

دراسة تجريبية لتحسين مردود لاقط شمسي مسطح باستخدام

فيلم رقيق من ZnO:Al

إعداد المهندس : تمام محمد الحدو

إشراف : الأستاذ الدكتور المهندس نايف العبود

إشراف : الدكتور المهندس بسام القسام

المخلص

تناول البحث إجراء دراسة تجريبية على مجمعين شمسيين مسطحين من النوع (صفيحة - أنبوب) أحدهما عادي والآخر معدل حيث أضيفت طبقة رقيقة من أكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم ZnO:Al على الوجه الداخلي للغطاء الشفاف والتي حضرت ورسبت بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ، أجريت الدراسة على مدى ثلاثة أيام ذات ظروف جوية مختلفة ولخمس قراءات في اليوم فتبين تحسنا في المردود للمجمع المعدل بنسبة 9% وريحا في جيدا كمية الحرارة المفيدة بقيمة $\Delta Q=530$ (W) مما خفض في تكلفة وحدة الطاقة للمجمع الشمسي ، ويعزى هذا التحسن للخاصية الانتقائية التي يتمتع بها الفيلم الرقيق المحضر والذي يسمح بنفاذية عالية لأشعة الشمس الكهرومغناطيسية وصلت إلى 92 % عند طول موجة 800 nm عند سماكة $0.5 \mu m$

الكلمات المفتاحية: مجمع شمسي مسطح ، طبقة رقيقة ، المردود ، كمية الحرارة .

1- مقدمة:

تتبع أهمية الأبحاث التي تختص بدراسة المجمعات الشمسية المسطحة كونها أحد التقنيات الأساسية في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية ليتم استخدامها في الكثير من التطبيقات الحرارية وبالتالي فهي تخص تطوير أحد التقنيات المهمة في

دراسة تجريبية لتحسين مردود لاقط شمسي مسطح باستخدام

فيلم رقيق من ZnO:Al

إعداد المهندس : تمام محمد الحدو

إشراف : الأستاذ الدكتور المهندس نايف العبود

إشراف : الدكتور المهندس بسام القسام

الملخص

تناول البحث إجراء دراسة تجريبية على مجعين شمسيين مسطحين من النوع (صفيحة - أنبوب) أحدهما عادي والآخر معدل حيث أضيفت طبقة رقيقة من أكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم ZnO:Al على الوجه الداخلي للغطاء الشفاف والتي حضرت ورسبت بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ، أجريت الدراسة على مدى ثلاثة أيام ذات ظروف جوية مختلفة ولخمس قراءات في اليوم فتبين تحسنا في المردود للمجمع المعدل بنسبة 9% وربحا في جيدا كمية الحرارة المفيدة بقيمة $\Delta Q=530$ (W) مما خفض في تكلفة وحدة الطاقة للمجمع الشمسي ، ويعزى هذا التحسن للخاصية الانتقائية التي يتمتع بها الفيلم الرقيق المحضر والذي يسمح بنفاذية عالية لأشعة الشمس الكهرومغناطيسية وصلت إلى 92 % عند طول موجة 800 nm عند سماكة $0.5 \mu m$

الكلمات المفتاحية: مجمع شمسي مسطح ، طبقة رقيقة ، المردود ، كمية الحرارة .

1- مقدمة:

تتبع أهمية الأبحاث التي تختص بدراسة المجمعات الشمسية المسطحة كونها أحد التقنيات الأساسية في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية ليتم استخدامها في الكثير من التطبيقات الحرارية وبالتالي فهي تخص تطوير أحد التقنيات المهمة في

استغلال الطاقة الشمسية التي تعد المصدر الأهم ما بين الطاقات المتجددة فتساهم في الحد من تلوث البيئة كانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي الحفاظ على سلامة كوكبنا ، وكذلك تساهم في الاستمرار في إنتاج الطاقة حتى بعد نفاذ الوقود الأحفوري وتعنى هذه الأبحاث إما بتخفيض تكلفة المجمع الشمسي عن طريق تخفيض وحدة الطاقة المنتجة أو إمكانية تحسين الكفاءة بتخفيض الضياعات الحرارية من المجمع وقد ركزت الدراسات التي تناولت تخفيض الضياعات الحرارية من المجمع على كيفية عزل صندوق المجمع ، أو إضافة أغشية خاصة على سطح الصفيحة العاكسة (أسطح انتقائية) للتقليل من انبعاثيتها للأشعة الحرارية دون أن تتخفف امتصاصيتها ، أو استخدام نظام الأغشية المتعدد للتخفيف من الضياعات الحرارية لا سيما ضياعات الحمل وذلك بتفريغ الحيز بين الغطاء والصفيحة العاكسة أو حقن غاز خامل كالأرغون بين اللوحين الشفافين أو تزويد الأغشية بمواد عاكسة للإشعاع لزيادة نفاذية نظام الأغشية للأشعة الشمسية .

2- أهمية البحث (أهداف البحث): The search purposes:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير المواد ذات الطبقات الانتقائية المضافة إلى السطح الداخلي للغطاء الزجاجي الشفاف للاقط الشمسي المسطح ومدى تحسن المردود بطريقة تجريبية نتيجة تطبيق هذه الخاصية ، ويعزى هذا التحسن للخاصية الانتقائية التي يتمتع بها الفيلم الرقيق المحضر ZnO:Al والذي يسمح بنفاذية عالية لأشعة الشمس الكيرومغناطيسية وصلت إلى % 92 عند طول موجة 800 nm عند سماكة 0.5 μ m وبالتالي تخفيض الضياعات الحرارية من المجمع الشمسي واستقرار حراري جيد مما يؤدي إلى خفض كلفة وحدة الطاقة المنتجة .

3- مواد وطرائق البحث: The Search Methods:

تتكون الخطوات الرئيسية في هذا البحث من عدة مراحل جزئية مبينة على النحو الآتي:

1- الدراسة التجريبية .

2- النتائج والمناقشة .

٣- الاستنتاجات والمقترحات .

3-1- الدراسة التجريبية:

3-1-1- تحضير وطريقة ترسيب فيلم ZnO:Al :

يعتمد اختبار تقنية التحضير المناسبة على عدة عوامل منها أنواع المواد الأولية ، والمواصفات النهائية للغشاء ونوع قاعدة الترسيب ومعدل الترسيب وكلفة الإنتاج . إن الآلية التي تستند عليها هذه الطريقة لتكوين الأغشية هي حدوث التفاعل الكيميائي على سطح القاعدة اعتمادا على درجة حرارة تلك القاعدة ، أي أن الغشاء المحضر يتكون نتيجة التحلل الكيميائي الحراري على سطح تلك القاعدة الساخن (الوجه الخلفي للغشاء الزجاجي الشفاف) حيث تم تحضير الفيلم وترسيبه في مخابر كلية العلوم في جامعة الفرات.

تم استخدام مادة نترات الزنك المائية $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ كمصدر للزنك وهي مسحوق أبيض اللون غير سام سريع الذوبان في الماء ذو تكلفة رخيصة وتم اشابته بنسبة قليلة جدا من أوكسيد الألمنيوم Al_2O_3 من أجل زيادة الاستقرار في البنية الهيكلية للغشاء الواجب تحضيره .

تمت عملية التحضير كالتالي :

• يوزن مسحوق نترات الزنك المائية بميزان حساس من نوع (Mettler.A.E)

(116 حساسيته 10mg وسعته 160 g ثم تذاب المادة بالماء المقطر 50

ml والقليل من حامض النتريك HNO_3 .

