الباب الأول

1-1 المقدمة

1-1-1 تاريخ الخلايا الشمسية

الخلية الشمسية أو الخلية الكهروضوئية هي أداة إلكترونية مصنوعه من أشباه الموصلات تولدعبرها فرق جهد عند تعرضها للضوء ويتولد عنها تيار كهربائي ترتبط قيمته بمعامل امتصاصها للضوء الساقط

تستخدم الخلايا الشمسية في عملية تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلي كهرباء وتعرف هذه الآلية بالتحويل الكهروضوئي أو التحويل الفوتوفلطائي Photovoltaic conversion.

يعود إكتشاف الأثر الكهروضوئي إلي عام1839 عندما قام العالم Becquerel بدراسة تأثير الضوء علي بعض المعادن والمحاليل وخصائص التيار الناتج عنه كما ادخل العالمان (Adams and smith) مفهوم الناقله الكهربية الضوئيه لأول مره عام 1877 وتم تركيب أول خلية شمسية من مادة السيلينيوم (sc) من قبل العالم فريتز (fritts) عام 1833.

وقد سجل عام1941تصنيع أول خلية شمسية سيليكونية بكفاءه لاتتجاوز 1% ثم لحق ذلك انجاز مختبر بل الامريكيه (bell lab) في تصنيع البطاريه الشمسية (solar energy) في منتصف الخمسينات بكفاءة بلغت 6% كما تم في نفس الفتره تركيب أول خلية شمسية من مواد كبرتيت الكادميوم وكبرتيت النحاس اطلق عليه في ما بعد الخلايا الشمسية ذات الافلام الرقيقه(thin film) .

وفي بداية الستينيات تم إستخدام الخلايا الشمسية في الاغراض الفضائيه ، تطورت الخلايا السيليكونية مع زياده واضحه في كفاءتها ، وتطور إستخدام الخلايا الشمسية إلي اكثر من الاغراض الفضائيه وصار إستخدامها في الاغراض الارضيه، وقد شهدت بداية الثمانينات انتاج تجريبي لتقنيات احدث تهدف إلي خفض تكاليف الخلايا ورفع كفاءتها.

2-1 أهمية الخلايا الشمسية

تنبع أهمية الخلايا بكونها تستمد الطاقه من مصدر لا ينضب مثل الشمس . وهي أيضا لاتسبب تلوثا للبيئه. علاوه أن شعاع الشمس ينتشر في معظم انحاء العالم.

وتتميز الخلايا الشمسية بأنها لاتشمل أجزاء أوقطع متحركه وهي لاتستهلك وقودا وحياتها طويله ولاتتطلب الا القليل من الصيانة .

ويتحقق افضل إستخدام لهذه التقنية تحت تطبيقات وحدة الإشعاع الشمسي (وحدة شمسية) أي بدون مركزات أو عدسات ضوئية ولذا يمكن تثبيتها علي اسطح المباني ليستفاد منها في انتاج الكهرباء وتقدر عادة كفاءتها بحوإلي 20% أما الباقي فيمكن الإستفاده منه في توفير الحرارة للتدفئه وتسخين المياه. كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الإتصالات المختلفه وفي إنارة الطرق والمنشات وفي ضخ المياه وغيرها .

وتمتاز الخلايا الشمسية بالعديد من المميزات فهي تقوم بتحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلي تيار كهربائي مستخدمه التأثير الفولتي دون اللجوء إلي المعالجه الحرارية وهي تعطي طاقه غير ناضبه ولاتحتاج إلي صيانه كثيره وتلائم المناطق النائيه.

وللخلايا الشمسية استجابه فوريه للاشعاع الشمسي ومتوقع لها عمر يزيد عن عشرين سنه. وهي يمكن وضعها في مكان الاستعمال ولاتحتاج أي شبكات توزيع لتشغيلها وكما تعتبر مصدرا للطاقة النظيفه دون أي مخلفات تلحق الضرر بالبيئه ولايوجد تداخل بينها وبين انظمة الرادار والاتصالات السيلكيه واللاسيلكيه .

1- 3 مشكلة البحث

تمتص الخلايا الشمسية 15% فقط من الأشعه الساقطه عليها مما يؤدي إلي قلة الكفاءة .كما ان المواد المصنعه منها الخلايا الشمسية مكلفة وغير متوفره وتتاثر بالبيئه المحيطه (غبار – سحب- امطار) هذا بالاضافه إلي ان تصنيعها يحتاج إلي تقنيات معقده.

