دراسة الخصائص البصرية للمفرق المتباين Ge - GaAs Heterojunction

حسين عباس حسن* احسان محسن عباس**
علي سلمان*

استلام البحث 3، كانون الثاني، 2011
قبول النشر 20، ايار ، 2011

الخلاصة:
في هذا البحث تم تصنيع ودراسة الخصائص البصرية للمفرق المتباين Ge/Bulk –n- GaAs باستخدام شرائح ارسنايد الكاليوم GaAs(n-type Bulk-n-GaAs) و(n-type Ge/Epitaxy-n-GaAs) كأرضية (Substrate) واستخدام الجرمانيوم Ge النقي العشوائي لتبخيره ليصبح غشاء رقيقا على الارضية ، بطريقة التبخير الحراري . تم تلدين جميع النماذج بدرجة حرارة 637 كلفن ولمدة نصف ساعة .
تمت دراسة الخواص البصرية للمفرق المتباين المحضر من اتصال Ge/Bulk n-GaAs واتصال Ge/Epitaxy-n-GaAs ، اذ اجريت قياسات التيار الضوئي كدالة للطول الموجي الساقط ، وقد اظهر ان استجابة طيفية (Spectral Responsivity) للمفرق المتباين Ge/Bulk n-GaAs هي (0.2 A/w) عند الطول الموجي (700nm) و (0.191 A/w) عند الطول الموجي (1300nm) وللمفرق المتباين Ge/Epitaxy-n-GaAs هي (0.148 A/w) عند الطول الموجي (700nm) و(0.145 A/w) عند الطول الموجي (1300nm) .

الكلمات المفتاحيه :المفرق المتباين ، الخصائص البصرية، Ge-GaAs

المقدمة:

استحوذت مسألة التوصيل بين شبه موصلين مختلفين في فجوتي الطاقة على اهتمام المختصين في موضوع تقنية أشباه الموصلات . فقد أصبح المفرق المتباين مهماً في تقنية تصنيع الأجهزة الالكترونية ، ولقد أضاف المفرق المتباين مرونة أفضل من حاجز شوتكي أو المفرق المتجانس لان فجوتي الطاقة يمكن اختيارها بالضبط وفق احتياجات النبائط المطلوب صنعها .
يعرف المفرق المتباين (Heterojunction) بأنه المفرق المكون من تماس مادتين شبه موصلتين مختلفتين في فجوتي الطاقة ، (كأن يكون لزرنيخات الكاليوم GaAs نوع n مع جرمانيوم من نوع p) والذي هو موضوع بحثنا وللمفارق المتباينة ميزات تنفرد بسهولة في المفارق p-n التقليدية المتجانسة (Homojunction)[3,2,1].
المفرق المتباين الذي نحن بصدد دراسته يتكون بين مادتين شبه موصلتين مختلفتين في فجوة الطاقة وثابت العزل الكهربائي والألفة الإلكترونية ودالة الشغل وهناك ايضاً فارقاً بسيطاً في ثوابت الشبيكة وهو ما يصطلح عليه باللاتوافق الشبيكي (Lattice Mismatch) ،وتصنف المفارق المتباينة حسب نوع التوصيلية الآنية على كل جانب من المفرق حيث اذا اكتسبا نفس نوع التوصيلية يسمى مفرقاً متبايناً متماثل (Isotype Heterojunction) وبخلاف ذلك يسمى مفرقاً متبايناً غير متماثل (Anisotype Heterojunction) فنحصل على أربعة أنواع مـــن المفارق المتباينة (n-n)،(p-p)،(n-p)،(p-n) [5,4]. من اهم مميزات المفارق المتباينة عن ثنائيات الوصلة التقليدية (المفارق المتجانسة) :

1- ان درجة الحرارة اللازمة لتكوين مفرق متباين اقل من مثيلتها للمفرق المتجانس .
2- ابدت المفارق المتباينة استجابية طيفية اعلى بالنسبة لمنطقة الاطوال الموجية القصيرة من الطيف الكهرومغناطيسي .
3- تمتلك المفارق المتباينة انعكاسية قليلة وبذلك لاتحتاج الى طلاء طبقة مضادة للانعاكس (كما هو الحال في الخلايا الشمسية التقليدية).
4- ان تأثير عملية اعادة الاتحاد عند المنطقة السطحية للمفرق المتباين يكون قليلا جدا بالمقارنة مع تأثيره في حالة ثنائيات الوصلة التقليدية.

الجزء النظري: عملية الكشف للمفرق المتباين

يتضمن هذا الموضوع فهم الخصائص الكهروبصرية (Electro-Optics) للمفارق المتباينة التي يمكن ان نصنفها الى مجموعتين الاولى تتعامل مع توليد تيارات ضوئية جراء امتصاص الفوتونات بينما الثانية تتعامل مع انبعاث

*وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة تكنولوجيا الفضاء والاتصالات.
**وزارة الرياضة والشباب.

فوتوني كنتيجة للالكترونات المتهيجة في المفرق المتباين . ان امتصاص الفوتونات في المواد شبه الموصلة يأخذ عدة طرق معتمدة على الطول الموجي للفوتونات الساقطة ولكن اهم عمليتين تؤثران على الخصائص الكهروضوئية للمفرق المتباين هما :

أ- العملية التي تولد الكترونات حرة وفجوات .

ب- العملية التي تم فيها توليد زوج (الكترون - فجوة) .

