بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

قسم علوم الفيزياء

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في فيزياء الجوامد بعنوان:

تأثير تغير شدة الإشعاع ودرجة الحرارة على أداء الخلية الشمسية

Effect of Change of Radiation Intensity and Temperature on Solar Cell Performance

إعداد الطالب:

عبدالله محمد علي محمد

إشراف أ.الدكتور:

مبارك درار عبدالله

يوليو 2016

الإستهلال

بِسمِ الله الرحَّمن الرّحيَمِ

ذَّيِنَ ءَامَنُواْ وَ عَمِلُواْ الصَّالِحَاتِ وَ ذَكَرُواْ اللَّهَ كَثِيراً وَانتَصَرُواْ
مِنبَعْدِ مَاظُلِمُواْ الَّذِينَ ظَلَمُوآ أَيَّ مُنقَلَبٍ يَنقَلِبُونَ)

صدق الله العظيم

الشعراء الأية (٢٧٧)

الإهداء

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء

الذي لم يبخل بشئ من أجل دفعي إلى طريق النجاح

الذي ساعدني لأن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

أبي العزيز

إلى من هي شمعة تذوب لتنير دروب الأخرين

لمن هي زهرة تزبل لتفوح برائحة الياسمين

لمن هي العطاء الذي يفيض بلا حدود

لمن هي رمز يجسد الكفاح والخلود

أمي العزيزة

وإلى كل من وسعِهم قلبي

ولن تسعهم أسطري

إليكم جميعاً أهدي هذا البحث المتواضع

الشكر والعرفان

الحمد لله الذي أمر بالشكر نستعينه ونستهديه ونشكره...

وبعد:

كل الشكر والتقدير للبروفسور مبارك درار عبدالله الذي أشرف على هذا البحث حيث إستفاد الباحث من دقة وقوة ملاحظاته وثراء فكره وطريقته في التوجيه جعلهالله زخراً للعلم والمعرفة وبارك في عمره.

والشكر ممتد لأعضاء هيئة التدريس بقسم الفيزياء كلية العلوم وأسرة مكتبة العلوم وأسرة كلية الدراسات العليا بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

وخالص شكري وأمنياتي لأفراد أسرتي الكريمة الذين أزكو في نفسي الدافعية وغرسوا فيها علو الهمة.

إليكم جميعاً خالص تقديري وفائق إحترامي.

الباحث

مستخلص البحث

في هذا البحث تم دراسة أداء الخلية الشمسية وتأثير شدة الإشعاع ودرجة الحرارة عليها وذلك بإجراء تجربتين التجربة الأولى تم حساب كفاءة الخلية الشمسية عند قيم مختلفة للإشعاع الشمسي ووجد أن الزيادة في شدة الإشعاع تقابلها زيادة في الكفاءة.

في التجربة الثانية تم حساب قدرة الخلية الشمسية عند قيم مختلفة لدرجة الحرارة ووجد أن الزيادة في درجة الحرارة تقابلها زيادة في القدرة.

Abstract

This research study the performance of solar cells and the influence of radiation intensity and temperature on it by two experiments.

In the first experiment one found the efficiency of the solar cell at different values of radiation intensity. it was found that the increase of radiation intensity increases the efficiency.

In the second experiment one found the power of the solar cell at different values of temperature. it was found that the increase of temperature increases the power.

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الإستهلال	i
الإهداء	ii
الشكر والعرفان	iii
ملخص البحث (بالعربية)	iv
ملخص البحث (بالإنجليزية)	v
المحتويات	iv
الباب الأول: المقدمة	1
الطاقة الشمسية	1
مشكلة والدراسات السابقة ومحتوى البحث	2
الباب الثاني:الطاقة الشمسية وأمكانية إستخدامها	3
المقدمة	3
مفهوم الطاقة الشمسية	3
الإشعاع الشمسي وأنواعه	3
كيف تعمل الطاقة الشمسية	5
الثابت الشمسي	5
حركة الأرض حول الشمس والزوايا الشمسية	5
أجهزة قياس الإشعاع الشمسي	7
التأثير البيئي للطاقة الشمسية	7
الباب الثالث: الخلايا الشمسية	9
الخلايا الشمسية وأنواعها	9
كيف يعمل السيليكون كخلية شمسية	10
التعديل البسيط لبلورة السيليكون	11
تركيب الخلية الشمسية وملحقاتها	12
كفاءة الخلية الشمسية	13
الباب الرابع:تأثير شدة الإشعاع ودرجة الحرارة على أداء الخلية الشمسية	17
المقدمة	17
الأجهزة والأدوات وخطوات التجربة	17
التجارب والقراءات: تجربة تأثير شدة الإشعاع الشمسي	18
تجربة تأثير إرتفاع درجة حرارة الخلية على قدرتها	23
تجربة تأثير إنخفاض درجة حرارة الخلية على قدرتها	24
الأشكال البيانية	26
التحليل والمناقشة	35
الإستنتاج	35
المراجع	36

الباب الأول

مقدمة

1.1 الطاقة الشمسية :

تعتبر الطاقة الشمسية أكثر مصادر الطاقة توفراً للجنس البشري وبالتحديد الطاقة الكهرومغنطيسية التي تبعثها الشمس وعلى الرغم من أن الطاقة الشمسية ال تستعمل كمصدر رئيسي للطاقة في الوقت الحاضر الا أن هناك بحوثاً وجهوداً مستمرة لإستغلال أو تسخير الطاقة الشمسية بشكل إقتصادي لتصبح مصدراً رئيسياً للطاقة خصوصاً في حقلي التبريد والتدفئة للمباني.

يمكن تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى أشكال أخرى للطاقة في ثالث عمليات منفصلة هي العملية الكيميائية الشمسية والعملية الكهربائية الشمسية والعملية الحرارية الشمسية ،العملية الكيميائية الشمسية إنما هي عملية التمثيل أو التركيب الضوئي التي هي أساس وقود المستحاثات والعملية الكهربائية الشمسية هي عملية توليد الكهرباء بواسطة الخلايا الشمسية والعملية الحرارية الشمسية هي عملية الإمتصاص للإشعاع الشمسي وتحويل هذه الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية وهذه العملية هي العملية التحويلية الوحيدة للطاقة الشمسية التي تصل كفاءتها إلى

100%[1] .

إن إحدى المنافع الأساسية للطاقة الشمسية هي أنها مصدر قابل للتجدد فالأشعة الشمسية متوفرة في كل مكان و مجانية وليس هناك حدود لقابليتها على التجدد والتساهم الطاقة الشمسية أيضاً في التلوث وهكذا فهي تعتبر مصدر نظيف للطاقة وإستعمالها لا يساهم في ظاهرة الإنحباس الحراري[2].

وتعتبر طاقتها شكلاً من الطاقة المتجددة والنظيفة لأنها لا تسفر عن تشغيلها نفايات ملوثه ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا تحتاج لوقود لكن تكلفتها االبتدائية مرتفعة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى.ومن مميزاتها أنها ليس بها أجزاء متحركة تتعرض للعطل لهذا تعمل فوق الأقمار الإصطناعية بكفاءة عالية إلا أن تعرضها للتلوث أو الغبار

يؤدي إلى إنخفاض في كفائتها ممايستدعي تنظيفها على فترات[3] .

ولقد بدأ الإنسان في الآونة الأخيرة يجري بحوثاً ودراسات حول إيجاد طرق إقتصادية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية وكهربائية وقد نجح في ذلك نجاحاً كبيراً ولكنه لم يتمكن بعد من جعل تكلفتها أقل من تكلفة إستغلال البترول والفحم والغاز الطبيعي كما تجرى بحوث حول طرق حفظ الطاقة حتى يمكن إستعادتها في الأوقات التي تغيب فيها الشمس بالليل أو في أخر أيام الشتاء الغائمة والواضح أن إستغلال الطاقة الشمسية مباشرة هو الإختيار الأمثل لأنها طاقة متجددة وخالية من التلوث ومتوفرة بقدر يكفي االنسان مدى الدهر إذا أمكن إستغلالها بكفاءة

عالية [4] .

أما الخلية الشمسية فتعرف بأنها عبارة عن شريحة مكونة من طبقات يتراوح سمكها الكلي بين 0.2 إلى0.25

سنتمتر وذات مساحة 0.01 إلى 0.02 متر مربع وتتكون من وصلة ثنائية وبالنسبة للخلايا السيليكونية فإن الوصلة الموجبة عبارة عن سيليكون نقي مضاف إليه شوائب من عنصر ثلاثي مثل البورون[5].

وفي هذا البحث سوف نتناول الطاقة الشمسية بإعتبارها طاقة متجددة بالتفصيل وكذلك كيفية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية من خلال آلية تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) وكما هو معلوم أن هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تسمى (أشباه الموصلات) كالسيليكون والجرمانيوم والسيزيوم وغيرها.

2.1 مشكلة البحث :

تصل كفاءة الخلية السيليكونية إلى 18%وهذه الكفاءة تحددها عوامل عدة أهمها أن الجزء من الطيف الشمسي ذو الطول الموجي أكبر من (1.1 ملم) وهو يكون 25% من الطاقة الشمسية ليس لفوتوناته طاقة كافية لنقل الإلكترونات من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل بوصلة السيليكون الثنائية بالإضافة للإشعاعات ذات الأطوال الموجية القصيرة التي تكون فوتاناتها أكبر من الطاقة اللازمة لنقل الإلكترون إلى منطقة التوصيل وتتحول الطاقة الزائدة إلى حرارة وال ينتفع بها في نقل الإلكترونات وهذا يعني أن الطبيعة قد حددت كفاءة الخلية الشمسية المصنوعة من السيليكون ولهذا يهدف هذا البحث لمعرفة علاقة تأثير شدة الإشعاع الشمسي على قدرة وكفاءة الخلايا الشمسية وكذلك تغير درجة الحرارة والرياح على قدرة الخلية الشمسية.

3.1 الدراسات السابقة :

أجريت العديد من الدراسات لمعرفة كفاءة الخلايا الشمسية وخاصة الثانوية منها ففي بحث لأنعام عزالدين تمت دراسة تغير نوع الصبغة على أداء الخلية وكفاءتها وتبين أن كفاءة الخلية تتأثر بنوع الصبغة وأن ذلك له علاقة

بفجوة الطاقة والإمتصاصية لهذه [6]و في بحث ثاني لعبدالسخي تم صناعة خلية شمسية من الصمغ الصبغات

العربي وكانت كفاءته في حدود 3% إلى 5%[7] , وفي بحث ثالث لعمر تم حساب كفاءة الخلايا البوليمرية

وتغيرها مع تركيزات الشوائب[8] .

4.1 محتوى البحث :

يحتوي هذا البحث على أربعة أبواب الباب الأول المقدمة والثاني يتحدث عن الطاقة الشمسية أما الثالث فسوف نتحدث فيه عن الخلايا الشمسية أما الباب الرابع فسوف يكون عن التجربة العملية ونتائجها ومناقشتها والإستنتاج .

الباب الثاني

الطاقة الشمسية وإمكانية إستخدامها

1.2 المقدمة :

تعتبر الشمس أم الطاقات حيث تنتج عنها كل الطاقات التي توجد في الكرة الأرضية لذا سيختص هذا الباب بالحديث عن مفهوم الطاقة الشمسية والإشعاع الشمسي ومكوناته التي تصل إلى سطح الأرض وكيفية عمل الطاقة الشمسية والثابت الشمسي وحركة الأرض حول الشمس والزوايا الشمسية وأجهزة قياس الإشعاع الشمسيوأخيراً التأثير البيئي للطاقة الشمسية.

2.2 مفهوم الطاقة الشمسية :

الطاقة الشمسية هي طاقة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس وهذا الضوء قد يستعمل لتوليد الطاقة الكهربائية وتزويد البنايات بالتدفئة والتبريد ولتسخين المياه وقد أستعملت الطاقة الشمسية لآلاف السنين وبطرق أخرى أيضاً.

معظم الحياة على وجه الأرض لايمكن أن توجد بدون الشمس ومعظم النباتات تنتج غذائها عن طريق عملية كيميائية تسمى التركيب الضوئي والتي تبدأ بضوء الشمس والعديد من الحيوانات تضمَن النباتات كجزء من طعامها جاعلة الطاقة الشمسية كمصدر غير مباشر لغذائها وتغذية الناس على النباتات والحيوانات في سلسلة غذائها توفر أحد الأمثلة على أهمية الطاقة الشمسية.

بطريقة مباشرة أو غير مباشرة فإن الشمس مسؤولة تقريباً عن كل مصادر الطاقة الموجودة على الأرض فجميع النفط والفحم والغاز الطبيعي قد أنتجت بسب تحلل النباتات قبل ملايين السنين وبعبارة أخرى فإن هذا الوقود الأحفوري الأساسي المستعمل اليوم هو في الواقع يخزن الطاقة الشمسية.

إنحرارة الشمس تحرك الرياح أيضاً والتي هي مصدراً أخر للطاقة المتجددة .أن مصدر الطاقة الوحيد الذي لا يأتي من حرارة الشمس هي الحرارة التي تنتج من الإنحلال الإشعاعي لقلب الأرض وكذلك المد والجزر في المحيطات والذي يتأثر بقوة جاذبية القمر [2].

