تصنيع كاشف التوصيلية الضوئية CdTe ودراسة بعض الخواص الكهربائية لبلورة CdTe

صلاح عبد الله حسون * زياد طارق الدهان **
اسمهان اسعد محمود ***

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٤/٩/٢٩

الخلاصة

تم تصنيع كاشف التوصلية الضوئية على نمط تماس معدن شبه موصل وذلك عن طريق ترسيب شطب من معدن الالمنيوم على رقائق من بلورة الكادميوم تلرايد (CdTe) ذات الاتجاهية [111] والمنماة مختبريا والمعدنة بدرجة حرارة 80^0C ولمدة 30min وتناول البحث دراسة بعض الخواص الكهربائية المستمرة والكشفية للنماذج المشوبة بالنحاس مع النماذج غير المشوبة لمعرفة تأثير التشويب فيها كذلك يتناول البحث تأثير التشويب و التردد على مقاومة الكاشف .

المقدمة

تعتبر مادة الكادميوم تلرايد من المركبات شبه الموصلة التي تنتمي إلى مجموعة ثنائية سداسية (II- VI) حيث يمتلك عنصر الكادميوم إلكترونين في مداره الخارجي بينما يمتلك عنصر التلرايد ستة إلكترونات في مداره الخارجي . إن التركيب البلوري لهذه المركبات هو تركيب ركائز الزنك (Zinc-Blende) ،وثابت الشبيكة لهذا المركب هو (6.48 A)عند درجة حرارة الغرفة [1] .

المركب ذو فجوة طاقة مباشرة بحدود 1.45 eV في درجة حرارة 25^0 C ويكون الطول الموجي المقابل لفجوة الطاقة هذه هو 800nm [2] تعبر بلورة الكادميوم تلرايد من البلورات المهمة في العديد من التطبيقات الفيزيائية حيث تعتبر من المواد الواعدة في مطاييف الأشعة السينية وأشعة كاما (Gamma-And X-rays) كما تستخدم هذه البلورة في المضمنات الكهربائية-البصرية (Electro optic modulators) من التطبيقات المهمة الأخرى لهذه البلورة هي استخدامها كقواعد في كواشف الإشعة تحت الحمراء خاصة لثنائيات (HgCdTe)الضوئية(HgCdTe Photo diod) [3]وتستخدم هذه الكواشف في مجالات متعددة اذ يمكن الاستفادة من هذة الكواشف في انظمةاتصالات الامواج البصرية التي تعمل في المنطقة تحت الحمراء القريبة μm (0.8-1) .[4]

الجانب النظري

تعرف الكواشف على انها اجهزة تعمل على تحويل الطاقة الضوئية الساقطة الى اشارة كهربائية يمكن قياسها [5].

يمكن تصنيف الكواشف البصرية على اساس تفاعل موجة الاشعاع الكهرومغناطيسي مع الكترونات المادة الى كواشف حرارية وكواشف فوتونية بالنسبة للكواشف الحرارية فان امتصاص طاقة الضوء الساقط يرفع درجة حرارة الكاشف الذي بدوره يسبب تغيرات في عامل ما يعتمد على درجة الحرارة كالتوصلية الكهربائية مثلا .لذا فان الخرج (out put) للكواشف الحرارية يتناسب مع كمية الطاقة الممتصة في وحدة الزمن من قبل الكاشف ولا يعتمد هذا المنتوج على طول

* دكتوراه-استاذ مساعد قسم الفيزياء كلية العلوم للبنات -جامعة بغداد

** دكتوراه-قسم هندسة الليزر والالكترو بصريات-جامعة النهرين

*** طالبة ماجستير

موجة الضوء الساقط . اما الكواشف الفوتونية فان عملية امتصاص طاقة الضوء الساقط تسبب مباشرة انبعاث الكترونات من سطح المادة لذا فان الخرج للكواشف الفوتونية محكوم بواسطة معدل امتصاص الفوتونات بشكل مباشر [6,7,8]

ان عملية الكشف تحتاج الى حد ادنى من الطاقة كبداية ولذلك يجب ان تكون طاقة الفوتون الساقط على على الاقل مساوية لمقدار فجوة الطاقة لشبه الموصل [9].

