

## دراسة الخصائص البصرية للمفروق 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 للمفروق 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 رقيقاً على الأرضية ، بطريقة التبخير الحراري . تم تلدين جميع النماذج بدرجة حرارة 637 كلفن ولمدة نصف ساعة . تمت دراسة الخواص البصرية للمفروق 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) للمفروق المتباين Ge/Bulk n-GaAs هي (0.2 A/w) عند الطول الموجي (700nm) و (0.191 A/w) عند الطول الموجي (1300nm) وللمفروق المتباين Ge/Epitaxy-n-GaAs هي (0.148 A/w) عند الطول الموجي (700nm) و (0.145 A/w) عند الطول الموجي (1300nm) .

الكلمات المفتاحية: المفروق المتباين ، الخصائص البصرية، Ge-GaAs

## المقدمة:

متبايناً غير متماثل (Anisotype Heterojunction) فنحصل على أربعة أنواع من المفاروق المتباينة (p-n)،(n-p)،(p-p)،(n-n) [5,4]. من اهم مميزات المفاروق المتباينة عن ثنائيات الوصلة التقليدية ( المفاروق المتجانسة ) :  
1 - ان درجة الحرارة اللازمة لتكوين مفروق متباين اقل من مثيلتها للمفروق المتجانس .  
2 - ابدت المفاروق المتباينة استجابة طيفية اعلى بالنسبة لمنطقة الاطوال الموجية القصيرة من الطيف الكهرومغناطيسي .  
3 - تمتلك المفاروق المتباينة انعكاسية قليلة وبذلك لا تحتاج الى طلاء طبقة مضادة للانعكاس ( كما هو الحال في الخلايا الشمسية التقليدية ) .  
4 - ان تأثير عملية اعادة الاتحاد عند المنطقة السطحية للمفروق المتباين يكون قليلاً جداً بالمقارنة مع تأثيره في حالة ثنائيات الوصلة التقليدية.

## الجزء النظري: عملية الكشف للمفروق المتباين

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

استحوذت مسألة التوصيل بين شبه موصلين مختلفين في فجوتي الطاقة على اهتمام المختصين في موضوع تقنية أشباه الموصلات . فقد أصبح المفروق المتباين مهماً في تقنية تصنيع الأجهزة الالكترونية ، ولقد أضاف المفروق المتباين مرونة أفضل من حاجز شوتكي أو المفروق المتجانس لان فجوتي الطاقة يمكن اختيارها بالضبط وفق احتياجات النبايط المطلوب صنعها .

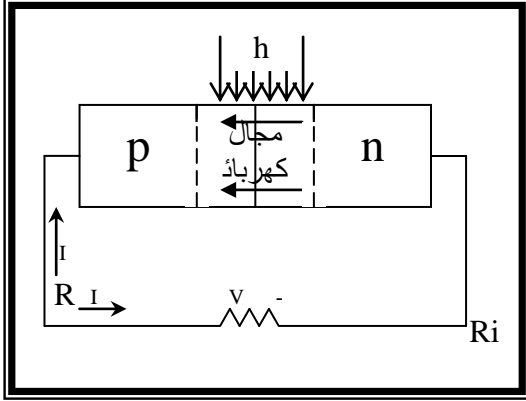
يعرف المفروق المتباين (Heterojunction) بأنه المفروق المكون من تماس مادتين شبه موصلتين مختلفتين في فجوتي الطاقة ، (كأن يكون لزرنيخات الكاليوم GaAs نوع n مع جرمانيوم من نوع p) والذي هو موضوع بحثنا وللمفاروق المتباينة ميزات تنفرد بسهولة في المفاروق p-n التقليدية المتجانسة (Homojunction)[3,2,1].

المفروق المتباين الذي نحن بصدد دراسته يتكون بين مادتين شبه موصلتين مختلفتين في فجوة الطاقة وثابت العزل الكهربائي والألفة الإلكترونية ودالة الشغل وهناك أيضاً فارقاً بسيطاً في ثوابت الشبيكة وهو ما يصطلح عليه باللاتوافق الشبيكي (Lattice Mismatch) ، وتصنف المفاروق المتباينة حسب نوع التوصيلية الأنية على كل جانب من المفروق حيث اذا اكتسب نفس نوع التوصيلية يسمى مفروقاً متبايناً متماثل (Isotype Heterojunction) وبخلاف ذلك يسمى مفروقاً

\*وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة تكنولوجيا الفضاء والاتصالات.

