------مجلة علوم الرافدين، المجلد 24، العدد 2، ص81-90، 2013------

دراسة تأثير المركِزات ذات القطع غير المتناظر (APC) على كفاءة الخلية الشمسية

هدى محمد منير عبد القادر

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 17/ 6 /2012 ؛ تاريخ القبول 8 /10 / 2012)

الملخص

في هذا البحث تم تصميم مركِز ذي قطع غير متناظر(Asymmetrically Parabolic Concentrators) مصنوع من البليت المغطى بورق مصنوع من البوليمـر المطلي بالخارصين والمتوفر في السوق المحلية ودراسة تأثيره على معلمات الخلية الشمسية السليكونية في فصل الربيع (شهري اذار ونيسان) وفي ساعات الظهر وتحت الظروف الجوية لمدينة الموصل في العراق، وقد لوحظ ان كفاءة الخلية الشمسية قد ازدادت من (4.9%) الى (5.5%) بوجود المركِز في شهر اذار وفي شهر نيسان ازدادت الكفاءة من (3.9%) الى (7.2%) إذ تم استخدام أربع خلايا شمسية متساوية الابعاد ومربوطة على التوازي وذلك للإستفاده من أكبر كمية للإشعاع الشمسي المنعكس من المركِز على سطح الخلايا.

الكلمات الدالة : الخلايا الشمسية، كفاءة الخلايا الشمسية، المركِزات.

Study the Effect of Asymmetrically Parabolic Concentrators (APC) on the Efficiency of a Solar Cell

Huda M. Muneer

Department of Physics

College of Science

University of Mosul

ABSTRACT

In this research, Asymmetrically Parabolic Concentrator (APC) was designed. It was made of plate covered with paper that is made of polymer coated zinc available in local market. The APC effects on Silicon solar cell parameters have been studied during the Iraqi spring season (Afternoon March and April) in the city of Mosul. The result showed that in March Solar cell

efficiency had increased from (4.9%) to (5.5%) due to the existence of APC, while during April, it did increase from (3.9%) to (7.2%). Four Solar cells of equal dimensions were connected in parallel in order to take advantage of Solar radiation reflected from the center on the surface of cells.

Keywords: Solar Cell, efficiency solar cell, Concentrator.

المقدمة

يتمتع العراق بخصائص إشعاعية مميزة كونة أحد دول الحزام الشمسي، فشمسه ساطعة لفترات طويلة على مدار العام إذ يبلغ المتوسط السنوي للطاقة الشمسية الواردة يوميا على السطوح الافقية بحدود ($5.75\ kWatt.h/m^2$) (لطيف، 1980) كما أن عدد ساعات سطوع الشمس في نهار الصيف تقدر بـ (14) ساعة وتقدر ساعات نهار الشتاء بعشر ساعات يوميا" خصوصا في المناطق الصحراوية. إن الطاقة التي توفرها الشمس للأرض في ساعة واحدة فقط تزيد عن تلك الطاقة المستخدمة على مدار عام في جميع أنحاء العالم لذا فالطاقة الشمسية تبدو بديلا جيدا" يحل محل المصادر التقليدية الاخرى في العراق. هذا البحث هو استمرار للبحوث السابقة والتي تهدف إلى إيجاد تصاميم جديدة بسيطة ورخيصة الثمن للمركِزات الشمسية هدفها تطوير كفاءة أداء الخلايا الشمسية وخفض كلفة التصنيع وتقليل مساحة الخلية الشمسية. على الرغم من إحراز تقدم كبير في مجال تحسين كفاءة أداء الخلايا الشمسية خلال العشرين سنة الماضية إلا أن ارتفاع الكلفة مازال عائقاً أمام انتشار استخدامها ومازال البحوث مستمرة في هذا المجال والتي تطمح دوماً أن تخفض كلفة إنتاجية الكهرباء باستخدام مواد رخيصة لتجميع أشعة الشمس الساقطة وتوجيهها إلى الخلية الشمسية ومنها استخدام المركِزات والعدسات وتقنيات أخرى بصرية (Pelosi and Bosi, 2007). فالمركِزات هي أجزاء بصرية تزيد من كمية الإشعاع الساقط على سطح ما كالخلية الشمسية أو ماصٍ حراري. إن المركِزات أما أن تكون ثابتة لا تحتاج إلى معقبات لأثر الشمس بحيث تكون ذات زوايا استقبال واسعة ولها القابلية على جمع وتركيز الأشعة المباشرة والمنتشرة والخلايا المناسبة في هذه الأنظمة هي خلايا السليكون التقليدية أو تكون معقبة وذات نسبة تركيز أعلى من الثابتة وذات كفاءة أفضل.