3.2 الإشعاع الشمسي وأنواعه :

الشمس عبارة عن كرة ملتهبة قطرها 1.37×10^{6} كم أي أكبر من قطر الأرض وكتلتها 2×10^{30} كجم فهي أثقل من الأرض بحوالي3000000 مرة وكثافة مادتها 1.4أي أقل من كثافة الأرض وهذا راجع إلى أن جزءاً كبيراً منها يتألف من غازات ملتهبة وتبعد الشمس عن الأرض بمقدار149.6 مليون كم وتتكون من نفس العناصر التي تتكون منها الأرض ولكنها في صورة مختلفة عن الصورة التي توجد عليها الأرض و يتكون مركز الشمس من عنصري الهيليوم والهيدروجين في حالة البلازما [9].

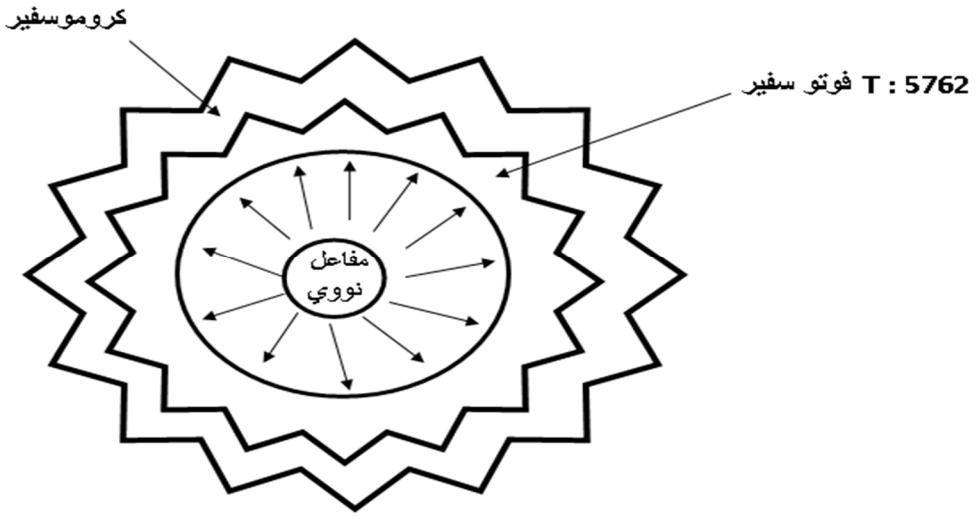
لقد وجد أن الشمس تشع بمعدل 3.85×10^{23} كيلو واط وبالحساب نجد أن الأرض تستقبل من هذه الطاقة ما يعادل 1.7×10^{14} كيلو واط فإذا إفترضنا أن إستهلاك العالم من الطاقة يصل إلى10^{10} كيلو واط نجد أن الطاقة الشمسية المتوفرة عند الأرض تعادل (20) ألف مرةتقريباً بالنسبة للإستهلاك لكن في الواقع إن 70% من هذه الطاقة تسقط على البحار والأماكن غير المأهولة مثل الجبال والصحاري ولا يمكن الاستفادة منها ومع ذلك فإن الطاقة الشمسية التي يمكن

إستغلالها تزيد عن حاجة الإنسان بكميات كبيرة ولأزمان طويلة و ليس بمستغرب إذن أن يتزايد الإهتمام بالأبحاث العلمية التي تهدف إلى تطوير تقنية إستغلال الطاقة الشمسية.

يبين الجدول(2-1) ملخصاً للمعلومات التي ذكرناها عن الشمس والأرض كما يوضح الشكل (2-1)نموذجاً مبسطاً للشمس يبين باطن الشمس حيث يتم التفاعل النووي ويبينأيضاً طبقة الفوتوسفير التي يصدر منها الإشعاع الشمسي الكهرومغناطيسي ثم طبقة الكروموسفير وهي أكثر برودة وتمتصأطوالاً معينة من الإشعاع الكهرومغناطيسي وتظهر كخطوط دقيقة تعرف بخطوط فرونهوفر لكنها لا تؤثر على كمية الطاقة الإشعاعية المنبعثة من الشمس.

كتلة الشمس	1.986×10^{30} كيلوجرام
كتلة الأرض	6×10^{24} كيلوجرام
قطر الشمس	1.39×10^{6} كيلومتر
قطر الأرض	1.27×10^{4} كيلومتر
المسافة بين الشمس والأرض	150×10^{6} كيلو متر
الطاقة التي تشعها الشمس	3.85×10^{23} كيلو واط
الطاقة التي تستقبلها الأرض	1.7×10^{14} كيلو واط
درجة حرارة الفوتسفير المحيطة بالشمس	5762 كلفن
الثابت الشمسي	1367 واط لكل متر مربع

الجدول(2-1) ملخص المعلومات عن الشمس والأرض والشكل(2-1) أدناه نموذج مبسط للشمس



إن الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض يصدرأساساً من طبقة الفوتوسفير لذلك يمكننا أن نفترض أن الشمس كرة تحيط بفرن نووي ولها سطح أسود مشع في درجة حرارة ثابتة قدرها 5762 درجة كلفن وأن الإشعاع يصدر من هذا السطح في كل الاتجاهات كما يوضح الشكل (2-1) [4].

إن الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض يتكون من جزئين هما الإشعاع المباشر والإشعاع المنتشر.

الإشعاع المباشر:هو حزمة الإشعاع الذي يصل مباشرة من الشمس إلى سطح الأرضويكون متعامداً مع الإشعاع بعد إنتهاء عملية الإمتصاص والتشتت .

الإشعاع المنتشر: هوالإشعاع الذي يصل من كل الإتجاهات إلى السطح الأفقي للأرض من طبقات الجو التي تحيط بالسطح بعد حجب الإشعاع المباشر.

الإشعاع الكلي: هو الإشعاع الكلي الذي يسقط على السطح الأفقي ويساوي مجموع الإشعاع المنتشر والمباشر علماً بأن هذا الإشعاع يقصد به الطاقة الشمسية التي تسقط على كل متر مربع في كل ثانية بالوحدات العالمية أي واط لكل متر مربع(m/w^2) [11].

4.2 كيف تعمل الطاقة الشمسية :

إن تقنيات الطاقة الشمسية تستعمل الطاقة التي تأتي من الشمس إذ تندمج ذرات الهيدروجين بداخلها مكونة الهيليوم وتنتج هذه العملية كميات هائلة من الحرارة إذ تبلغ في مركز الشمس بحدود حوالي عشرين مليون درجة مئوية وعلى سطحها المسمى فوتوسفير أكثر من خمسة آلاف درجة مئوية .إن الطاقة التي تولدها الشمس عليها أن تجتاز(150)مليون كيلومتر للوصول إلى سطح الأرض أكثر بعشرة ألاف مرة من كمية الطاقة المستعملة من قِبل العالم ،إن كمية هامة من طاقة الشمس الإشعاعية تنعكس إلى الفضاء عن طريق الغيوم وقمم الجبال الثلجية واليابسة والأجسام الموجودة في المياه أما ما يصل منها إلى الأرض فإن حوالي 70% منه يمتص من قبل المحيطات حيث تقوم بحفظها من التجميد كما وتقوم بدفع تياراتها إضافة إلى أن هذه الطاقة تمنع أيضاً جو الأرض من التجمد [2].

5.2 الثابت الشمسي:

يعرف الثابت الشمسي بأنه الطاقة المشعة من الشمس في وحدة الزمن والساقطة على وحدة المساحة معامدة لإتجاه الإشعاع الشمسي وتبعد مسافة مساوية لمتوسط بعد الأرض عن الشمس خارج نطاق الغلاف الغازي للكرة الأرضية، وقد دلت القياسات الحديثة التي أجرتها المركبات الفضائية على أن قيمة هذا الثابت تبلغ حوالي 1353 واط/متر مربع ونسبة الخطأ في هذه القيمة هي ±1.5% [1] .

يكتسب الثابت الشمسي أهمية خاصة في تطبيقات الطاقة الشمسية ذلك لأنه لايمكن في الواقع الحصول على كمية من الطاقة الشمسية أعلى من قيمة الثابت الشمسي وبالنسبة لكمية الطاقة التي تصل إلى الأرض فإنها أقل من قيمة الثابت الشمسي بسبب إنعكاس جزء من الإشعاع الشمسي أو إمتصاصه أثناء عبوره الغلاف الجوي [11].

6.2 حركة الأرض حول الشمس والزوايا الشمسية :

مدار الأرض حول الشمس :سوف نفترض في حساباتنا التالية أن الشمس ثابتة وأن الأرض تدور حولها في مدار بيضاوي ذي مستوى ثابت يعرف بالمستوى الكسوفي وفي الواقع أن مدار الأرض حول الشمس أقرب إلى المدار الدائري منه إلى البيضاوي ويمكن أن يعبر عن البعد البؤري الرئيسي (r) بين الشمس والأرض بالعلاقة التالية:

$$r = \frac{q(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon\cos\theta} \qquad (2-6-1)$$

حيث أن متوسط المسافة بين الشمس والأرض مقدارها1.497×10^{11} متر وأن (ε) هي معامل الإختلاف المركزي ومقدارها0.0167وتعتبر مقياساً لمدى الإختلاف بين الشكل البيضاوي والدائري .

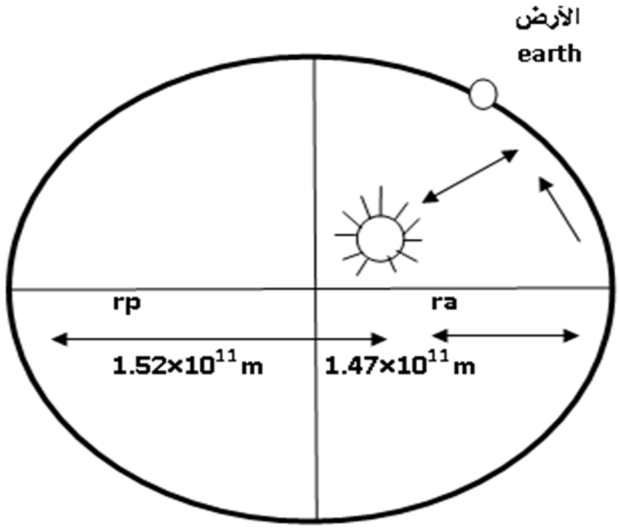
يبين الشكل(2-6-1) المدار البيضاوي للأرض حول الشمس ومسافات الأوج(Aphelion) والحضيض الشمسي(Perihelion) ويمكننا إيجاد مقدار البعد الحضيضي وهو أصغر قيمة للبعد البؤري ويحدث عندما تكون الزوايا(Θ) صفراً في المعادلة السابقة حيث نحصل على:

$$r_P = a(1-\varepsilon) = 1.471\times10^{11} \text{ متر} \qquad (2-6-2)$$

أما بعد الأوج فنحصل عليه عندما تكون الزاوية 180 درجة حيث نحصل على:

$$r_a = a(1+\varepsilon) = 1.521\times10^{11} \text{ متر} \qquad (2-6-3)$$

فيتضح أن الإختلاف بين البعدين حوالي 3%مما يدل على أن مدار الأرض حول الشمس دائري تقريباً وليس للشكل المداري تأثير يذكر في التغيرات الفصلية [4].



الشكل (2-6-1) مدار الأرض حول الشمس لتوضيح البعد الحضيضي والبعد الأوج

الزوايا الشمسية :

1- زاوية الميل (Declination angle) : تعرف زاوية الميل(δ)بأنها الزاوية المحصورة بين الأشعة الشمسية والعمودي على المحور القطبي في مستوى الأشعة الشمسية وتتراوح قيمتها مابين صفر في 21 آذار (الإعتدال الربيعي) إلى 23.45 في22 حزيران (الإنقلاب الصيفي) ومابين صفر في 23أيلول (الإعتدال الخريفي) إلى 23.45 في 22كانون الأول(الإنقلاب الشتوي).

2- زاوية الإرتفاع (ltitudeA angle)(β) :هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الشمسي والمسقط الأفقي

لهذا الشعاع على سطح الأرض عند زاوية خط عرض معين.

3- زاوية السمت (α)(Azimuth angle) :هي الزاوية المحصورة بين المسقط الأفقي للشعاع الشمسي وخط إتجاه الجنوب مقاساً بإتجاه عقارب الساعة عند زاوية خط عرض معين ويمكن حساب قيم(β)و(α) من المعادلتين التاليتين :

$$\sin\beta = \cos L \cos\delta \cos H + \sin L \sin\delta \qquad (2-6-4)$$

$$\sin\alpha = \frac{\cos\delta \sin H}{\cos\beta} \qquad (2-6-5)$$

حيث أن : (L) تمثل زاوية خط العرض (Latitude gnale)، (H) تمثل زاوية الساعة(Hour angle) [1].

7.2 أجهزة قياس الإشعاع الشمسي :

أ- قياس الإشعاع الكلي : لقياس الإشعاع الكلي جهاز البيرانومتر(pyranometer) وهو يتكون من مجموعة من المزدوجات الحرارية تعرف بالثيرموبايل(Thermopile) حيث تتصل الأطراف الساخنة بصفيحة معدنية سوداء قادرة على إمتصاص الإشعاع الشمسي وتوصل الأطراف الباردة بسطح معدني عاكس للإشعاع الشمسي ومعرض للهواء.