وتختلف الكواشف الحرارية عن الكواشف الفوتونية لكونها تستجيب لكافة الاطوال الموجية بشكل متساوي .اذ يتم امتصاص طاقة الشعاع الساقط الذي يتحول الى حرارة مما يسبب حدوث تغيرات في الخصائص الفيزيائية لمادة الكاشف (pyroeletric)والذي يمتازباستجابة عالية وزمن استجابة قصير واعظم استجابة لهذه الكواشف تكون عند الاطوال الموجية الواقعة ضمن مناطق الاشعة تحت الحمراء [6].

اما الكواشف الفوتونية (الكمية) فهي الكواشف التي تستجيب لمعدل الفوتونات الساقطة على سطح الكاشف وتعمل على تحويل الاشارة الضوئية الى اشارة كهربائية [7].

الجانب العملي

تم تحضير نموذجي من بلورة (CdTe) ذات الاتجاهات [111] بطريقة برجمان [3] وذلك باخذ عينات ذات سمك (1mm)وابعاد(mm 4mm*2. 5) [3] .

وتم العمل على عدة مراحل , اولهما اجراء بعض العمليات اليدوية والميكانيكية على العينات مثل عمليتي الصقل والتلميع وذلك للتخلص من الاضرار التي تلحق بالعينات بعد قطعها من البلورة .وتمت العمليه على النحو الأتي استخدام ورق صنفرة من كاربيد السليكون بدرجة نعومة 600 وكرر بورق صنفرة بدرجة نعومة (1100,1200) بعد ذلك بدل ورق كاربيد السليكون بالقماش الخاص بالتنعيم مع استعمال معجون الماس بحجم حبيبي 6 μm ونهاية بقطر حبيبي 3 μm .العملية الثانية هي عملية ترسيب اقطاب من مادة الالمنيوم على طرفي العينة وبسمك (0.001mm) بواسطة منظومة الترسيب الحراري في الفراغ باستخدام جهاز التبخير الحراري في الفراغ نوع (Lybold Coating Unit) وكانت الاقطاب بشكل متقابل والمسافة بينهما (0.5mm) وان سبب استخدام الالمنيوم كونه ذو توصلية جيدة وسهل الترسيب وتوفره بكثرة بعد ذلك تلحم العينات وثبتها على قاعدة ترانستور (T05) باستخدام مادة معجون الفضة (silver past) وبعدها توضع العينات في فرن بدرجة حرارة(80^0C) ولمدة 30min لغرض ربط الاسلاك بالنموذج تم استخدام ماكنة ربط الاسلاك فوق الصوتية من نوع (bh) helnut sciergm ونقوم بوضع اغلفة (cups) لتغليف العينات والمحافضة عليها . ان فائدة عملية التلدين هي الحصول على توصيل اومي جيد ولتحسين التوصيل الكهربائي بين المعدن وشبه الموصل وفائدة اخرى هي انتشار ذرات المادة شبه الموصلة خلال المعدن حيث ان ذرات المعدن تتصرف وكانها وامية او مانحة تنتشر خلال شبه الموصل حسب نوع المعدن[10] .

من اجل تشويب سطح البلوره تم استخدام نحاس بنقاوه 99,99% وذلك بترسيب طبقة سمكها 1 μm على الشرائح بواسطة جهاز التبخير الحراري في الفراغ بضغط 10^{-5} mbar

القياسات الكهربائية

لدراسة بعض الخواص الكهربائية المستمرة والمتناوبة للنماذج المحضرة وضع الكاشف ضمن دائرة كهربائية تحتوي على اميتر ومجهز قدرة لقياس تيار الظلام وتيار الاضاءة كدالة لفولتية الانحياز .لقياس تيار الظلام تم وضع الكاشف المصنع من CdTe في حالة ظلام وربطت اقطاب النموذج مع الدائرة الكهربائية ثم اخذت القراءات باستخدام مقياس التيار الرقمي digital electrometer لتسجيل قيم التيار الظلام ثم استخدام مجهز قدرة ذي فولتية متغيرة لتسليط فولتيةالانحياز على طرفي الكاشف وتراوحت قيم فولتيةالانحياز الامامي بين(1-10)v ولقياس تيار الاضاءة تستخدم نفس الدائرة الكهربائية ولكن يعرض الكاشف الى مصدر ضوئي (ضوء ابيض) وبشدات مختلفة (500-750-1000)Lux. اما بالنسبة للتوصلية المستمرة فقد تم حسابها باستخدام العلاقة