بعد عملية الذوبان نحصل على محلول نترات الزنك المائية وهو محلول رائق

عديم اللون غير سام يتم حفظه في قنينة حجمية ويترك لمدة 24 ساعة

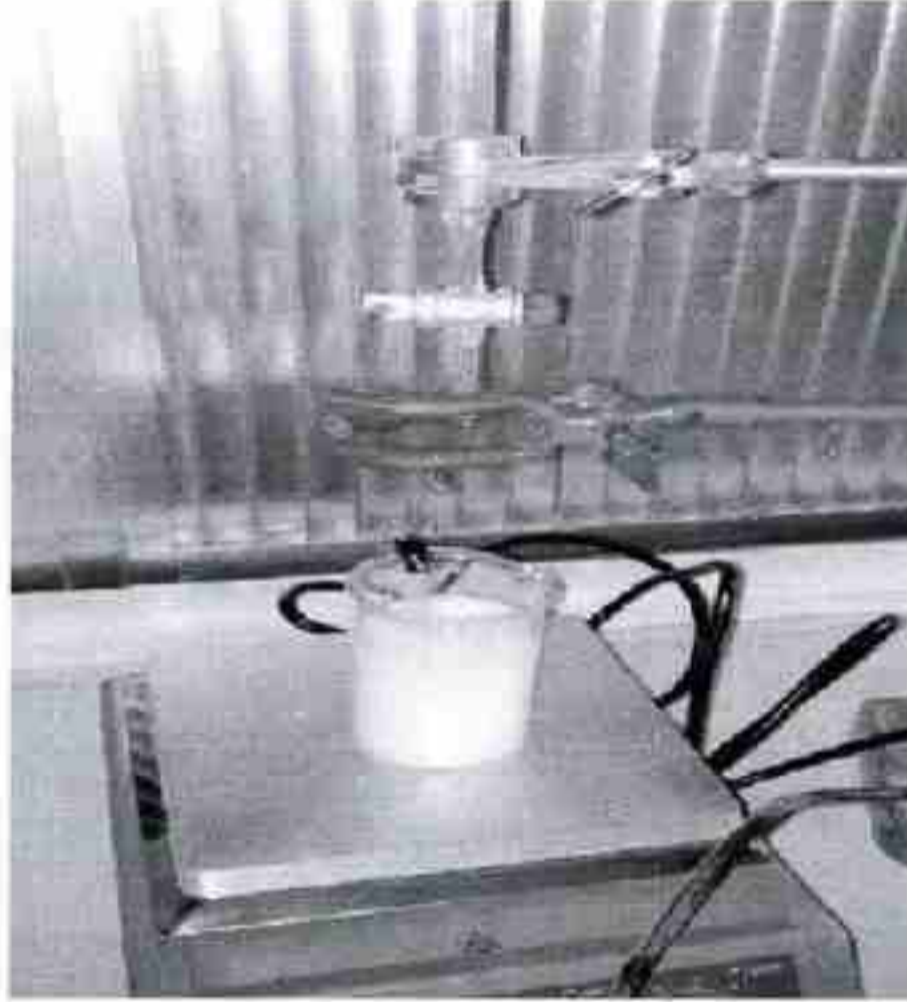
للتأكد من عدم وجود رواسب مختلفة فيه عند رش المحلول على القاعدة

الزجاجية .

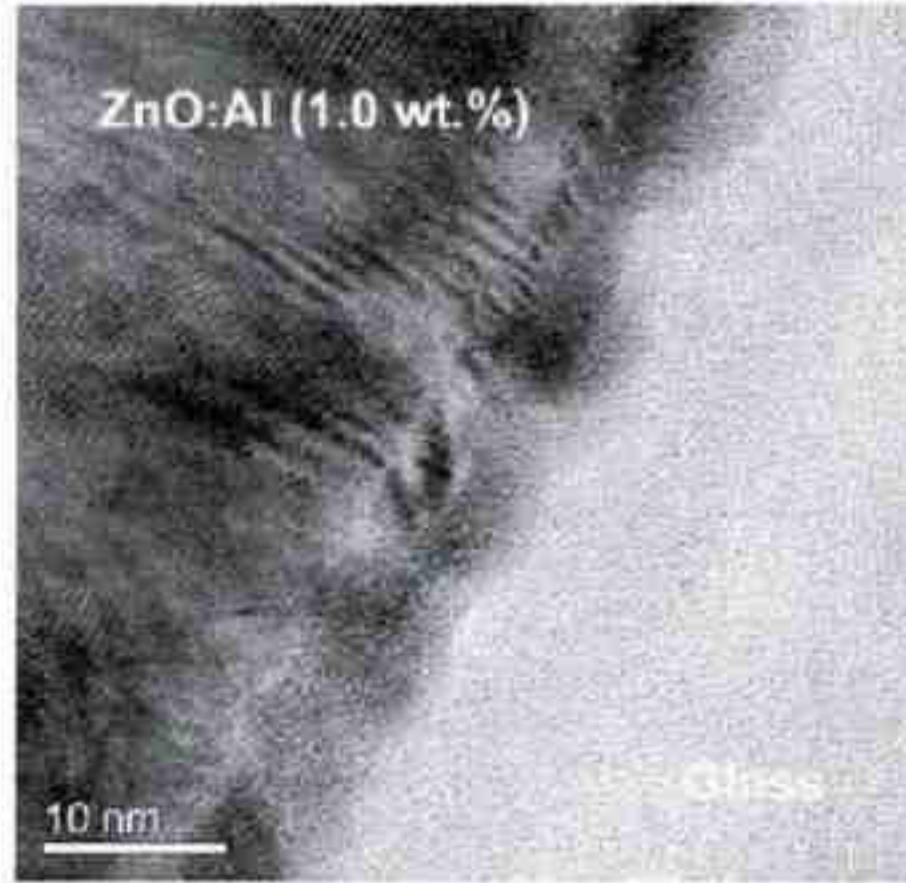
• يتم تنظيف أرضية الزجاج باستخدام الأمواج فوق الصوتية وباستخدام محلول الأسيتون لمدة خمس دقائق وذلك للتخلص من الدهون والشوائب العالقة بالأرضيات ، وأخيرا تغسل بالماء المقطر بشكل جيدة لمدة 20 min بعد تركها لتجف .

• قمنا بترسيب الغشاء على ثلاث عينات زجاجية ذات درجات حرارة متفاوتة $(450,500,550)C^{\circ}$

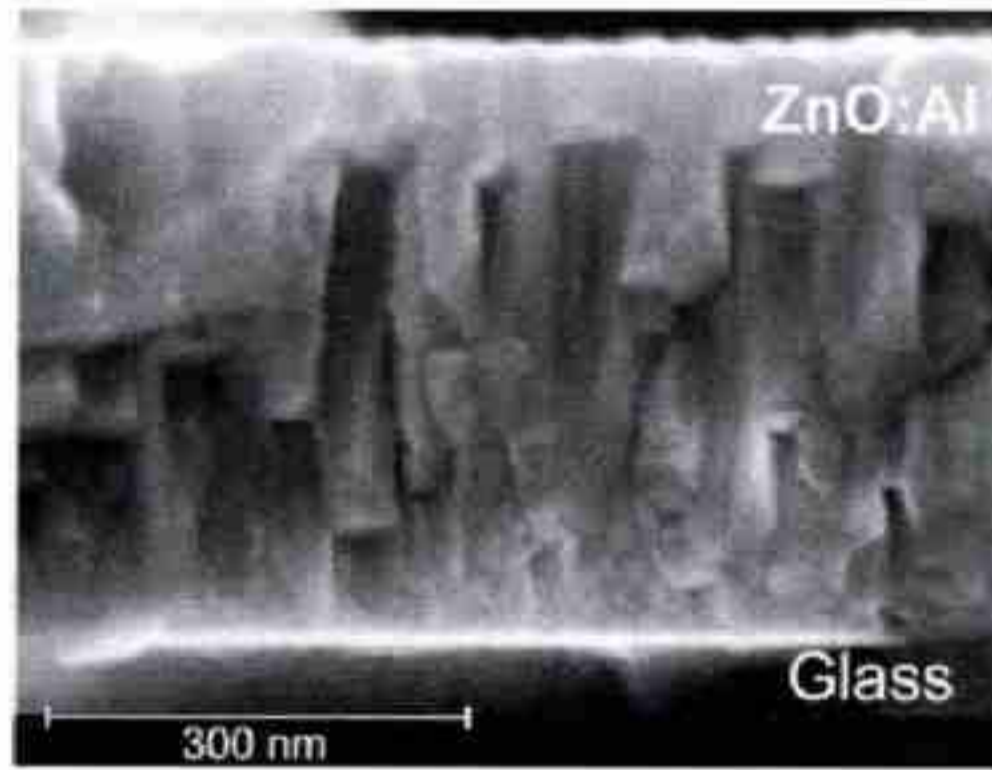
وذلك بطريقة الرش المحلول على القواعد الزجاجية الساخنة حيث تترسب مادة أكسيد الزنك المطعمة بالألمنيوم على سطح القاعدة الساخن نتيجة للتحلل الكيميائي الحراري . حيث تحفظ المادة الأولية تحت درجة حرارة التفكك وتذيرها بشكل قطرات محمولة بالغاز إلى السطح الساخن وذلك للسيطرة على التركيب الكيميائي للغشاء المستحضر .