وهناك مقاييس لاختيار المركِز المطلوب منها درجة التركيز والحرارة الناتجة إذ أن تركيز القدرة في نقطة يولد حرارة بين عالية إلى عالية جداً أما عند تركيزها في خط فان الحرارة المتولدة من معتدلة إلى عالية.

النظرية

توجد معايير مختلفة لتقييم عمل المركِزات الشمسية منها نسبة التركيز الهندسية Geometrical Concentration Ratio (C_g) والتي تعرف بانها النسبة بين مساحة فتحة الدخول للمركز(A1) الى مساحة الخلية الشمسية (A2) (El Ouederni *et al*., 2008)

$$C_g = A1/A2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

أما قيمة نسبة التركيز فيمكن حسابها بقسمة I_{sc} عند التركيز إلى I_{sc} بدون التركيز (الحمداني، 2009).

$$C = \frac{I_{sc}\ (\text{with concentration})}{I_{sc}(\text{without concentration})} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

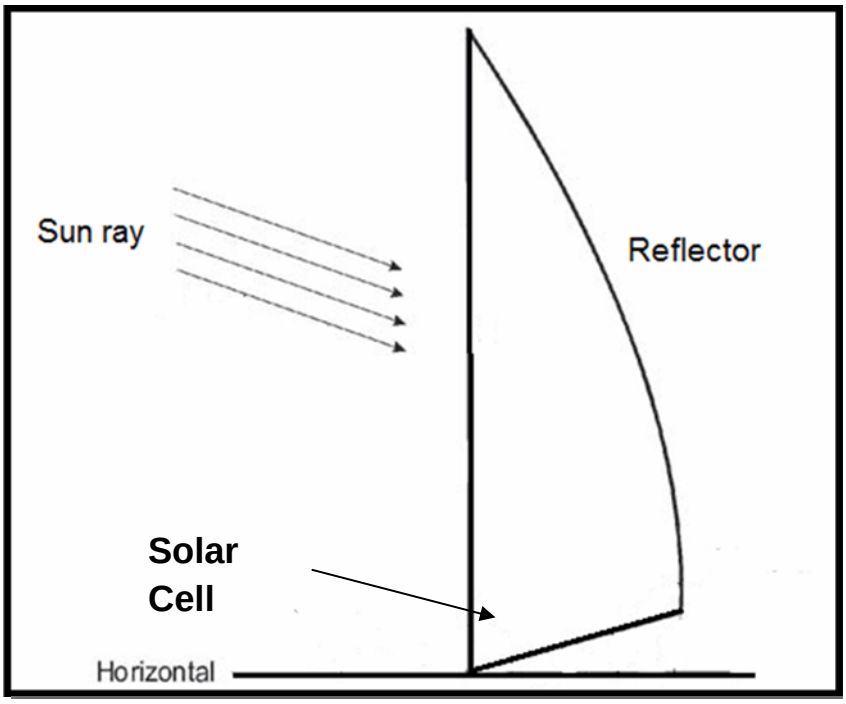
حيث I_{sc} هو تيار الدائرة القصيرة وهو التيار المنساب بحرية خلال الدائرة الخارجية التي ليس فيها حمل أو مقاومة وهو أعظم تيار يمكن الحصول عليه. ومن معلمات تقييم الخلية الشمسيه هي فولتية الدائرة الفتوحة و التي تمثل أعظم قيمة ممكنة للفولتية داخل الخلية الشمسية حيث لا يمر أي تيار وتمثل بالمعادلة V_{oc} (Mallick *et al*., 2006).

