

تحسين أداء الخلايا الشمسية باستخدام تصاميم جديدة لمركز حوضي مركب نوع V ثنائي المرايا المغطى بعنسات فرينيل

د. علي هادي الحمداني*

تاريخ التسليم: 2006/1/3

تاريخ القبول: 2008/3/6

الخلاصة

تم تصميم وبناء مركز حوضي جديد نوع V (V-trough connectivity) ثنائي المرايا وتمت دراسة تأثيره على كافة معاملات تقييم أداء الخلية الشمسية السيليكونية في حالة عدم وجود نظام تبريد ووجوده، لوحظ إن كفاءة أداء هذه الخلية قد ازدادت من 11.94 % إلى 15.46 % بدون تبريد أما مع التبريد فقد ازدادت كفاءة الأداء من 13.3 % إلى 16.40 %. كما تمت دراسة تأثير الجمع بين أنواع مختلفة من عنسات فرينيل مع هذا المركز على أداء الخلية الشمسية حيث تم الحصول على أفضل أداء للخلية وقدره 24 % بدون تبريد وعلى أفضل أداء مقداره 26.6 % بوجود نظام تبريد.

Improvement of solar cell efficiency by using Two mirrors V-trough concentrator

Abstract

V-trough concentrator with four mirrors has been designed and constructed. Its effects on the silicon solar cell performance were studied with and with out cooling system. It was shown that the cell efficiency was increased from 11.94 % to 15.46 % with out cooling and from 13.3 % to 16.4 % with cooling system. The effect of a combination between Fresnel lens and V-trough concentrator was studied also. The solar cell efficiency was improved to 24 % with out cooling and the best efficiency improvement was 26.6% with cooling system.

Keywords: Solar cell; efficiency; concentrator

المقدمة

ومنها أيضا نسبة تركيز الفيض Flux Concentration Ratio والتي يمكن حسابها من نسبة الإشعاع (Global) الساقط على الماص (absorber) إلى نسبة الإشعاع على فتحة الدخول [7]

$$C = G_2 / G_1 \quad \dots(2)$$

ان القيمة النظرية للتركيز يمكن ايجادها للمركز الثلاثي الأبعاد (مثل المركز المخروطي أو الصحن) من المعادلة [7]

$$C_{\max-ed} = 1 / \sin^2(q/2) \quad \dots(3)$$

حيث θ تمثل زاوي استقبال المركز للأشعة الشمسية. أما المركز الثنائي الأبعاد كالحوضي والخطي والاسطواني فيمكن حساب نسبة التركيز بالمعادلة [4].

$$C_{\max-3d} = 1 / \sin(q/2) \quad \dots(4)$$

هذا البحث هو استمرار للبحوث السابقة والتي تهدف إلى إيجاد تصاميم جديدة بسيطة ورخيصة الثمن للمركبات الشمسية [1,2,3,4] هدفها تطوير كفاءة أداء الخلايا الشمسية وخفض كلفة التصنيع وتقليل مساحة الخلية الشمسية، حيث استخدمت المرايا أو عنسات فرينيل المختلفة أو كليهما معا. استخدمت برمجيات تتبع المسار الشمسي (مثل Zemax) للحصول على أفضل تصميم وبعد ذلك تتم عملية بناء النماذج. توضع الخلايا الشمسية داخل المركز فالطاقة الكهربائية الناجمة سوف تزداد [6,5]. توجد معايير مختلفة لتقييم عمل المركبات الشمسية منها نسبة التركيز الهندسية Geometrical Concentration Ratio (Cg) والتي تعرف بانها النسبة بين مساحة فتحة الدخول للمركز (A_1) إلى مساحة الخلية الشمسية (A_2):

$$C_g = A_1 / A_2 \quad \dots(1)$$

الخلية الشمسية من المعادلة (7) ومن ثم مقارنة النتائج مع نتائج المنظومة ذاتها لكن مع نظام تبريد ماء بمعدل جريان $0.006 \text{ cm}^3/\text{sec}$.

ثانياً: - وضعت هذه الخلية في قاعدة المركز ثم سلط الضوء ذاته وحسبت قيم التيار والفولطية بتغيير قيم المقاومة المتغيرة ورسمت خصائص (I-V) ومن ثم حسبت قيم $(V_{oc}, I_{sc}, P_{max}, h)$ وأعيدت القياسات باستخدام نظام التبريد.