ب- قياس الإشعاع المنتشر : يستخدم جهاز البيرانوميتر أيضا لقياس الإشعاع المنتشر ولكن يحجب عنه الإشعاع المباشر وذلك بعد وضعه على سطح أفقي وتركب مظلة في شكل شريط نصف دائري فوق الجهاز من الشرق إلى الغرب وتكون قابلة للضبط شمالاً وجنوباً للإخذ في الإعتبار ميل الشمس وحركة قرص الشمس النسبية صيفاً وشتاءً .

ج- قياس الإشعاع المباشر : يستخدم لقياس الإشعاع المباشر جهاز البيرهليومتر(etemoilehrypr) الذي يتكون من أنبوبة طويلة تبدأ بعدسة لامة وتنتهي بقرص أسود لإمتصاص الإشعاع المباشر ولاتسمح بوصول الأشعة المنتشرة وتركب الأنبوبة بحيث يتطابق محورا الأنبوبة مع مسار الإشعاع وتكون موجهة نحو الشمس بواسطة موتور يدور مع الأرض بنفس سرعة الأرض حول نفسها.

هذا الجهاز يشابه جهاز البيرانومتر من حيث عمله في رصد كمية الإشعاع إذ أن السطح الأسود الحساس الذي يقوم بإمتصاص الإشعاع متصل بنهايات مزدوجات حرارية موصلة بجهاز تكاملي لقياس الإشعاع وتسجيلها بوحدة الواط ساعة لكل متر مربع [11].

8.2 التأثير البيئي للطاقة الشمسية :

إن الطاقة الشمسية يمكن أن يكون لها كلا التأثيرين الإيجابي والسلبي على البيئة :

التأثير الإيجابي : يمكن تحديد التأثيرات الإيجابية كتقنيات للطاقة الشمسية على البيئة كمايلي:

1/ معظم التقنيات الشمسية هي ودية للبيئة.

2/ لا تنتج الفضلات المشعة مثل مفاعلات الطاقة النووية.

3/ معظم منظومات الطاقة الشمسية صامتة أو هادئة عندما تشتغل مما يقلل من تلوث الضوضاء.

4/ إذا أمكن إعتماد التقنيات التي تولد الطاقة الكهربائية بنطاق هام فإن العديد من البلدان يمكن أن تقلل من إعتمادها على الطاقة الكهربائية المتولدة بالوقود الأحفوري وهذا التغير يمكن أن ينقص من كمية التلوث البيئي في العالم.

5/ لا تساهم في رفع درجة حرارة الكون أو المطر الحامضي.

6/ لا تلوث الجو بأي إنبعاثات غازية.

التأثير السلبي : إن تقنيات الطاقة الشمسية ليست مثالية فمن تأثيراتها السلبية مايلي:

1/بالنظر إلى المشاريع الكبيرة واسعة النطاق فإنها تؤثر سلباً على المناظر الطبيعية.

2/ التقنيات الشمسية يمكن أن تؤثر على الحياة الحيوانية حولها.

3/ منظومات الأطباق الكبيرة ومنظومات المجرى وأبراج الطاقة تأخذ مساحات من الأرض تعيش عليها الحيوانات وتؤثر على بيئتهم وعاداتهم.

4/ بناء المشاريع الشمسية يمكن أن يلوث الأراضي الأصلية "النظيفة" حتى وإن كانت التقنية الشمسية نفسها لا تفعل ذلك.

5/ بينما لا يلوث إستعمال التقنية الشمسية البيئة فإن صناعة بعض أنواعها يمكن أن تفعل ذلك [2].

الباب الثالث

الخلايا الشمسية

1.3 مقدمة :

تقوم الخلايا الشمسية بتحويل طاقة الشمس لكهرباء لذا سيختص هذا الباب لمعرفة أنواع الخلايا الشمسية وكيفية عمل السيليكون كخلية شمسية والتعديل البسيط لبلورة السيليكون وتركيب الخلية الشمسية وملحقاتها وكفاءة الخلية الشمسية.

2.3 الخلايا الشمسية :

تعرف أيضاً بالخلايا الفولتائية أو الخلايا الكهروضوئية وهي نوع من التقنية الشمسية تأخذ الطاقة الموجودة في الأشعة وتحولها مباشرة إلى طاقة كهربائية والخلية الشمسية تكون قياسية ذلك لأن واحدة منها يمكن أن تستعمل لتكوين كمية صغيرة جداً من الكهرباء أو عدد منها يمكن أن تستعمل معاً لتكوين كمية كبيرة من الكهرباء حيث أن الخلية الشمسية بقطر(10سم) يمكن أن تنتج واط واحد من القدرة إذا كانت الشمس فوقها مباشرة والظروف مواتية لأن كل خلية شمسية تنتج حوالي فولت ونصف فقط من الكهرباء فإن هذه الخلايا عادة ماتربط مع بعضها البعض بمجموعات تدعى "الوحدات" حيث تحتوي كل وحدة حوالي أربعين خلية شمسية إذ يمكن دمج التيار الناتج منها وأن وحدات الخلايا الشمسية يمكن ربطها على التوالي أو على التوازي حسب الحاجة لزيادة القدرة الكهربائية الناتجة عنها.

عندما تربط عشرة من وحدات الخلايا الشمسية فإنها تشكل ترتيباً يدعى "الصف" أو "حقل الصف" ومثل الوحدات فإن الصفوف يمكن أن تنظم بربطها على التوالي أو على التوازي ويمكن لهذه الصفوف أن تجهز الكهرباء لمنزل أو بناية وإذا ربطت عدة صفوف فإنها يمكن أن تولد قدرة مما يكفي لتشغيل محطة توليد كهربائية.

إن بعض الصفوف تربط مع أجهزة تتبع الشمس لضمان الحصول على الأشعة الشمسية على مدار اليوم يمكن إستعمال منظومات تركيز الأشعة الشمسية بإتجاه الخلايا لمساعدتها في إنتاج قدرة أكثر إذ تستخدم هذه المنظومات المرايا أو العدسات الكبيرة لتركيز الأشعة على الخلايا الشمسية .

إن كل خلية شمسية تحول حوالي 5% إلى 15% من أشعة الشمس التي تسقط عليها إلى تيار كهربي [2].

3.3 أنواع الخلايا الشمسية :

هناك عدة أنواع من الخلايا يمكن ذكر بعض أنواعها وهي:

خلية تصنع من السيليكون أحادي التبلر: هي عبارة عن خلايا قطعت من بلورة سيليكون مفردة وكفاءة هذا النوع من الخلايا من 11- 16% مما يعني أن إمتصاص الخلايا للإشعاع القادم من الشمس الذي تبلغ قوته

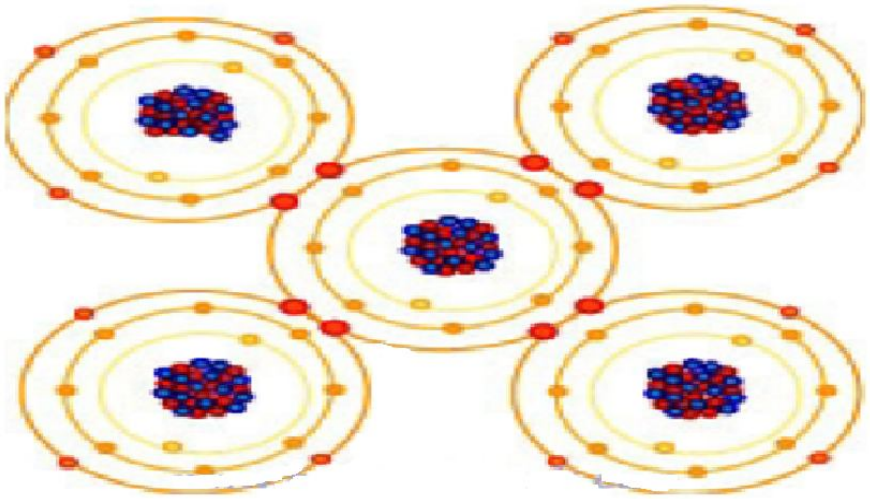
1000 واط لكل متر مربع وذلك في يوم مشمش بالقرب من خط الإستواء أي أن الواحد متر مربع من هذه الخلايا يمتص هذا الأشعاع بهذه الكفاءة ينتج (110-160) واط.

خلايا عديدة التبلر : وهي عبارة عن رقائق من السيليكون كشطت من بلورات سيليكون إسطوانية ثم تعلج كيمائياً في أفران لزيادة خواصها الكهربية وبعد ذلك تغطى أسطح الخلايا بمضاد الإنعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس وكفاءة هذا النوع من 9-13%.

خلايا عديمة التبلر أو خلايا الأغشية الرقيقة : وفيها مادة السيليكون تترسب على هيئة طبقات رفيعة على أسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها أقل من 3-6%وأسعارها أيضاً أقل وهي مناسبة لتطبيقات من 40 واط إلى أقل [12].

4.3 كيف يعمل السيليكون كخلية شمسية :

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري فنجد أن ذرة السيليكون تحتوي على 14 إلكترون موزعة على ثلاث مستويات طاقة مستويين الطاقة الاول والثاني هما الأقرب للنواة يكونان ممتلأن تماماً بالإلكترونات والمستوى الثالث أو المستوى الخارجي يحتوي على 4 إلكترونات فقط أي يكون نصفه ممتلئ والنصف الأخر فارغ حيث أن المدار يكتمل ب 8 إلكترونات . فتسعى ذرة السيليكون لأن تكمل النقص في عدد الإلكترونات في المستوى الخارجي ولكي تفعل ذلك فإنها تشارك أربعة إلكترونات من ذرات سيليكون مجاورة وبهذا ترتبط ذرات السيليكون ببعضها البعض في شكل تركيب بلوري وهذا التركيب البلوري له فائدة كبيرة في خلية الفوتوفولتيك كما سنوضح ذلك في الشرح التالي :



شكل(3-1) يوضح : ذرات السليكون مرتبطة مع بعضها البعض مشكلة تركيب بلوري منتظم لا يوجد فيه الكترونات حرة .

لقد قمنا بوصف بلورة سيلكون نقية وللعلم بلورة السليكون النقية لا توصل التيار الكهربي بكفاءة لأنه لا توجد

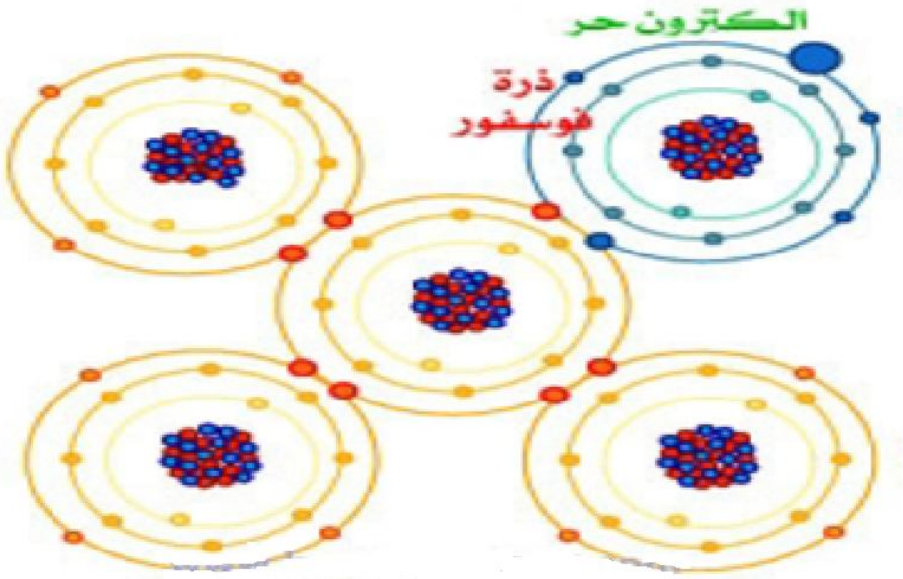
إلكترونات حرة لتنقل التيار الكهربي حيث أن كل الإلكترونات قد قيدت في التركيب البلوري ولهذا ولكي

يتم إستخدام السليكون في الخلية الشمسية فإننا بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط في التركيب البلوري [13].

5.3 التعديل البسيط لبلورة السيليكون :

وهو عبارة عن إضافة ذرات عناصر أخرى لعنصر السيليكون كالفسفور وتسمى هذه العملية التطعيم وهذه الذرات الإضافية نسميها الشوائب وهي ضرورية لعمل الخلية الشمسية بغض النظر عن إسمها شوائب وقد يفهمها البعض أنها ذرات غير مرغوب فيها وسوف نكتشف ذلك من خلال الشرح التالي :

يتم تطعيم ذرات الفوسفور بنسبة بسيطة جداً تصل إلى 1:1,000,000 وذرة الفسفور تحتوي على 5 إلكترونات في مدارها الخارجي ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السليكون ستشارك ب 4 إلكترونات ويبقى إلكترون واحد حر كما موضح بالشكل التالي :



شكل (3-2) : يوضح تطعيم ذرات السيليكون بذرات فوسفور

الآن تتضح فكرة عمل الشوائب في ذرات السليكون فلو تم تزويد السليكون النقي بالطاقة ولتكن طاقة حرارية مثلا لوجدنا أن بعض الإلكترونات تتحرر وتترك مكانها شاغراً نسميه فجوة فتعمل هذه الفجوة على السماح لإلكترون في الجوار بالإنتقال إليها تاركاً فجوة أخرى وهكذا تستمر حركة الإلكترونات في إتجاه وحركة الفجوات في الإتجاه المعاكس وهذه الحركة هي تيار كهربي.