$$\sigma = 1/R.A \quad \ldots\ldots 1$$

حيث σ التوصلية . l المسافة بين قطبي الكاشف A مساحة مقطع الكاشف .R مقاومة الكاشف واستخرجت المقاومة التي تمثل مقلوب التوصلية .من الرسمة تغير الشعة والمقاومة مع التردد استخدم جهاز (LCR)لقياس كل من السعة والمقاومة مع التردد ضمن المدى (

10^{2} 10^{5} HZ) لدراسة بعض الخواص الكهربائية في خلية الظلام

النتائج والمناقشة

عند دراسة خصائص (I-V) في حالة الظلام للنماذج المحضرة لوحظ ان قيم تيار الظلام يزداد بزيادة فولتية الانحياز المسلطة على طرفي الكاشف CdTe:Cu,CdTe كما موضح بالشكل (1).

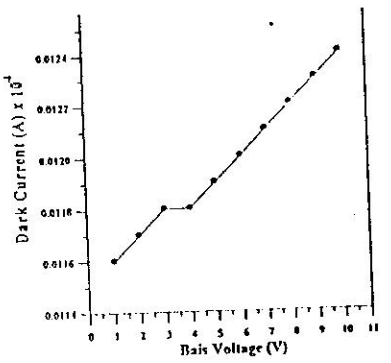
كذلك ممكن ملاحظة ان قيم تيار الظلام في حالة الكاشف CdTe :cu اعلى من القيم المناظرة للكاشف الغير مطعم والسبب في ذلك يعود الى ان التشويب ادى الى نقصان في العيوب التركيبية المفترضة مما ادى الى زيادة في حساسيتها الضوئية وبالنتيجة تحسين في الخواص الكهربائية وكذلك من ملاحظة الشكل (1) ايضا نلاحظ انه عند قيم واطئة من تيار الظلام فان التغير يكون خطيا وهذا ممكن ان يرجع الى احتمالية قنص حاملات الشحنة من قبل الشوائب اذ يخلف النحاس مستويات متقبلة ضمن فجوة الطاقة [11,12] التي تمثل مراكز القنص واعادة الاتحاد.كذلك ان استخدام قيم منخفضة من فولتية الانحياز تعني ان هذا المجال المسلط تكون فيه سرعة الانجراف بطيئة بين قطبين الكاشف والناتجة عن قلة المجال الكهربائي المسلط [13] فحاملات الشحنة تحتاج الى وقت طويل للعبور بين قطبي الكاشف لأنها تقنص من قبل هذه الشوائب المتمثلة بمراكز القنص وأعاد الأتحاد فنحصل على قيم قليلة من تيار الظلام .اما عند القيم العالية للفولتية المسلطة فتكون سرعة الانجراف عالية فيقل اصطياد او قنص الحاملات الحرة .اما عند دراسة خواص (I-V) في حالة الاضاءة وجد من الشكل (2) ان التيار الضوئي يزداد بزيادة شدة الاضاءة المسلطة على طرفي الكاشف CdTe وهذا يدل على زيادة تركيز حاملات الشحنة التي تصل عبر قطبي الكاشف .اما في حالة الكاشف CdTe:Cu نلاحظ ان التيار الضوئي يزداد نتيجة لانخاذ شوائب النحاس مستويات موضوعية داخل الفجوة والتي تعتبر مراكز حساسة للتولد واعادة الاتحاد وبعد مقارنة تيار الأضاءة مع تيار الظلام نلاحظ أن تيار الإضاءة أكبر من تيار الظلام في الحالة النقية والشائبة اذ تعمل زيادة شدة الاضاءة على زيادة تحركية حاملات الشحنة التي تصل الى حزمة التوصيل ونقصان في زمن العبور .اما تاثير التردد على السعة والمقاومة فقد لوحظ من الشكل (3) ان السعة تكون اكبر ما يمكن عند الترددات الواطئة ثم تبدا بالتناقص عند زيادة التردد الى ان تصل الى منطقة الترددات العالية حيث تبدا بالاستقرار اما المقاومة R فحسب الشكل (4) تكون في اقصر قيمة لها عند الترددات الواطئة ثم تبدا بالهبوط عند زيادة التردد .