الشكل (١) تحضير محلول نترات الزنك المائية كمصدر أساسي للغشاء ZnO



الشكل (٢) الفيليم الرقيق المرسب على عينة زجاجية بدرجة حرارة 500°C ورطوبة نسبية 1%



الشكل (3) الغشاء الرقيق ZnO:Al

٣-١-٢- دراسة بعض الخصائص البصرية (الضوئية) والهيكليّة للفيلم الرقيق من ZnO:Al :

من خلال هذه الدراسة تم الحصول على النتائج التالية:

اشتملت بعض الخصائص البصرية على قياس النفاذية لغشاء أكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم المحضر على أرضيات من الزجاج منخفض الحديد (Fe_2O_3 أقل من 2%) عند درجات حرارة مختلفة كدالة للطول الموجي ضمن المدى nm (200-1000) باستخدام جهاز (Spectrophotometer Model CE102) ومن قيم النفاذية تم حساب معامل الامتصاص

وفق العلاقة [1] [3] :

$$T = (1-R)^2 \exp(-\alpha t) \quad (1-3)$$

حيث : - (T) نفاذية الغشاء

- (t) سماكة الغشاء .

- (R) انعكاسية الغشاء .

- (α) معامل الامتصاص .

وكذلك حسب فجوة الطاقة البصرية (E_{opt}) باستخدام العلاقة [1] [3] :

$$\alpha(h\nu) = A . (h\nu - E_{opt})^{0.5} \quad (2-3)$$

حيث :

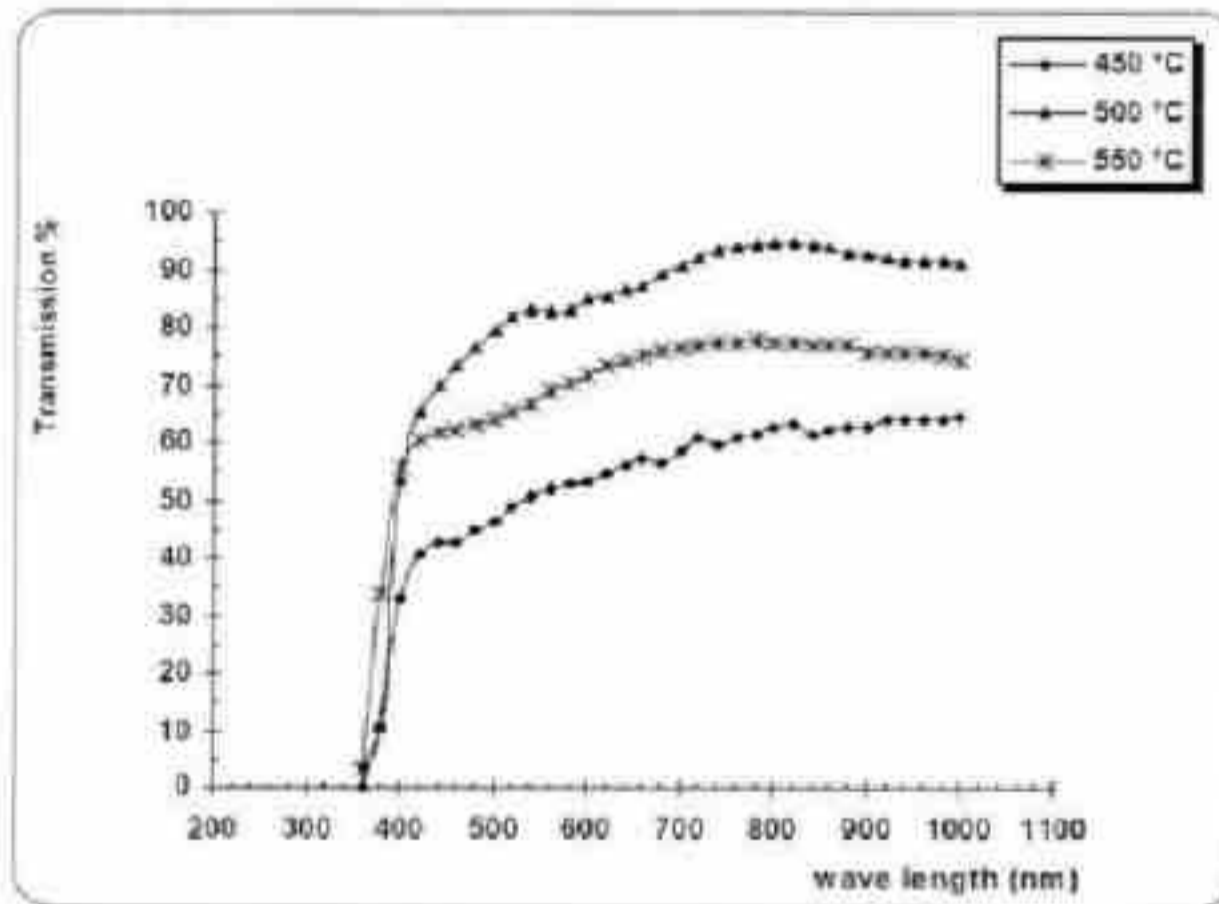
- h ثابت بلانك - ν تردد الفوتون الساقط .

كما تمت دراسة الخصائص البنيوية للفيلم المستحضر بواسطة حيود الأشعة السينية وتبين أن الفيلم متعدد التبلور (Polycrystalline) وهو سداسي التركيب مما يمنحه استقرار بنيوي كبير .

٣-١-٣- النتائج والمقترحات :

من خلال صلية الترسيب تم التحكم بمعدل الرش $The\ Spray\ Rate$ وزمن الرش وضغط غاز التذرية إضافة استقرار درجة حرارة القاعدة وذلك للحصول على أعلى قيم للنفاذية للفيلم المستحضر .

يوضح الشكل (4) العلاقة بين النفاذية والطول الموجي لأغشية $ZnO:Al$ المرسبة على أرضيات زجاجية عند درجات حرارة مختلفة .



الشكل (٤) العلاقة بين النفاذية والطول الموجي للفيلم الرقيق $ZnO:Al$

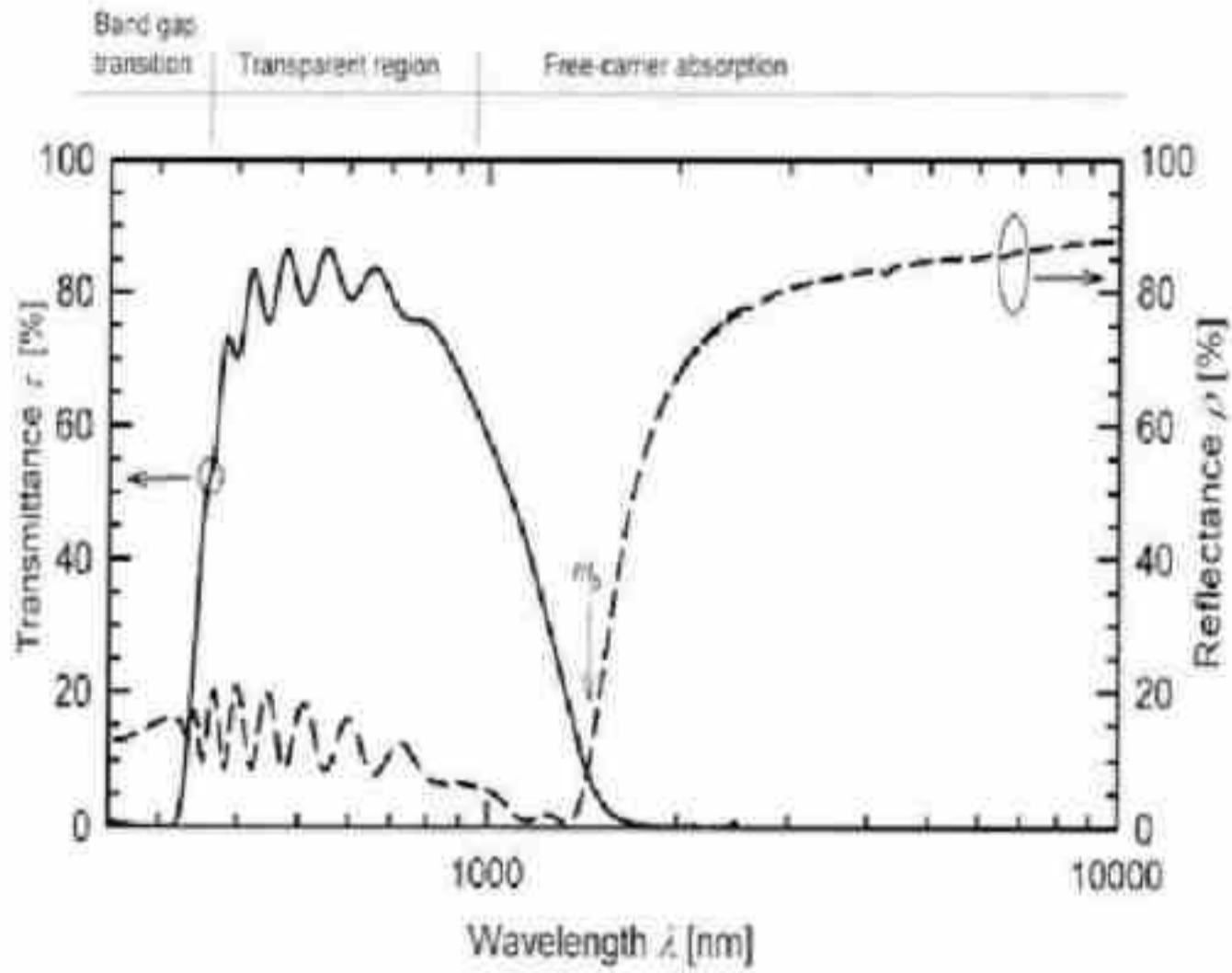
تلاحظ من الشكل أن النفاذية ازادت بصورة ملحوظة عند زيادة درجة حرارة الترسيب من $450\ C^{\circ}$ إلى $500\ C^{\circ}$. إذ كان معدل قيمة النفاذية بحدود % 55 عند $450\ C^{\circ}$ وازداد إلى % 92 عند $500\ C^{\circ}$ ضمن منطقة الطيف المرئي .