ولكن في حالة ذرات السليكون المطعمة بذرات الفسفور يصبح الأمر مختلف فنجد أن الطاقة اللازمة لتحريك الإلكترونات أقل بكثير من حالة السليكون النقي وتسمى أشباه الموصلات التي تطعم بذرات تحتوي على إلكترونات إضافية بالنوع(N-type)أي النوع السالب لأنه أضاف إلكترون للتركيب البلوري للذرات . ولهذا يعتبر السيلكون المطعم بالفسفور موصل أفضل من السيلكون النقي.

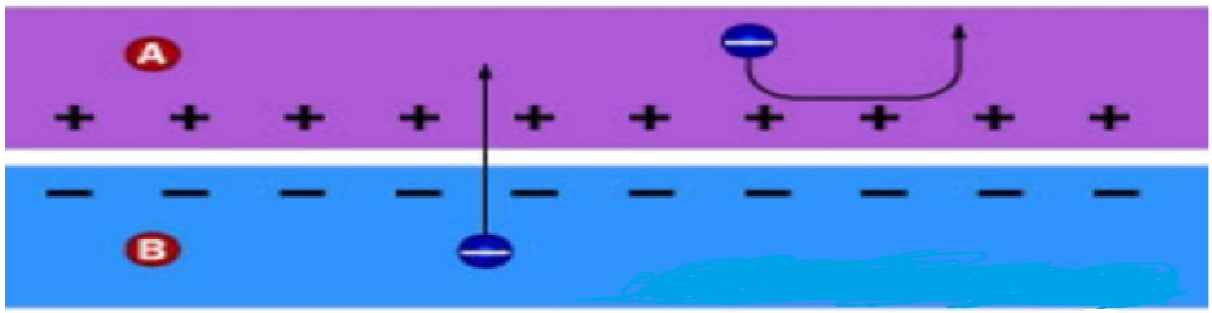
كما أنه يوجد تطعيم بذرات توفر إلكترونات إضافية هناك تطعيم آخر بذرات لها عدد أقل من الإلكترونات وتسمى المواد الناتجة عن هذا التطعيم بالنوع(P-type) أي النوع الموجب.

وفي الحقيقة الخلية الشمسية تحتوي على كلا النوعين النوع الموجب والنوع السالب والأمر الأهم هو ما يحدث عن توصيل النوعين معاً حيث تنتقل الإلكترونات الحرة في النوع السالب إلى الفجوات في النوع الموجب [13].

6.3 تركيب الخلية الشمسية وملحقاتها :

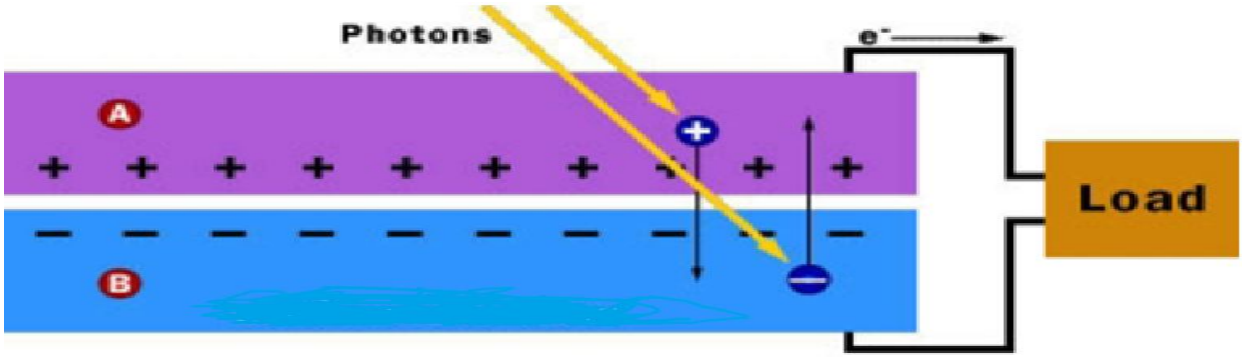
كما ذكرنا أن القليل من الإلكترونات تنتقل إلي الفجوات وتتحد معها ولكن لا تستمر عملية الإنتقال هذه إلى أن تتحد كل الإلكترونات مع كل الفجوات وتتوقف العملية لأن ما يحدث هو بعد أن تنتقل المجموعة الأولى من الإلكترونات وتتحد مع الفجوات يشكل ذلك حاجزاً عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن النوع السالب ويمنع هذا الحاجز المزيد من

الإلكترونات الاخرى في النوع السالب من الإتحاد مع فجوات في النوع الموجب ويتكون عن المنطقة بين النوعين مجال كهربي كما هو موضح بالشكل التالي :



شكل(3-3) يوضح المجال الكهربي المتولد في كل خلية فوتوفولتيك

هذا المجال الكهربي يعمل عمل الديود(diode) حيث يسمح بمرور الإلكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب وبهذا يكون لدينا في كل خلية فوتوفولتيك مجال كهربي يحدد إتجاه حركة الالكترونات إذا عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات عند طاقة معينة على خلية الفوتوفولتيك فإنه يعمل على تحرير إلكترون وفجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربي فيتم تمرير هذا الإلكترون في إتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير المجال، وعندما يتم توصيل طرفي الخلية (النوع السالب طرف والنوع الموجب طرف) بدائرة خارجية فإن هذه الإلكترونات سوف تتحرك لتعود إلى موضعها الأصلي وكذلك الفجوات وهذه الحركة هي التيار الكهربي الذي نريده.



شكل(3-4) يوضح عمل خلية الفوتوفولتيك عند سقوط الضوء عليها

في هذه العملية نجد أنه عندما يسقط فوتون الضوء على الخلية تتحرر إلكترونات وفجوات حيث تنتقل الإلكترونات تحت تأثير قوة المجال الكهربي في الخلية إلى الجزء السالب وتنتقل الفجوات إلى الجزء الموجب ولكن تعود مرة أخرى إلى موضعها الأساسي عند توصيلها بدائرة خارجية [14].

ملحقات الخلية الشمسية :

في بعض الأحيان تمتلك منظومات الخلايا الشمسية مكونات أخرى تساعدها وتجعلها ذات فائدة في تجهيز الطاقة الكهربائية منها :

العاكس : يساعد العاكس على تحويل التيار المستمر الذي يقوم بتوليده الخلايا الشمسية إلى التيار المتناوب المستعمل من قبل أغلب الأجهزة وكذلك في البيوت والمكاتب .

وحدات الخزن : تقوم وحدات الخزن بخزن الطاقة المتولدة من قبل الخلايا الشمسية لغرض إستعمالها في الأوقات التي تكون فيها الأشعة الشمسية قليلة أو معدومة ومن طرق الخزن المستعملة لهذا الغرض :

أ- البطارية : وهي إحدى وحدات الخزن التي تعمل بصورة جيدة مع الخلايا الشمسية حيث تقوم بخزن الطاقة المتولدة كهروكيميائياً.

ب- الطاقة الكامنة : أن الطاقة المتولدة عن طريق الخلايا الشمسية يمكن أن تخزن أيضاً كطاقة كامنة حيث أن الماء المضخوخ والهواء المضغوط هما شكلان من أشكال الطاقة الكامنة يمكن الإستفادة منها [15].

7.3 كفاءة الخلية الشمسية Solar Cells iciencyEff:

هنالك ثلاثة متغيرات تستخدم لدراسة أداء الخلية الشمسية وهي تعتبر المعالم الرئيسية لخرج الخلية الشمسية [16]:

1.7.3 تيار الدائرة القصيرة Short (scI) Ciricuit Current:

هو تيار الدائرة المغلقة الذي يمر عبر الوصلة تحت تأثير الإستضاءة عندمايكون جهد التحييد مساوياً للصفر ويكون الحد الأعلى لتيار الدائرة القصيرة المتولدة من الخلية الشمسية مرتبطاً بفيض الفوتونات الساقطة والتي تمتلك طاقة أكبر من طاقة الفجوة المحظورة للمادة والتي تستطيع أن تولد أزواج (إلكترون- فجوة) ويمكن حساب هذه الطاقة بدلالة الطول الموجي للفوتونات (إلكترون- فجوة) ويمكن حساب هذه الطاقة بدلالة الطول الموجي للفوتونات الساقطة على خلية سيليكونية بمعلومية النطاق المحظور للسيليكون الذي يساوي 1.24 فولت حسب العلاقة التالية:

$$E(ev) = \frac{1.24}{\lambda} \qquad (3-1)$$

ونجد أنه كلما قل عرض الفجوة المحظورة فإن كثافة تيار الدائرة القصيرة تزداد وذلك لأن كثيراً من الفوتونات الساقطة تمتلك طاقة كافية لإنتاج زوج إلكترون – فجوة عندما تكون الفجوة المحظورة أقل بكثير من طاقتها ،فعند سقوط الضوء على المفرق الثنائي المكون للخلية الشمسية يكون التيار حسب المعادلة :

$$I = I_o(e^{BV} - 1) - I_{ph} \qquad (3-2)$$

حيث :

$$B = \frac{q}{AKT}$$

ولإيجاد تيار الدائرة القصيرة Isc نوجد التيار عند V=0:

$$I = I_0(e^0 - 1) - I_{ph}$$

$$Isc = -I_{ph} \qquad (3-3)$$

2.7.3 فولتية الدائرة المفتوحة Open(Voc) Circuit Voltage :

يمكن حساب فولتية الدائرة المفتوحة Voc لخلية شمسية من العلاقة الأتية :

$$V_{oc} = \frac{AKT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \qquad (3-4)$$

حيث I_{ph} هو التيار المتولدضوئياً I_0 هو تيار الإشباع الثنائي.

وللحصول على أعلى قيمة لVoc يجب أن يكون I0 أصغر مايمكن وأن التقدير المقبول لإدنى كثافة لتيار الإشباع كدالة للفجوة المحظورة هو :

$$I_0 = 1.5 \times 10^5 \exp\left(-\frac{Eg}{KT}\right) A/cm \qquad (3-5)$$

وهذه العلاقة تبين أن أعلى قيمة للفولتية Voc تتناقص مع تناقص الفجوة المحظورة وأن هذا الأتجاه هو عكس حالة تيار الدائرة القصيرة ومن هنا يتبين أن هناك فجوة محظورة مثلى للحصول على أعلى قيمة للكفاءة.

3.7.3 عامل الملء Fill(FF) Factor :

يعرف هذا العامل وفق المعادلة الأتية :

$$FF = \frac{V_{mp}\, I_{mp}}{V_{oc}\, I_{sc}} \qquad (3-6)$$

ويعتبر عامل الملء مقياس لمدى مرجعية خصائص الخرج وقيمته بالنسبة للخلايا ذات الكفاءة المقبولة تكون بين 0.7 - 0.85 .

حساب $\mathbf{I_{max}}$ و $\mathbf{V_{max}}$:

لحساب الجهد عند أعلى قدرةV_{max} والتيار عند اعلى قدرةI_{max} فأننا نبدأ من معادلة القدرة:

$$P = IV = VI_0(e^{BV} - 1) - VI_{Ph} \qquad (3-7)$$

$$\frac{dp}{dv} = I + V\frac{dI}{dV} = 0 \qquad (3-8)$$

$$V_{max} + \frac{AKT}{q} \ln\left(1 + \frac{qV_{max}}{AKT}\right) = \frac{AKT}{q} \ln\left(1 + \frac{I_{ph}}{I_0}\right) \qquad (3-9)$$

$$V_{max} + \frac{AKT}{q} \ln\left(1 + \frac{qV_{max}}{AKT}\right) = V_{oc} \qquad (3-10)$$

لإيجاد Imax نفاضل القدرة بالنسبة ل I :

$$\frac{dp}{dI} = \frac{dV}{dI} = 0 \qquad (3-11)$$

$$V\frac{dp}{dI} + I\frac{dV}{dI} = 0$$

ولكن $I = I_0(e^{BV} - 1) - I_{Ph}$

$$I_{max} = -\frac{V_{max} I_0 \ q}{AKT} e^{\frac{qVmax}{AKT}} \qquad (3-12)$$

وبتعويض قيم Vm وIm من(3-10) و(3-12) حيث أن :

$V_{max} = V_m$ و I_{max}=Ipm

فإن عامل الملء في المعادلة (3-6) يصبح :

$$FF = \frac{V_{oc} - L_n}{V_{oc} + 1} \qquad (3-13)$$

أما في الخلايا المثالية فيكون FF دالة لفولتية الدائرة المفتوحة Voc فقط وفق المعادلة التجريبية الأتية :

$$FF = \frac{V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \qquad (3-14)$$

يمكن بمعرفة هذه المتغيرات الثلاثة معرفة كفاءة الخلايا الشمسية حيث يمكن للتعبير عن كفاءة تحويل الطاقة (η) بالصيغة :

$$\eta = \frac{V_{mp} I_{mp}}{p_{in}} = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{p_{in}} \qquad (3-14)$$

الباب الرابع

تأثير شدة الإشعاع ودرجة الحرارة على أداء الخلية السيليكونية

1.4 مقدمة :

لمعرفة تأثير شدة الإشعاع ودرجة الحرارة على أداء الخلية الشمسية المصنوعة من السيليكون أجريت تجربتان الأولى هدفت لمعرفة تأثير شدة الإشعاع الشمسي على أداء الخلية والثانية هدفت لمعرفة تأثير درجة الحرارة على أداء الخلية .

