

تأثير درجة الحرارة على معلمات دايود إنبعاث الأشعة تحت الحمراء

بشار باسم جاروالشيتي

قسم الفيزياء / كلية التربية

جامعة الموصل

القبول

2012 / 05 / 13

الاستلام

2011 / 11 / 20

Abstract

The aim of this research is the study the characteristics of commercial of an Infrared Emitting Diode under different degrees of temperature and their action on each of the output power, output intensity, forward voltage and the potential barrier. The ideality factor (η) has been found as a function of temperature degree also, furthermore, we report on this research the influence of type temperature on current-voltage (I-V) characteristics of the diode, the value of energy gap (E_g) has been found as well as the wave length (λ) of the emitted ray of the diode.

الملخص

الهدف من هذا البحث هو دراسة خصائص دايود إنبعاث الأشعة تحت الحمراء من النوع التجاري تحت درجات حرارية مختلفة وتأثيرها على كل من القدرة الخارجة، الشدة الخارجة، الفولتية الأمامية والجهد الحاجز. كذلك تم إيجاد عامل المثالية (η) كدالة لدرجة الحرارة بالإضافة إلى ذلك تم دراسة تأثير درجة الحرارة على خصائص (تيار - فولتية) للدايود، وإيجاد مقدار فجوة الطاقة (E_g) بالإضافة إلى الطول الموجي (λ) للأشعة المنبعثة للدايود.

المقدمة Introduction

دايود الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diode) هو رقيقة من شبه الموصل (Semiconductor Chip) ويكون شبه الموصل هذا مشوباً، هذه الرقيقة (Chip) تنقسم إلى جزئين أو منطقتين N ، P يفصلهما عن بعضهما حد يدعى الإتصال (Junction) [1].

والدايودات التي تصنع لتبعث أشعة تحت حمراء (Infrared LEDs) يشار إليها Infrared Light Emitting Diodes (Infrared LEDs) أو Infrared Emitting Diodes (IRED) [2]. ومن تطبيقات (LEDs) وهي كثيرة:- العارضات الرقمية، الإضاءة الخلفية لكثير من الوسائل وإشارات المرور والسكك وكل العارضات من أصغرها إلى أكبرها مثل عارضات اللابتوب (Laptop Displays)، ويدخل أيضاً في التطبيقات الطبية التشخيصية. أما تطبيقات دايود إنبعاث الأشعة تحت الحمراء فهي كثيرة أيضاً منها المتحسسات ذات التقسيم المثلثي (Triangulation Sensor) والمتحسس بعيد المدى، وتستخدم أيضاً في المواقع الحساسة غير المتصلة وفي كشف المدلولات وفي المكائن الآلية وفي وسائل التحكم أو أجهزة السيطرة عن بعد (Remote Control) [3].

ومن المناسب أن نذكر بعض مميزات ومواصفات الدايدود المستخدم في بحثنا فهو: -

- 1- دايود تجاري متداول في الأسواق يبعث الأشعة تحت الحمراء ذو الرقم SIR-34ST3F .
- 2- الطول الموجي ($\lambda=950\text{nm}$)
- 3- مادة الرقيقة (Chip Material) هي GaAs.
- 4- زاوية إشعاع واسعة.
- 5- طويل العمر.

تناول الكثير من الباحثين في دراستهم خواص وألية LEDs، كما تناولوا أيضاً في بحوثهم تراكيب مختلفة من LEDs وأثر ذلك على أدائها وعلى الطول الموجي المنبعث عنها، كذلك درسوا تأثير درجة الحرارة على عمل LEDs من حيث التأثير على الخواص وبعض المعاملات. وهذه نبذة مختصرة جداً عن بعض المنجزات بهذا الخصوص:-

فقد إستطاع الباحثان Rico M.De Asis & Angelina M. Bacala من قياس الخواص الأتية ل P-N Junction:- عامل المثالية، تيار التشبع العكسي، درجة الحرارة لمفرق جهد الإتصال، طاقة فجوة الطاقة، ووجدوا أن دايود الأنبعاث الضوئي الأحمر (Red LED) والدايود الضوئي S1723-08PIN يكتسبان شكلاً خطياً ل ($\ln I-V$) عند مدى ضيق من تيارات الأتصال، كذلك فأن نضوب سعة الدايدودات تتجه إلى الأنحلال مع فولتية الأنحياز العكسي [4].

كما قام الباحث Dongpyo Han وجماعته من جامعة Hanyang في بحثهم (تأثير توزيع درجة الحرارة وتيار الحشد (Current Crowding) على عمل GaN-Based LEDs)، حيث قام بحقن تيار في دائرة الدايدود وملاحظة تغير درجة حرارته مع التيار وإستطاع من تعيين تأثير تيار الحشد على عمل LEDs مسبباً "إنبعاث ضوء غير منتظم وتولد حرارة موضعية [5].

كما ذكر الباحث Dr. Adan F. Hernandez عن نظام إضاءة لدايود LED نموذجي يحتوي مصدر قدرة، دايود سوقي Lead Driver، LEDs، إعادة تغذية، مصباح.

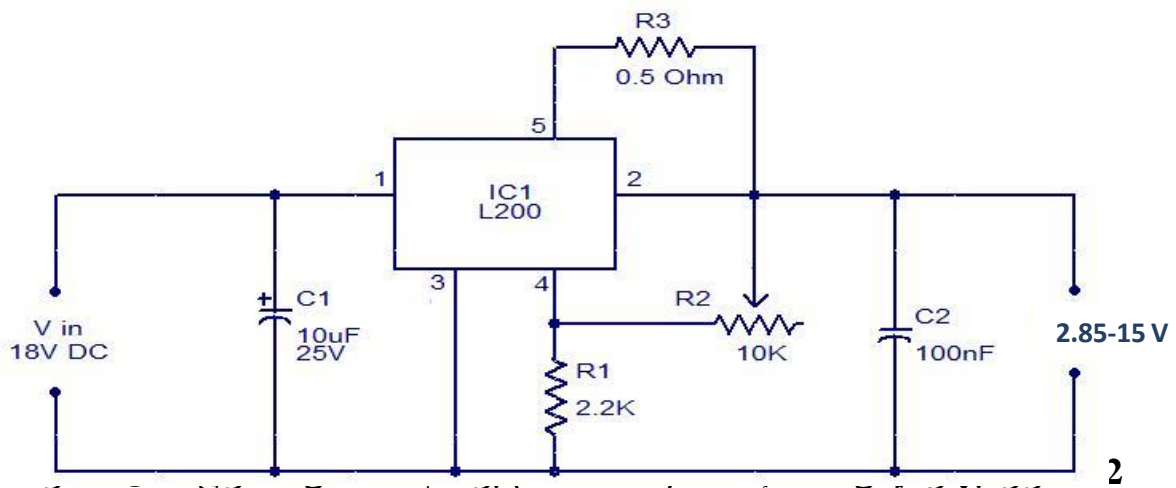
ومن خلال بحثه تبين أن منحنى التيار مقابل الفولتية يكون أنحداره شديد جداً (Very Steep)، أي أن تغيراً بسيطاً في فولتية الدايمود تسبب تغيراً كبيراً بتيار الدايمود حيث يتغير التيار بشكل خطي مع إنبعاث الضوء أي أن التغير بشدة الإضاءة ناتج عن تغير بسيط في فولتية الدايمود، كما لاحظ أنه في حالة ربط دايمودين على التوازي وجعل أحدهما بدرجة حرارة أعلى من الآخر فإن أحدهما سوف يحمل تيار أعلى من الآخر، أي أن الإضاءة لن تتوزع بالتساوي بينهما [6].