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln\left(1 + I_L/I_0\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث أن I_L هو التيار الضوئي، I_0 تيار الاشباع العكسي، T درجة الحرارة بالكلفن، q شحنة الالكترون، k ثابت بولتزمان(كرين، 1989). أما كفاءة التحويل الفوتوفولطائية للخلية الشمسية فهي النسبة بين القدرة الكهربائية المنتجة بواسطة الخلية الشمسية إلى قدرة الضوء الساقط على الخلية وتعتمد على خواص المواد مثل حزمة فجوة الطاقة وعلى التوزيع الطيفي للضوء الساقط (Abdullah *et al*.,2009) وتعطى بالعلاقة التالية (Sze, 2007):

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{max}}{P_{incident}} = \frac{V_{max} I_{max}}{E.A} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث أن P_{max} هي أعظم قدرة خارجة وأن A هي مساحة الخلية وأن E هي الطاقة الشمسية الساقطة وتقدر بـ ($785\ Watt/m^2$) لفصل الربيع في ساعات الظهر (احمد وعبد الله، 2002). والشكل (1) يوضح مخططا" لمركِز القطع غير المتناظر والذي تم استخدامه في هذا البحث (Nilsson *et al*., 2006).



الشكل 1 : مخطط توضيحي لمركِز القطع الغير متناظر

جمع الخلايا على التوازي

نظرا لأن الفولتية الناتجة من الخلايا المستخدمة في هذا البحث هي ضمن المـدى المطلـوب للتطبيقـات (4-6 volt) ولغرض زيادة التيار الناتج من الخلايا تم ربطها على التوازي حيث أن التيار الناتج سيكون مجموع التيارات الناتجة من الخلايا الاربعة وتعطى بالعلاقات التالية:

$$V=V1=V2=V3=V4$$
$$I= I1 +I2+I3+I4$$

الجانب العملي والقياسات

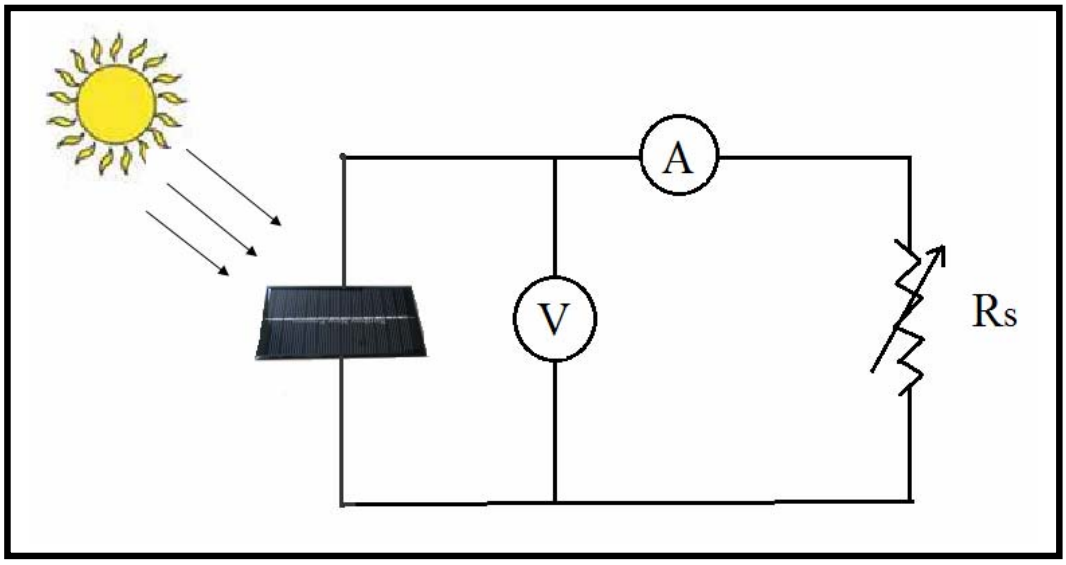
استخدمت في هذا البحث خلية سليكونية (Si) مستطيلة الشكل سمكها (0.3cm) ومساحة الخلية (10.5cm*9.5 cm) وتم تصنيع مركِز القطع غير المتناظر (APC) الثنائي الابعاد المصنوع من البليت المغطى بورق مصنوع من البوليمر المطلي بالخارصين والمتوفر في السوق المحلية والموضح في الشكل (2) والمتكون من هيكل حديدي يثبت فيه المركِز من الجهات الاربعة ارتفاعه (70 cm) وعرضه (50 cm) واستخدمت الدائره في الشكل (3) لاجراء القياسات ودراسة خصائص (I-V) للخلية الشمسية، وتتألف من خلية سليكونية تربط على