إن قيمة النفاذية التي تم الحصول عليها (% 92) لطول موجة $800\ nm$ وسماكة تقريبا $0.5\ \mu m$ تعد عالية مقارنة ببقية أغشية الأكاسيد الموصلة الشفافة حيث

يمكن أن يعزى ذلك إلى زيادة نعومة والتجانس النسبي للفيلم الرقيق مما يقلل من تشتت الضوء الماقط.

تبين الخصائص البصرية مدى النفاذية العالية للأشعة الكهرومغناطيسية الشمسية ضمن طول موجة صغير $(400 - 800)$ nm وانعكاسية منخفضة ضمن نفس الطول الموجي كما في الشكل (د). كما تبين زيادة كبيرة في الانعكاسية وانخفاض حاد في النفاذية عند أطوال موجة بين $(1500-10000)$ nm وهذا ما يفسر الخاصية الانتقائية للفيلم حيث أن الفيلم يتنقى أطوال الموجة الصغيرة والتي تحمل طاقة حرارية عالية

(كلما صغر طول الموجة ازدادت طاقتها) بينما لا تتفذ منه الموجات ذات الطول الأكبر .

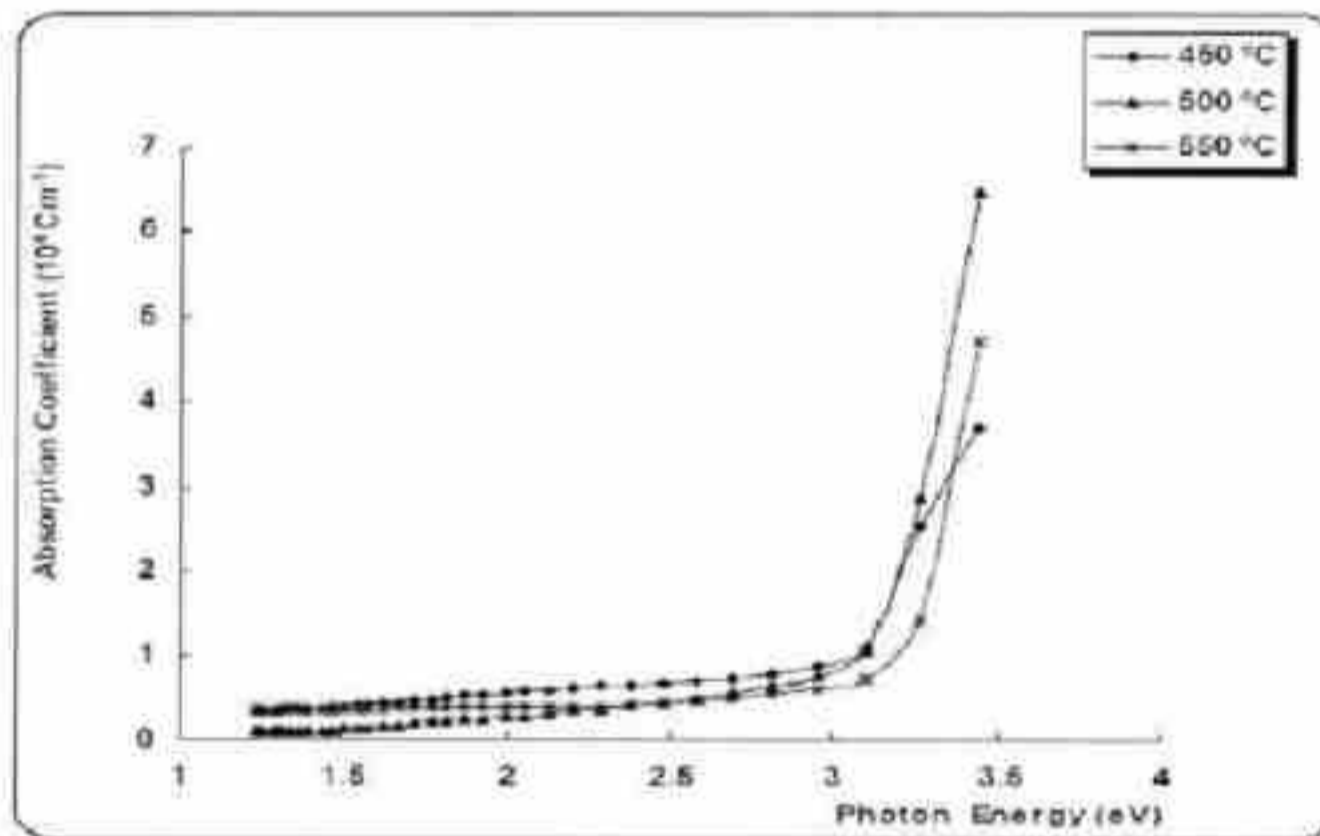


الشكل (د) علاقة النفاذية والانعكاسية للفيلم ZnO:Al بطول الموجة

يمثل الشكل (٦) العلاقة بين معامل الامتصاص وطاقة الفوتون الساقط (طاقة الفوتون الساقطة تعبر على طول الموجة) يلاحظ من الشكل أن هناك زحف في حافة حزمة الامتصاص باتجاه الطاقات العالية وهذا الزحف يمكن أن يعزى إلى زيادة تركيز الحاملات الحرة والتي أدت إلى حجب الموجات ذات الطاقة المنخفضة (الأطول) ويمكن توضيح ذلك كمايلي :

عند زيادة تركيز الحاملات تملأ معظم الحالات القريبة من حافات الحزم وهذا يؤدي إلى انتقال الإلكترونات إلى حالات واقعة فوق حافات الحزم مما يتطلب فوتونات ذات طاقات أعلى لتحقيق انتقال الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ، لذلك يحدث زحف حافة الامتصاص باتجاه الطاقات العالية وبالتالي طول موجة صغير أي أن الامتصاصية تزداد كلما قل طول الموجة .

أما فوتونات الطاقات المنخفضة فلا يمكنها تحفيز الإلكترونات مما يعني عدم تهيئها وهذا أدى إلى تعزيز فجوة الطاقة البصرية .