يكون في الاولى مرور تيار ضوئي بسبب الشوائب او مستويات السطح والثانية بسبب الانتقال من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل وان توليد االحاملات الحرة بهاتين العمليتين عن السطح البيني او ضمن طول انتشار الحاملات في المادتين شبه الموصلتين المكونتين للمفرق المتباين بالنتيجة تعطى ارتفاعاً في قيمة التيار الضوئي . ان جزء من توليد الحاملات الحرة يتم بامتصاص الفوتونات وهناك حاملات تتولد نتيجة تطبيق مجال كهربائي فيعاد اتحادها باعثة بالفوتونات [8,7,6].

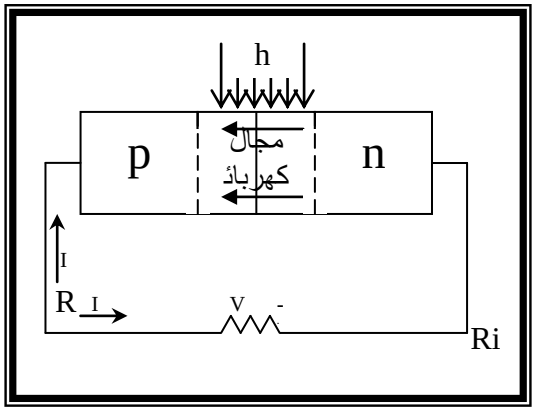
تأخذ الخصائص الكهروبصرية للمفرق المتباين بعدين الاول هو دراستها للمفرق المتباين غير المتماثل والثاني للمفرق المتباين المتماثل (Anisotype&Isotype heterojunction) .

نفرض المفرق pn الموضح في الشكل(1) مع مقاومة الحمل .عندما يكون انحياز المجال المسلط على المفرق مساوي للصفر ، فأن المجال الكهربائي يتكون في منطقة الشحنة الفراغية المبينة في الشكل (1) .عند سقوط الفوتونات على المفرق سيولد ازواج الكترون – فجوة في منطقة الشحنة الفراغية وبالتالي ينتج تيار ضوئيI_{ph} في اتجاه الانحياز العكسي كما مبين في الشكل (1) .التيار الضوئي سينتج فولتية منجرفة عبر مقاومة الحمل التي ستكون في اتجاه الانحياز الامامي للمفرق pn.

عند تسليط فولتية عكسية على المفرق pn ستتولد الكترونات وفجوات داخل منطقة شحنة الفراغية وهذه الالكترونات والفجوات تخرج بسرعة خارج هذه المنطقة بتأثير المجال الناتج وهذه الالكترونات والفجوات تكون تيار ضوئي I_{ph} والذي يكون في عكس اتجاه فولتية الانحياز الامامية ، وهذا التيار الضوئي I_{ph} سيولد فولتية يسري عبر مقاومة الحمل بالاتجاه الامامي للمفرق pn . فولتية الانحياز الامامي تنتج تيار الانحياز الامامي I_F الشكل (1) يوضح مخطط الدائرة ،صافي التيار الناتج للمفرق pn سيكون في اتجاه الانحياز العكسي وكما موضح بالمعادلة الاتية :

$$I = I_{ph} - I_F = I_{ph} - I_o\left[\exp\left(\frac{qV}{k_BT}\right)-1\right].....(1)$$

هذه المعادلة تستخدم للدايود المثالي ، ولكن عند تسليط انحياز امامي فأن قيمة المجال الكهربائي في منطقة الشحنة الفراغية تقل بينما التيار الضوئي يكون دائما في اتجاه الانحياز العكسي .



شكل (1) مفرق pn لخلية شمسية مع مقاومة الحمل[10,9]

شرط الدائرة القصيرة(Short circuit) يحدث عندما $R_i=0$ ، لذلك $V=0$.التيار في هذه الحالة يشير الى تيار دائرة القصيرة $I=I_{sc}=I_{ph}$. شرط الدائرة المفتوحة عندما $R_i\rightarrow\infty$ التيار في هذه الحالة يكون صفر . التيار الضوئي يمكن موازنته بواسطة انحياز المفرق الامامي :

$$I = 0 = I_{ph} - I_o\left[\exp\left(\frac{qV_{oc}}{k_BT}\right)-1\right].....(2)$$

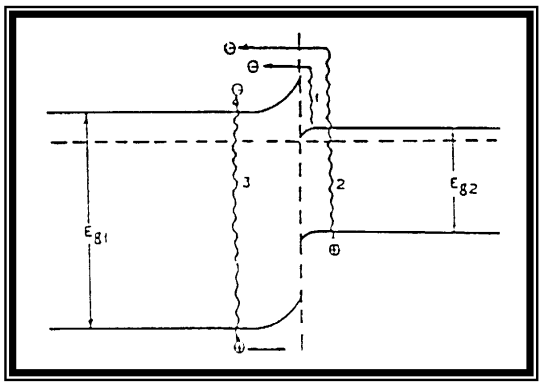
$$V_{oc} = \frac{k_BT}{q}\ell n\left[1+\frac{I_{ph}}{I_o}\right].....(3)$$

ويمكن ايجاد فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} كالآتي:

في حالة سقوط الفوتونات من جهة المادة ذات الفجوة العريضة (Wide Gap) فأن الفوتونات ذات الطاقة الواطئة تمتص في المادة ذات الفجوة العريضة بينما الفوتونات التي تملك طاقة عالية تخترق الفجوة الواسعة وتمتص في المادة ذات الفجوة الضيقة قرب السطح البيني وهذا ما يسمى بتأثير النافذة (Window Effect) الذي يؤدي عادة الى استجابة ضوئية كافية للمفرق المتباين غير المتماثل . اما في حالة المفرق المتباين المتماثل (Isotype Heterojunction) فهي تتضمن عمليات التهييج التي تساهم في توليد تيارات ضوئية في المفرق المتباين تارة بوجود مستويات السطح (Surface States) وتارة اخرى بدونها[12,11].