التوالي مع كل من الاميتر والمقاومة المتغيرة ثم تـربط على التوازي بين قطبي الفولتميتر وبعد أن يتـم الربط نتبع الخطوات التـالية :

أولا : تم قياس كفاءة أداء الخلية الشمسية تحت أشعة الشمس في شهر أذار ونيسان وعند الساعة الواحدة ظهرا في يوم مشمس وتم حساب قيم التيار والفولتية بتغيير قيم المقاومة المتغيرة ومن ثم رسم منحني خواص التيار والفولتية وحساب قيمة تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولتية الدائـرة المفتوحـة (V_{oc}) والقيمة العظمى للقدرة الناتجة (P_{max}) ومن ثم حساب كفاءة أداء الخلية الشمسية (η) من المعادلة (4).

ثانيا : تم توجيه المركِز عند الساعة الواحده ظهرا في يوم مشمس بحيث يمكن الحصول على أعلى انعكاس للأشعة الشمسية على سطح الخلايا المثبتة عند قاعدة المركِز والاستعانه بقراءات التيار والفولتية لمعرفة أفضل زاوية انعكاس بصورة عملية، وتم حساب قيم التيار والفولتية بتغيير قيمة المقاومة المتغيرة ورسمت خصائص (I-V) ومن ثم حساب قيم (η). وتم إيجاد نسبة التركيز الهندسية C_g والتي تمثل النسبة بين مساحة فتحة الدخول (مساحة المركِز) على مساحة الخلية الشمسية وذلك باستخدام المعادلة (1).