الشكل (٦) العلاقة بين معامل الامتصاص وطاقة الفوتون الساقط لأغشية ZnO:Al

المقترحات :

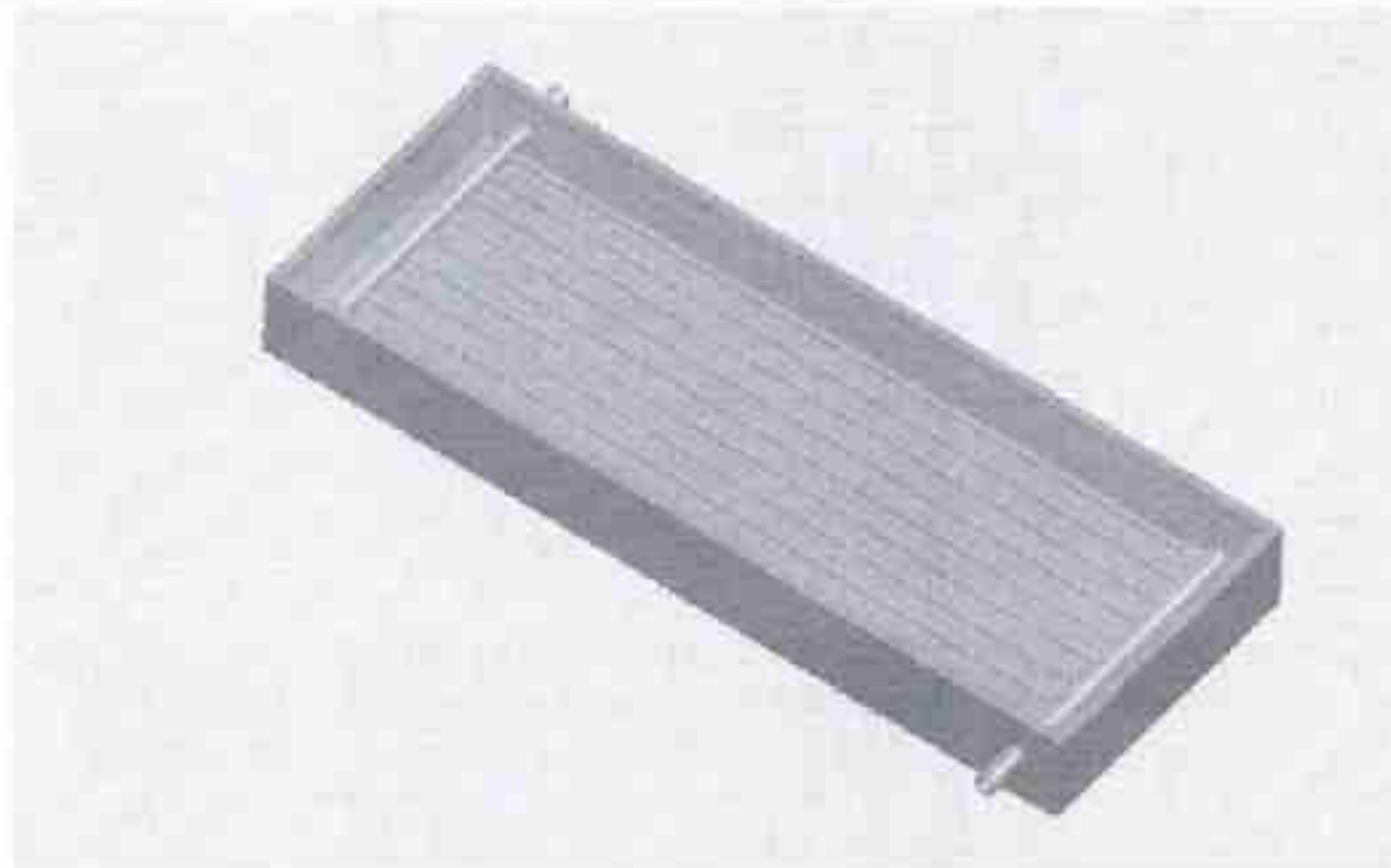
بناء على دراسة الخصائص الهيكلية والبصرية (الضوئية) للفيلم الرقيق من ZnO:Al تبين أنها ذات نفاذية عالية تصل إلى 92% وانعكاسية منخفضة جدا لا تتجاوز 5% وانبعائية منخفضة 31% ضمن منطقة الطيف المرئي nm (- 400 800) كما أبدى امتصاصية جيدة لأطول الموجات الصغيرة أي أنه ينفقي الأشعة الكهرومغناطيسية الشمسية ذات طول موجة صغير (والتي تحمل طاقة حرارية عالية) بينما يرفض الأشعة المغناطيسية الشمسية ذات طول الموجة الكبير ونظرا لاستقراره الكيميائي والحراري الكبير وتركيبه الهيكلي المتماسك وإمكانية توفره بسهولة وعدم سميته لذا ينصح باستخدامه في اللاقط الشمسية لأغراض التدفئة وتوليد الكهرباء .

٣-١-٤- الدراسة العملية على اللاقطين الشمسيين العادي والمعدل :

لمقارنة الأداء الحراري للاقط الشمسي المسطح ذي التصميم المعدل (ترسيب طبقة رقيقة من أكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم) مع لاقط مسطح عادي تمت الدراسة على مجعنين بنفس الأبعاد والموصفات ولا تختلف عن بعضها سوى أن :

- الأول ذو تصميم عادي .
- الثاني مجمع مزود بطبقة رقيقة (فيلم) من أكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم على الجزء الخلفي من الغطاء الزجاجي الشفاف وقد تمت دراسة الفيلم وطريقة ترسيبه في الفقرة السابقة .

حيث أجريت الدراسة التجريبية لخمس قراءات في اليوم لكل مجمع بشكل منتظم من الساعة العاشرة صباحا حتى الساعة الثانية بعد الظهر على مدار ثلاثة أيام (صحو - غائم جزئيا - غائم كليا) .



الشكل (٧) التصميم العادي للمجمع الشمسي المسطح

وأبعاد كل لاقط مبينة في الجدول (١) :

زاوية خط العرض لموقع اللاقط	$\theta = 35.20^\circ$		ظروف الاختبار
ميل المجمعات	$= 45^\circ \beta$		
طول المجمع	$L_{coll} = 1.76 \text{ m}$	الأبعاد الكلية للمجمع	أبعاد المجمع الشمسي
عرض المجمع	$W_{coll} = 0.76 \text{ m}$		
سماكة المجمع	$\delta_{coll} = 0.18 \text{ m}$		
طول الصفیحة الماصة	$L_p = 1.7 \text{ m}$	أبعاد الصفیحة الماصة	
عرض الصفیحة الماصة	$W_p = 0.75 \text{ m}$		
$N = 1$	عدد الأغشية		الغطاء
زجاج	المادة		
النفاذیة	$T_g = 0.87$	الطیف الشمسي	
الإشذاریة	$\epsilon_g = 0.88$	الأشعة تحت الحمراء	
الحیز بین الصفیحة والغطاء	$h = 0.11 \text{ m}$		
المادة	تحاس أحمر مطلي بطلاء أسود ناشف		الصفیحة

التوصيلية الحرارية	$K_p = 385 \text{ w/m.C}^\circ$		
السماكة	$\delta_p = 0.0005 \text{ m}$		
الامتصاصية	$\alpha_p = 0.98$		
الإصدارية	$\epsilon_g = 0.98$		
السماكة	$\delta_e = 0.05 \text{ m}$	العوازل الجانبية	العوازل الجانبية والخلفية
التوصيلية الحرارية	$K_e = 0.045 \text{ w/m.C}^\circ$		
السماكة	$\delta_b = 0.05 \text{ m}$	العوازل الخلفية	
التوصيلية الحرارية	$K_b = 0.045 \text{ w/m.C}^\circ$		
عدد الأنابيب	9		الأنابيب والسائل
القطر الداخلي	$D = 0.01 \text{ m}$		
وسيط التشغيل	الماء		
التدفق الكتلي الكلي	$m' = 0.00598 \text{ kg/s}$		
الحرارة النوعية	$C_p = 4186 \text{ j/kg.K}$		
الكثافة	$\rho = 998.2 \text{ j/kg.K}$		
اللزوجة	$\mu = 1.006 \cdot 10^{-6} \text{ kg/sec.m}$		
سرعة تدفق السائل في الأنابيب	$v = 0.00847 \text{ m/ sec}$		
التوصيلية الحرارية للماء	$K_f = 0.597 \cdot 10^{-3} \text{ w/m.K}$		

الجدول (١) يبين أبعاد اللواقط التي تمت عليها الدراسة التجريبية

جدول (٢) : يمثل البيانات المأخوذة من إجراء الاختبار بالنسبة للاقطين الشمسيين العادي والمعدل :

التاريخ	الوقت	E_c	t_{amb}	$t_{c,in}$	$t_{c,o}$	$t_{c,om}$
يوم صافي	10	889	8.5	10	28.5	31.3
يوم صافي	11	906	9	11	31.3	33.7
يوم صافي	12	890	9.5	11	32.3	34.6
يوم صافي	13	814	10	12	33.2	36
يوم صافي	14	625	10	12.5	28.4	31
غائم كلياً	10	219	10.5	10.5	14.4	15.1
غائم كلياً	11	210	11	11	14.2	15.1
غائم كلياً	12	69	11	11.5	12.2	12.8
غائم كلياً	13	48	11	11.5	12	12.6
غائم كلياً	14	68	11	11.5	12.3	12.9
غائم جزئياً	10	130	11	11	14.3	15
غائم جزئياً	11	121	11.5	11.5	13.9	14.7
غائم جزئياً	12	173	12	12	14.9	15.6
غائم جزئياً	13	225	12	12	15.2	16
غائم جزئياً	14	630	12	12	22.2	24.1