النتائج والمناقشة

أولاً: تأثير المركز الحوضي فقط (بدون عدسات فريزل)

بدون تبريد: الشكل 3 وجدول 1 (العمود 2و3 من اليسار) يتبين أثر المركز بدون وجود عدسات فريزل على كفاءة أداء الخلية الشمسية حيث زادت كفاءة الأداء من 11.94% إلى 15.46%. لقد كانت الزيادة كبيرة في قيمة I_{sc} (من 320.9 mA إلى 465 mA) أما الزيادة في قيمة V_{oc} فكانت طفيفة وذلك يعود للعلاقة اللوغاريتمية بين V_{oc} وشدة الإشعاع أما نسبة التركيز فكانت 1.499 هذا بلا تبريد.

تأثير التبريد: الجدول (2) (العمود 2و3 من اليسار) يوضح أن التبريد (302 كلفن) قد زاد من كفاءة الأداء (من 13.3% إلى 16.40%) كما ازداد تيار الدائرة القصيرة (334.5mA إلى 447.7mA). بقي أن نذكر إن أقصى قيمة للقوة الخارجة وصلت إلى (0.12176 Watt) بدون تبريد و (0.12631 Watt) مع التبريد.

ثانياً: تأثير المركز المركب (مركز حوضي مع عدسات فريزل المختلفة)

بدون تبريد: يتضح من الشكل (3) والجدول (1) (الأعمدة 3و4 و 5 و 6 من اليسار) أن وجود عدسات فريزل مع المركز الحوضي قد زاد في كمية الطاقة المتجمعة على الخلية وأن أكبر قيمة لتيار الدائرة القصيرة هو 535 mA وأكبر كفاءة يمكن الحصول عليها هي 24% وذلك عند استخدام العدسة الثالثة مع المركز الحوضي وهو أعطى أكبر قيمة لنسبة للتركيز ومقدارها 1.671.

بوجود التبريد: يتضح من الجدول 2 (الأعمدة 3و4 و 5 و 6 من اليسار) أن وجود عدسات فريزل مع المركز الحوضي قد زاد في كمية الطاقة المتجمعة على الخلية وأن أكبر قيمة لتيار الدائرة القصيرة هو 600 mA وأكبر كفاءة يمكن الحصول عليها هي 26.6% وذلك عند استخدام العدسة الثالثة مع المركز الحوضي وهو أعطى أكبر قيمة لنسبة للتركيز ومقدارها 1.794.

نستنتج من النتائج أعلاه أن التصميم الجديد للمركز المركب والمتكون من المركز الحوضي وعدسات فريزل يعطي نتائج جيدة حيث ازدادت كفاءة التحويل للخلية الشمسية من 11.9 إلى 24 بدون تبريد ومن 13.3 إلى 26.6 بوجود التبريد أي بنسبة زيادة مقدارها $\Delta\eta = 100\%$ و 101% للعدسة الثالثة مع المركز الحوضي وذلك في حالة التبريد وعدم وجوده.

عند التركيز I_{sc} ويمكن حساب قيمة نسبة التركيز بقسمة $[I_{sc}]$ تركيز إلى

$$C = \frac{I_{sc}(\text{with concentration})}{I_{sc}(\text{witout concentration})} \dots (5)$$

I_{sc} هو تيار الدائرة القصيرة وهو التيار المناسب بحرية خلال الدائرة الخارجية التي ليس فيها حمل أو مقاومة وهو أعظم تيار يمكن الحصول عليه. ومن معلمات تقييم الخلية الشمسية هي فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} والتي تمثل أعظم قيمة ممكنة للفولتية داخل الخلية الشمسية حيث لا يمر أي تيار وتمثل بالمعادلة

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln(1 + I_L / I_0) \dots (6)$$

حيث I_L هو التيار الضوئي، I_0 تيار الإشباع العكسي، T درجة الحرارة بالكلفن و K ثابت بولتزمان. 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 وتعطى بالعلاقة التالية:

$$h = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{V_{\max} I_{\max}}{P_{\text{incident}}} \dots (7)$$