الشكل 2: مركِز القطع الغير متناظر



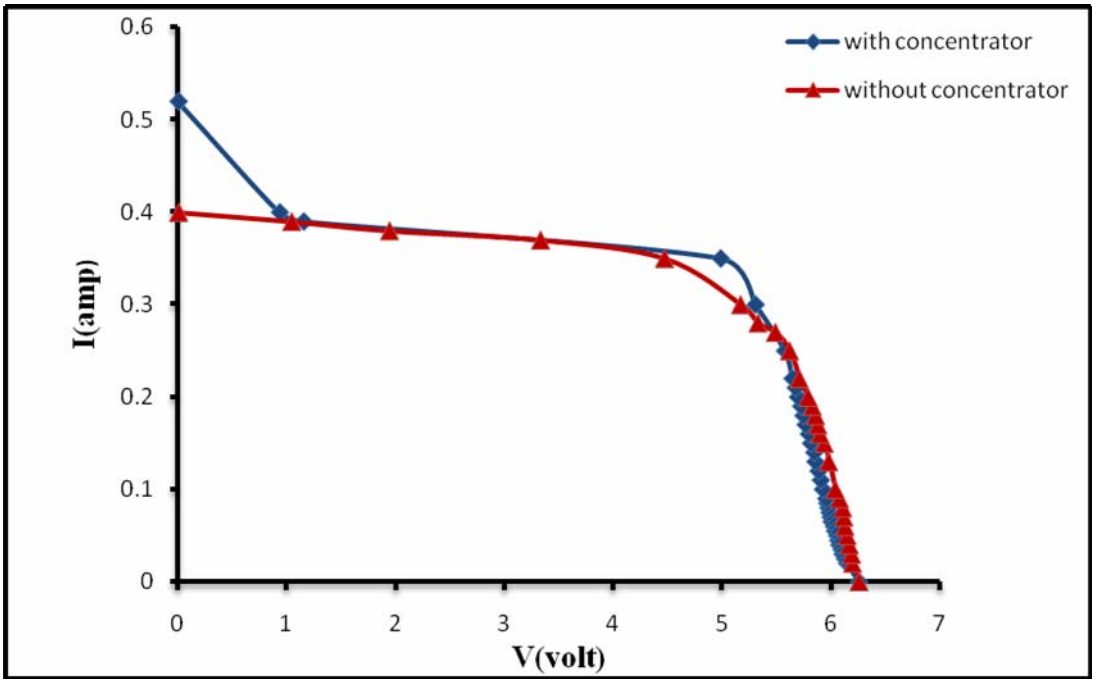
الشكل 3: دائرة لقياس خصائص تيار- فولتية

الجدول 1: معالم خرج الخلية الشمسية لشهر آذار.

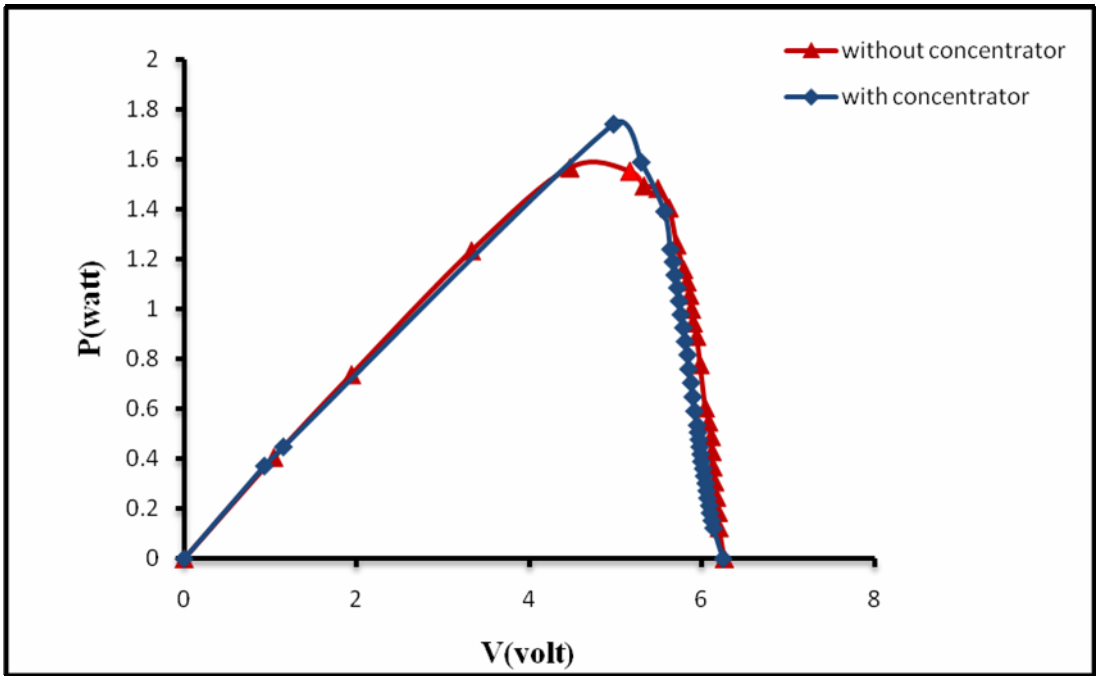
parameter	Cell (without concentrator)	Cell (with concentrator)
I_{sc} mA	400	520
V V_{oc}	6.26	6.25
Fill Factor	0.62	0.536
η	4.9%	5.5%
P_{max}	1.56	1.74
Concentration ratio	1.3	

الجدول 2 : معالم خرج الخلية الشمسية لشهر نيسان.