2.4 الأجهزة والأدوات :

خلية شمسية سيليكونية – جهاز أفوميتر – فولتميتر – أميتر – ريوستات – جهاز أفوميتير(لقياس درجة حرارة الخلية والجو) – أسلاك توصيل .

3.4 خطوات التجربة :

التجربة الأولى : التعرف على تأثير شدة الإشعاع على قدرة وكفاءة الخلية الشمسية :

وضع اللوح الشمسي بزاوية ميلان 15 درجة نحو الجنوب وثبت جهاز البيرانوميتر لقياس شدة الإشعاع الشمسي معه بنفس زاوية الميلان وتم توصيل سلك الإيفوميتر بحيث يلامس سطح اللوح الشمسي لقياس درجة حرارة اللوح الشمسي ووصل الفولتميتر على التوازي مع قطب اللوح الشمسي و وصلت المقاومة والأميتر على التوالي ثم أخذت قراءة للإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الخلية ودرجة حرارة الجو عند رأس الساعة ولمدة خمسة ساعات في كل مرة يتم أخذ عدة قراءات لتيار الدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة مع تغير المقاومة عشوائيا وسجلت القراءت في جدول النتائج حسب ساعة إجراء كل تجربة.

التجربة الثانية : التعرف على تأثير التغير في درجة الحرارة على الخلية الشمسية :

وضع اللوح الشمسي بزاوية ميلان 15 درجة وتم توصيل سلك الإيفوميتر بحيث يلامس سطح اللوح الشمسي لقياس درجة حرارة اللوح وصل الفولتميتر مع قطب اللوح الشمسي (على التوازي) و وصلت المقاومة والأميتر على التوالي ثم أخذت القراءات لدرجة حرارة الخليةإبتداءً من 42°C بعد تركها لمدة حتى ترتفع درجة حرارتها وعند هذه الدرجة تم تغير المقاومة بطريقة عشوائية فأخذت عدة قراءات للتيار والجهد حتى تغيرت درجة الحرارة (بالزيادة) وهكذا تم أخذ عدة قراءات للتيار والجهد بعد زيادة درجة بمعدل 3 درجات وذلك عند الدرجات (42-48-51-54) وبعدها تم إدخال الخلية داخل المعمل بالقرب من مكيف الهواء وأسفل المروحة مباشرة(لمحاكاة تأثير الرياح والرطوبة) إلى أن إنخفضت درجة الحرارة حتى (36°C) فتم تغير المقاومةعشوائياً وأخذت عدة قراءات للجهد والتيار وهكذا في كل مرة مع إنخفاض درجة حرارة الخلية بمعدل 3 درجات وسجلت هذه القراءات في جداول النتائج .

4.4 التجارب والقراءات :

1.4.4 تجربة تأثيرشدة الإشعاع الشمسي :

جدول(1.4):الساعة العاشرة صباحاً :

I(A)	V(V)	P=(I×V) (W)
2.2	0	0
2.1	6	12.6
2	8.4	16.8
1.9	10	19
1.8	11	19.8
1.7	12.1	20.57
1.6	13.1	20.96
1.5	14	21
1.4	15	21
1.3	15.7	20.41
1.2	16.4	19.68
1.1	17	18.7
1	17.4	17.4

القدرة (التيار×الجهد)بالواط =P فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير=I

الحسابات :

شدة الإشعاع الشمسي :R= vm85

$$R = \frac{85 \times 1000\ W/m^2}{96.7\ W} = 879\ W/m^2$$ وحولت إلى

درجة حرارة الخلية الشمسية=36℃ ، درجة حرارة الجو =30℃

من الرسم (1.4) :

$$Pmax = Im \times Vm = 11 \times 1.8 = 19.8W$$

تعطى كفاءة الخلية بالعلاقة :

$$\eta = \frac{Pmax}{R \times A} = \frac{19.8W}{879W/m^2 \times 0.43m^2} = \frac{19.8}{377.97} = 0.052385\ W/m^2$$

إذن كفاءة الخلية عند الساعة العاشرة صباحاً تساوي :

$$\eta = 0.052385\ W/m^2$$

جدول (2.4) : الساعة الحادية عشر صباحا:

I(A)	V(V)	P=(I×V) (W)
2.4	0	0
2.3	7	16.1
2.2	8.8	19.3
2.1	10.5	22.05
2	11.5	23
1.9	12.5	23.75
1.8	13.4	24.12
1.7	14	23.8
1.6	15	24
1.5	15.5	23.75
1.4	16	22.4
1.3	16.5	21.45
1.2	17	20.4
1.1	17.3	19.03
1	7.7	17.7

القدرة (التيار×الجهد) بالوات=P فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير =I

الحسابات :

شدة الإشعاع الشمسي :R=87 vm

$$R = \frac{87 \times 1000\ W/m^2}{96.7\ mv} = 899.6\ W/m^2$$ وحولت إلى

درجة حرارة الخلية الشمسية =38℃ ، درجة حرارة الجو=30℃

من الرسم (2.4) :

$$Pmax = Im \times Vm = 12.5 \times 1.9 = 23.75W$$

تعطى كفاءة الخلية بالعلاقة :

$$\eta = \frac{Pmax}{R \times A} = \frac{23.75\ W}{899.6\ W/m^2 \times 0.43m^2} = \frac{23.75}{386.825} = 0.061396\ W/m^2$$

إذن كفاءة الخلية عند الساعة الحادية عشر صباحاً تساوي :

$$\eta = 0.061396\ W/m^2$$

جدول (3.4) : الساعة الثانية عشر ظهراً :

I(A)	V(V)	P=(I×V) (W)
2.6	0	0
2.5	7.6	19
2.4	9.5	22.8
2.3	11.5	26.45
2.2	13	28.6
2.1	13.8	28.98
2	14.5	29
1.9	15	28.5
1.8	15.5	27.9
1.7	16	27.2
1.6	16.4	26.24
1.5	16.7	25.05
1.4	17	23.8
1.3	17.3	22.49
1.2	17.5	21
1.1	17.8	19.58
1	18	18

القدرة (التيار×الجهد) بالوات =P فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير=I

الحسابات :

شدة الإشعاع الشمسي : R= 91vm

$$R = \frac{91 \times 1000\ W/m^2}{96.7\ mv} = 941 W/m^2$$ وحولت إلى

درجة حرارة الخلية الشمسية = 40℃ ، درجة حرارة الجو =32℃

من الرسم (3.4)

$$Pmax = Im \times Vm = 2.3 \times 11.5 = 26.45\ W$$

تعطى كفاءة الخلية بالعلاقة :

$$\eta = \frac{Pmax}{R \times A} = \frac{26.45\ W}{941\ W/m^2 \times 0.43 m^2} = \frac{26.45}{404.63} = 0.065386\ W/m^2$$

إذن كفاءة الخلية عند الساعة الثانية عشر ظهراً تساوي :

$$\eta = 0.065386\ W/m^2$$

جدول (4.4) :الساعة الواحدة مساءً :

I(A)	V(V)	P=(I×V)(W)
2.7	0	0
2.6	7.5	19.5
2.5	10	25
2.4	11.4	27.36
2.3	12.6	28.98
2.2	13.2	29.04
2.1	13.9	29.14
2	14.5	29
1.9	15	28.5
1.8	15.6	28.08
1.7	16.2	27.54
1.6	16.6	26.56
1.5	17	25.5
1.4	17.3	24.22
1.3	17.7	23.01
1.2	18	21.6
1.1	18.2	20.02
1	18.5	18.5

القدرة (التيار×الجهد) بالوات=P جهد التيار بالفولت =V شدة التيار بالأمبير =I

الحسابات : شدة الإشعاع الشمسي :R= 93vm

$$R = \frac{93 \times 1000\ W/m^2}{96.7\ mv} = 961\ W/m^2$$ وحولت إلى

درجة حرارة الخلية الشمسية =41℃ ، درجة حرارة الجو =33℃

من الرسم (4.4) :

$$Pmax = Im \times Vm = 2.3 \times 12.6 = 28.98\ W$$

$$\eta = \frac{Pmax}{R \times A} = \frac{28.98\ W}{961\ W/m^2 \times 0.43 m^2} = 0.070130\ W/m^2$$

إذن كفاءة الخلية عند الساعة الواحدةمساءً تساوي:

$$\eta = 0.070130\ W/m^2$$

جدول (5.4) :الساعة الثانية مساءً :

55210I(A)	V(V)	P=(I×V)(W)
2.8	0	0
2.7	6	16.2
2.6	9.5	24.7
2.5	11.3	28.25
2.4	12.5	30
2.3	13.2	30.36
2.2	14	30.8
2.1	14.6	30.66
2	15.3	30.6
1.9	15.8	30.02
1.8	16.3	29.34
1.7	16.6	28.22
1.6	16.8	27.04
1.5	17	25.5
1.4	17.3	24.22
1.3	17.6	22.88
1.2	17.9	21.48
1.1	18	19.8
1	18.5	18.5

القدرة (التيار×الجهد) بالوات =P فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير =I

الحسابات : شدة الإشعاع الشمسي :R= vm95

$$R = \frac{95 \times 1000 W/m^2}{96.7\ mv} = 982.4\ W/m^2$$ وحولت إلى

درجة حرارة الخلية الشمسية=43℃ ، درجة حرارة الجو =33℃

من الرسم (5.4): Pmax=Im×mV=2.4×12.5=30W

$$\eta = \frac{Pmax}{R \times A} = \frac{30\ W}{982.4\ W/m^2 \times 0.43 m^2} = \frac{30}{422.43} = 0.071017\ W/m^2$$

إذن كفاءة الخلية الشمسية عند الساعة الثانية مساءً تساوي:

$$\eta = 0.071017\ W/m^2$$

2.4.4 تجربة تأثير إرتفاع درجة حرارة الخلية على قدرتها :

جدول (6.4) : إرتفاع درجة حرارة الخلية :

I(A)	V(V)	T(°C)
0.2	17	42
0.3	16.5	42
0.4	16	42
0.5	15.5	42
0.6	15	42
0.2	17	45
0.3	16.5	45
0.4	16	45
0.5	15.5	45
0.6	15	45
0.2	17.5	48
0.3	17.5	48
0.4	17	48
0.5	16.5	48
0.6	16	48
0.7	15.5	48
0.2	18	51
0.3	17.5	51
0.4	17	51
0.5	16.5	51
0.6	16	51
0.7	16	51
0.8	15.5	51
0.2	18.5	54
0.3	18	54
0.4	18	54
0.5	17.5	54
0.6	17	54
0.7	16.5	54
0.8	16	54

درجة الحرارة بالدرجة المئوية =T فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير =I

3.4.4 تجربة تأثير إنخفاض درجة حرارة الخلية على قدرتها :

جدول (7.4) : إنخفاض درجة حرارة الخلية :

I(A)	V(V)	T(°C)
0.2	16	36
0.3	15.5	36
0.4	15	36
0.5	14.5	36
0.2	15.5	33
0.3	15	33
0.4	14.5	33
0.5	14	33
0.2	15	30
0.3	14.5	30
0.4	14	30
0.5	13.5	30
0.6	13.5	30
0.2	14.5	27
0.3	14	27
0.4	13.5	27
0.5	13	27
0.6	12.5	27

درجة الحرارة بالدرجة المئوية =T فرق الجهد بالفولت =V شدة التيار بالأمبير =I

الحسابات :

من الشكل (6.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 36°C تساوي :

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.7 \times 11 = 7.7\ W$$

من الشكل (7.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 33°C تساوي :

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.5 \times 14 = 7\ W$$

من الشكل (8.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 30°C تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.5 \times 13.5 = 6.75\ W$$

من الشكل (9.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 27℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.5 \times 12.5 = 6.25\ W$$

من الشكل (10.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة42℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.55 \times 15 = 8.25\ W$$

من الشكل (11.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 45℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.7 \times 13 = 9.1\ W$$

من الشكل (12.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 48℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 0.7 \times 15 = 10.5\ W$$

من الشكل (13.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة 51℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 1 \times 11 = 11\ W$$

من الشكل (14.4) قدرة الخلية الشمسية عند درجة حرارة54℃ تساوي:

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} = 1.1 \times 11 = 12W$$

الخلاصة : بعد إجراء التجربتين تم الحصول على هذه النتائج :

بعد إجراء خمسة تجارب لإختبار تأثير شدة الإشعاع على الخلية الشمسية تم الحصول على هذه النتائج :