وقام الباحث R.B. Lewi وجماعته في بحثهم دراسة GaAs_{1-x}Bi_x LEDs فوجدوا أن هذه الدايمودات تبدي ذروة للإضاءة الكهربائية (EL) عند 987 nm من GaAs_{1-x}Bi_x و 870 nm من GaAs، والطول الموجي للذروة عند (EL) من GaAs_{1-x}Bi_x لا يعتمد على درجة الحرارة ضمن المدى (100-300K) بينما ذروة GaAs إنحرفت مع درجة الحرارة كما هو متوقع، وقياسات الإضاءة البصرية على نفس المركب p-i-n تظهر اعتماداً في درجة الحرارة للذروة الطول الموجي مشابهة للإعتماد على درجة الحرارة للدايمود نوع [7]. GaAs. أما بحثنا هذا فتناولنا فيه تأثير درجة الحرارة على معاملات دايمود إنبعاث الأشعة تحت الحمراء

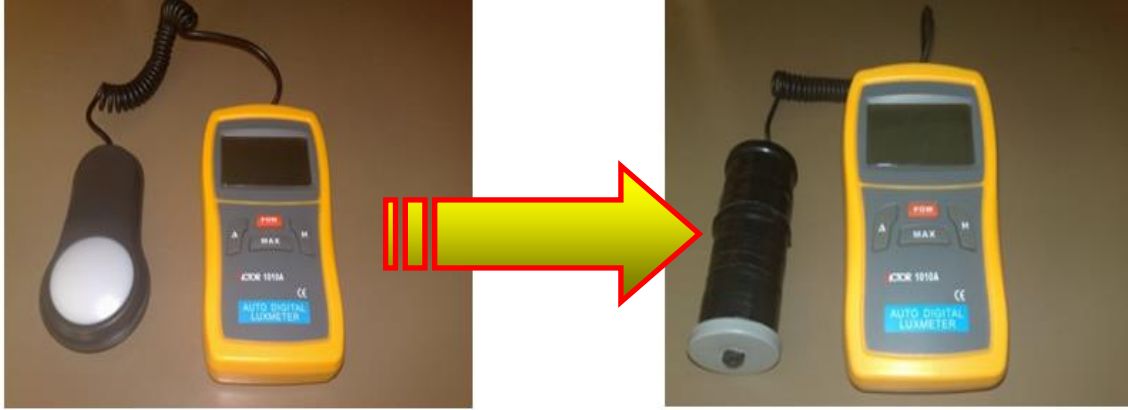
الجانب العملي

في هذا البحث تم استخدام دايمود يبعث الأشعة تحت الحمراء من النوع التجاري (صيني المنشأ) ذو الرقم SIR-34ST3F والمستخدم في أجهزة السيطرة أو التحكم عن بعد (Remote Control) لأجهزة التلفاز والستالايت ودراسة تأثير درجة الحرارة على خصائصه، وفي بداية الأمر اجرينا الآتي:-

1- تصنيع جهاز قدرة (Power Supply) بأستخدام منظم فولتية قابل للتعديل (L200) لتشغيل الدايمود المستخدم في بحثنا، والدائرة الكهربائية الآتية توضح مكونات جهاز القدرة:-



الشكل (1): يوضح مكونات جهاز القدرة [8] بلاستيكية ليستقبل فقط الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الدايمود المستخدم والساقطة عليه عمودياً ويقاس شدتها وكما موضح بالشكل (2) أذناه:-



الشكل (2): جهاز قياس شدة الإضاءة قبل وبعد التحويل

3- استخدام الكاشف الضوئي (Pboto Detector) ذو الرقم BPX65 من شركة RS, ومن خلاله تم حساب القدرة المنبعثة من الدايود المستخدم بعد وضعه في صندوق صغير معتم ذو فتحة صغيرة بحيث يستقبل فقط الأشعة المنبعثة من الدايود المستخدم وكما موضح بالشكل (3).



الشكل (3): الكاشف الضوئي

القدرة المنبعثة من الدايود يمكن حسابها بتطبيق القانون الآتي [9]:-

$$P_{out} = \frac{V_{out}}{R_L \times R_{res}} \dots\dots\dots (1)$$

حيث أن:-

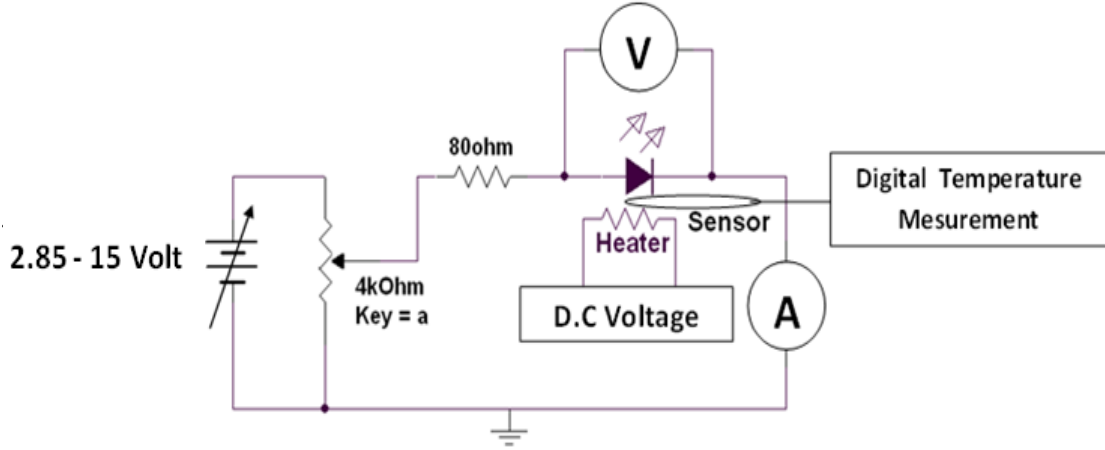
V_{out} : الفولتية المتولدة على طرفي الكاشف نتيجة الإشعاع الساقط.