ان العمليات الرئيسية التي تؤدي الى تيار ضوئي في المفرق المتباين المتماثل بدون مستويات السطح هي انبعاث فوتوني بيني مـن حزم التوصيل والتكافؤ للمادة ذات فجوة الطاقة الضيقة وتوليد

ازواج (الكترون - فجوة) في المادة ذات فجوة الطاقة العريضة قرب السطح الفاصل كما موضح في الشكل (2) .



شكل (2) مخطط يوضح عمليات الانتقال الرئيسية التي تساهم في توليد التيار الضوئي لمفرق متباين (n-n) [14,13].

معلمات الكاشف Detectors Parameters

للكواشف معلمات يمكننا من خلالها معرفة كفاءة الكاشف ومن هذه المعاملات :

(1) الاستجابية Responsivity

تعرف الاستجابية بأنها النسبة بين التيار او الفولتية الخارجة من الكاشف الى قدرة الاشعة الساقطة على وحدة المساحة كما في العلاقة التالية [16,15] :

$$R = \frac{I_{ph}}{P_{in}} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

حيث I_{ph} هو التيار الضوئي المتولد ، P_{in} : قدرة الاشعة الساقطة

وتقاس الاستجابية بوحدات (A/W) او(Volt/W) . تعتبر الاستجابية خاصية مهمة من خواص الكاشف اذ انها تحدد قدرته على الكشف عن الضوء بطول موجي معين كما انها تبين المدى الطيفي الذي يعمل فيه الكاشف [17] .

(2) الكفاءة الكمية Quantum Efficiency

هي عدد ازواج الالكترون - فجوة المتولدة عن كل فوتون ساقط على الكاشف عند طول موجي محدد وتعطى الكفاءة الكمية بالعلاقة التالية [18,17] :

$$\eta = \left[\frac{I_{ph}}{q}\right]\left[\frac{P_{in}}{h\nu}\right]^{-1} \quad \ldots\ldots\ldots(5)$$

حيث I_{ph} هو التيار الضوئي المتولد ، q : شحنة الالكترون ، P_{in} :قدرة الاشعة الساقطة ν : تردد الموجة الساقطة ،h : ثابت بلانك

وكذلك تعطى الكفاءة الكمية بالعلاقة الآتية :

حيث α معامل الامتصاص ، x سمك المادة المخترقة .

ولتحسين الكفاءة الكمية :

1- تقليل الانعكاسية بالطلاء بمادة SiO_2 .
2- زيادة زمن بقاء الحاملات عن طريق تقليل العيوب التركيبية
3- زيادة الامتصاص ضمن منطقة النضوب بزيادة جهد الانحياز العكسي.

والعامل الاساسي هو معامل الامتصاص الذ بدوره يعتمد على الطول الموجي.

وتحسب الكفاءة الكمية بشكل عملي بدلالة الطول الموجي والاستجابية [18,17] :

$$\eta = \frac{R\ hc}{q\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

حيث R : الاستجابية ، c : سرعة الضوء ، λ : الطول الموجي .

(3) القدرة المكافئة للضوضاء Noise Equivalent Power (NEP)

وهي عبارة عن تيار الضوضاء المتولدة في الكاشف مقسوم على أستجابية الكاشف وتعطى بالعلاقة التالية [18]:

$$NEP = \frac{I_n}{R} \quad \ldots\ldots(8)$$

حيث I_n : تيار الضوضاء

ويعطى تيار الضوضاء بالعلاقة الآتية :

$$I_n = (2qI_d)^{1/2} \quad \ldots\ldots(9)$$

حيث I_d : تيار الظلام .

(4) الكشفية والكشفية النوعية Detectivity and Specific Detectivity

تعرف الكشفية بأنها نسبة الاستجابة الكاشف الى تيار الضوضاء أي انها تمثل مقلوب القدرة المكافئة للضوضاء وتعطى بالعلاقة التالية [18] :

$$D = \frac{R}{I_n} = \frac{1}{NEP} \quad \ldots\ldots\ldots(10)$$

أن الكشفية تعتمد على الضوضاء الناتجة في عملية الكشف وقد لوحظ ان الكشفية النوعية تتناسب مع المساحة لذلك تعرف (D*) بالكشفية النوعية (Specific Detectivity) وتستخدم للمقارنة بين انواع مختلفة من الكواشف حيث[18] :

$$D^* = \frac{(A\Delta f)^{1/2}}{NEP} \quad \ldots\ldots(1)$$

حيث A : مساحة الكاشف ، Δf : عرض حزمة الضوضاء بوحدة (Hz) وتساوي (1Hz) في اغلب الكواشف .

الجزء العملي:-

تم تحضير النبيطة باختيار الارضية (Substrate) والتي تمثل الجزء الاولي في تكوين النبيطة . والارضية التي تم اختيارها كانت عبارة عن نموذجين اولهما هي زرنيخات الكاليوم-Bulk GaAs نوع n مطعم بمادة القصدير (Sn) بتركيز $1.2x10^{18}$ cm^{-3} ذو مقاومية $3.2x10^{-3}$ Ω.cm والاخرى كانت نموذج Epitaxy نوع n مطعم بمادة القصدير بتركيز$9x10^{17}$ cm^{-3} ذو مقاومية $5.6x10^{-1}$ Ω.cm .