الشكل (5) يوضح الاستجابة الطيفية ضمن المنطقة μm (0.66-0.86) كدالة للطول الموجي للكاشف CdTe النقي و μm (0.7-1) للكاشف المطعم بالنحاس بنسبة 1% و بدرجة حرارة الغرفة فنلاحظ ازدياد الاستجابة الكشفية بزيادة الطول الموجي للاشعاع الساقط و هناك قمة لهذه الزيادة عند الطول cmax والذي يساوي μm 0.78 للنقي وهناك قمتين عند الطول الموجي μm (0.8,0.875) للكاشف المشوب بالنحاس .فهناك ازاحة طيفية نحو المنطقة تحت الحمراء red shift ان هذه الازاحة ترجع الى عملية التطعيم بمادة النحاس حيث تؤدي الى خلق مستويات موضعية في فجوة الطاقة مما يؤدي الى تضييق في الفجوة و يعطي بالنتيجة طول موجي اكبر اما الشكل (6) فيوضح تغير الكفاءة الكمية كدالة للطول الموجي للكاشف النقي والمطعم ان الكفاءة الكمية للكاشف CdTe % 31.8 عند الطول الموجي μm 0.78 بينما للمطعم فتساوي % 39.3 , % 53.6 عند الاطوال الموجية μm (0.8,0.875) على التوالي

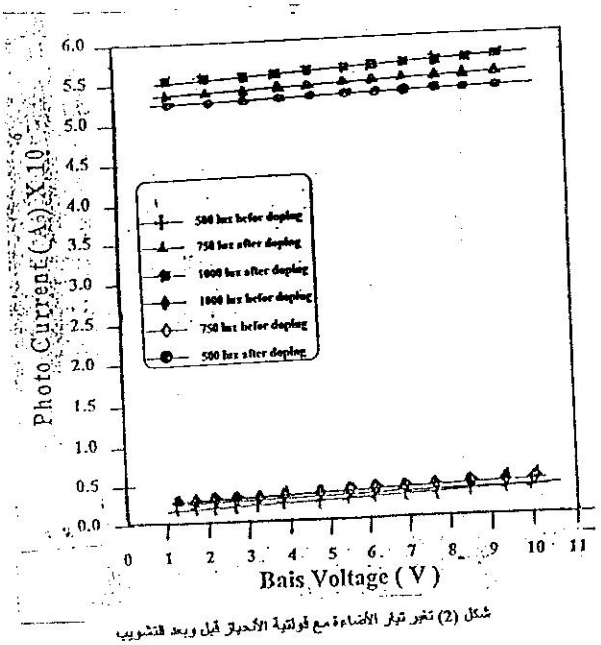
الشكل (7) يوضح التوصيلية الضوئية للكاشف قبل و بعد التطعيم فهناك زيادة في التوصيلية الضوئية مع زيادة في شدة الاضاءة و من المعروف ان زيادة شدة الاستضاءة هي عملية تهيج للالكترونات فتزداد عدد حاملات الشحنة الواصلة الى حزمة التوصيل

الاستنتاجات

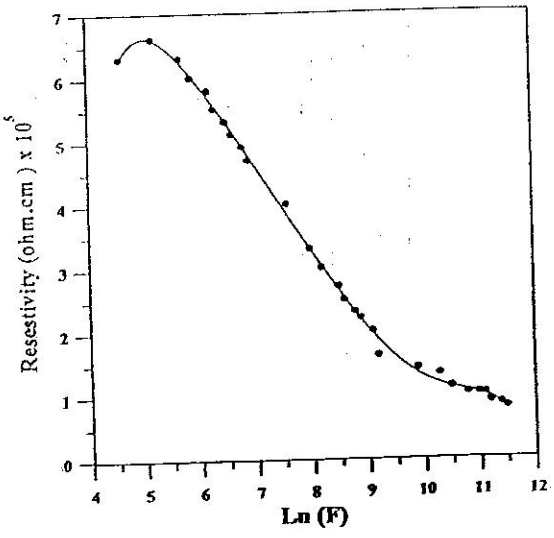
يعتبر الكاشف CdTe من الكواشف الفوتونية نتيجة لزيادة تيار الاضاءة بزيادة شدة الضوء المسلط عليه كذلك تقل السعة بزيادة التردد ضمن المدى HZ ($10^{2} \rightarrow 10^{5}$) كما وجد ان عملية التطعيم بالنحاس ادى الى تحسين في الخواص الكهربائية للكاشف و نقصان في العيوب التركيبية وهذا برز في زيادة تياري الظلام و الاضاءة للكاشف بعد التشويب من خلال المنحنيات قيد البحث هناك ازاحة طيفية نحو المنطقة تحت الحمراء واخيرا هناك تحسين في الكفاءة الكمية للكاشف بعد التشويب % 53 بالمقارنة مع % 31.8قبل التشويب .