\*\*وزارة الرياضة والشباب.

هذه المعادلة تستخدم للدايود المثالي ، ولكن عند تسليط انحياز امامي فإن 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  $I_{sc}=I_{ph}$  . شرط الدائرة المفتوحة عندما  $R_i \rightarrow \infty$  التيار في هذه الحالة يكون صفر . التيار الضوئي يمكن موازنته بواسطة انحياز المفرق الامامي :

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

$$V_{oc} = \frac{k_B T}{q} \ln \left[ 1 + \frac{I_{ph}}{I_o} \right] \dots\dots(3)$$

ويمكن ايجاد فولتية الدائرة المفتوحة  $V_{oc}$  كالآتي:

في حالة سقوط الفوتونات من جهة المادة ذات الفجوة العريضة (Wide Gap) فإن 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 البيئي وهذا ما يسمى بتأثير النافذة (Window Effect) الذي يؤدي عادة الى استجابة ضوئية كافية للمفرك المتباين غير المتماثل . اما في حالة المفرك المتباين المتماثل (Isotype Heterojunction) فهي تتضمن عمليات التهييج التي تساهم في توليد تيارات ضوئية في المفرك المتباين تارة بوجود مستويات السطح (Surface States) وتارة اخرى بدونها [12,11].

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

فوتوني كنتيجة للاكترونات المتهيجة في المفرك المتباين . ان امتصاص الفوتونات في المواد شبه الموصلية يأخذ عدة طرق معتمدة على الطول الموجي للفوتونات الساقطة ولكن اهم عمليتين تؤثران على الخصائص الكهروضوئية للمفرك 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 الحاملات الحرة بهاتين العمليتين عن السطح البيئي او ضمن طول انتشار الحاملات في المادتين شبه الموصلتين المكونتين للمفرك 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 الكهروضوئية للمفرك المتباين بعدين الاول هو دراستها للمفرك المتباين غير المتماثل والثاني للمفرك المتباين المتماثل (Anisotype & Isotype heterojunction) .

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

عند تسليط فولتية عكسية على المفرك 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 للمفرك pn . فولتية الانحياز الامامي تنتج تيار الانحياز الامامي  $I_F$  الشكل (1) يوضح مخطط الدائرة ، صافي التيار الناتج للمفرك pn سيكون في اتجاه الانحياز العكسي وكما موضح بالمعادلة الاتية :

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

حيث  $I_{ph}$  هو التيار الضوئي المتولد ،  $q$  : شحنة الإلكترون ،  $P_{in}$  : قدرة الأشعة الساقطة  $v$  : تردد الموجة الساقطة ،  $h$  : ثابت بلانك

وكذلك تعطى الكفاءة الكمية بالعلاقة الآتية :  
حيث  $\alpha$  معامل الامتصاص ،  $x$  سمك المادة المختزقة .

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 الذي بدوره يعتمد على الطول الموجي.  
وتحسب الكفاءة الكمية بشكل عملي بدلالة الطول الموجي والاستجابية [18,17] :

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

حيث  $R$  : الاستجابية ،  $c$  : سرعة الضوء ،  $\lambda$  : الطول الموجي .

### (3) القدرة المكافئة للضوء Noise Equivalent Power (NEP)

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

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

حيث  $I_n$  : تيار الضوضاء  
ويعطى تيار الضوضاء بالعلاقة الآتية :

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

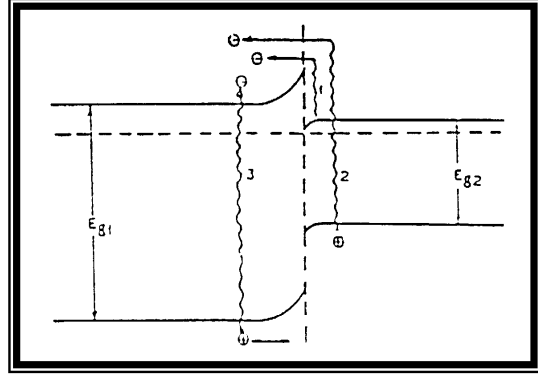
حيث  $I_d$  : تيار الظلام .