٣-٢- الحسابات :

- يتم حساب كمية الحرارة المفيدة للمجمع العادي^[25] :

$$Q_u = m' \cdot C_p (t_{c,in} - t_{c,o})$$

- يتم حساب كمية الحرارة المفيدة للمجمع المزود بفيلم رقيق :

$$Q_{um} = m' \cdot C_p (t_{c,in} - t_{c,om})$$

حيث :

m' : التدفق الكتلي الكلي في كل لاقط وقيمه $m' = 0.00598 \text{ Kg/s}$

C_p : السعة الحرارية النوعية للماء تحت ضغط ثابت $C_p = 4.186 \text{ Kj / Kg.K}$

- يتم حساب المردود الذي هو النسبة بين الريح المفيد من الطاقة خلال فترة محددة من الوقت إلى الإشعاع الساقط في نفس الفترة الزمنية من العلاقتين لكلا المجمعين^[25] :

$$\eta = EFP = Q_u / A_c \cdot E_c = m' \cdot C_p (t_{c,in} - t_{c,o}) / A_c \cdot E_c$$

$$\eta_m = EFP_m = Q_{um} / A_c \cdot E_c = m' \cdot C_p (t_{c,in} - t_{c,om}) / A_c \cdot E_c$$

حيث :

E_c : شدة الإشعاع الشمسي الساقط على مستوى المجمع (w / m^2)

- يتم حساب المساحة الفعالة من الصفحة الماصة A_c وفق العلاقة :

$$A_c = n \cdot w \cdot L_p = 9 \cdot 0.075 \cdot 1.7 = 1.1475 \text{ m}^2$$

حيث :

n تمثل عدد الأنابيب

w : الخطوة بين الأنابيب

L_p : طول الأنبوب أو طول الصفحة الماصة

- يتم حساب درجة حرارة السائل الوسطية كقيمة تقريبية :

$$t_m = (t_{c,in} + t_{c,o}) / 2$$

- يتم تحديد منحني كفاءة اللاقط الشمسي بالاعتماد على العلاقات التالية :

$$(t_m - t_{amb}) / E_c \quad \& \quad (t_{c,in} - t_{amb}) / E_c$$

- يتم حساب تكلفة وحدة الطاقة لكلا اللاقطين بالعلاقة :

$$e.u.c = c.c / Q_u \quad (s.p / w/m^2)$$

٣-٢-١ - نتائج المجمع العادي :

التاريخ	الوقت	$t_{c,in}$	$t_{c,o}$	EFP(η)	$t_{c,o} - t_{c,in}$	Q_u
يوم صافي	10	10	28.5	0.4535	18.5	462.6
يوم صافي	11	11	31.3	0.4883	20.3	507.6
يوم صافي	12	11	32.3	0.5216	21.3	532.6
يوم صافي	13	12	33.2	0.5676	21.2	530.1
يوم صافي	14	12.5	28.4	0.5544	15.9	397.6
غائم كليا	10	10.5	14.4	0.3881	3.9	97.5
غائم كليا	11	11	14.2	0.3321	3.2	80
غائم كليا	12	11.5	12.2	0.2211	0.7	17.5
غائم كليا	13	11.5	12	0.2270	0.5	12
غائم كليا	14	11.5	12.3	0.2564	0.8	20

غانم جزئيا	10	11	14.3	0.5532	3.3	82
غانم جزئيا	11	11.5	13.9	0.4323	2.4	60
غانم جزئيا	12	12	14.9	0.3653	2.9	72
غانم جزئيا	13	12	15.2	0.3100	3.2	80
غانم جزئيا	14	12	22.2	0.3529	10.2	255

٣-٢-٢- نتائج المجموع المعدل :

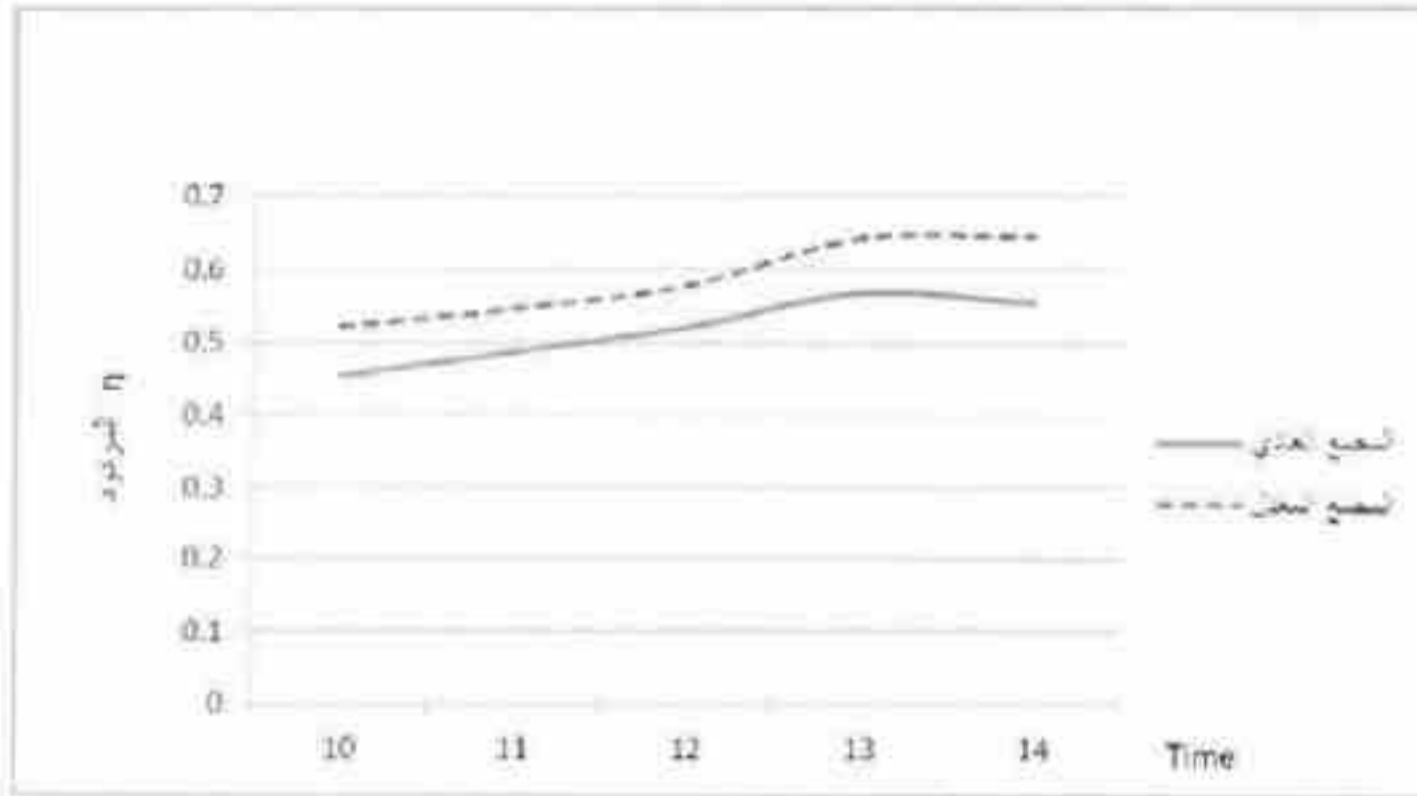
التاريخ	الوقت	$t_{c,in}$	$t_{c,om}$	$EFP_m(\eta_m)$	$t_{c,om} - t_{c,in}$	$Q_{U,m}$
13/11/2013	10	10	31.3	0.5222	21.3	532.7
13/11/2013	11	11	33.7	0.5460	22.7	567.6
13/11/2013	12	11	34.6	0.5779	23.6	590.1
13/11/2013	13	12	36	0.6426	24	600.2
13/11/2013	14	12.5	31	0.6451	18.5	462.6
30/11/2013	10	10.5	15.1	0.4578	4.6	115
30/11/2013	11	11	15.1	0.4255	4.1	102.5
30/11/2013	12	11.5	12.8	0.4106	1.3	32.5
30/11/2013	13	11.5	12.6	0.4994	1.1	27.5
30/11/2013	14	11.5	12.9	0.4487	1.4	35

1/12/2013	10	11	15	0.6706	4	100
1/12/2013	11	11.5	14.7	0.5764	3.2	80
1/12/2013	12	12	15.6	0.4535	3.6	90
1/12/2013	13	12	16	0.3874	4	100
1/12/2013	14	12	24.1	0.4186	12.1	302.6