R_L : مقاومة الحمل التي تربط على التوازي مع دايود الكاشف الضوئي ($R_L=22.5K\Omega$)

R_{res} : استجابة الكاشف الضوئي، وتساوي (0.44 Amper/watt) للدايود IRED المستخدم

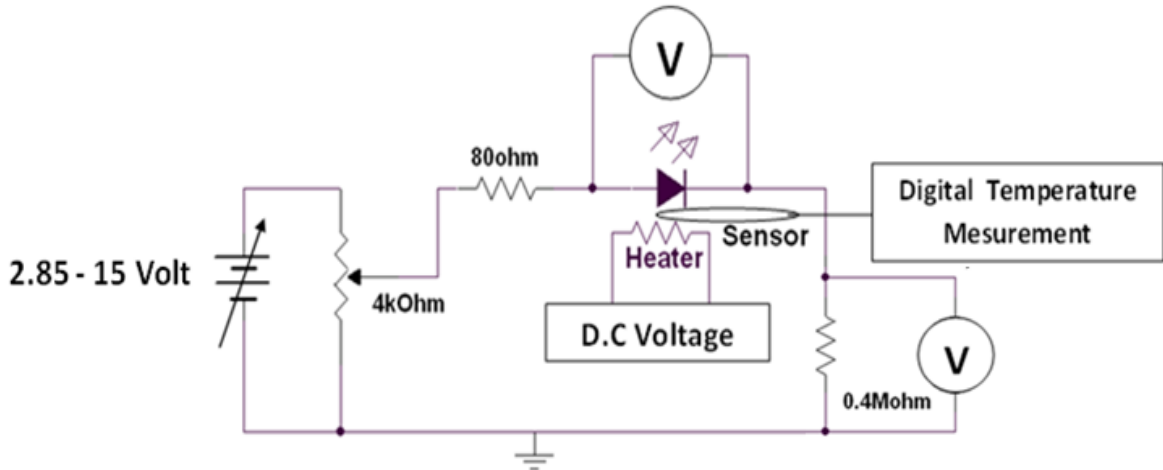
في بحثنا (شركة RS).

4- ربط الدايمود المستخدم بالانحياز الأمامي (Forward Bias) ودراسة خصائص (الفولتية- التيار) تحت درجات حرارية مختلفة (20-100 °C) والشكل (4) يوضح كيفية ربط الدايمود.



الشكل (4): ربط الدايمود بالانحياز الأمامي

5- ربط الدايمود بالانحياز الأمامي وحساب عامل المثالية (Ideality Factor) بما أن التيار قليل جداً عند الفولتية القليلة جداً ولا يتوفر لدينا في الوقت الحاضر جهازاً يتحسس هذا التيار فتم استبدال الأميتر في الشكل (4) بمقاومة تربط على التوالي مع الدايمود قيمتها 0.4 MΩ ويربط الفولتميتير عبر طرفيها ويستخرج قيمة التيار من العلاقة (I=V/R) وكما في الشكل (5).



حيث تم حساب عامل المثالية باستخدام الدايمود المستخدم بحيث درجات حرارية محسنة باستخدام العنود
الشكل (5): ربط الدايمود بالانحياز الأمامي باستبدال الأميتر
الآتي [10]:-

$$\eta = \frac{q}{\kappa_B T} \times \frac{\Delta V}{\Delta \ln I} \dots \dots (2)$$

حيث أن :-

q: شحنة الإلكترون وتساوي $1.6 * 10^{-19} \text{ C}$

k_B : ثابت بولتزمان ويساوي $1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}$

T: درجة الحرارة وتقاس بالكلفن.

V: الفولتية الأمامية بالفولت.

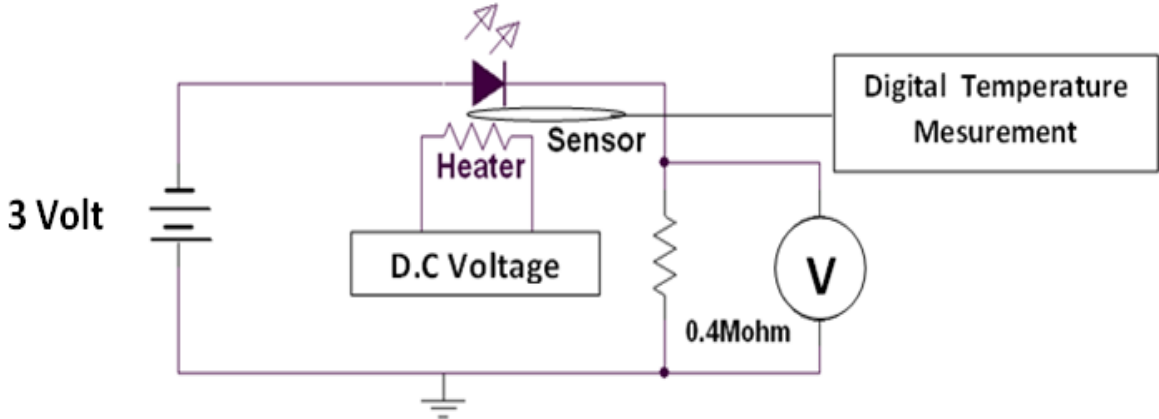
I: التيار الأمامي بالأمبير.

وبعد التعويض عن شحنة الإلكترون وثابت بولتزمان يمكننا كتابة القانون بالصيغة الآتية:-

$$\eta = \frac{1.16 * 10^4}{T} \times \frac{\Delta V}{\Delta \ln I} \dots\dots (3)$$

6- ربط الدايود المستخدم بالانحياز العكسي (Reverse Bias) وإيجاد تيار التشبع العكسي وفجوة الطاقة والطول الموجي.

بما إن تيار التشبع العكسي صغير جداً فقد تم إيجاده باستخدام مقاومة تساوي $(0.4 \text{ M}\Omega)$ وكما ذكرنا ذلك انفاً والشكل (6) يوضح كيفية ربط الدايود بالانحياز العكسي.