### (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

$$D = \frac{R}{I_n} = \frac{1}{NEP} \dots\dots(10) \quad [18]$$

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 لمفروق متباين (n-n) [14,13].

### معلومات الكاشف Detectors Parameters

للكواشف معلومات 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]:

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

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

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

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 ( $h\nu > E_g$ ) فإن 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  $E_{g1}$  و  $E_{g2}$  سيولد امكانية التحسس للاطوال الموجية ضمن عتبي القطع لشبه الموصلين (400nm الى 1600nm). عند تسليط الضوء على المفروق المتباين من طرف فجوة الطاقة الضيقة فإن الفوتونات ذات الطاقة المحصورة بين فجوتي الطاقة  $E_{g1}$  ( للجرمانيوم) و  $E_{g2}$  ( لارسنايد الكاليوم ) سوف لا تمر بحرية خلال المادة ذات الفجوة الطاقة الضيقة وسوف يتم امتصاصها ، وهذا عكس تأثير النافذة البصرية للمفروق المتباين .

اما عند سقوط الفوتونات على فجوة المادة العريضة الذي يؤثر كنافذة بصرية فإن الفوتونات التي تمتلك طاقة اكبر من  $E_{g1}$  ( فجوة الطاقة الضيقة لشبه الموصل الاول ) سوف تمتص في فجوة المادة الضيقة . في المعدل فإن الحاملات الفائضة (excess carriers) ستتولد في منطقة الاستنزاف وداخل طول الانتشار للمفروق ، هذه الحاملات الفائضة ستجتمع 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 ستجتمع داخل طول الانتشار للمفروق .

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

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] :

$$D^* = \frac{(A\Delta f)^{1/2}}{NEP} \dots\dots(11)$$

حيث A : مساحة الكاشف ،  $\Delta f$  : 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  $3.2 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  و  $1.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  والاخري كانت نموذج Epitaxy نوع n مطعم بمادة القصدير بتركيز  $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  ذو مقاومة  $5.6 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ .

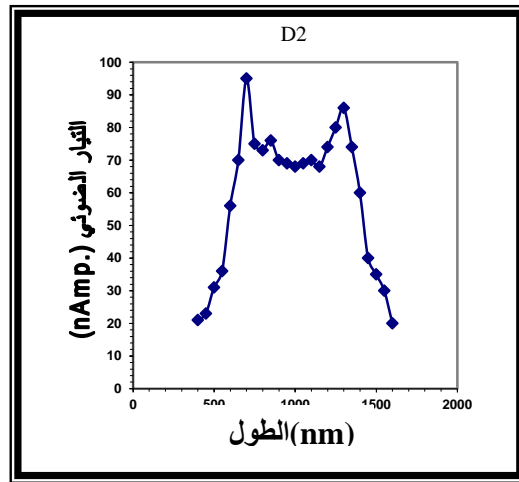
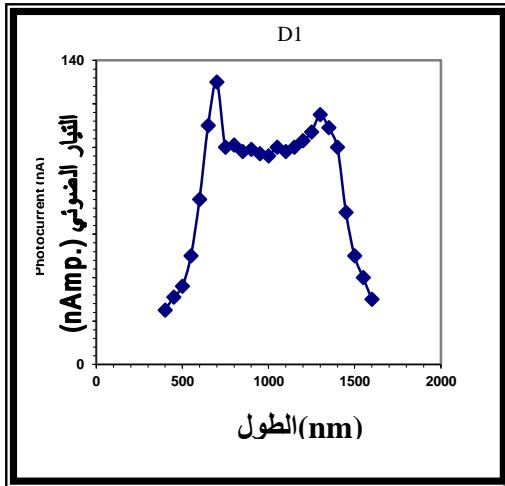
تمت عملية الترسيب باستخدام منظومة تبخير فراغية حرارية نوع BALZER وتتم السيطرة على السمك المطلوب ترسيبه بواسطة وحدة قياس سمك الغشاء المرسب (Thickness monitor) ، ويكون الضغط داخل المنظومة ( $10^{-5}$  Torr) . تمر مرحلة التصنيع بثلاث مراحل :

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  $A^{\circ}(2000)$  .