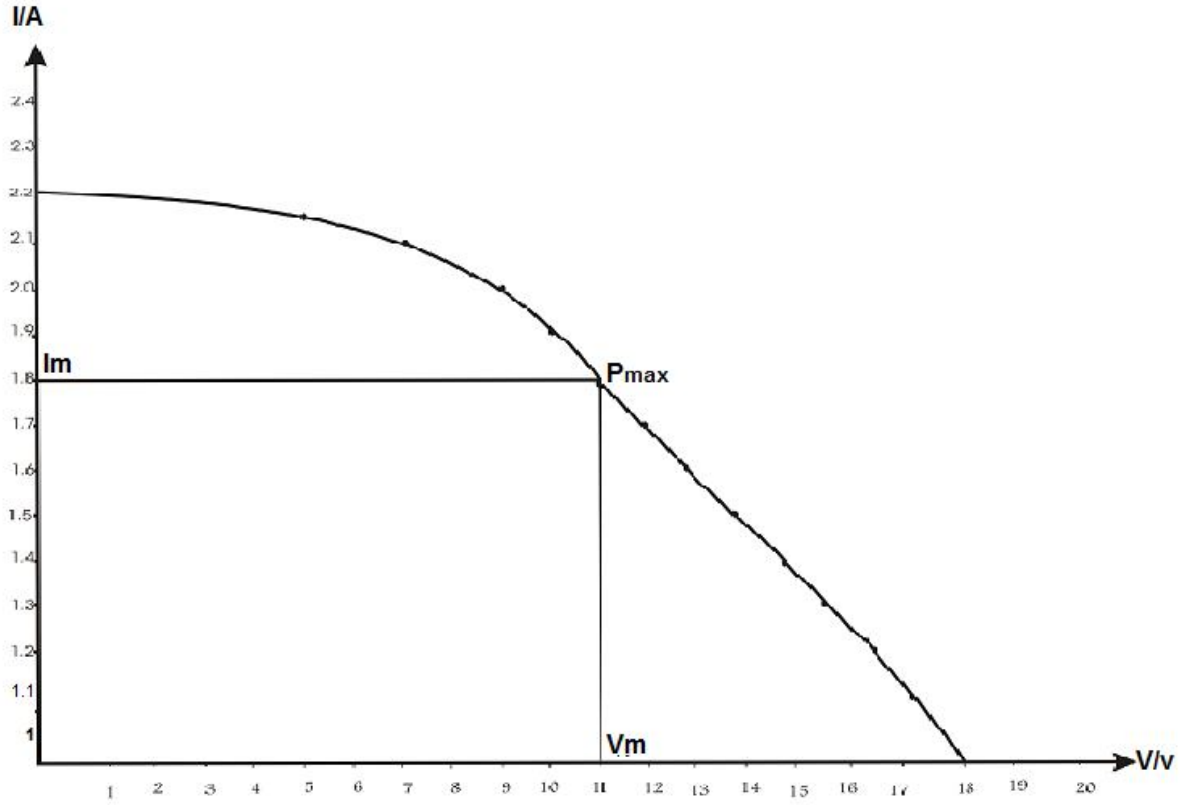
جدول (8.4) : علاقة تغير الكفاءة بتغير شدة الإشعاع :

الساعة	شدة الإشعاع الشمسي W/m^2	كفاء الخلية الشمسية m/W^2
10:00 سباحاً	879	0.052385
11:00صباحاً	899.6	0.061396
12:00ظهراً	941	0.065368
1:00مساءً	961	0.070130
2:00 ساءً	982	0.071017

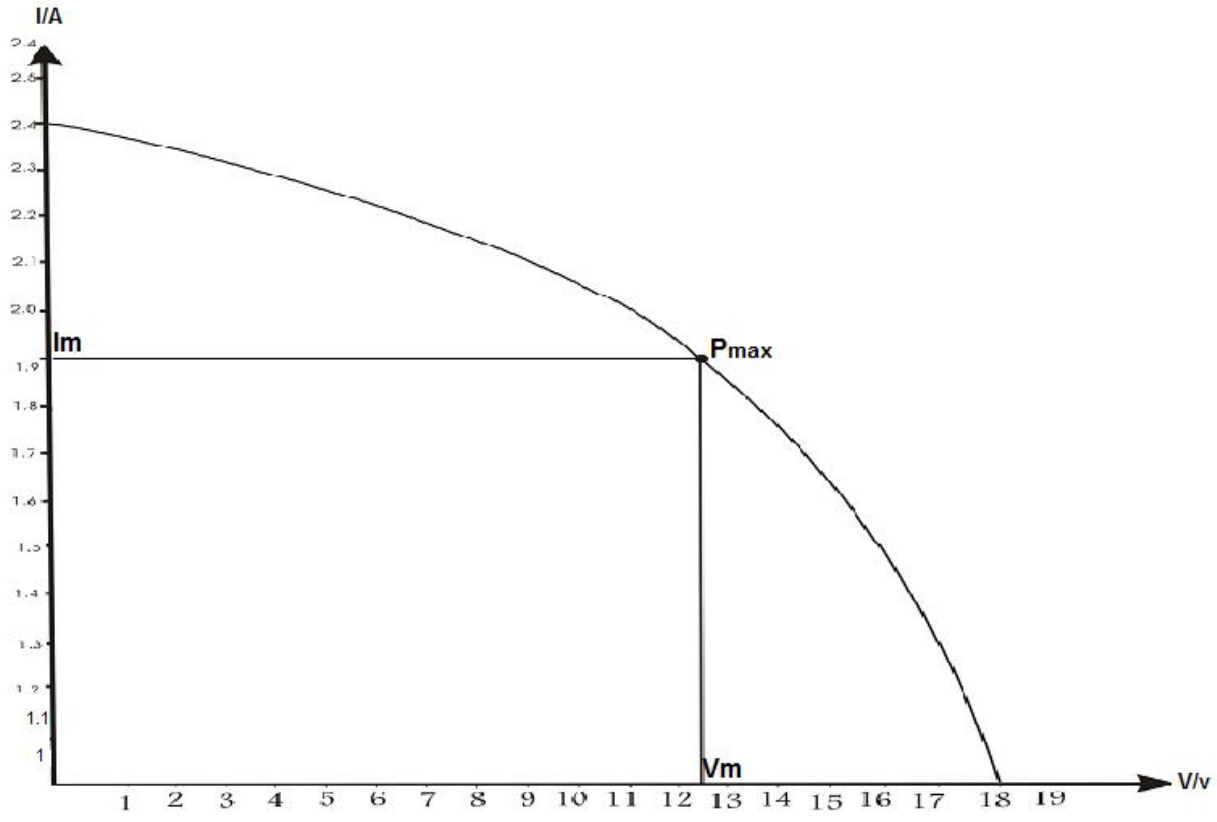
بعد إجراء عدة تجارب لإختبار تأثير التغير في درجة الحرارة على قدرة الخلية تم الحصول على هذه النتائج:

جدول (9.4) : علاقة تغير القدرة بتغير درجة الحرارة :

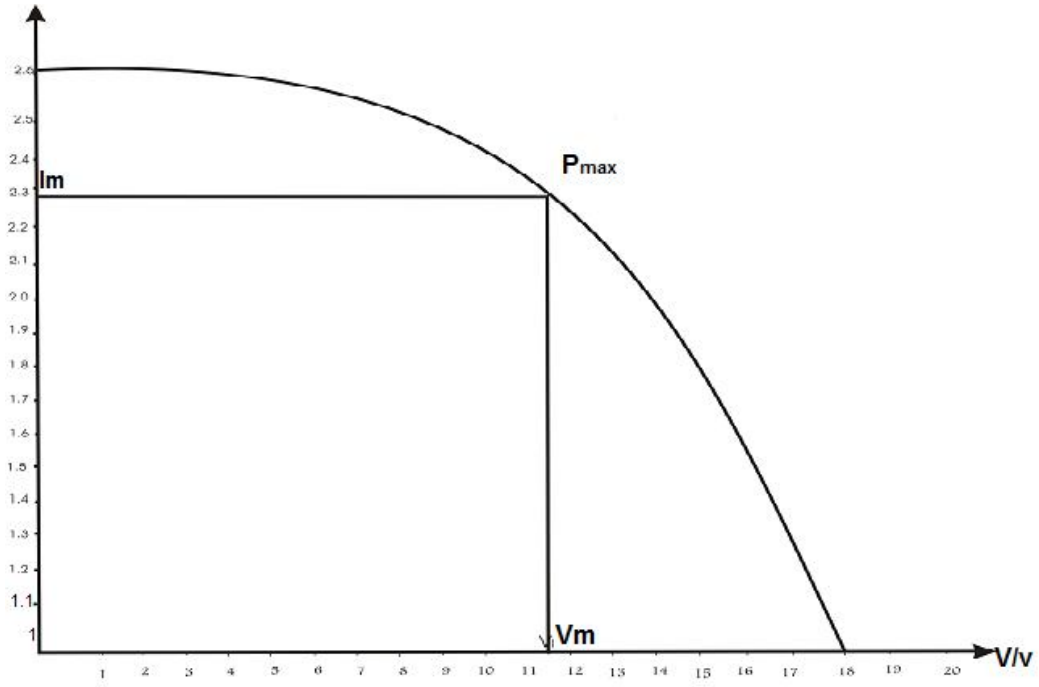
T/℃	27	30	33	36	42	45	48	51	54
P/W	6.25	6.75	7	7.7	8.25	9.1	10.5	11	12



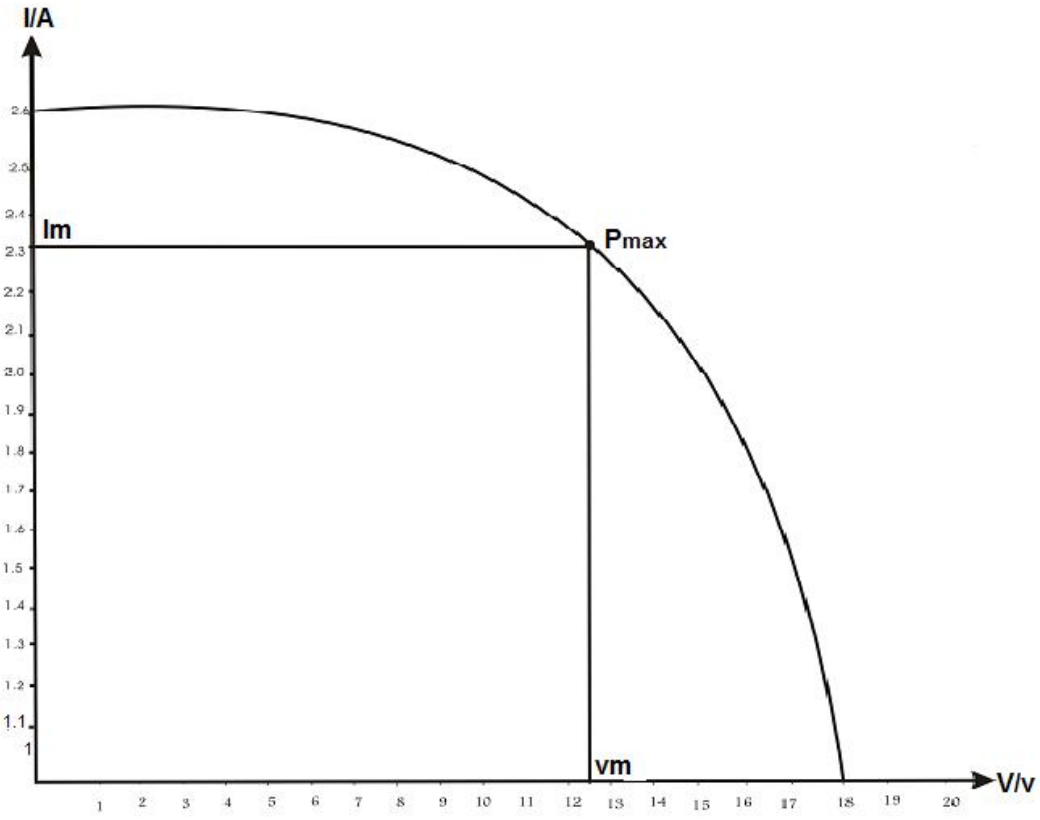
الشكل (1.4) يوضح العلاقة بين شدة التيار(I)وفرق الجهد(V)