تمت عملية الترسيب باستخدام منظومة تبخير فراغية حرارية نوع BALZER وتتم السيطرة على السمك المطلوب ترسيبه بواسطة وحدة قياس سمك الغشاء المرسب (Thickness monitor) ، ويكون الضغط داخل المنظومة (10^{-5} Torr) . تمر مرحلة التصنيع بثلاث مراحل :

الاولى : هي عملية الحصول على التوصيل الاومي عن طريق ترسيب معدن فوق سطح شبه الموصل وللحصول على التوصيل الاومي الجيد يجب اختيار المعدن النقي المناسب . وقد تم اختيار الالمنيوم لانه ذو توصيلية جيدة وسهل الترسيب وله مقاومة واطئة مع زرنيخات الكاليوم وسمك الالمنيوم المرسب على النموذجين كان بحدود ($2000A^o$) .

الثانية : بعد ترسيب معدن الالمنيوم على السطح الخلفي للنموذجين تم تبخير غشاء رقيق من الجرمانيوم على السطح العلوي للنموذجين باستخدام منظومة التبخير الفراغية الحرارية . وكان سمك الغشاء المرسب بحدود ($500A^o$).

الثالثة : بعد تصلب الجرمانيوم يتم ترسيب الالمنيوم النقي على شكل نقاط دائرية على الجرمانيوم من خلال استخدام قناع معدني وكان سمك الالمنيوم المرسب بحدود ($100A^o$) .

ثم يوضع النموذجين داخل فرن كهربائي لاجراء عملية التلدين بدرجة حرارة 637 كلفن ولمدة نصف ساعة . وتساعد هذه العملية على تحويل الجرمانيوم النقي الى جرمانيوم من نوع p من خلال انتشار ذرات الالمنيوم داخل ذرات الجرمانيوم.

النتائج والمناقشة:

نتائج القياسات البصرية:

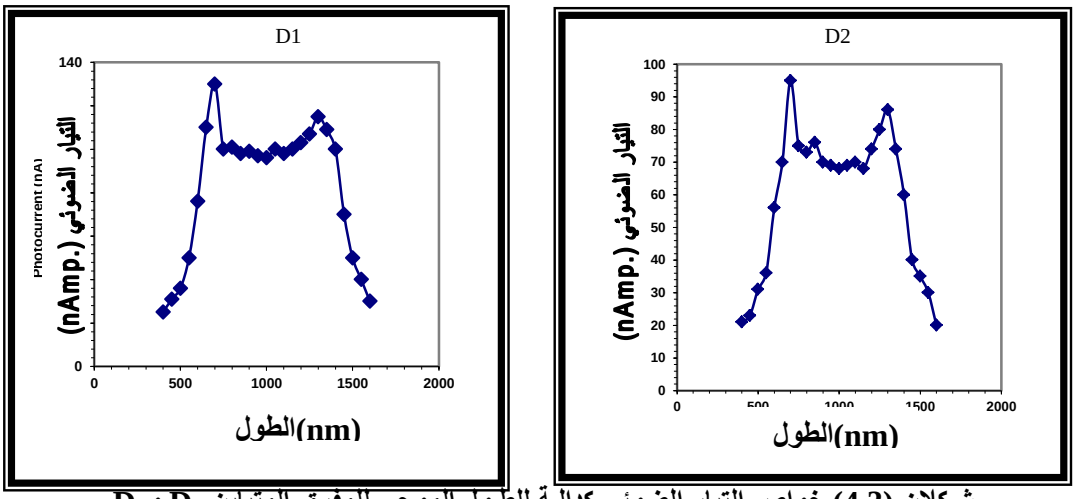
(1) نتائج قياسات التيار الضوئي :

يبين الشكلان (3) (4) خصائص التيار الضوئي كدالة للطول الموجي الساقط للنموذجين (D_1) و(D_2)وقد وجد ان قيمة التيار تعتمد بصورة رئيسية على الطول الموجي للفوتون الساقط وخاصة في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة حيث عندما تكون طاقة الفوتون الساقط اكبر من فجوة الطاقة ($h\nu > E_g$) فأن سيولد ازواج الكترون فجوة في منطقة الاستنزاف ويعتمد معامل الامتصاص على قيمة ($h\nu - E_g$) . ان عملية الاتصال بين الشبه الموصلين الذين يمتلكان فجوتي طاقة مختلفة E_{g1} وE_{g2} سيولد امكانية التحسس للاطوال الموجية ضمن عتبتي القطع لشبه الموصلين (400nm الى 1600nm).

عند تسليط الضوء على المفرق المتباين من طرف فجوة الطاقة الضيقة فأن الفوتونات ذات الطاقة المحصورة بين فجوتي الطاقة E_{g1} (للجرمانيوم) وE_{g2} (لارسنايد الكاليوم) سوف لا تمر بحرية خلال المادة ذات الفجوة الطاقة الضيقة وسوف يتم امتصاصها ، وهذا عكس تاثير النافذة البصرية للمفرق المتباين .

اما عند سقوط الفوتونات على فجوة المادة العريضة الذي يؤثر كنافذة بصرية فأن الفوتونات التي تمتلك طاقة اكبر من E_{g1} (فجوة الطاقة الضيقة لشبه الموصل الاول) سوف تمتص في فجوة المادة الضيقة . في المعدل فأن الحاملات الفائضة (excess carriers)ستتولد في منطقة الاستنزاف وداخل طول الانتشار للمفرق ، هذه الحاملات الفائضة ستتجمع وتساهم في التيار الضوئي . الفوتون الذي يمتلك طاقة اكبر من E_{g2} (فجوة الطاقة العريضة لشبه الموصل الثاني) سيمتص في فجوة المادة العريضة والحاملات الفائضة المتولدة ستتجمع داخل طول الانتشار للمفرق .

اذا كان الامتصاص في فجوة المادة الضيقة عاليا وبصورة اساسية كل الحاملات الفائضة ستتولد داخل طول الانتشار للمفرق وكذلك فأن كفاءة التجميع ستكون عالية جدا.