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  $A^{\circ}(500)$  .

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

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

شكلان (4,3) خواص التيار الضوئي كدالة للطول الموجي للمفرق المتباين  $D_1$  و  $D_2$ 

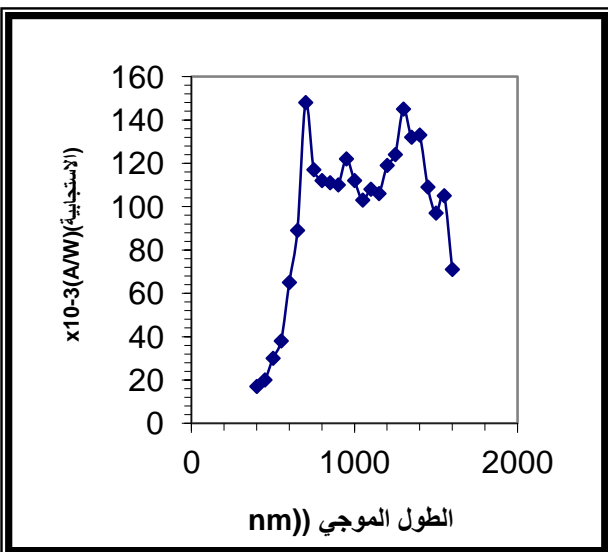
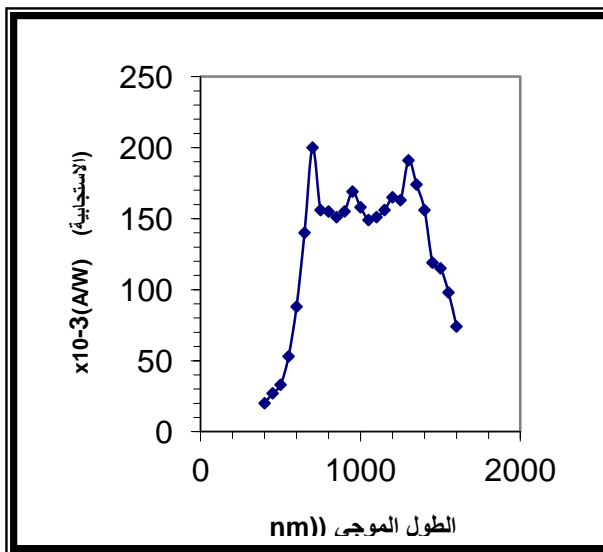
و (0.074 A/W) عند الطول الموجي (1600nm).

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

وتُعزى زيادة الاستجابة للمفرق  $D_1$  عن النموذج  $D_2$  لأن  $\Delta E_c$  لاول اقل عما هي عليه للمفرق الثاني مما تسهل انتقال الالكترونات من الطرف n الى الطرف p.

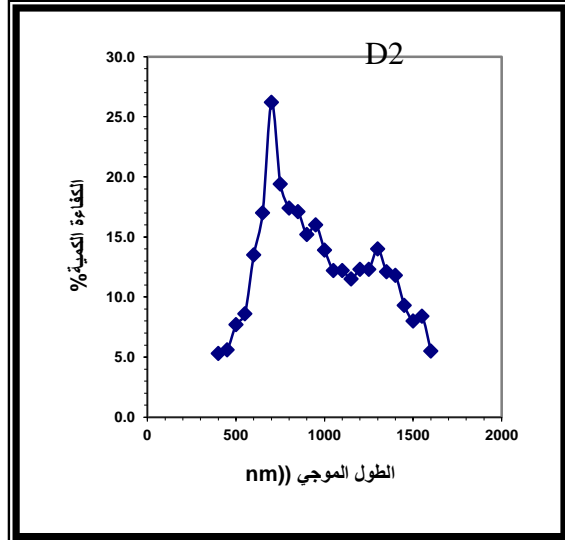
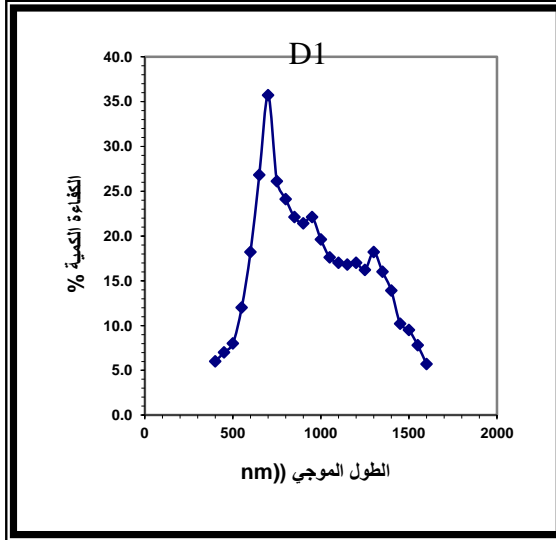
## (2) نتائج قياسات الاستجابة