الشكل(6): ربط الدايود بالإنحياز العكسي

حيث تم إيجاد تيار التشبع العكسي تحت درجات حرارية مختلفة ($100-140 \text{ }^\circ\text{C}$) بعد ذلك تم إيجاد فجوة الطاقة (E_g) للدايود من العلاقة بين $(\log I_{sc})$ و $(1000/T)$ المستنبطة من العلاقات الآتية [11]:-

$$I_{sc} = \text{Constant} \times \exp \frac{-qV}{\eta k T} \dots\dots (4)$$

$$\ln I_{sc} = \ln \text{Constant} - \frac{qV}{\eta k T} \dots\dots (5)$$

عند التعويض عن $(E_g=qV)$ [1] وثابت بولتزمان بوحدة (الإلكترون- فولت) وعامل المثالية $\eta=1$ (لأنه يصبح واحد عند درجات حرارية عالية، أي أن الدايدود يقترب الى الحالة المثالية)، لذلك يمكن كتابة المعادلة (5) بالصيغة التالية:-

$$\ln I_{SC} = \ln \text{Constant} - 11.59 \frac{1000}{T} E_g \dots\dots\dots (6)$$

OR:

$$\log I_{SC} = \log \text{Constant} - 5.036 \frac{1000}{T} E_g \dots\dots\dots (7)$$

حيث أن E_g بوحدة الإلكترون- فولت و T بوحدة الكلفن و I_{SC} بالأمبير.

وكذلك وجدنا الطول الموجي (λ) للدايدود المستخدم في بحثنا بتطبيق العلاقة الآتية [9]:-

$$\lambda = \frac{1.24}{E_g} \dots\dots\dots (8)$$

وكان مطابقاً لما وجدناه بطريقة الفلاتر ذات القيم (800nm-950nm) في مختبر بحوث الصلبة في كلية الهندسة/ قسم الكهرباء/ جامعة الموصل.

النتائج والمناقشة

تتعلق النتائج التي توصلنا إليها في هذا البحث والمتعلقة بالدايدود المستخدم IRED بكثير من المتغيرات والصفات والأداء ومن بينها القدرة، شدة الإشعاع، الكفاءة، جهد الحاجز، عامل المثالية ومفردات أخرى تتغير نتيجة مؤثرات معلومة في درجة الحرارة للدايدود أو تغيير في قيمة التيار الأمامي مثلاً وقد تم ذلك بأساليب مختلفة منها:-

1- استخدام الكاشف

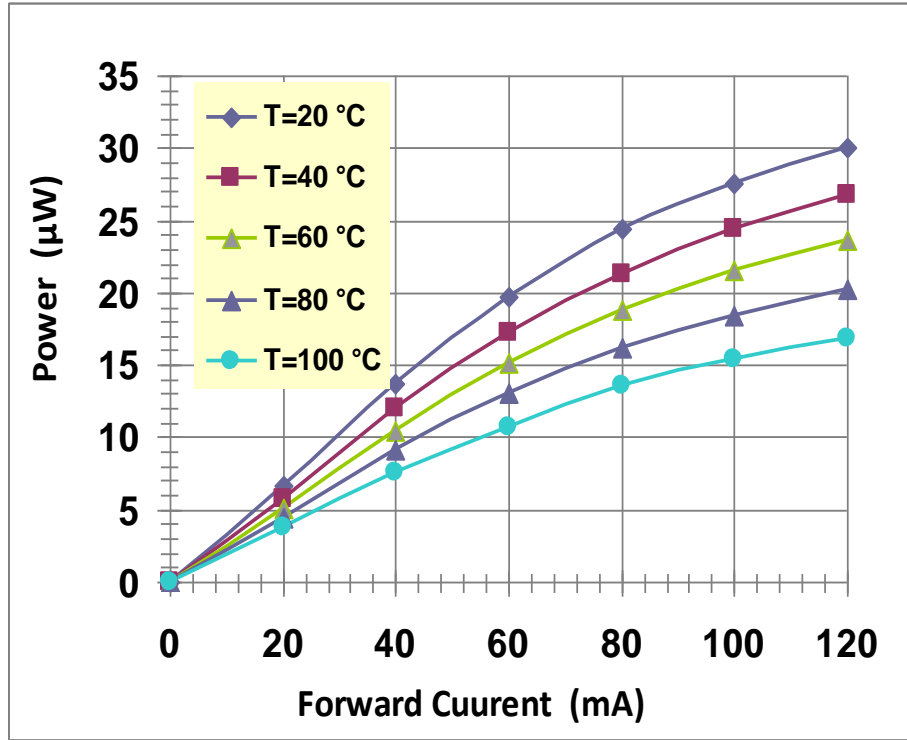
تم حقن تيار في دائرة الدايدود (IRED)، ومن ثم تم إيجاد علاقة بين التيار الأمامي (IF) عبر الدايدود المشع والفولتية المتولدة عبر الكاشف (Detector Voltage) عند درجات حرارية مختلفة وكما موضح في الجدول (1).

الجدول (1): العلاقة بين التيار الأمامي (IF) عبر الدايدود المشع والفولتية المتولدة عبر الكاشف

IF(mA)	Detector Voltage (mV)				
	at 20°C	at 40°C	at 60°C	at 80°C	at 100°C

0	0	0	0	0	0
20	66	57	50	44	38
40	136	119	104	90	75
60	195	170	150	129	106
80	242	211	186	160	135
100	273	242	213	182	152
120	298	265	234	200	167

وبعد تطبيق المعادلة (1) التي تم ذكرها في الجانب العملي آنفاً تم التوصل إلى الشكل (7):-

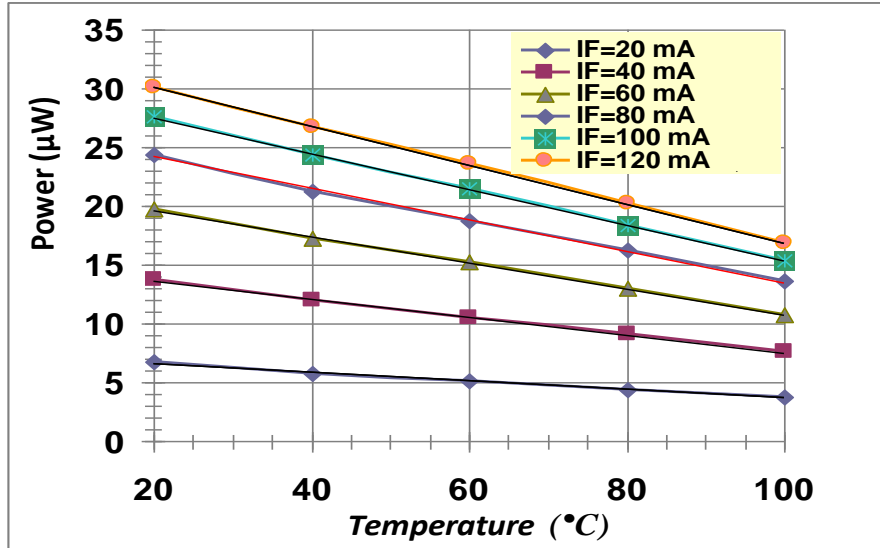


الشكل (7): الذي يمثل القدرة (Power) كدالة للتيار الأمامي للدايود IRED عند درجات حرارية مختلفة.