4-1 الغرض من البحث

يهدف هذا البحث لمعرفة كيفية زيادة كفاءة الخلية الشمسية بإستخدام الخلايا الصبغية النانوية حيث أنها قليلة التكلفه ولاتتطلب اجهزه معقده في تصنيعها ويمكن إستخدامها في ظروف الاضاءة البسيطه (عندما لايكون هناك ضوء كافي) وتتحمل درجات الحراره العاليه.

5-1 محتوي البحث

يحتوي هذا البحث علي عدة ابواب هي الباب الأول وهو مقدمه عامة عن الخلايا الشمسية الإلكترونية ويحتوي الباب الثاني علي تركيب الخلايا الشمسية الإلكترونية وطريقة عملها ويحتوي الباب الثالث علي طبيعة الخلايا الصبغية النانوية وطريقة عملها أما الباب الرابع فيحتوي علي التطبيق العملي للخلايا الشمسية الإلكترونية والصبغية النانوية.

الباب الثاني

تركيب وكيفيةعمل الخلايا الشمسية

2-1 مقدمة

من أهم المواد المستخدمه في الخلية الكهروضوئية هي أشباه الموصلات مثل السيليكون و الجرمانيوم والتيلريوم وتستخدم الخلية الشمسية في تحويل أشعة الشمس الضوئيه لكهرباء عبر آلية معينة وبإستخدام نبائط إلكترونية ضوئية تصمم بطريقة معينة. سيتعرض لها هذا الباب كما سيتنأول هذا الباب بنية الخلية وكفاءتها

2-2 بلورة السيليكون

يمتاز السيليكون بأنه مادة شبه موصله للتيار الكهربئ أي يحتوي علي اربعه إلكترونات في المدار الاخير وتسعي بلورة السيليكون للوصول إلي الثبات الثماني لذلك تشارك كل ذرات السيليكون المجاوره لها بإلكترون واحد فقط مما يجعلها مكونه من شبكه من ذرات السيليكون تتدعي بالبلورة، وتكون البلورة خالية من الإلكترونات الحره لذلك لاتوصل التيار الكهربي بكفاءة ،لذا يتم إجراء تعديل بسيط في هذه البلورة أي اضافة مادة اخري(شوائب).

وتسمي أشباه الموصلات التي تطعم بذرات تحتوي علي إلكترونات إضافيه بالنوع السالب (n-type) لأنه تم اضافة إلكترون للتركيب البلوري للذرات .ولهذا يعتبر السيليكون المطعم بالفسفور موصل افضل من السيليكون النقي .

كما أنه يوجد تطعيم بذرات توفر إلكترونات إضافيه هناك تطعيم اخر بذرات لها عدد اقل من الإلكترونات مثل البورون أو الالمونيوم وتسمي المواد الناتجه عن هذا التطعيم بالنوع الموجب (p-type) وتتكون الخلية الشمسية من وصلة من النوع الموجب ووصلة من النوع السالب (p-n)

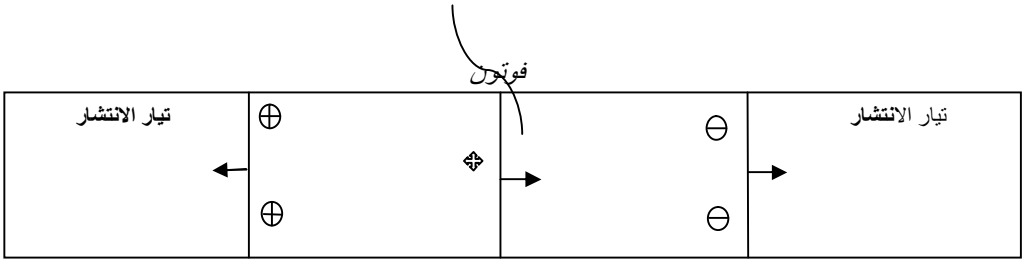
2-3 كيفية عمل الخلية الشمسية

عند تزويد السيليكون النقي بالطاقة ولتكن طاقة حرارية مثلا لوجدنا ان بعض الإلكترونات تتحرر وتترك مكانها محل شاغر يسمي بالفجوه تعمل هذه الفجوة على السماح لإلكترون في الجوار بالانتقال إليها تاركا فجوة اخرى وهكذا تستمر حركة الإلكترونات في اتجاه وحركة الفجوات في الاتجاه المعاكس وهذه الحركة هي تيار كهربي.