يبين الشكل (5) خصائص الاستجابة للمفرق المتباين  $D_1$  كدالة للطول الموجي الساقط حيث تم حساب الاستجابة 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 (Ge=0.67 eV) و (GaAs=1.42eV) والتي تسمح لنا باستخدام هذا الكاشف ضمن الاطوال الموجية (400-1600)nm وكانت اقل استجابة عند الطول الموجي 400nm وهي (0.02 A/W)

شكلان (6,5) يوضح العلاقة بين الاستجابة والطول الموجي للمفرق المتباين  $D_1$  و  $D_2$

الطول الموجي (1300nm) والتي تدل على حصول المفروق المتباين بين Bulk-n-GaAs و Ge.

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



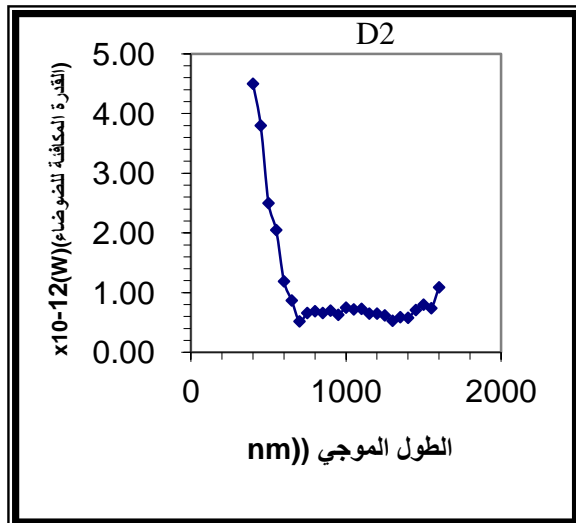
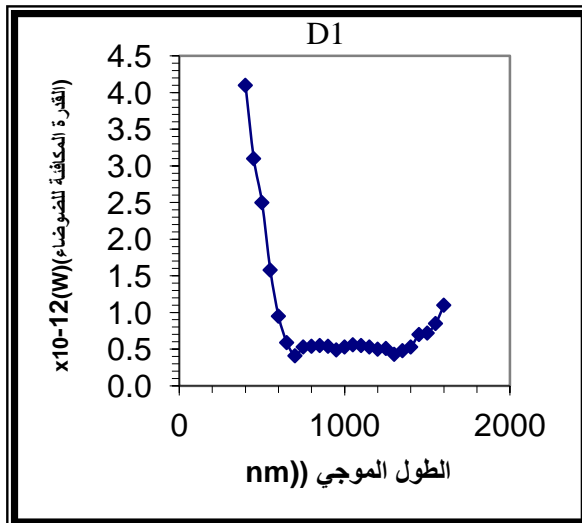
شكلان (7,8) يوضح العلاقة بين الكفاءة الكمية والطول الموجي للمفروق المتباين  $D_1$  و  $D_2$

$W = 0.43 \times 10^{-12}$  عند الطول الموجي (1300nm).

