (8) صورة للنبضات الصادرة من الكاشف المؤكسدة لمدة 10sec



شكل (9) صورة للنبضات الصادرة من الكاشف المؤكسدة لمدة 20sec



شكل (10) صورة للنبضات الصادرة من الكاشف المؤكسدة لمدة 30sec



شكل (11) صورة للنبضات الصادرة من الكاشف المؤكسدة لمدة 35sec

الاستنتاجات

1- أمكانية تحويل الزنك الى اوكسيد الزنك باستعمال مسخنات حرة بدون أفران وبطريقة رفع درجة حرارة الغشاء الى ^{o}C 510 وخفضها بسرعة.

2- ان اقل زمن لازم لتحويل غشاء من الزنك الى الاوكسيد الزنك وتكوين كاشف $ZnOSiO_2$ هو 35sec .

3- بينت نتائج الدراسات الخواص الكهربائية في الظلام ان الكاشف المصنع من نوع (n^+ n type) ويمتلك هذا الكاشف عامل مثالية 3.3 ودالة شغل 0.58 ev .

4- بينت نتائج الدراسات الكهربائية عند الاظاءة امتلاك الكاشف نسبة تيار ظلام الى تيار إضاءة مساوية الى 850 .

5- يمتلك الكاشف زمن نهوض 0,104 us وزمن خمود 8,6 us عند فولتية 12 V.

المصادر

1- S.M. Sze, "Semiconductor Devices Physics and Technology" Translated to Arabic by F.G. Hayaly, H.A. Ahmed, Baghdad, (1990).

2- C. Jagadish, S. Pearton, "Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures", Elsevier Limited, (2006).

3- H. L. Tsaia, W. C. Lia, M. J. Chena, M. Shiojirib, J. R. Yang a, The structure and ultraviolet electroluminescence of n – ZnO – SiO2 – ZnOnanocomposite/ p -GaNheterojunction LED.ECS Transactions, 33 (2) 267-275 (2010)

4- Zhaia Jing, Taoa Xia, Pua Yuan, Zenga Xiao-Fei, ChenbJian - Feng, Core-shell structured ZnO/SiO2 nanoparticles: Preparation, characterization and photocatalytic property, Applied Surface Science, 257, 393–397 (2010)

5- A.G. Milnes & D.L. Feucht, "Heterojunctions and Matal-Semiconductor junction", Academic Press, London, (1972).

6- Synthesis and Characterization of ZnO/SiO2 Core-Shell Microparticles and Photolytic Studies in Methylene Blue .Ali İmran Vaizoğullar, Ahmet Balcı International Journal of Research in Chemistry and Environment Vol. 4 Issue 2 April (161-165) (2014).

7- C. X. Xu, X. W. Sun, B. J. Chen, "Field emission from gallium-doped zinc oxide nanofiber array", Applied Physics Letters, 84, (2004)

8- صبحي سعيد الراوي "فيزياء الالكترونيات " مطبعة جامعة الموصل (1986)

ISSN: 1813 – 1662 (Print)
E-ISSN: 2415 – 1726 (On Line)
مجلة تكريت للعلوم الصرفة، 2017 (4) 22

Study the electrical properties of $ZnOSiO_2$ detector prepared by free rappid thermal oxidation

Abdul Majeed E. Ibrahim[1] , Raid A.Isma'l[2] , Wlla M. Mohammed[1]
[1] *physics Department , College of Education for pure science , Tikrit University , Tikrit , Iraq*
[2] *Applayed science Department , University of technology , Baghdad , Iraq*

Abstract
Zinc thin films deposited on (n-type)silicon at 510^{o} C with oxidation times (10,20,30,35) sec have been oxidized. Zinc have been deposited by thermal diffusion method using heater instead of conventional furnace .It is found that we can get zinc oxide with outoxegen and closed farneces rapidly. The electrical properties in dark show that the detector is shottky diode, and the best time to obtain the detector is 35 sec, and the ideality factor is 3.3 with a work function of 0.58 ev. It is found that the resalts at light power (50,100,150,200,250) mw/cm^2.Show that the detector oxidiced in 35 sec have detectivity factor 540.8 and have a high responsivity which enable the detector to detect the IR signals.