كما يظهر في الشكل (7) أن القدرة تزداد مع زيادة التيار الأمامي (IF) وتفسير ذلك هو أن فجوة الطاقة Band-Gap تحدد مقدار الطاقة اللازمة للإلكترون حتى يقفز من حزمة التكافؤ (Valance Band) إلى حزمة التوصيل (Conduction Band) وحيث أن الإلكترون في حزمة التوصيل يعيد اتحاده (Recombines) مع الفجوة (Hole) في حزمة التكافؤ، بمعنى أن الإلكترون ينتقل إلى مستوى الطاقة الواطئ الكاذب محرراً طاقة بنفس كمية طاقة فجوة الطاقة

وهذه الطاقة تتحرر كفوتونات. من هنا زيادة التيار الأمامي يعني مزيد من إتحاد الإلكترونات بالفجوات وتحرير مزيد من الأشعة [1].

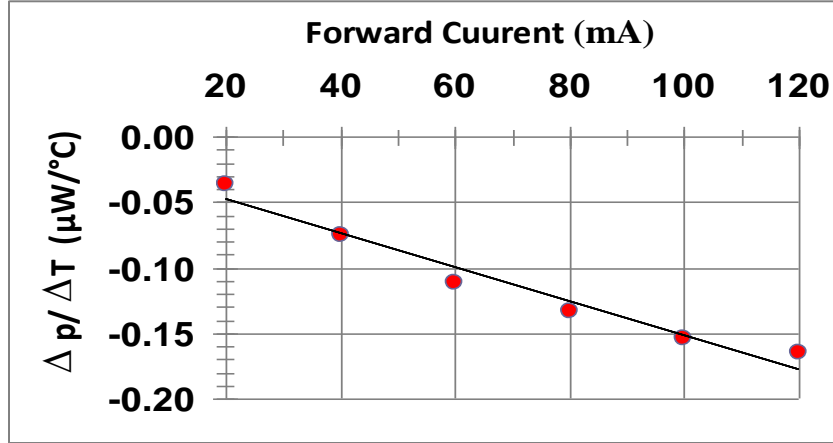
كذلك أستطعنا أن نرسم العلاقة بين القدرة (Power) ودرجة الحرارة (Temperature) عند قيم معينة للتيار الأمامي (IF) كما في الشكل (8).



الشكل (8): علاقة القدرة (Power) ودرجة حرارة T عند قيم معينة للتيار الأمامي

يظهر بوضوح نقصان القدرة مع ارتفاع درجة الحرارة وسبب ذلك هو أن LEDs بشكل عام تمتلك معامل حراري سالب (Negative Temperature Coefficient)، هذا يعني أن زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى نقصان الفولتية الأمامية (VF) فعلياً ومنحني I-V يتحرك إلى جهة اليسار لأن الفولتية اللازمة لتوليد نفس التيار ما قبل التسخين تقل عندها تقل الطاقة المزودة للإلكترونات ($E=qV$) وهذا يؤدي إلى أن الفوتون المتحرر يكون بطاقة أقل حيث تتحول الطاقة الكهربائية إلى كهرومغناطيسية فتقل القدرة حسب معادلة القدرة ($P=V*I$) [1]، كذلك يظهر لنا زيادة في القدرة مع زيادة التيار الأمامي ومما هو جدير بالملاحظة أيضاً هنا هو أنه لنفس التغير بدرجة الحرارة لجميع المنحنيات فإن التغير بالقدرة ΔP يزداد مع زيادة التيار الأمامي.

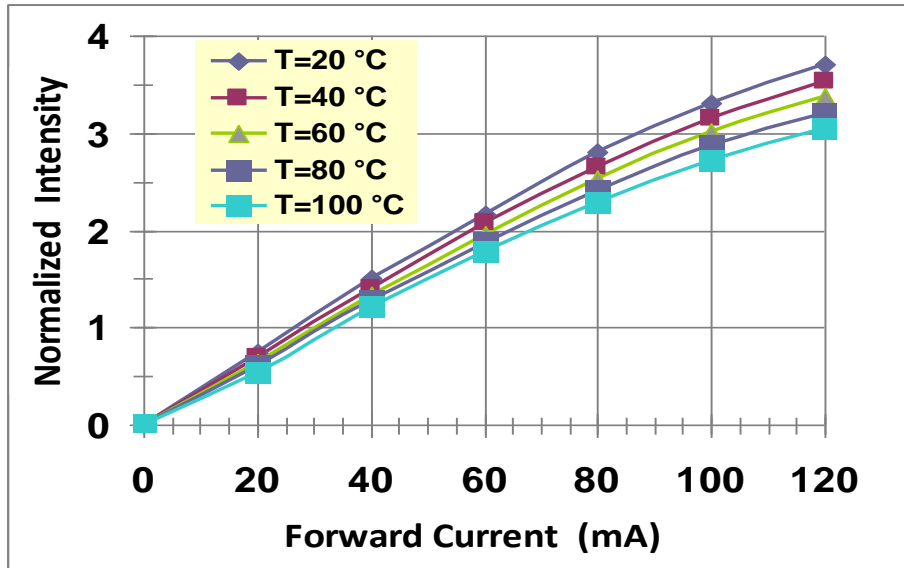
ومن الشكل (8) يمكن أن نرسم الشكل (9) ما بين $\frac{\Delta P}{\Delta T}$ والتيار الأمامي للدايود IRED.



الشكل (9): علاقة $\frac{\Delta P}{\Delta T}$ بالتيار الأمامي

2- استخدام اللوكسميتر (Luxmeter)

بعد أن تم تحويله لقياس شدة الأشعة تحت الحمراء حصلنا على النتائج الآتية المبينة في الشكل (10).