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

(4) نتائج قياسات القدرة المكافئة للضوء

يوضح الشكل (9) القدرة المكافئة للضوء (NEP) كدالة للطول الموجي الساقط (تم حسابها من خلال المعادلة (8) وتم حساب تيار الضواء  $I_n = 8.39 \times 10^{-14}$  Amp.) من خلال المعادلة (2-50) (وكان تيار الضلام  $I_d = 22 \times 10^{-9}$  Amp.) للمفروق المتباين  $D_1$  ويشير الشكل الى ان اقل قدرة مكافئة للضوء كانت  $0.41 \times 10^{-12}$  W عند الطول الموجي (700nm) و



شكلان (9,10) يوضح العلاقة بين القدرة المكافئة للضوء والطول الموجي للمفروق المتباين  $D_1$  و  $D_2$

هي  $18.2 \times 10^{10} \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$  وعند الطول الموجي (1300nm) هي  $17.4 \times 10^{10} \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$ .

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

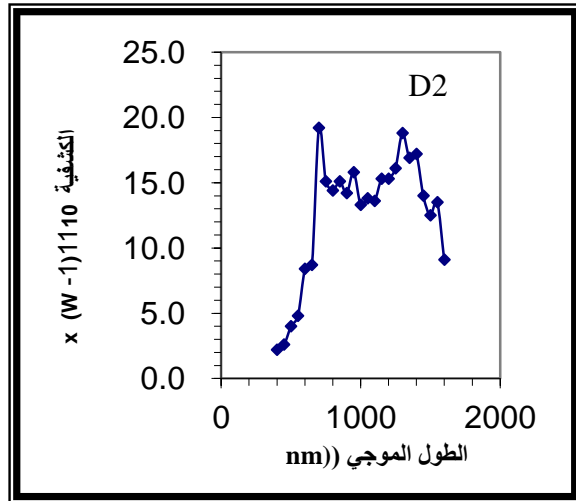
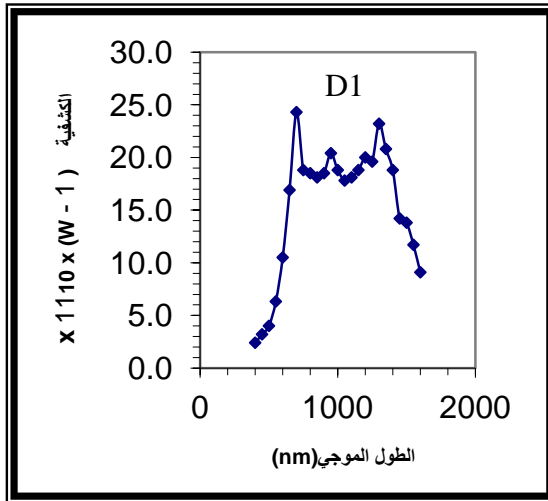
ونلاحظ ان كشفية المفرق المتباين  $D_1$  هي افضل من كشفية المفرق المتباين  $D_2$  وهذا يعود الى عدة عوامل منها نوعية الارضية المستخدمة ، وكذلك النتائج الكهربائية التي اثبتت ان المفرق المتباين  $D_1$  هي احسن من المفرق المتباين  $D_2$ .