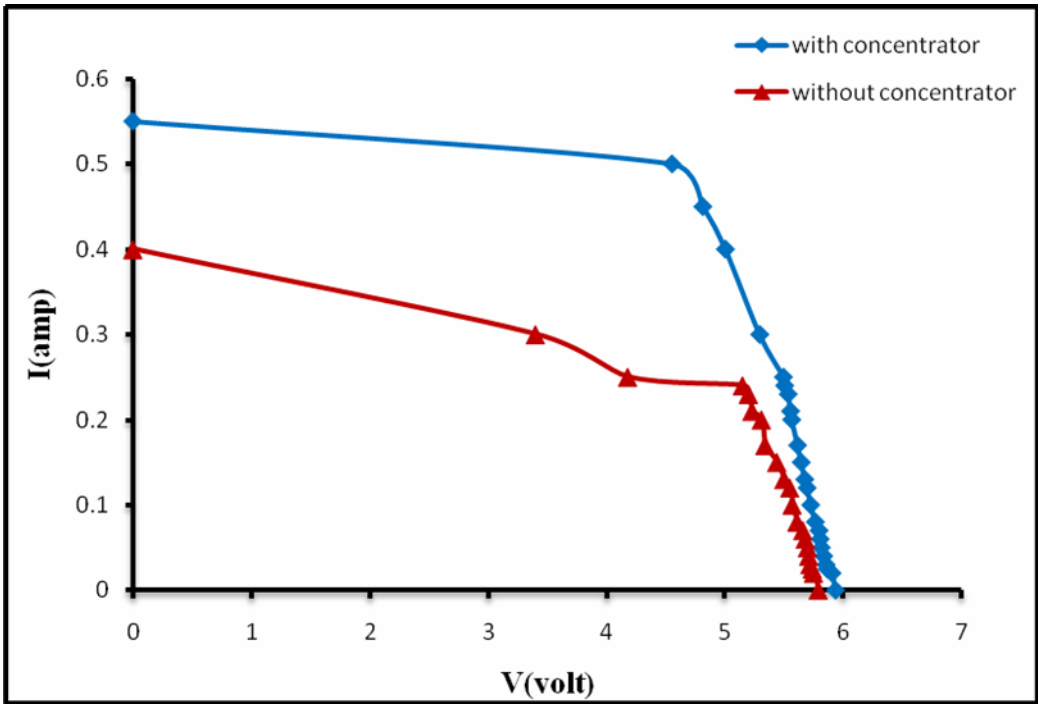
parameter	Cell (without concentrator)	Cell (with concentrator)
I_{sc} mA	400	550
V V_{oc}	6.26	6.25
Fill Factor	0.533	0.697
η	3.9%	7.2%
P_{max}	1.23	2.275
Concentration ratio	1.375	