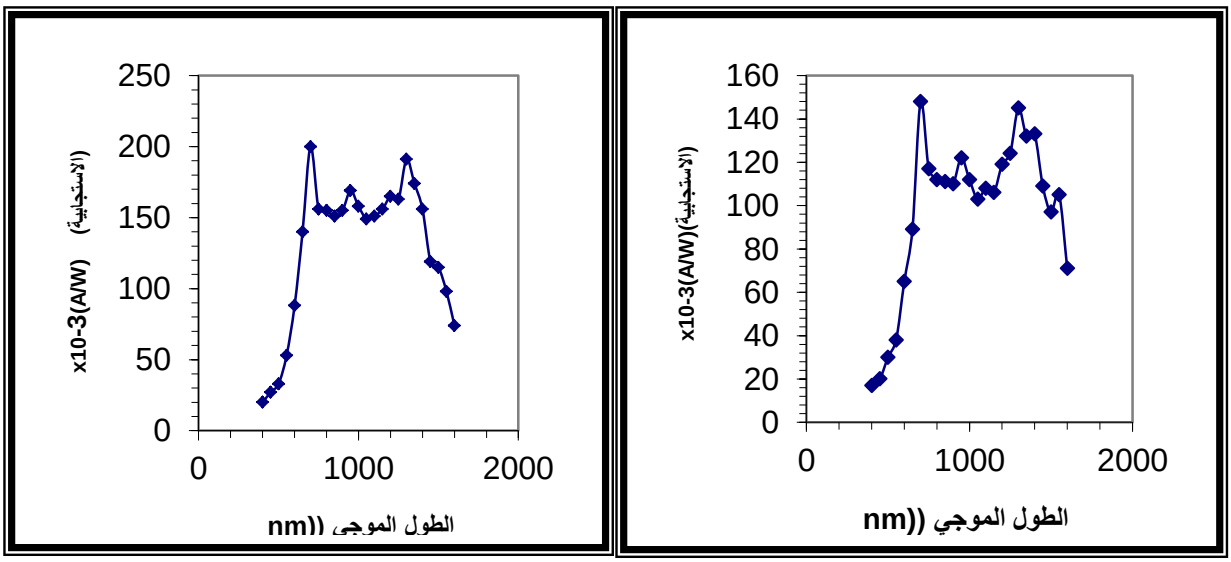
شكلان (4,3) خواص التيار الضوئي كدالة للطول الموجي للمفرق المتباين D_1 وD_2

(2)نتائج قياسات الاستجابية

يبين الشكل (5) خصائص الاستجابية للمفرق المتباينD_1 كدالة للطول الموجي الساقط حيث تم حساب الاستجابية من خلال المعادلة (4) وقد كانت اعلى استجابة عند الطول الموجي (700nm) هي (0.2 A/W) و(0.191 A/W) عند الطول الموجي (1300nm) ، ونلاحظ ان الاستجابة بعد (0.2 A/W) تقل بصورة قليلة أي بحدود (0.158 A/W) وعدم نزولها الى قيم قليلة بين الاطوال الموجية (750-1250)nm مما يدل على وجود تداخل بين فجوتي الطاقة لكل من (GaAs=1.42eV) و(Ge=0.67 eV) والتي تسمح لنا باستخدام هذا الكاشف ضمن الاطوال الموجية (400-1600)nm وكانت اقل استجابة عند الطول الموجي 400nm وهي (0.02 A/W) و(0.074 A/W) عند الطول الموجي (1600nm).

يوضح الشكل (6) خصائص الاستجابية للمفرق المتباين D_2 حيث كانت اعلى استجابية له عند الطول الموجي (700nm) هي (0.148 A/W) واستجابية عند الطول الموجي (1300nm) كانت(0.145 A/W) نلاحظ نقصان قيم الاستجابية من الطول الموجي (700-1600)nm . وكانت اقل استجابية للكاشف عند الطول الموجي (400nm) (0.017 A/W) وعند الطول الموجي (1600nm) هي (0.071 A/W).

وتُعزى زيادة الاستجابية للمفرق D_1 عن النموذج D_2 لأن ΔE_c للاول اقل عما هي عليه للمفرق الثاني مما تسهل انتقال الالكترونات من الطرف n الى الطرف p.