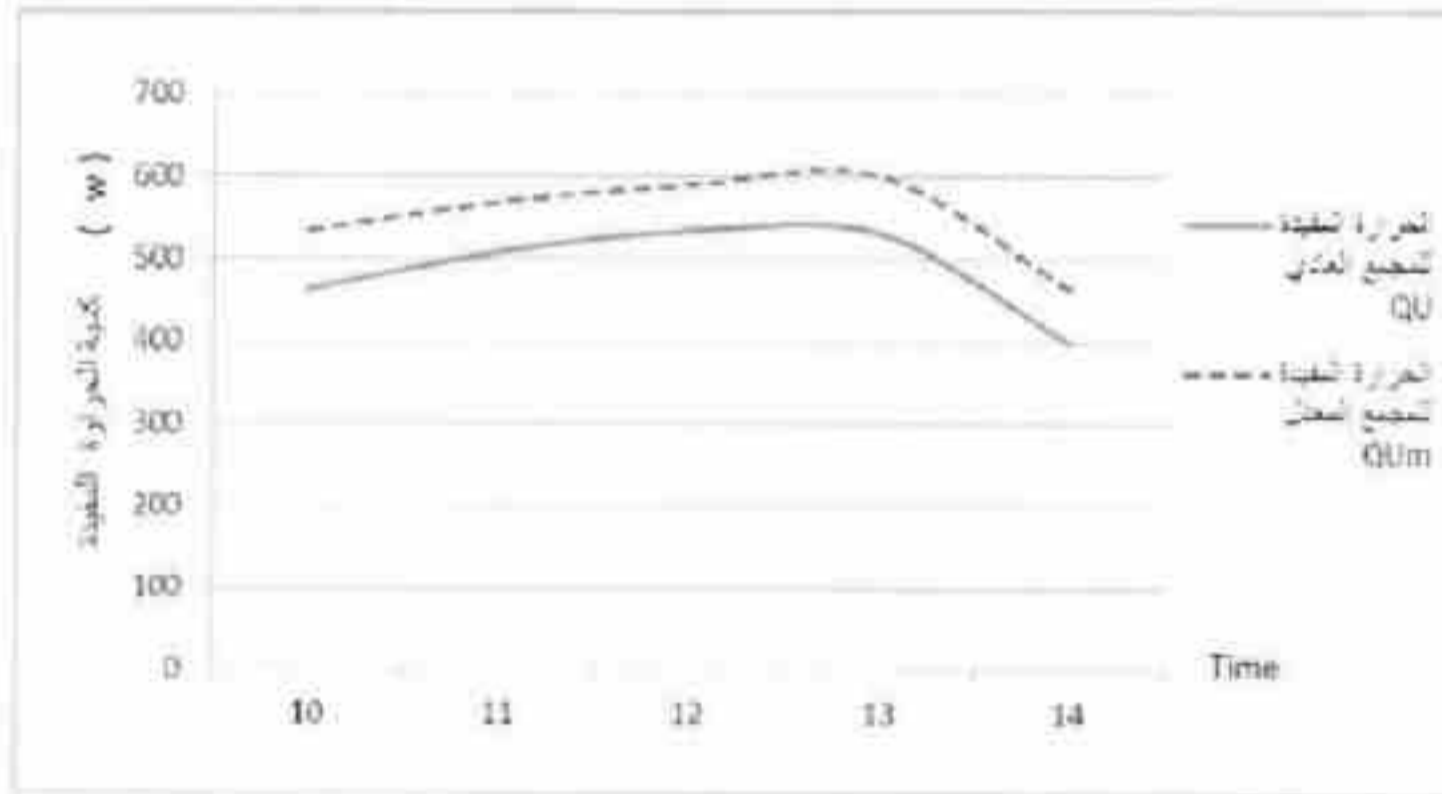
٣-٢-٣ - نتائج المردود اليومي والحرارة المفيدة والفرق في زيادة المردود وكمية الحرارة في كل يوم وكل لاقط خلال فترة الاختبار :

التاريخ	E_c	EFP	EFP_m	Q_u	$Q_{u,m}$	$EFP_m - EFP$	$Q_{u,m} - Q_u$
يوم صافي	4124	0.5137	0.5820	2431	2754	0.0683	323
يوم غائم كلياً	614	0.3236	0.4443	228	313	0.1207	85
يوم غائم جزئياً	1279	0.3755	0.4586	551	673	0.0831	122

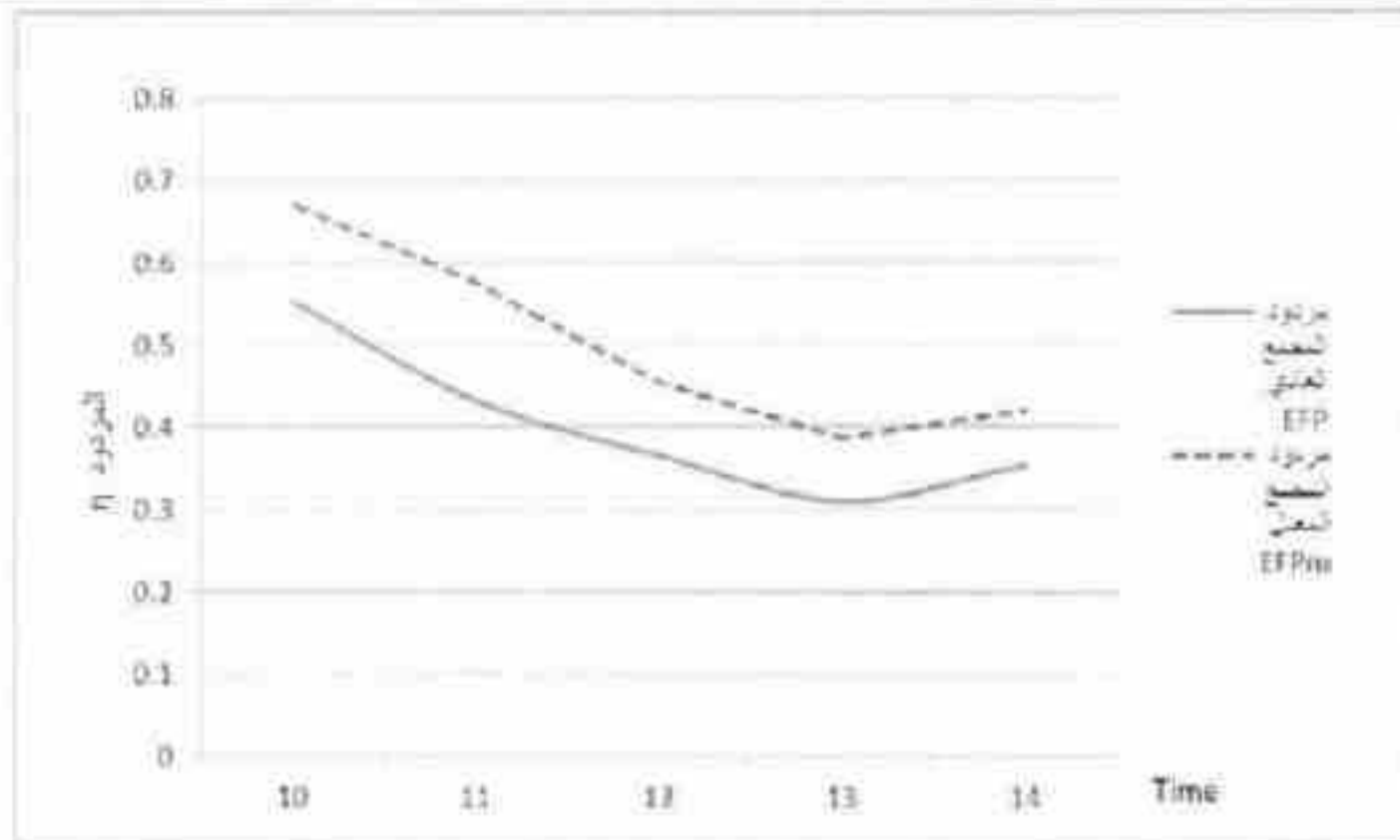
٣-٢-٤- المخططات البيانية :