الشكل (10): يبين علاقة التيار الأمامي مع الشدة القياسية

يظهر من هذه العلاقة أن Normalized Intensity تزداد بزيادة التيار الأمامي، وإن الـ Normalized Intensity تقل مع ارتفاع درجة الحرارة، والسبب هو وجود عاملين يؤخذان بنظر الاعتبار [12]، [1]:-

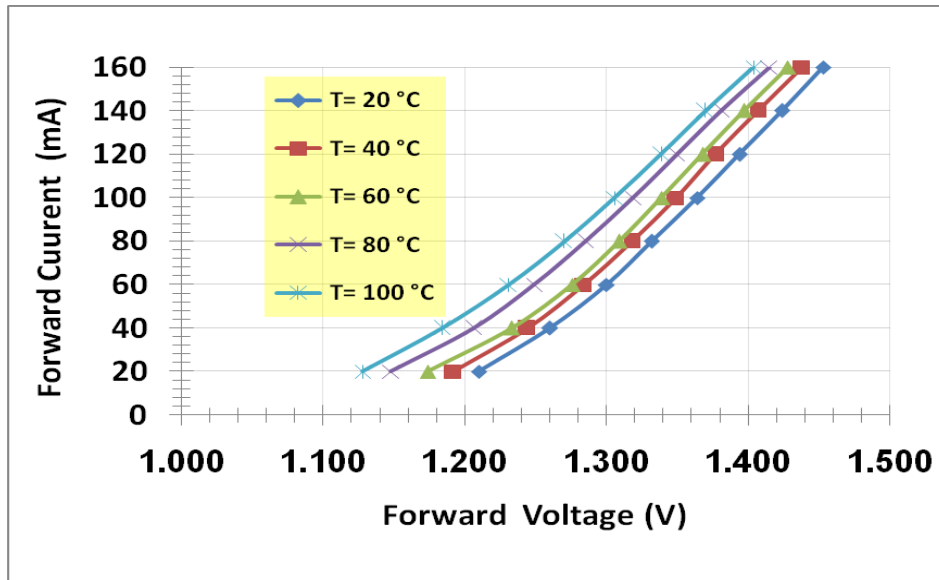
(1) يزداد عرض الطيف مع ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي سوف تنخفض ذروة الشدة مع الحرارة، لأن ارتفاع درجة الحرارة تؤدي إلى انخفاض الفولتية الأمامية فتقل الطاقة التي

يحملها الإلكترون الواحد وبالتالي تقل طاقة الفوتون وحيث أن طاقة فجوة الحزمة (E_g) تساوي تقريباً طاقة الفوتون المنبعث (E) وتساوي ($E_g=E=hc/\lambda$)، أي أن انخفاض طاقة الفوتون يؤدي إلى زيادة عرض الطيف.

(2) ارتفاع الحرارة يؤدي إلى زيادة الانتقال غير المباشر على حساب الانتقال المباشر، هذا يعني أن زيادة درجة الحرارة يعمل على زيادة أهتزازات الشبكة وبالتالي خسارة في الشدة، أي أن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة الانتقال غير المباشر عن طريق الفونونات على حساب الانتقال المباشر لتوليد الأشعة بواسطة الدايدود LED وبالتالي نقصان الشدة.

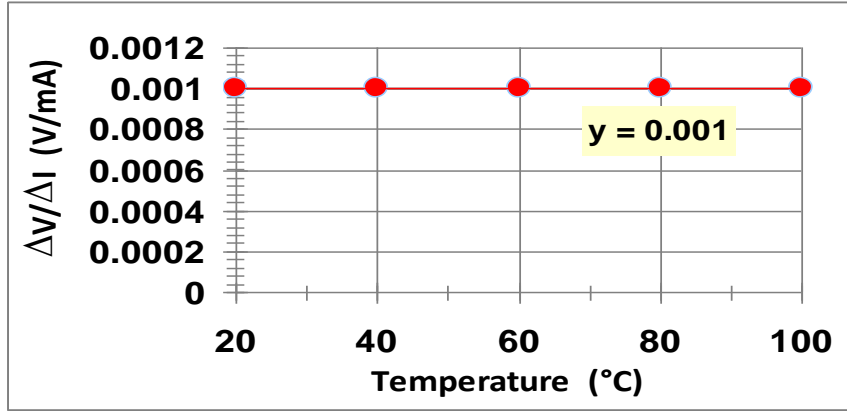
3- خواص I-V للدايدود IRED

تم دراسة خصائص الدايدود المستخدم في بحثنا ووجدنا العلاقة بين الفولتية الأمامية VF والتيار الأمامي IF عند درجات حرارية مختلفة كما في الشكل (11).



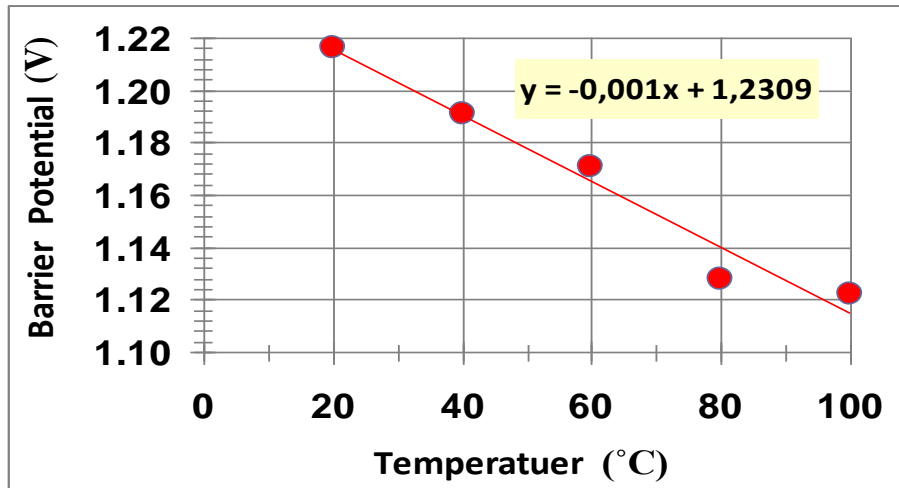
الشكل (11): يمثل العلاقة ما بين VF و IF عند درجات حرارية مختلفة

ومن خلال الشكل (11) ظهر لدينا بان IF يزداد بزيادة VF عند جميع درجات الحرارة، لأن عند تطبيق فولتية ملائمة عبر رقيقة (Chip) للدايدود فإن الإلكترون سوف يمتلك حينئذ قوة سوق (Driver Force) ليتحرك بإتجاه واحد عبر الإتصال وعند زيادة الفولتية عند أي درجة حرارية فإن محصلة (صافي) جريان الإلكترونات يزداد في إتجاه واحد [1]، كما تبين أيضاً بان الفولتية الأمامية VF تقل مع ارتفاع درجة الحرارة أي أن نفس القيمة للتيار الأمامي تعطينا قيمة اكبر لفولتية الأمامية VF كلما انخفضت درجة الحرارة. ومن الشكل (11) تم الحصول على الشكل (12).