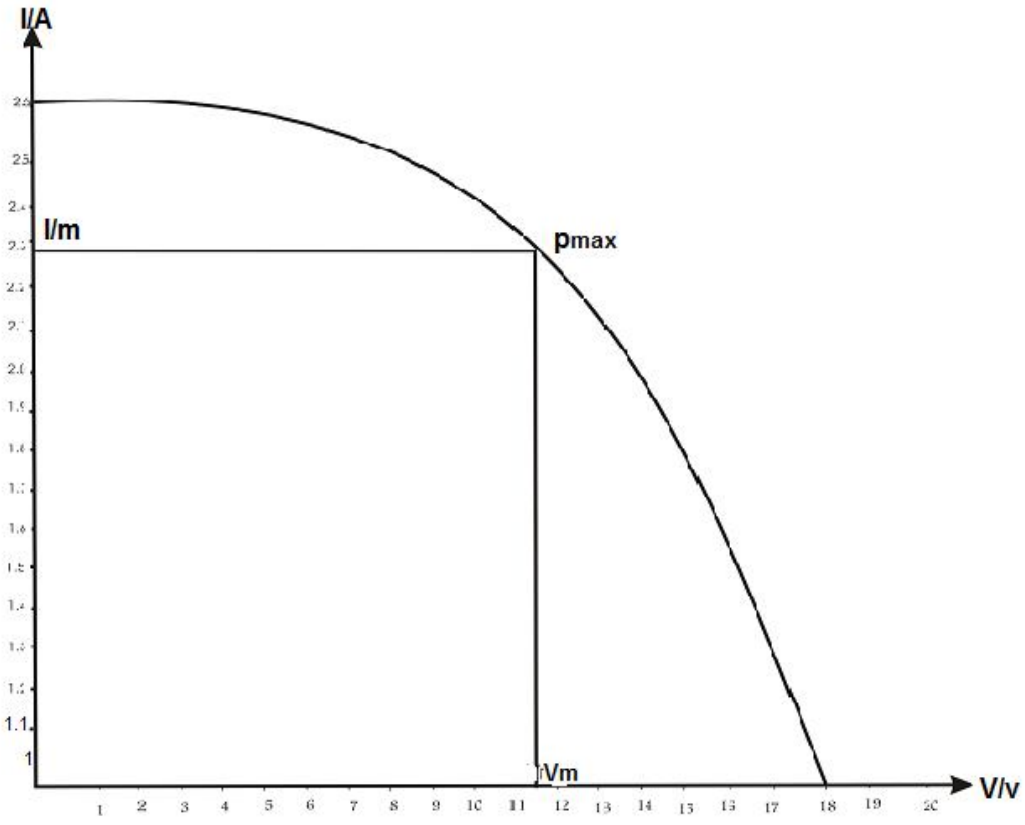
الشكل (2.4) يوضح العلاقة بين شدة التيار(I)وفرق الجهد(V)



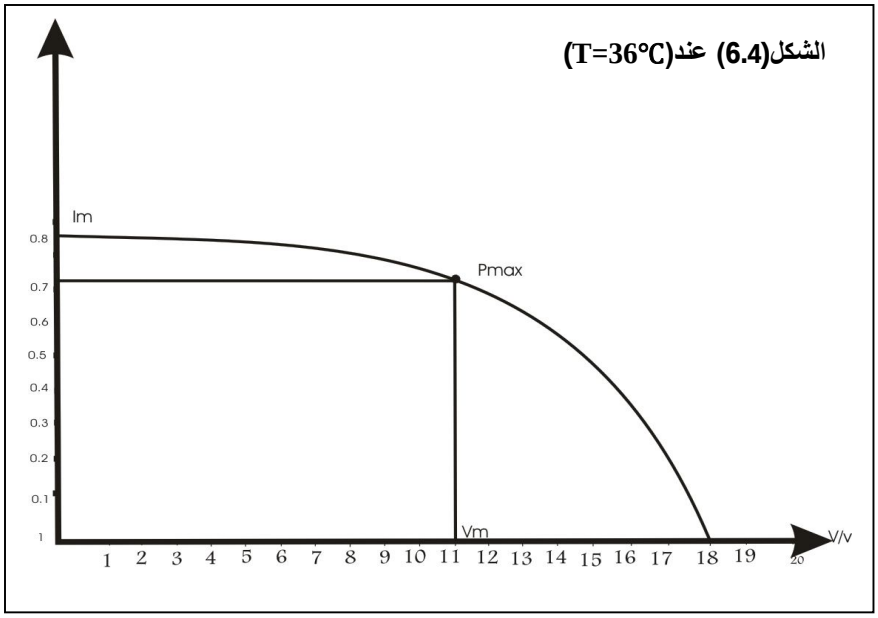
الشكل (3.4) يوضح العلاقة بين شدة التيار(I)وفرق الجهد(V)



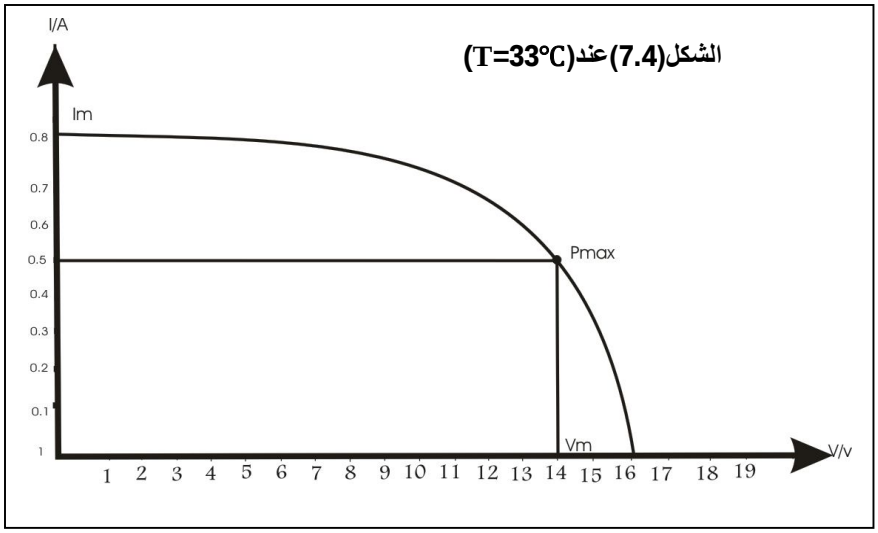
الشكل (4.4) يوضح العلاقة بين شدة التيار(I)وفرق الجهد(V)



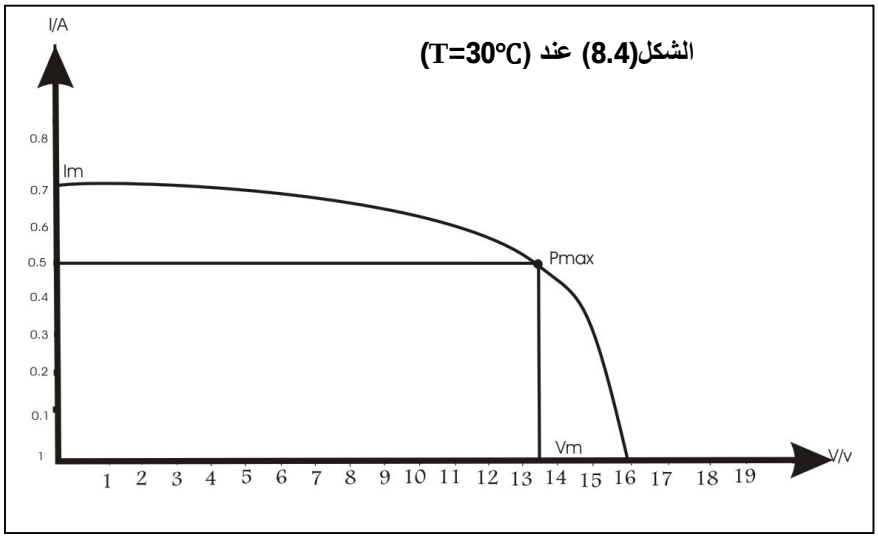
الشكل (5.4) يوضح العلاقة بين شدة التيار(I)وفرق الجهد(V)



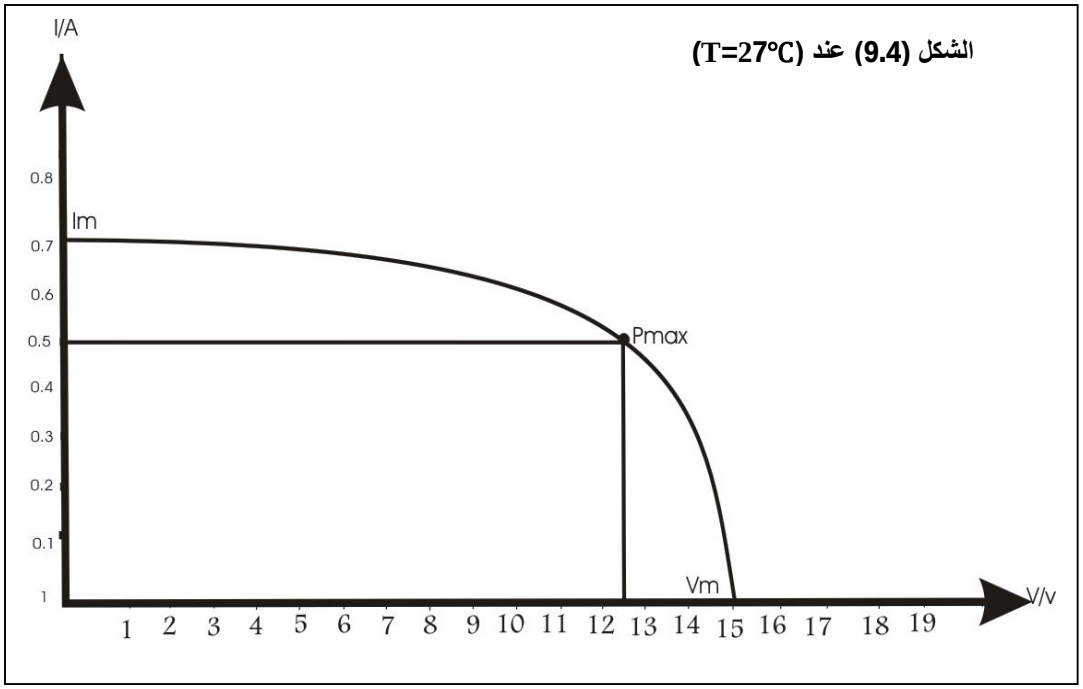
الشكل(6.4) عند(T=36°C)



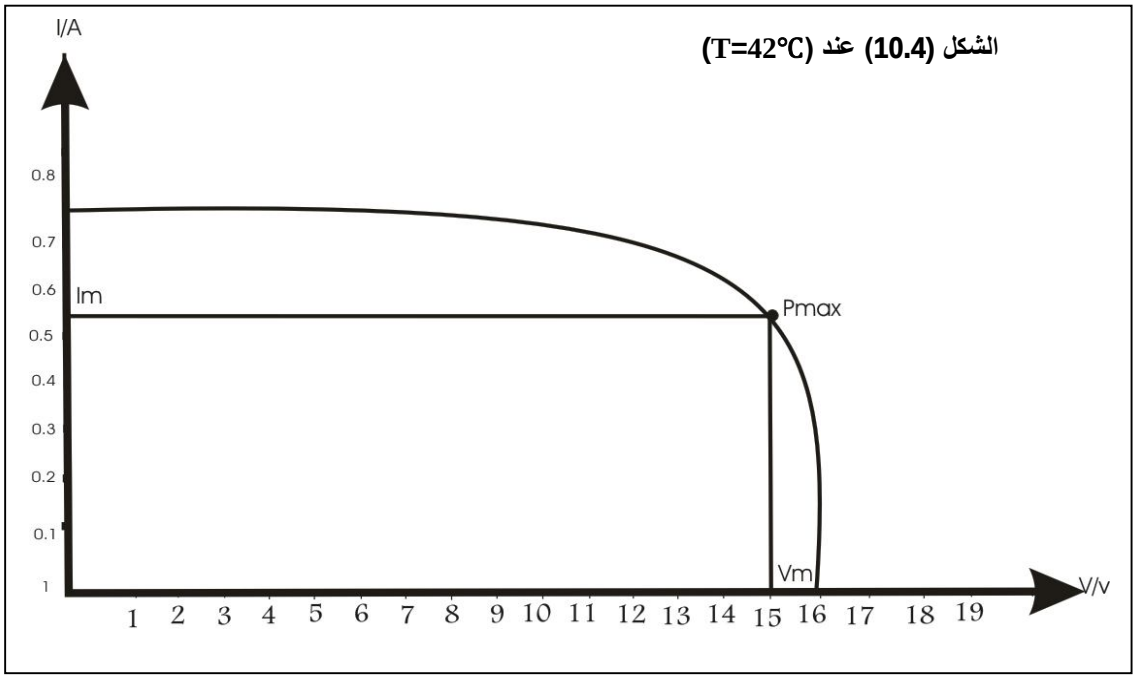
الشكل(7.4)عند(T=33°C)



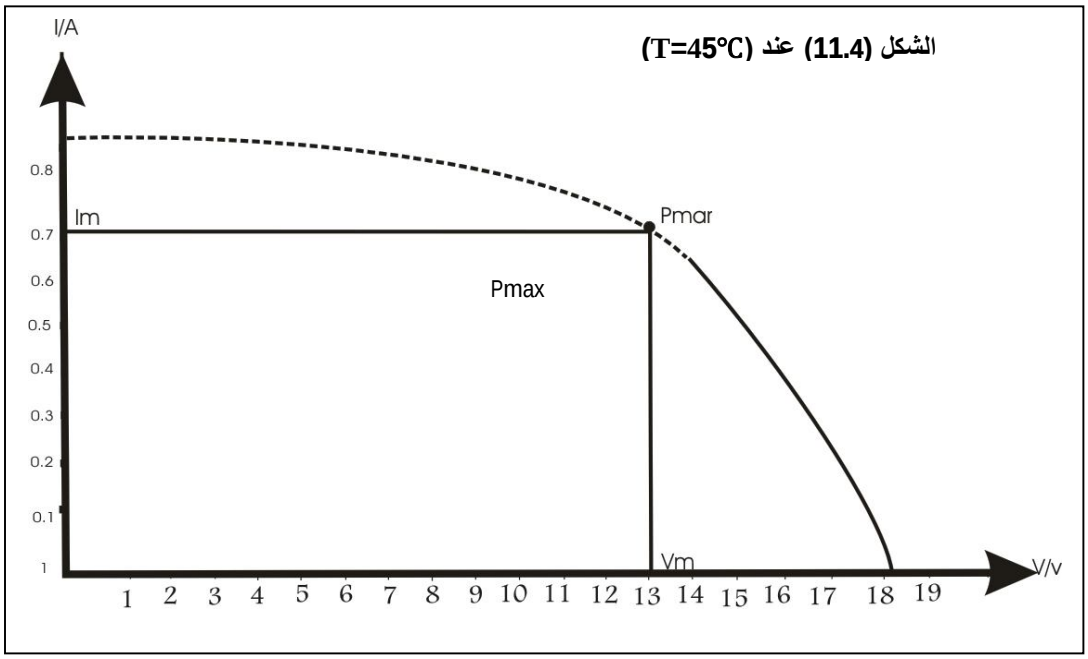
الشكل(8.4) عند (T=30°C)