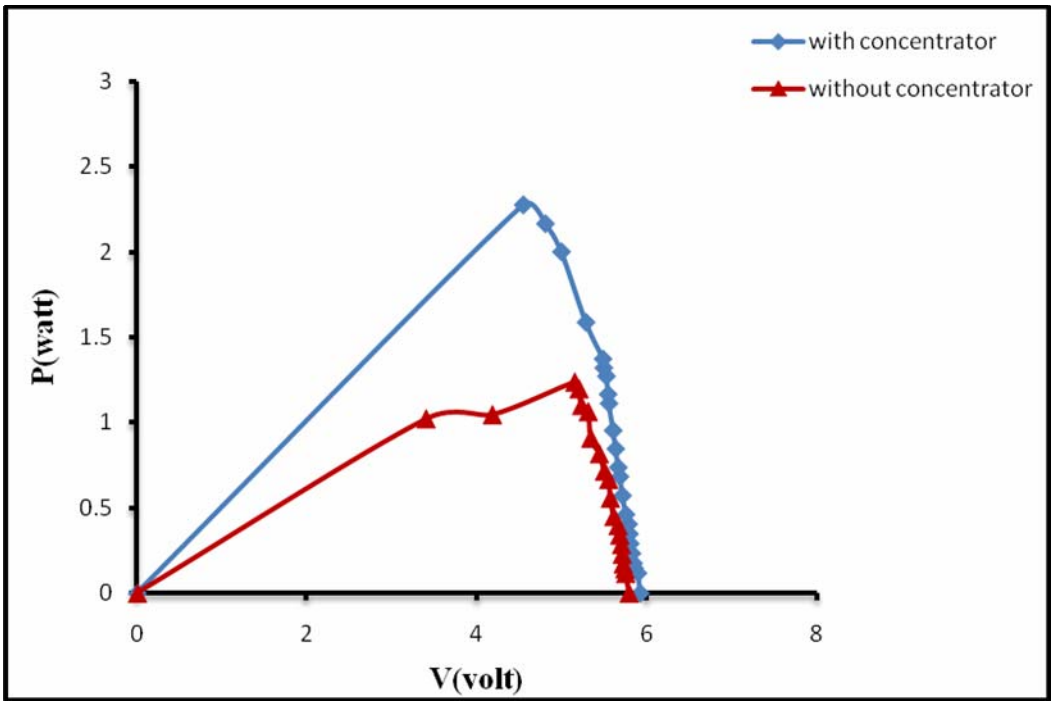
الشكل 4: خصائص التيار- الفولتية لشهر آذار.



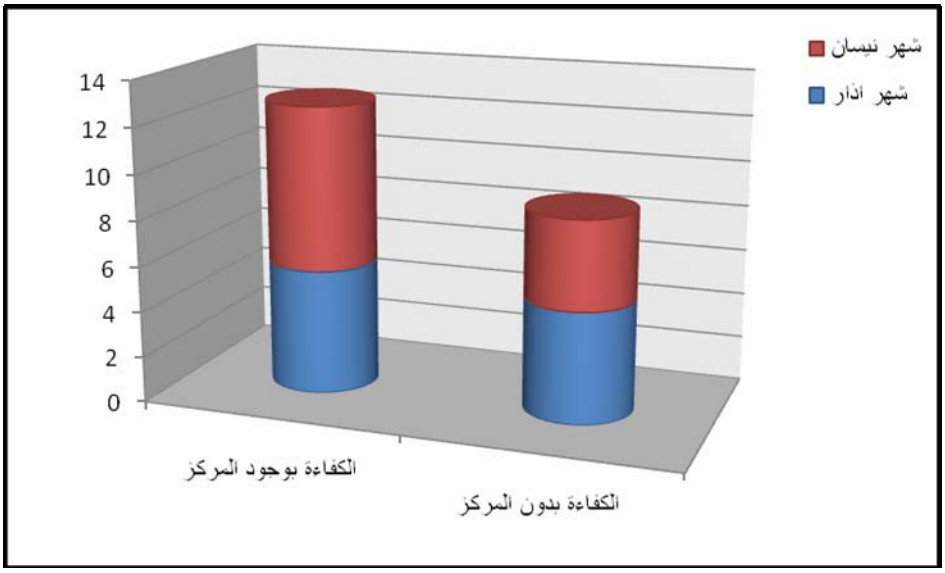
الشكل 5: خصائص القدرة – فولتية لشهر آذار.



الشكل 6: خصائص التيار- الفولتية لشهر نيسان.



الشكل 7: خصائص القدرة – فولتية لشهر نيسان.



الشكل 8: الزيادة الحاصلة في الكفاءة.