الجانب العملي والقياسات

استخدمت في هذا البحث خلية سليكونية أحادية البلورة نوع Z_{100-0} ذات شكل دائري وقطر 10cm وسمكها 350mm ومعامل انكسار الطلاء الغير عاكس (n=2.2) مساحة الخلية بحدود 78.5 cm^2 والمقاومة النوعية والمقاومة النوعية لها (3-0.5). تم تصنيع مركز الحوضي ذو شكل V (V-trough) الثنائي الأبعاد والموضح في الشكل (1) المتكون من هيكل حديدي تثبت فيه مرايا زجاجية مستوية من الجهات الأربعة (ارتفاعه 45cm) وفتحة بمساحة $(35 * 37.5) \text{ cm}^2$ أما قاعدته السفلى ذات مساحة $(10 \text{ cm} * 10 \text{ cm})$ وزاوية ميل المرايا 22° من الجهات الأربعة. استخدمت الدائرة في الشكل (2) لإجراء القياسات ودراسة خصائص (I-V) للخلية الشمسية. وتتألف من خلية سليكونية أحادية البلورة ترتبط على التوالي مع كل من الأميتر والمقاومة المتغيرة ثم تربط على التوازي بين قطبي الفولطميتر وتكون هذه الخلية تحت تأثير مصدر ضوئي (مصباح) مجهز من شركة Philips (طرز Splender E27 Flood). بعد أن يتم الربط تتبع الخطوات الآتية لإجراء القياسات :-

أولاً :- تم قياس كفاءة أداء الخلية الشمسية مختبرياً وبدون مركز وذلك بتسليط ضوء ذو شدة (Intensity) مقدارها 100 W/m^2 على الخلية الشمسية وحساب قيم التيار والفولطية بتغيير قيم المقاومة المتغيرة ومن ثم رسم منحنى خواص التيار - الفولطية وحساب قيمة تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولطية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) والقيمة العظمى للقوة الناتجة (P_{\max}) ومن ثم حساب كفاءة أداء

References

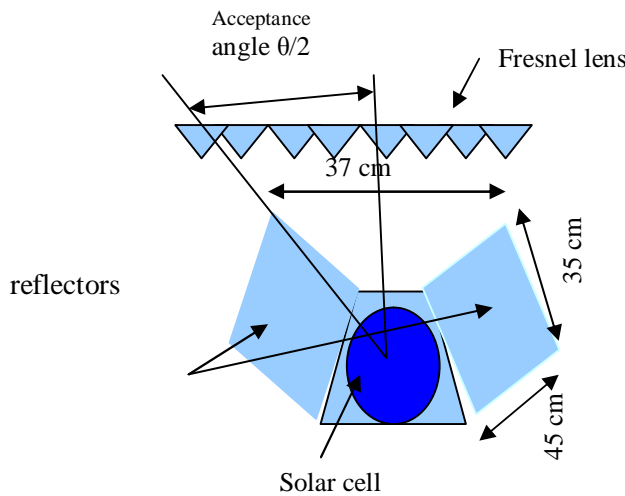
- [1] Ali-Hamdani,A.H.,(2000)" Effects of the solar cells shapes on the Accumulated energy", Arab Energy and sustainable development,P490.
- [2] Ali-Hamdani,A.H., Quasy Kalid Ahmed,(2000)" Collection efficiency of Casegrain reflector systems", Journal of Al-Rafidain University Colege for Scinces No.5,P109.
- [3] Ali-Hamdani,A.H., Al-Ani,S.K.J.(2000)," Improvement of solar cell efficiency using Fresnel len design", Arab Energy and su the stainable development, 705.
- [4] Batool D. Blawa,(2001)" Improvement of solar cell efficiency using solar. Cell Sciences, Physics Dept.
- [5] G.M.Kaplin, G.M.,(1985) "Understanding Solar Concentrators", VITA,
- [6] Mbewe,D.J., Cordand,H.C. and Cord,D.C.,(1985) "Amodel of silicone Solar Cell for Concentrator Photovoltaic and Photovoltaic Thermal System Design", Solar energy,35,3,P247.
- [7] Stacy, R.W. and Cormic,M.C.,(1988) " The Effect of Concentrated Sunlight on the Performance of flat Plat Photovoltaic Modules, SWC, 3,P1554.
- [8] Ronneld ,M.,(1988),"Optical design of Stationary Concentrators for High latitudes ", Ph.D. thesis, Upssala University Sweden .

parameters	Cell only (with out concentrator)	Cell With V-trough concentrator	Combination (1 st Fresnel lens+ V-trough)	Combination (2 nd Fresnel lens+ V-trough)	Combination (3rd Fresnel lens+ V-trough)
I_{sc} mA	320.9	465	460	535	520
ΔI_{sc} mA	/	144.1	139.1	214.1	199.1
V_{oc} mV	0.5007	0.5079	0.5020	0.5178	0.4640
η %	11.94	15.46	15.74	21	24
$\Delta \eta$ %	/	29.48	31.82	75.87	101
P_{max} watt	0.09375	0.12176	0.2457	0.16856	0.18913
ΔP_{max} %	/	29.877	32.874	79.797	101.738
Concentration ratio	1	1.449	1.433	1.671	1.620