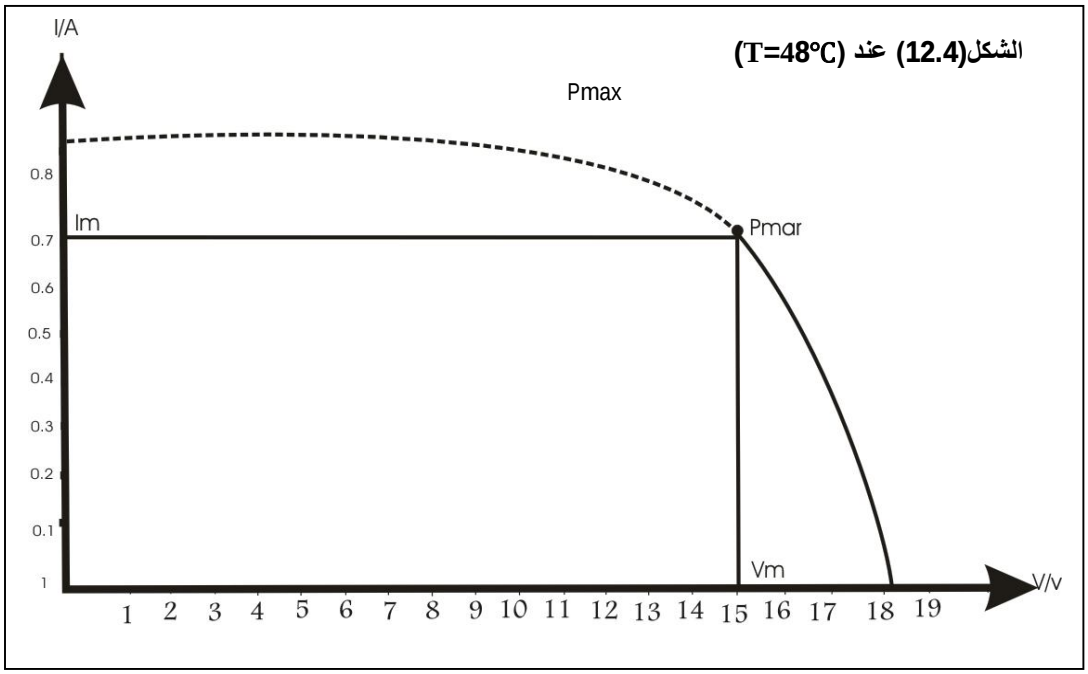
الشكل (9.4) عند (T=27°C)



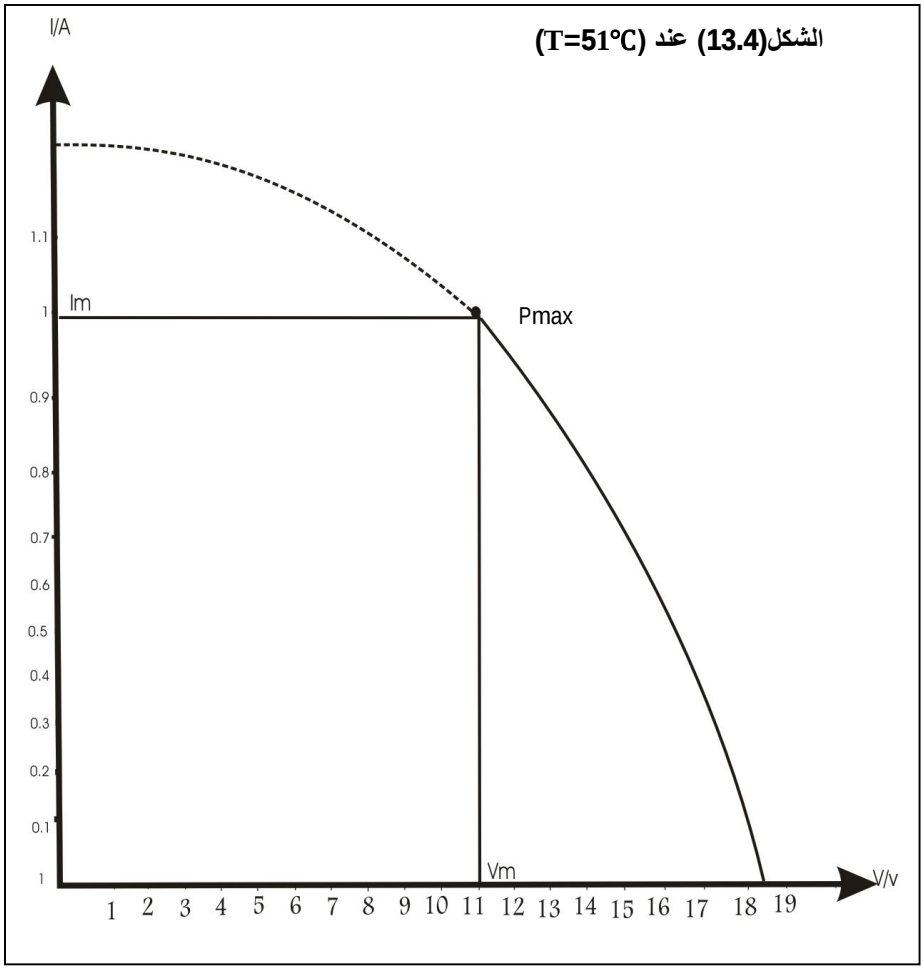
الشكل (10.4) عند (T=42°C)



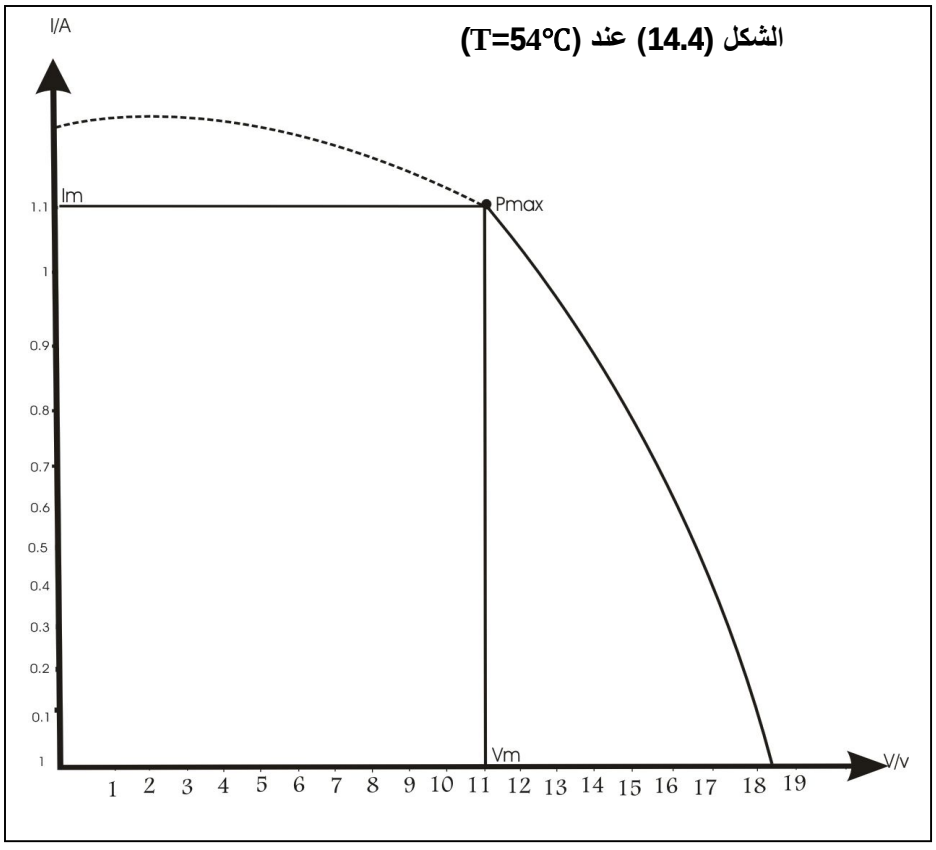
الشكل (11.4) عند (T=45°C)



الشكل(12.4) عند (T=48°C)



الشكل(13.4) عند (T=51°C)



الشكل (14.4) عند (T=54°C)

5.4 التحليل والمناقشة :

يتضح من الجدول (8.4) الذي يوضح تغير كفاءة الخلية الشمسية مع شدة الإشعاع أي أن كفاءة الخلية أن زيادة شدة الإشعاع تزيد شدة التيار بزيادة عدد الشمسية تزيد بزيادة الإشعاع وهذا قد يكون بسبب الإلكترونات التي تتنتقل من نطاق التكافؤ لنطاق التوصيل،وهذه الزيادة قد تكون ناتجة عن زيادة عدد الفوتونات مما يزيد عدد الإلكترونات المنتقلة لأن كل فوتون يمتصه إلكترون واحد تقريباً، أو قد تكون الزيادة ناتجة من زيادة طاقة الفوتون مما يعطي الفرصة للإلكترونات البعيدة عن أعلى مستوى طاقة في نطاق التكافؤ من الإنتقال لنطاق التوصيل فيزيد عددها.

ويوضح الجدول (9.4) تغير قدرة الخلية مع التغير في درجة حرارة الخلية حيث أن كفاءة الخلية تزيد بزيادة درجة الحرارة وربما يكون هذا بسبب أن الزيادة في درجة الحرارة تعطي إلكترونات نطاق التكافؤ طاقة حرارية إضافية تمكن الإلكترونات البعيدة من أعلى مستوى في نطاق التكافؤ من الإنتقال لنطاق التوصيل فيزداد عددها.

6.4 الإستنتاج :

تتأثر كفاءة الخلية الشمسية بشدة الإشعاع ودرجة الحرارة حيث تزيد الكفاءة بزيادة شدة الإشعاع وبزيادة درجة الحرارة.

7.4 المراجع :

[1] عاهد الخطيب،مبادئ تحويل الطاقة،دار الشروق للنشر والتوزيع،(عمان،الأردن)،1989م

[2]سمير سعدون مصطفى وآخرون،الطاقة البديلة مصادرها وإستخدامتها،داراليازوري،(عمان، الأردن)،2011م.

مصر)،2008م([3] محمد محمودالزيدية،الضوءوالصوت،جامعة المنوفية،الدارالعربية للنشر والتوزيع،

[4] أحمد خوجلي،الطاقة الشمسية وإمكانية إستخدامها،شركة مطابع العملة السودانية،(الخرطوم، السودان)،2007م

[5] أحمد خوجلي،فيزياء الجوامد،الطبعة الثانية،سولو للطباعة والنشر،(الخرطوم السودان)،2009م.

[6]Enam Izeldin Ibrahim elat,Energy Gaps,Donor and Accepter Level for Polymer solar Cells Doped with Different Dyes,International Journal of Advance Industrial Engineering(Aug-Sept2015).

[7]Abdalsakhi.S.M.H,IOSR Journal of Applied Physics,Volume8,Issue1Ver III ,PP 27-32, (Jan-feb 2016).

[8]Omer.A.Omer,M.Dirar,R.A.Elgani,S.A.Elhouri, International Journal of Renewable Energy Te Research,Vol.3.No9,PP1-9,Nov(2014).

[9] محمد محمود عمار،الطاقة مصادرها وإقتصادياتها،مكتبة النهضة المصرية،(القاهرة،مصر)،1989م.

[10] علي عبدالرحمن حمزة،تكنولوجيا الطاقة الشمسية،معهد أبحاث الطاقة،(الخرطوم،السودان)،2001م.

سول وايدر، مقدمة الطاقة الشمسية ،ترجمة جابر شاكر،المكتبة الوطنية ،(بغداد،العراق) 1989م[11]

[12] مارتن أوكرين،الخلايا الشمسية مبادئ العمل التقنية ومبادئ المنظومة،ترجمة يوسف مولود حسن،مديرية دار الكتب،(الموصل،العراق)،1989م.

[13] عبدالفتاح أحمد الشاذلي وعرفات دويدار،الطاقة الشمسية،الدار المصرية اللبنانية، (القاهرة، مصر)،1980م.

[14]عبدالرحمن بشير حسن ،أنظمة الخلايا الشمسية ،دورة تدريبية في مجال الطاقة الشمسية ،معهد أبحاث الطاقة (الخرطوم،السودان) 2003م.

[15] إبراهيم محمد عثمان القرضاوي،أجهزة الطاقة الشمسية،منشأة المعرفة،(الأسكندرية)،1995م.

[16] مبارك درار عبدالله،ملخص الطاقة الشمسية،جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا،(الخرطوم) ،2016م.