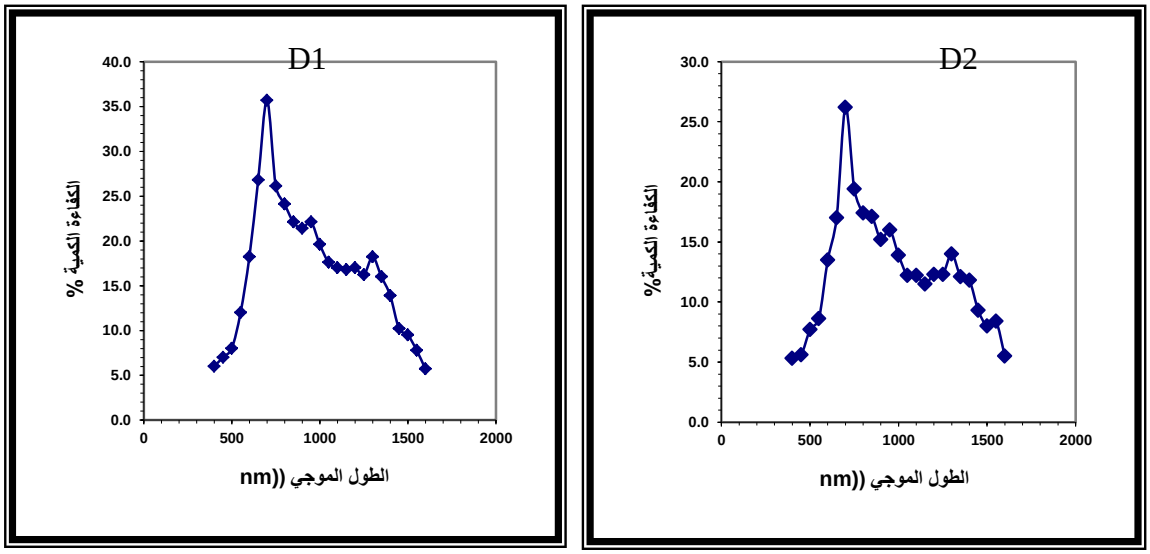


شكلان (6,5) يوضح العلاقة بين الاستجابية والطول الموجي للمفرق المتباين D_1 وD_2

(3) نتائج قياسات الكفاءة الكمية

يوضح الشكلان (7) و(8) توضح الكفاءة الكمية كدالة للطول الموجي الساقط لنموذجين D_1 و D_2 حيث تم حساب الكفاءة الكمية لهذين النموذجين وفق المعادلة (7)، فكانت اقصى قيمة له (35.7%) بالنسبة D_1 عند الطول الموجي (700nm) وقمة اخرى بقيمة (18.2%) عند الطول الموجي (1300nm) والتي تدل على حصول المفرق المتباين بين Bulk-n-GaAs و Ge.

اما بالنسبة للنموذج الثاني D_2 فكانت هناك قمتين اقصى قيمة لها (26.2%) عند الطول الموجي (700nm) وقمة اخرى بقيمة (14%) عند الطول الموجي (1300nm) .

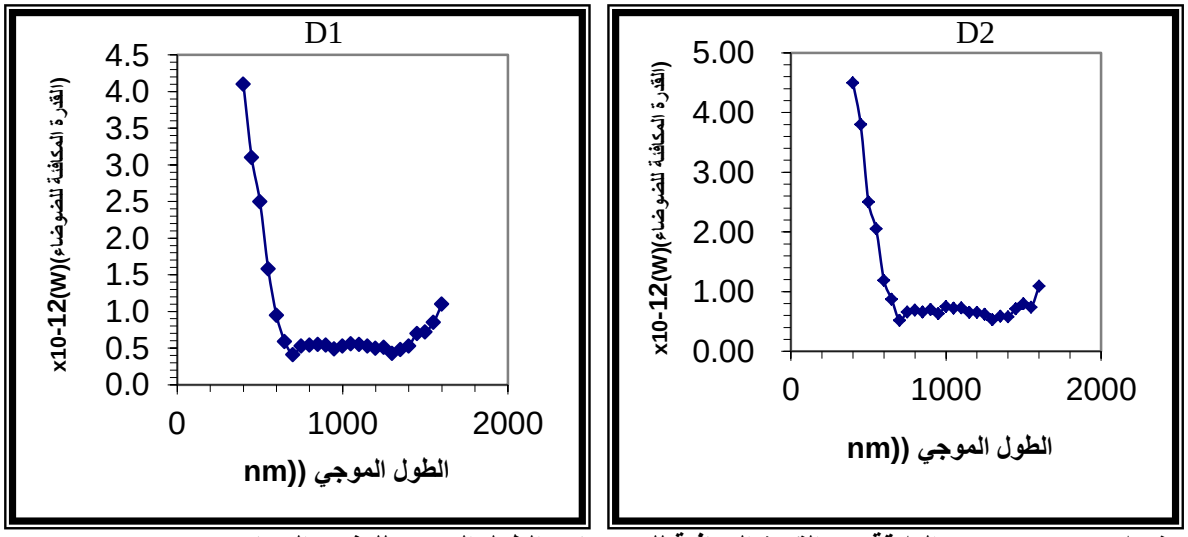


شكلان (8,7) يوضح العلاقة بين الكفاءة الكمية والطول الموجي للمفرق المتباين D_1 وD_2

(4) نتائج قياسات القدرة المكافئة للضوضاء

يوضح الشكل (9) القدرة المكافئة للضوضاء (NEP) كدالة للطول الموجي الساقط (تم حسابها من خلال المعادلة (8) وتم حساب تيار الضوضاء($I_n=8.39x10^{-14}$ Amp.) من خلال المعادلة (2-50) (وكان تيـــار الظلام I_d $=22x10^{-9}$ Amp.)) للمفرق المتباين D_1 ويشير الشكل الى ان اقل قدرة مكافئة للضوضاء كانت $0.41x10^{-12}$ W عند الطول الموجي (700nm)و $0.43x10^{-12}$ W عند الطول الموجي (1300nm).

الشكل (10) يوضح القدرة المكافئة للضوضاء كدالة للطول الموجي الساقط للمفرق المتباين D_2 (وتم حساب تيار الضوضاء $(I_n=7.8x10^{-14}$ Amp.)من خلال المعادلة (9) (وكان تيار الظلام I_d $=19x10^{-9}$ Amp.)ويتضح ان اقل قدرة مكافئة للضوضاء كانت بحدود $0.52x10^{-12}$ W عند الطول الموجي (700nm) و $0.53x10^{-12}$ W عند الطول الموجي (1300nm) .