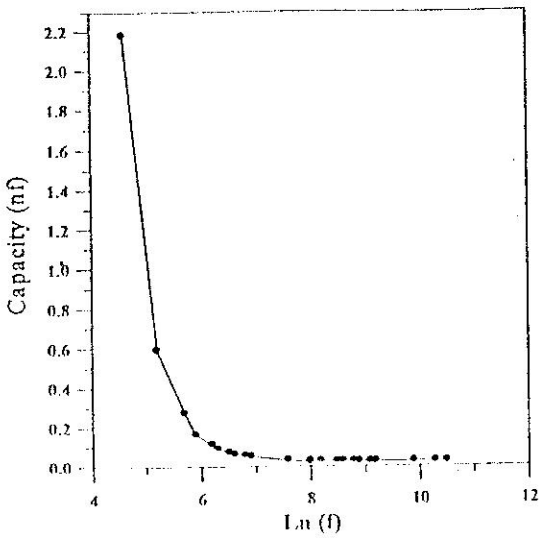
شكل (1) تغير تيار الضلام مع فولتية الأنحياز قبل التشويب



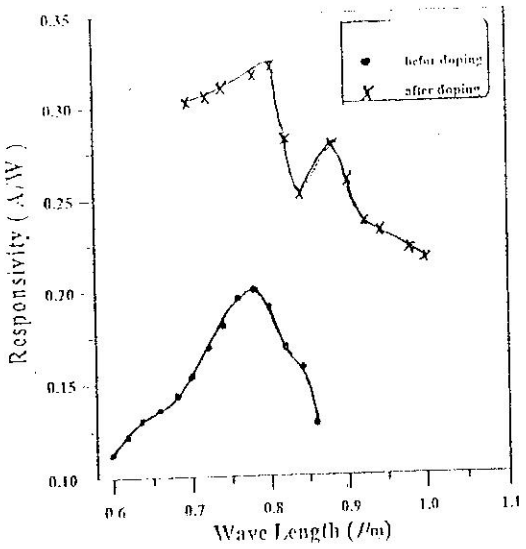
شكل (2) تغير تيار الأضاءة مع فولتية الأنحياز قبل وبعد التشويب



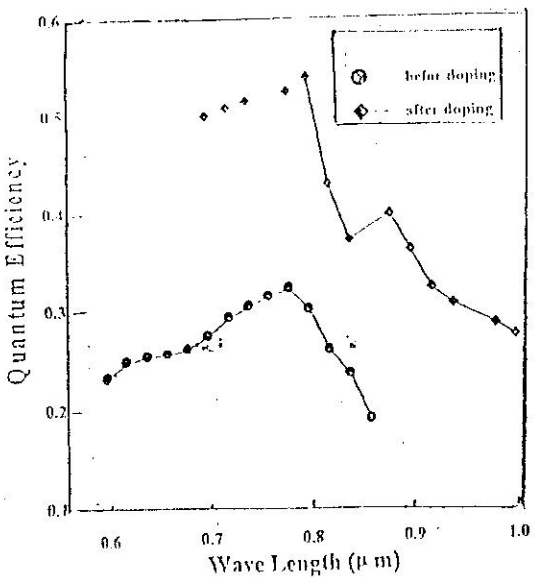
شكل (3) تغير المقاومه مع التردد قبل التشويب