### (5) نتائج قياسات الكشفية والكشفية النوعية

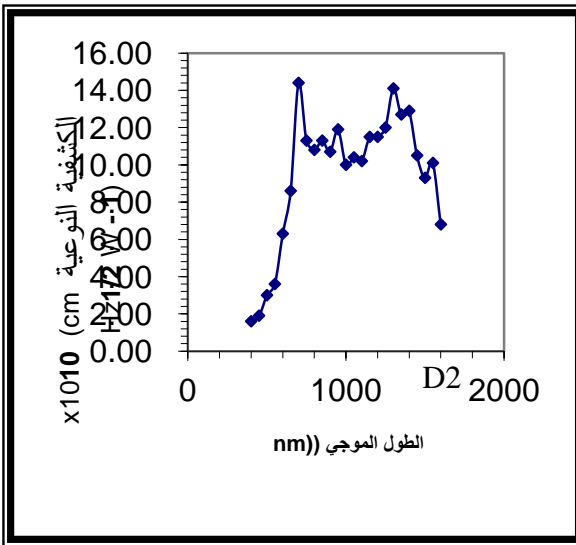
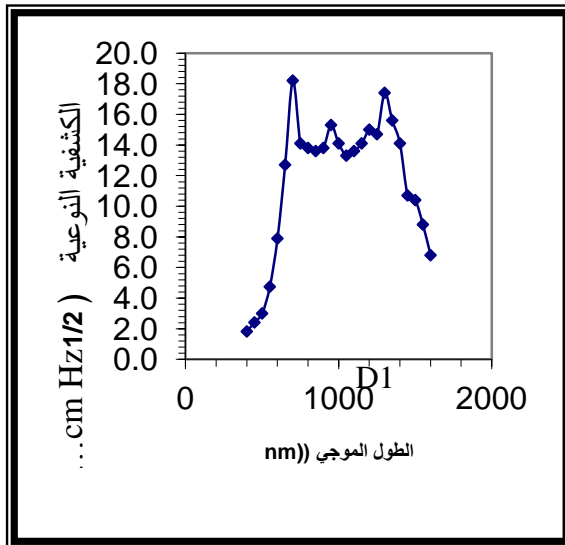
يمثل الشكلان ( 11 ) ( 12 ) خصائص الكشفية للمفرقين  $D_1$  و  $D_2$  وتم استخدام المعادلة (10) حيث كانت اعلى كشفية للمفرق المتباين  $D_1$  عند الطول الموجي (700nm) هي  $24.3 \times 10^{11} \text{ W}^{-1}$  وعند الطول الموجي (1300nm) هي  $23.2 \times 10^{11} \text{ W}^{-1}$ .

وكانت اعلى كشفية للمفرق  $D_2$  عند الطول الموجي (700nm) هي  $19.2 \times 10^{11} \text{ W}^{-1}$  وعند الطول الموجي (1300nm) كانت  $18.9 \times 10^{11} \text{ W}^{-1}$ .

يبين الشكلان (13) (14) خصائص الكشفية النوعية (تم حسابها من خلال المعادلة (11) ) للمفرقين  $D_1$  و  $D_2$ ، وكانت اعلى كشفية نوعية للمفرق  $D_1$  عند الطول الموجي (700nm)



شكلان (11,12) يوضح العلاقة بين الكشفية والطول الموجي للمفرق المتباين  $D_1$  و  $D_2$



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

- [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. "2.0 $\mu$ m electroluminescence from Si/Si<sub>0.2</sub>Ge<sub>0.8</sub> 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 AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub> heterostructures grown on sapphire and SiC substrates" J. Appl. Phys. 103, 103701 .
- [12] Julian Tornow, Klaus Schwarzbarg, 2010. "Charge separation and recombination in radial ZnO/In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/CuSCN heterojunction structures" J. Appl. Phys. 108: 044915-044919
- [13] Kundrotas J., Čerškus A., 2010 "Enhanced exciton photoluminescence in the selectively Si-doped GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As heterostructures" J. Appl. Phys. 108: 063522-063525.
- [14] عايد نجم صالح، 1998 " تأثير تركيز الانديوم في الجرمانيوم لتكوين مفرق متباين من الجرمانيوم وارسنايد الكالسيوم " 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.

### الاستنتاجات :

- 1- اظهرت نتائج قياسات الاستجابية افضلية المفرق المتباين D<sub>1</sub> على المفرق المتباين D<sub>2</sub> ونعتقد ان اللااستمرارية في حزمة التوصيل  $\Delta E_c$  للمفرق الاول والتي هي اقل من  $\Delta E_c$  للمفرق الثاني لها علاقة بتسهيل عملية انتقال الالكترونات للمفرق الاول.
- 2- اظهرت نتائج الاستجابية والكفاءة الكمية والقدرة المكافئة للضوء 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 " نباتات 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 Inc. 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.



والكهربائية في المنطقة المرئية وتحت  
الحمراء القريبة" اطروحة ماجستير، كلية  
الرشيد(الكلية الهندسية العسكرية سابقاً).

Heterojunction [18]Ge-GaAs حسين  
عباس حسن، 2001. "تصنيع كاشف المفرق  
المتباين ودراسة الخصائص البصرية

## 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).