شكلان(10,9) يوضح العلاقة بين القدرة المكافئة للضوضاء والطول الموجي للمفرق المتباين D_1 وD_2

(5) نتائج قياسات الكشفية والكشفية النوعية

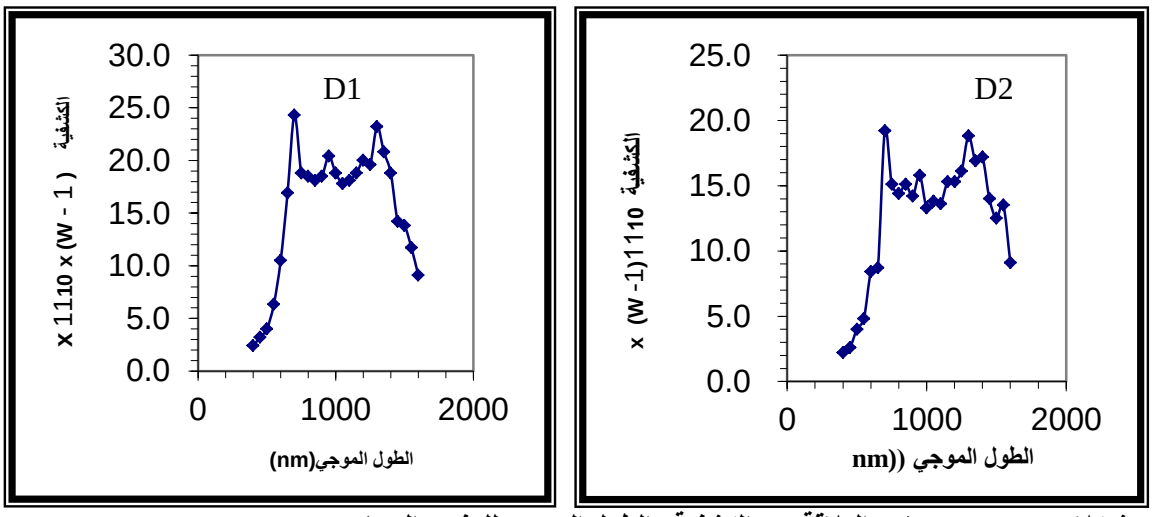
يمثل الشكلان (11) (12) خصائص الكشفيـة للمفرقين D_1وD_2 وتم استخدام المعادلة (10) حيث كانت اعلى كشفيـة للمفرق المتباين D_1 عند الطول الموجي (700nm) هي $24.3x10^{11}$ W^{-1} وعند الطول الموجي (1300nm) هي $23.2x10^{11}$ W^{-1} .

وكانت اعلى كشفية للمفرق D_2 عند الطول الموجي (700nm) هي $19.2x10^{11}$ W^{-1} وعند الطول الموجي (1300nm) كانت $18.9x10^{11}$ W^{-1} .

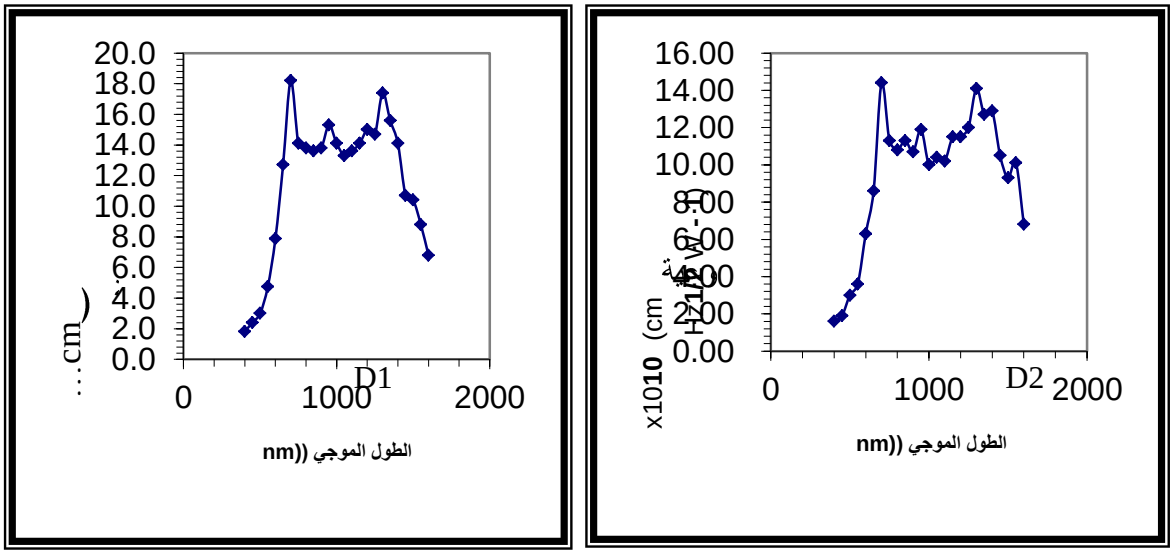
يبين الشكلان (13) (14) خصائص الكشفية النوعية(تم حسابها من خلال المعادلة(11)) للمفرقين D_1وD_2، وكانت اعلى كشفية نوعية للمفرق D_1 عنـد الطـــول المـوجي (700nm) هـي $18.2x10^{10}$ cm $Hz^{1/2}W^{-1}$ وعنـد الطـول الموجي (1300nm) هـي $17.4x10^{10}$ cm $Hz^{1/2}W^{-1}$.

في حين كانت اعلى كشفية نوعية للمفرق D_2 عند الطول الموجي (700nm) هي $14.4x10^{10}$ cm $Hz^{1/2}W^{-1}$ وعند الطول الموجي (1300nm) هي $14.1x10^{10}$ cm $Hz^{1/2}W^{-1}$.

ونلاحظ ان كشفية المفرق المتباين D_1هي افضل من كشفيـة المفـرق المتباين D_2 وهذا يعود الى عدة عوامل منها نوعية الارضية المستخدمة ، وكذلك النتائج الكهربائية التي اثبتت ان المفرق المتباين D_1هي احسن من المفرق المتباين D_2.