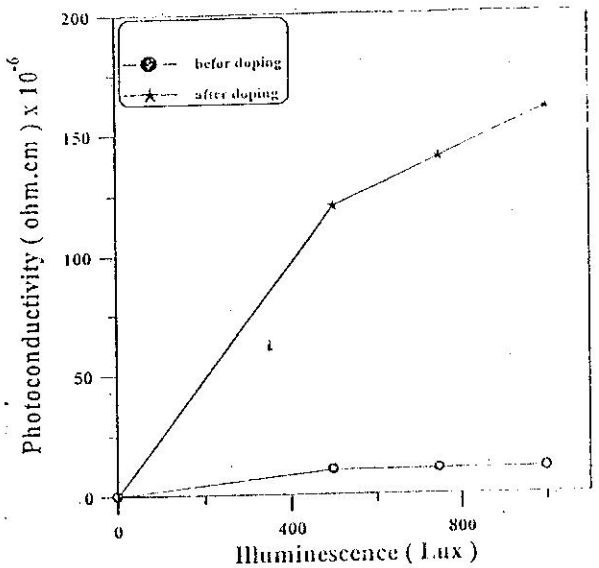
شكل(4) تغير السعة مع التردد قبل التشويب



شكل (5) تغير الاستجابة كدالة للطول الموجي للكاشف قبل وبعد التشويب



شكل (6) تغير الكفاءة الكمية كدالة للطول الموجي للكاشف قبل وبعد التشويب



شكل(٥) تغير التوصيلية الضوئية كدالة لشدة الإضاءة للكاشف قبل وبعد التشويب

المصـــادر

1. Zanio,K, 1978 cadmium telluride in :semiconductors and semimetals , Vol 13 , Eds . R.K. Willar Dson and A.C. Berr , Academic Press , New York
2. Kittl,C ,1976 Introduction to Solid state physics 6th ed .Wiley, .
٣. مقادسي, مازن بطـــرس, 2001 النمـو البلوري لمركـــب الكـــادميوم تلرايـد CdTe .رسالة ماجستير الكلية الهندسية العسكرية .
٤. الفوادي ,ايســـان مزهـر نـــاصر ,1999 تصنيع كواشف التوصيل الضوئـــي ســـيلينايد الكادميوم المطعم بالنحاس CdSe:Cu بطريقة التبخـــير الحـــراري فـــي الفـــراغ ودراســـة خصائصه الكهروبصرية .رســـالة ماجســـتير .كلية التربية للبنات .جامعة بغداد
5. Neaman, D.A. 1992 semiconductor physics and Devices Donnelly and Sons Company ,.
٦. حمادي, حسن, واخرون,1989 اشـــعة الليزر واســـتخداماتها مطبعـــة دار الحكمة .
7. Hudson, R.D. JR , 1969 Infrared System Engineering John Wily and Sons,
8. Othmer, Kirk- 1983 Encyclopedia of Chemical Technologe 3rd ed ; V.17 , J0hn Wily and sons .
9. Turtan ,R. 2000 The physics of solids Oxford Uni .press .
١٠. صـــباح نوري .2000 تصـــنيع كواشف من مادة GaAsSi المضفة للرئية وتحـــت الحمراء رسالة ماجستير. كلية العلوم .جامعة بغداد .
11. Chamonal ,J.P. Mdvo E . and Pautrat,J.L. 1982 solid state Communie 43(11):801
12. Molva,E . Pautrat,J.L. Saminadayar,K. Milchberg,G. and Maynb,N. 1984 ,Solid State Communication 30(6):3344,
13. Green,M.A. 1989 solar Cells, translated by Y.M. Hassan,.

Designe of CdTe Photoconductor detector and study of some electrical properties of CdTe crystal

*S.A.Hasoon **Z.T. Al-Dahan ***A.A. Mahmoud

*Department of Physics-College of Science for Women-University of Baghdad

** Department of Laser engenering and opto-electronics-Al-Nahrain University

***

Abstract

The photoconductive detector CdTe was fabricated in the form of metal-semiconductor contact by using method of deposite of Al electrode on wafers of experimental grown of CdTe crystal in [111] direction thermal tratement also made at $80c^0$ during 30 min. De electrical properties and detection characteristic for pure and doped samples with copper also carried out for the reason of studying, the effect of doping by copper as well as frequency on the resistance of detector.