الشكل (12): علاقة $\frac{\Delta V}{\Delta I}$ مع الحرارة

فتبين أن $\frac{\Delta V}{\Delta I}$ مقدار ثابت مع تغير درجة الحرارة، كذلك أستطعنا من الشكل (11) أن نجد الجهد الحاجز (Potential Barrier) من تقاطع المماس مع محور الفولتية الأمامية V_F ، ومن ثم رسمنا العلاقة بين الجهد الحاجز ودرجة الحرارة كما في الشكل (13).



الشكل (13): علاقة الجهد الحاجز (V_{bi}) مع ودرجة الحرارة

ومن الشكل (13) تبين أن:-

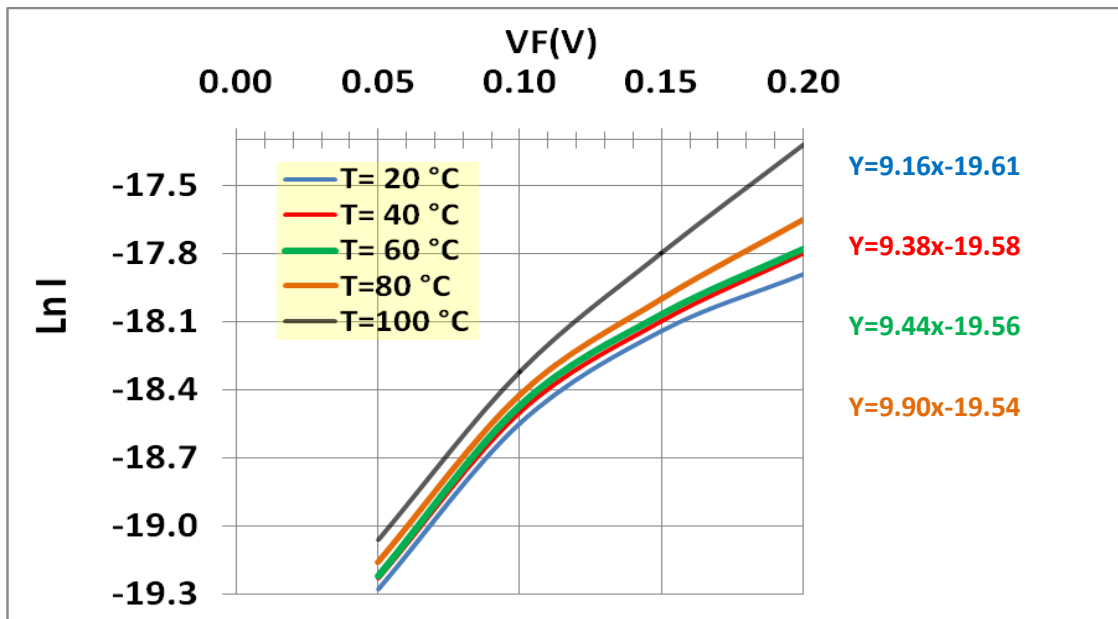
$$\frac{\Delta V_{bi}}{\Delta T} = -0.001 \text{ Volt}/^{\circ}\text{C} \quad \dots\dots\dots(9)$$

أي أن الجهد الحاجز يقل بمقدار 1mVolt لكل درجة مئوية، ويعود السبب إلى درجات الحرارة العالية التي تنتج المزيد من أزواج إلكترون- فجوة وبالتالي سوف يزداد الإنسياق للحاملات الأقلية عبر الوصلة مما يؤدي إلى حصول التوازن عند جهد حاجز أقل، أي أن الجهد الحاجز يقل بزيادة درجة الحرارة [9].

4- عامل المثالية η

الأساس في معظم الطرق للحصول على عامل المثالية هو من منحنيات I/V وهو تصحيح للطريقة التقريبية الخطية، ومن الطرق المتعددة في العقود الأخيرة طريقة القياس المباشر، طريقة سلسلة المقاومة المتغيرة، الطريقة المباشرة لقياس η من منحنى $I-V$ الخارج المضيئ، المساحة العامة، الطريقة التحليلية، وطرق أخرى [13].

أما النتائج التي حصلنا عليها في هذا البحث والمتعلقة بإيجاد عامل المثالية فكانت بحساب η من إنحدار المنطقة المستقيمة لخصائص $V, \ln I$ للإتجاه الأمامي المنحرف [10]، حيث تم الوصول إلى الشكل (14) الآتي:-



الشكل (14): يبين $\ln I$ مقابل Forward Voltage (VF)

ومن ثم إيجاد الميل (Slope) لكل خط إتجاه وإيجاد عامل المثالية η عند درجات حرارية مختلفة بتطبيق العلاقة (3) التي تم ذكرها في الجانب العملي أنفا" تم تحقيق الجدول (2) الذي يمثل قيم η عند درجات حرارية مختلفة.

الجدول(2): قيم η عند درجات حرارية مختلفة

Temperature(°C)	Ideality Factor
20	4.32
40	3.95
60	3.68
80	3.31
100	2.70

نلاحظ من الجدول (2) أنخفاض عامل المثالية η مع أرتفاع درجات الحرارة وهناك عدة عوامل ممكن أن تكون مسؤولة عن هذه التغيرات الكبيرة في عامل المثالية مع الحرارة. ومن الآراء في هذا الخصوص إعتقاد عامل المثالية على درجة الحرارة ويمكن توضيحه بسبب عدم التجانس بإرتفاع الحاجز (Schttky Barrier Heigh) بأبعاد صغيرة بالنانوميتر [14]. عامل المثالية هو وحدة واحدة للدايود المثالي والقيم الأعلى له يعزى سببها إلى وجود طبقة أوكسيدية رقيقة بينية وعدم التجانس في الحاجز (Inhomogeneities in Barrier) والمقاومة المتواليّة. ما بين ذلك فإن عدم تجانسية الحاجز هو السبب الرئيسي للسلوك غير المثالي [10].