شكلان (12,11) يوضح العلاقة بين الكشفية والطول الموجي للمفرق المتباين D_1 وD_2



شكلان (14,13) يوضح العلاقــة بين الكشفية النوعية والطول الموجي للمفرق المتباين D_1 و D_2

الاستنتاجات :

1- اظهرت نتائج قياسات الاستجابية افضلية المفرق المتباينD_1 على المفرق المتباين D_2 ونعتقد ان اللااستمرارية في حزمة التوصيل ΔE_c للمفرق الاول والتي هي اقل من ΔE_c للمفرق الثاني لها علاقة بتسهيل عملية انتقال الالكترونات للمفرق الاول.

2- اظهرت نتائج الاستجابية والكفاءة الكمية والقدرة المكافئة للضوضاء ان اعلى قيم لها عند الطول الموجي (700nm) والطول الموجي (1300nm) للنموذجين مما يؤكد امكانية استخدام النماذج المصنعة في كواشف الاشعة المرئية وتحت الحمراء القريبة وبكفاءة جيدة .

3- ان نتائج الكشفية للنموذجين كانت جيدة وتؤهل استخدام هذه النماذج في التطبيقات العلمية في مجال الاشعة المرئية وتحت الحمراء القريبة .

المصادر:

[1] Nicola M.Forsyth, 1989. "A study of Schottky barrier to CdS, and the CdTe: CdS Heterojunction " Ph.D. thesis, University of UWC Cardiff.

[2]اس.ام.زي،1990 " نبائط اشباه الموصلات فيزياء وتقنية " ترجمة الدكتور فهد غالب حياتي ، الدكتور حسين علي احمد، جامعة الموصل

[3] Donald A. Neaman, ,1992" Semiconductor physics and devices",IRWIN Jnc. U.S.A.

[4] Guy Brammertz, Yves Mols, 2006. "Low-temperature photoluminescence study of thin epitaxial GaAs films on Ge substrates" J. Appl. Phys. 99, 093514.

[5] Liou J.J., Lindholm F.A. and Malocha D.C., 1988." Forward Voltage-Capacitance of heterojunction space - charge regions", J.App. Phys. 63(10):5015-5018.

[6] Milnes A.G. and Fencht D. L., 1972." Heterojunction and metal-semiconductor junction ", Academic press., New York.

[7] Sharma B.L. and Purohit R.K. 1974. "Semiconductor Heterojunctions" pergamon press oxford.

[8] Peiliang Chen, Xiangyang Ma, 2007."Ultraviolet electroluminescence from ZnO/p- Si heterojunctions" J. Appl. Phys. 101, 053103.

[9] Liao M. H., Cheng T.-H., 2008. "2.0μm electroluminescence from Si/Si0.2Ge0.8 type II heterojunctions" J. Appl. Phys. 103, 013105 .

[10] Zhiqiang Zhou, Yingqiang Xu, 2008. " Long-wavelength light emission from self-assembled heterojunction quantum dots" J. Appl. Phys. **103**, 094315 .

[11] Engin Arslan, Serkan Bütün, 2008. "The persistent photoconductivity effect in AlGaN/GaN heterostructures grown on sapphire and SiC substrates" J. Appl. Phys. 103, 103701 .

[12] Julian Tornow, Klaus Schwarzburg, 2010. "Charge separation and recombination in radial ZnO/In2S3/CuSCN heterojunction structures" J. Appl. Phys. 108: 044915-044919

[13] Kundrotas J., Čerškus A., 2010 "Enhanced exciton photoluminescence in the selectively Si-doped GaAs/AlxGa1−xAs heterostructures" J. Appl. Phys. 108: 063522-063525.

[14] عايد نجم صالح،1998" تأثير تركيز الانديوم في الجرمانيوم لتكوين مفرق متباين من الجرمانيوم وارسنايد الكاليوم " اطروحة ماجستير ، جامعة الموصل.

[15] John David Vincent, 1990." Fundamental of Infrared Detector operation and testing"Goleta California USA.

[16] Keyes R.J. , 1977. "Optical and Infrared Detectors ".App. Phys.19:8,101-111.

[17] Peter Capper and C.T Elliot , .2001."Infrared Detectors and emitters : materials and devices" Southampton, UK.

Heterojunction Ge-GaAs[18] حسين عباس حسن،2001 . "تصنيع كاشف المفرق المتباين ودراسة الخصائص البصرية والكهربائية في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة" اطروحة ماجستير،كلية الرشيد(الكلية الهندسية العسكرية سابقاً).

Study of optical properties for Ge - GaAs Heterojunction

Hussein Abbas Hassan* ***Ehsan M. Abbas*****
Ali S. Ferhan*

*Ministry of sciences & Technology
** Ministry of Youth & Sports

Abstract:

In this work, heterojunction have been fabricated utilizing gallium arsenide (Bulk-n-GaAs) and (Epitaxy-n-GaAs) wavers as substrate, an amorphous germanium(Ge)was evaporated as thin film on the substrate, using thermal evaporation technique, lastly, electrical characteristics have been studied. All samples were annealed at temperature 637K for 30 minutes.

Optical properties have been studied for Ge/Bulk n-GaAs contact and Ge/Epitaxy-n-GaAs contact, photocurrent as a function of the incident wavelength was measured to calculate the detector parameters. It was shown that the Spectral Responsivity Ge/Bulk n-GaAs was (0.2A/W) at (700nm), (0.191A/W) at (1300nm) and for Ge/Epitaxy-n-GaAs (0.148A/W) at (700nm), (0.145A/W) at (1300nm).