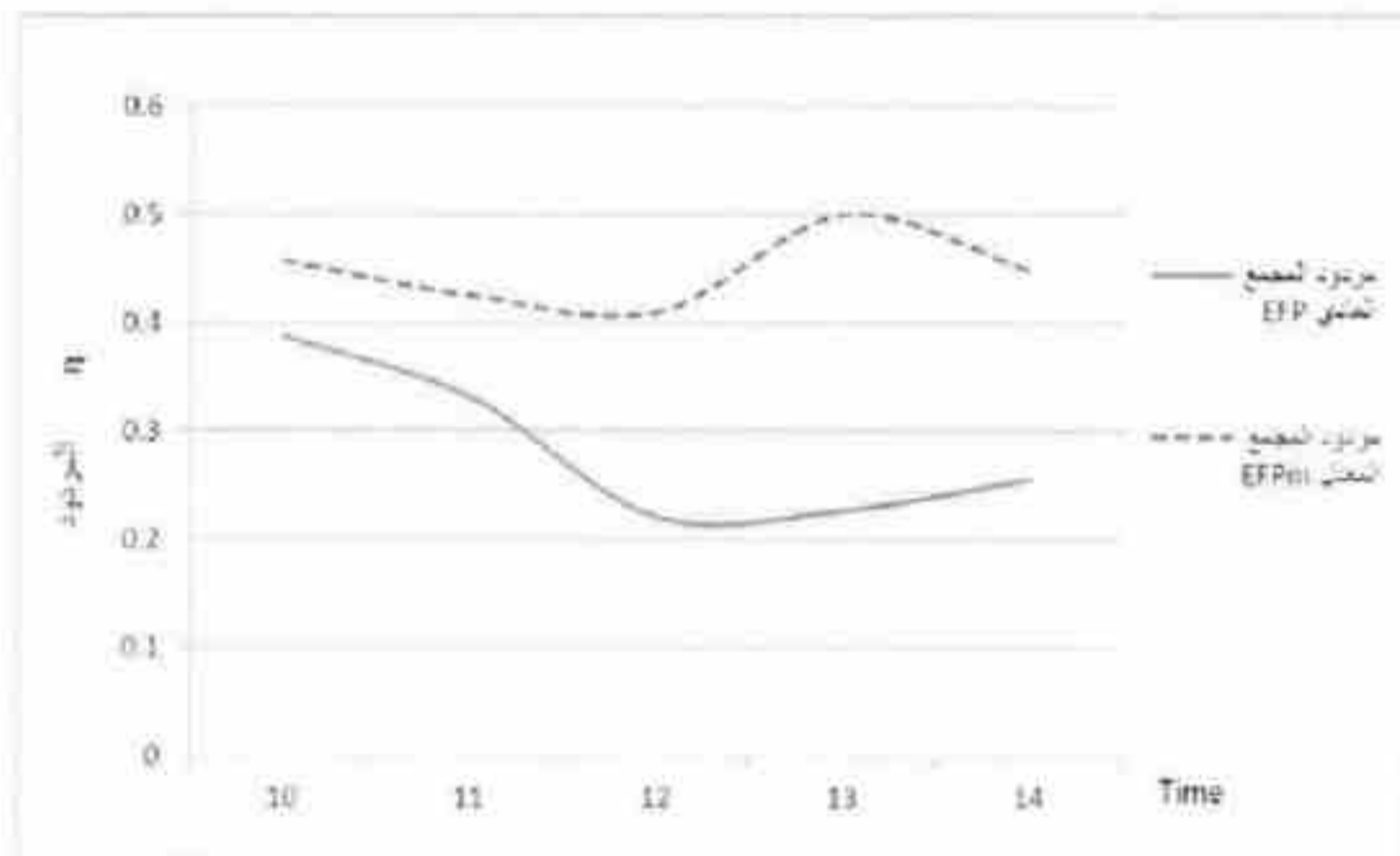
الشكل (٨) مردود كل مجمع في يوم صاف بدلالة ساعات اليوم



الشكل (٩) الحرارة المفيدة لكل مجمع في يوم صاف بدلالة ساعات اليوم



الشكل (١٠) مردود المجمعين العادي والمعدل في يوم غائم جزئيا بدلالة ساعات اليوم



الشكل (١١) مردود المجمعين العادي والمعدل في يوم غائم كليا بدلالة ساعات اليوم

٣-٢-٥- مناقشة النتائج والمقترحات :

- من الشكل (٨) الذي يمثل مردود المجمعين الشمسيين العادي والمزود بفيلم انتقائي بدلالة ساعات اليوم ليوم صاف والشكل (٩) الذي يمثل كمية الحرارة المفيدة خلال نفس اليوم تبين مايلي :

١- أن مردود كل من المجمعين حتى فترة الظهيرة لا تبدي زيادة ملحوظة وذلك بسبب القصور الذاتي للمجمع حيث يستهلك المجمع في بداية تشغيله كمية من شدة الإشعاع الشمسي في تسخين كتلة المجمع وعند فترة الظهيرة وحتى الساعة الواحدة بعد الظهر تزداد قيمة المردود في كل مجمع حيث تكون نسبة الريح الحراري أكبر من نسبة الضياعات بسبب أن كمية الإشعاع الشمسي تزداد وكذلك تزداد درجة حرارة الهواء المحيط t_{amb} ، فتتخفض نسبة الضياعات الحرارية بسبب انخفاض الفرق بين درجة حرارة الصفيحة الماصة الوسطية $t_{a,m}$ ودرجة حرارة الوسط المحيط t_{amb} .

٢- يبدي المجمع المزود بفيلم انتقائي تحسنا في المردود بنسبة 13% عن مردود المجمع المسطح العادي حيث النفاذية العالية للإشعاع الشمسي الكهرومغناطيسي وانعكاسية منخفضة في حيز صغير أكثر فاعلية من منطقة الطيف المرئي (400-800) nm .

يبدي المجمع المزود بفيلم انتقائي ربحا في كمية الحرارة المفيدة المساقطة بنسبة 13% عما هي في المجمع العادي .

- من الشكل (١١) الذي يمثل مردود المجمعين الشمسيين العادي والمعدل خلال يوم غائم كلياً تبين أن مردود المجمع العادي بيدي انخفاضاً ملحوظاً مع تقدم ساعات وذلك نتيجة الزيادة في الضياعات الحرارية فيه بينما المجمع المعدل بيدي استقرار حراري جيد على مدار ساعات النهار حيث أن الضياعات الحرارية فيه أقل .
- من الشكل (١٠) الذي يمثل مردود المجمعين العادي والمعدل خلال يوم غائم جزئياً بدلالة ساعات اليوم نلاحظ أن مردود المجمع المعدل بيدي تحسناً حيث يكون الفرق في المردود أقل ما يمكن خلال فترة الظهر الشمسي نتيجة ارتفاع درجة حرارة الصفيحة الماصة وزيادة ضياعات الاشعاع والحمل إلا أن هناك استقراراً حرارياً جيداً في المجمع المعدل .

المقترحات :

بما ان مردود المجمع المعدل (ذو الفيلم الانتقائي) قد ازداد عن مردود المجمع العادي بنسبة 9% حيث بلغ مردود المعدل 49% بينما العادي 40% وحصلنا على ربح في كمية الحرارة المفيدة خلال فترة الاختبار وقيمتها $\Delta Q = 530$ لصالح المجمع ذو الطبقة الانتقائية وبالتالي خفض كلفة الطاقة المنتجة له ، لذا ننصح بإضافة فيلم انتقائي رقيق من أوكسيد الزنك المحمل على الألمنيوم ZnO:Al على السطح الداخلي للغطاء الزجاجي الشفاف .

References

- [1] K. Kilmer, F. Kudcila, R. Mientus, R. Schieck, and S. Fiechter. Influence of discharge parameters on the layer properties of reactive magnetron sputtered ZnO:Al films. *Thin Solid Films*, 247:15, 1994.
- [2] H. Yoshikawa and S. Adachi. Optical constants of ZnO. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 36:6237, 1997.
- [3] G.E. Jellison Jr. and L.A. Boatner. Optical functions of uniaxial ZnO determined by generalized ellipsometry. *Phys. Rev. B*, 58:3586, 1998.
- [4] A.B. Djuricic, Y. Chan, and E.H. Li. The optical dielectric function of ZnO. *Appl. Phys. A*, 76:37, 2003.
- [5] J. Duffie, W. Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley, New York, (1991).
- [6] Vajen, Stadler, Jordan. *Solartechnik* . Universitaet Kassel, Germany, (2005).
- [7] المرجع في مبادئ الطاقة الشمسية الحرارية وتطبيقاتها ، د.رامى جورج ، د.وجيه ناعمة ، د.طلال قاسم ، د. مارديروس آرا صايغ ، د. رضوان المصري ، د. سلمان عجيب منشورات جامعة البعث ٢٠٠٨-٢٠٠٩.
- [8] رضوان المصري ، مارديروس آرا صايغ . انتقال الحرارة ، منشورات جامعة حلب ، سورية، ١٩٩٥.

Received / /2014
Accepted / /2014