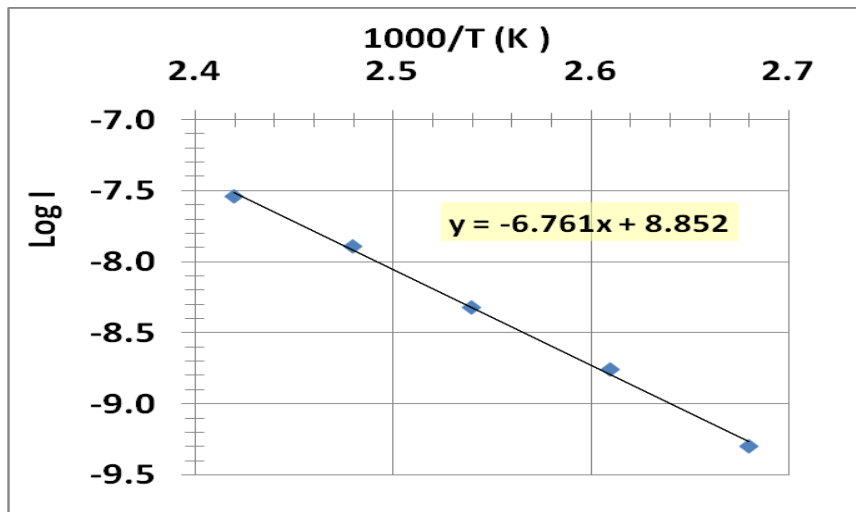
5- الدايود بالانحياز العكسي

تم ربط الدايود بالانحياز العكسي، ومن ثم تم تحقيق الجدول (3) الآتي:-

الجدول (3): Log I ، I ، $1000/T$ عند درجات حرارية مختلفة

Temperature (°C)	1000/T (K)	I(nA)	Log I
100	2.68	0.50	-9.30
110	2.61	1.75	-8.76
120	2.54	4.75	-8.32
130	2.48	12.75	-7.89
140	2.42	28.50	-7.54

وبما إن التيار صغير جداً وبالنانوأمبير (nA) بهذه الطريقة في الربط وهي الانحياز العكسي فقد تم إيجاده بأستخدام مقاومة تساوي $0.4M\Omega$ ، حيث تم توضيح ذلك بالجانب العلمي من البحث. ومن خلال الجدول (3) أعلاه تم رسم العلاقة ما بين $1000/T$ و Log I وكما يلي:-



الشكل (15): العلاقة ما بين $1000/T$ و Log I

من المعادلة (7) المذكورة آنفاً وجدنا فجوة الطاقة لأن: $E_g = 5.036 \text{ eV}$ والتي تساوي (1.34 eV) للدايود المستخدم في بحثنا، وكذلك من المعادلة (8) وجدنا الطول الموجي (λ) للأشعة الصادرة من الدايود والذي يساوي (925.4 nm) .

الاستنتاجات

تمت دراسة الدايود IRED المستخدم في أجهزة السيطرة والمتوفر في الأسواق المحلية وتوصلنا إلى الاستنتاجات الآتية:-

- 1- انخفاض كل مما يأتي مع درجة الحرارة:-
 - أ- قدرة الدايود (Diode Power)
 - ب- كفاءة الدايود (Diode Efficiency)
 - ج- شدة الإشعاع القياسية (Normalized Intensity)
 - د- عامل المثالية (Ideality Factor)
- 2- تمت دراسة خواص (I-V) للدايود وتبين أن:-
 - أ- التيار الأمامي (Forward Current) يزداد مع الفولتية الأمامية (Forward voltage) عند جميع درجات الحرارة.
 - ب- الفولتية الأمامية تقل مع ارتفاع درجة الحرارة.
 - ج- أن مقدار $\frac{\Delta V}{\Delta I}$ ثابت مع درجة الحرارة.
- 3- إن جهد الحاجز (Potential Barrier) يقل بمقدار 1mVolt لكل درجة مئوية.
- 4- تم حساب مقدار فجوة الطاقة وكان مقدارها (1.34 eV) ومن ثم تم إيجاد الطول الموجي للأشعة المنبعثة من الدايود IRED وأن مقداره (925.4 nm) .

References

المصادر

- 1) Seling, D.K., (2002), Light Emitting Diode an Analysis on Construction, Materil, Uses and Socioeconomic Impact, www.sjsu.edu/faculty/selvaduray/page/papers/mate115/duanseling.pdf
- 2) Kuhn, K. A., (2008), Light Emitting Diodes, www.kennethkuhn.com/students/ee431/light_emitting_diodes.pdf

- 3) Richardson, C., (2007), LED Application and Driving Techniques, Jorunal of the National Semiconductor.
- 4) Asis, R. M., and Bacala A., M., (2000), Characterization of p-n Junction, Zamboanga University, Philippines.
- 5) Han, D., Shin, D. S., and Park H., (2010), Effect of Temperature Distribution and Current Crowding on the performance of Lateral GaN-Based Light-Emitting Diodes, Phsica Status Solidi C 7, No. 7-8, P. 2133-2135.
- 6) Hernandez, A. F., (2003), Fundmentals of LED Drivers, Advance Transformer Company, Philips Lighting.
- 7) Lewis, R. B., Beaton D. A., and Tiedje T., (2009), GaAs_{1-x}Bi_x Light Emitting Diodes, Journal of Crystal Growth 311, P. 1872-1875.
- 8) Adjustable Regulator Using L200, www.Circuitstody.com
- 9) Gower, G., (1993), Optical Commutnication Systems, University of Michigan.
- 10) Khanna, S., Noor, A., Eeleshwar, S.N., and Tyagl M.S., (2010), Electrical Characterization of Chromium/4H-SiC Schottky Barrier Diodes, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol.3, P. 220-226
- 11) Sze, S.M. and Kwok K.N., (2007), Physics of Semiconductor Devices, 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc, P. 98.
- 12) Kasap, S., (2001), PN Junction Devices and Light Emitting Diodes, University of Saskatchewan, Canada.
- 13) Alfaramawi, K., (2010), Numerical Simulation of the Ideality Factor of Non-Ideal n-Si/p-Diamond Heterojunction Diode, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, Vol.5, No. 3, P.873-877.
- 14) Singh, R., Arora, S.K., Agarwal, S.K., and Kanjilal, (2000), Temperature Dependence of Current – Voltage Characteristics of Au/n-GaAs Epitaxial Schottky Diode, Jorunal of Indian Academy of Sciences, Vol.23, No. 6, P. 471-474.