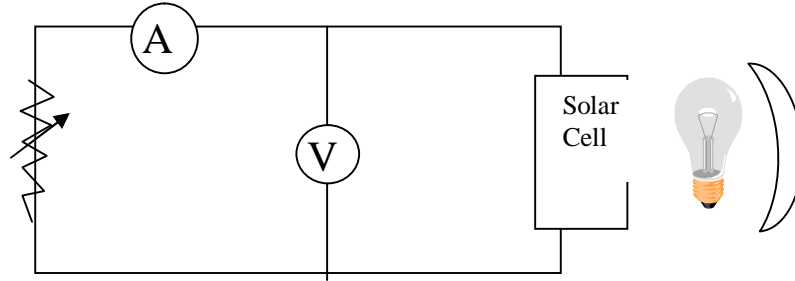
جدول (1) معالم خرج الخلية الشمسية عند استخدام المركز الحوضي المركب وبدون تبريد

جدول (2) معالم خرج الخلية الشمسية عند استخدام المركز الحوضي المركب بوجود التبريد

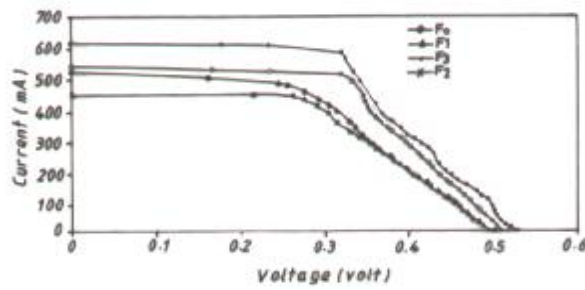
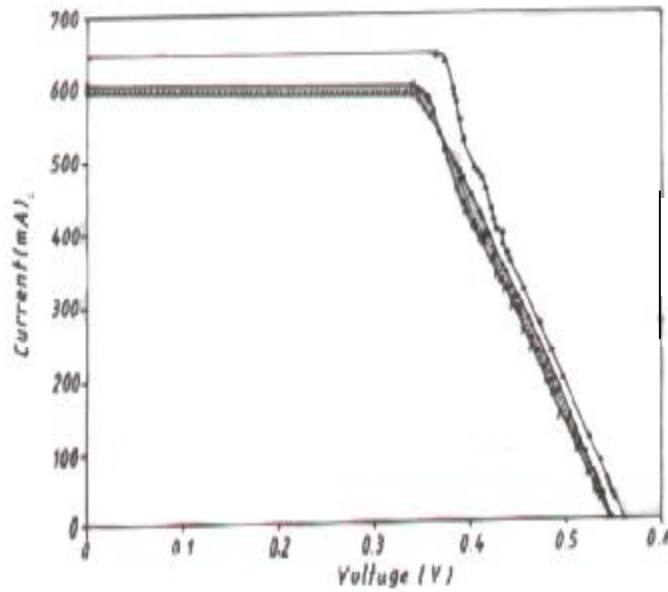
parameters	Cell only (with out concentrator)	Cell With V-trough concentrator	Combination (1 st Fresnel lens+ V-trough)	Combination (2 nd Fresnel lens+ V-trough)	Combination (3rd Fresnel lens+ V-trough)
I_{sc} mA	334.5	447.7	480	520	600
ΔI_{sc} mA	/	113.2	145.5	185.5	265.5
V_{oc} mV	0.5346	0.5456	0.5462	0.5565	0.5501
η %	13.3	16.40	17.4	19.5	26.6
$\Delta \eta$ %	/	23.30	30.82	46.61	100
P_{max} watt	0.10447	0.12631	0.13671	0.15331	0.20889
ΔP_{max} %	/	20.950	30.860	46.740	99.952
Concentration ratio	1	1.338	1.435	1.554	1.794



شكل (1) المركز الحوضي المركب مع عدسات فرينيل



شكل (2) دائرة لقياس خصائص تيار-فولتية

شكل (3) خصائص التيار-فولتية للمركز الحوضي ثنائي المرايا وعنسات فرينيل
المختلفة و بدون تبريدشكل (4) خصائص التيار الفولطية للمركز الحوضي الثنائي المرايا وعنسات
فرينيل المختلفة بوجود التبريد بوجود الت و بوجود تبريد