النتائج والمناقشة

من الجدول (1) والشكلين (4,5) يتبين أثر المركِز غير المتناظر على كفاءة الخلية الشمسية في شهر أذار في يوم مشمس حيث ازدادت كفاءة الخلية الشمسية من (4.9 % الى 5.5%) ونلاحظ الزيادة الكبيرة في قيمة I_{sc} (من 400 mA الى 520 mA) مقارنة مع الزيادة الطفيفة في قيمة V_{oc} وذلك يعود للعلاقة اللوغارتمية بين V_{oc} وشدة الإشعاع، وأقصى قيمة للقدرة الخارجة ازدادت (من 1.564 watt الى 1.743 watt) أما نسبة التركيز فكانت (1.3).

القيم في الجدول (2) والشكلين (6,7) توضح القراءات لشهر نيسان ونلاحظ تأثير المركِز في زيادة كفاءة الخلية الشمسية من (من 3.9 % الى 7.4 %) حيث ازداد تيار الدائرة القصيرة (400 mA الى 550 mA) وأقصى قيمة للقدرة الخارجة ازدادت ايضا (1.236 Watt الى 2.275 Watt) أما نسبة التركيز فكانت (1.375). أما نسبة التركيز الهندسية (C_g) فكانت (8.77). ويبدو هذا الفرق واضحا في الشكل (8).

الاستنتاجات

1. استخدام المركِز أدى إلى زيادة الكفاءة بشكل ملحوظ وتحسين أداء الخلية بشكل عام.
2. استثمار أقصى حد من الاشعة المنعكسة من المركز عن طريق زيادة مساحة الخلايا الشمسية.
3. إيجاد بدائل جديدة للمواد العاكسة تكون رخيصة الثمن ومتوفرة في السوق المحلية.

المصادر العربية

أحمد، بشير خليل؛ عبد الله، يسرى مال الله (2002). حساب وتحليل كمية الطاقة الشمسية على السطوح المائلة المواجهة للجنوب الغربي لمدينة الموصل وتحديد زوايا الميل المثلى. مجلة علوم الرافدين، **90**، 13-100.

الحمداني، علي هادي (2009). تحسين أداء الخلايا الشمسية باستخدام تصاميم جديدة لمركز حوضي مركب نوع V ثنائي المرايا المغطى بعدسات فرينيل. مجلة الهندسة والتكنولوجيا. **27** (3)، 126 -130

لطيف، قيس جميل (1980). قياسات الاشعاع الشمسي المنتشر على السطح الافقي في العراق، رسالة ماجستير، بغداد، العراق، ص20.

كرين، مارتن أي.(1989). الخلايا الشمسية مبادي العمل، التقنية وتطبيقات المنظومة، العراق. 110-111.

المصادر الأجنبية

Abdullah, H.; Lennie, A.; Saifuddin, M.J.; Ahmad, I. (2009). The Effect of Electrical Properties by Texturing Surface on GaAs Solar Cell Efficiency. *J. Engineering and Appl. Sci.* **2** (1), 189-193.

El Ouederni, A.R.; Dahmani, A.W.; Askri, F. M.; Ben Salah; Ben Nasrallah, S. (2008). Experimental study of a parabolic solar concentrator. *Revue des Energies Renouvelables CICME*, **8**, 193 – 199.

Mallick, T. K.; Eames, P.C.; Norton, B. (2006). Non-concentrating and Asymmetric Compound parabolic concentrating building façade integrated photovoltaics : An experimental comparison . *Solar Energy*, **80**(7), 834-849.

Nilsson, J.; Brogren, M. ; Helgesson, A. ; Roos, A. ; Karlsson, B. (2006). Biaxial model for the incidence angle dependence of the optical efficiency of photovoltaic systems with asymmetric reflectors. *Solar Energy*, **80**, 1199-1212.

Pelosi, C.; Bosi, M. (2007). " Light concentration increases solar-cell efficiency and reduces cost ". *The International Society for Optical Engineering*. Institute of Materials for Electronics and Magnetism Italian, National Research Council, Italy

Sze, S.M. (2007). " Physics of Semiconductor Device " . 2nd. ed, John Wily, New York. pp.723-724.