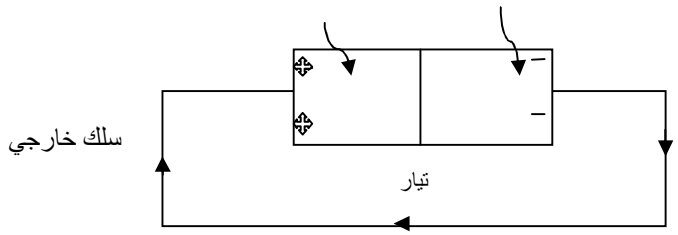
ولكن في حالة ذرات السيليكون المطعمة بذرات الفوسفور التي تحتوي علي خمسه إلكترونات في المدار الاخير، يصبح الامر مختلف من ناحية ان الطاقة اللازمة لبدا تحريك الإلكترونات اقل بكثير من حالة السيليكون النقي.

عند سقوط ضوء الشمس علي الوصله (p-n) وكل فوتون له طاقه تزيد عن (1.1) إلكترون فولت سوف تكون زوج من الإلكترونات والثقوب في منطقة الاستنفاد الموجوده قرب منطقة الامتصاص بين النوع n وp وبسبب وجود الأيونات الموجبه في النوع n وأيونات سالبه في النوع p يؤدي ذلك إلي زيادة تركيز الأيونات الحره في النوع n في منطقة الاستنفاد ليتحرك تيار الإلكترونات بتأثير الانتشار عن منطقة الالتصاق والاستنفاد متجها نحو حافة n في أقصي إليمين . بينما يتحرك تيار انتشار ثقبي (فجوه) إلي أقصي الشمال .

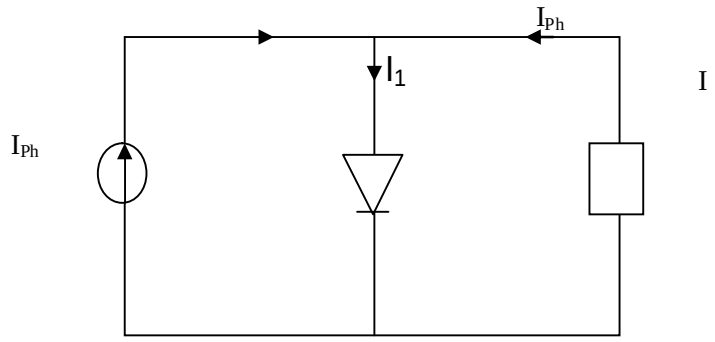
وينتج عن ذلك تراكم إلكترونات بتركيز عالي في أقصي يمين الوصله وثقوب بتركيز عالي في أقصي شمال الوصلة وينشا بذلك فرق في الجهد يتسبب في تراكم الشحنات السالبه أقصي إليمين والموجبه أقصي الشمال وعند توصيل الطرف الأيمن بالطرف الأيسر بسلك موصل يسري تيار إلكتروني من n عبر السلك ليصل إلي p.



الشكل(2-3-1) تركيب الخلية الشمسية



الشكل (2-3-2) سريان التيار الإلكتروني في الخلية



الشكل (2-3-3) الدائرة المكافئة للخلية

يعطي التيار الكلي في الصيغة:-

$$I = I_L - I_{Ph} = I_0\left(e^{qV/kt} - 1\right) - I_L \qquad (1\text{-}3\text{-}2)$$

وعندما تكون الخلية غير مضاءه يساوي تيار الانتشار I_S الناتج عن توليد الحراري للاكترونات والثقوب في منطقةالاتصال ويمكن ربط التيار بجهد الثنائي بالعلاقه الاسيه :-

$$I = I_S\ \left(exp\left[\frac{2V}{kt}\right] - 1\right) = I_S - I_S = 0 \qquad (2\text{-}3\text{-}2)$$

حيث I التيارالمار في الثنائي وتيار التشبع العكسي.

q تمثل شحنه الإلكترون، K ثابت بولتزمان، T درجه الحراره المطلقه.

وعند الإضاءه يصبح تيار التولد الضوئي والحراري I_S + I_L اكبر من تيار الانتشار I_S.

4-2 بنية الخلية الشمسية السيليكونية

بالاضافة للوصلة الثنائية p-n تحوي الخلية الأجزاء التآلية :

1-4-2 الغطاء الزجاجي

تغطى الخلايا عادة بطبقة زجاجية أو مادة ذات معامل انكسار يساوي (1.5) بالاضافة الى امتلاكها العامل المناسب للانكسار ويجب ان تكون شفافة ومتينة . ففائدة الغطاء لا تعتمد على توفير الحماية الميكانيكية فحسب بل يعمل أيضا كعازل ويوفر نسبة من الحماية الكيميائية ويحمي من اضرار البيئة الخارجية كما أنه يحفظ التوصيلات المعدنية من التاكسد الذي تسببه العناصر المؤكسدة في الجو ويجب ان يكون الزجاج ذي قابليه لتحمل درجات الحرارة المتغيرة وخاصة بصورة مفاجئة وان يكون رخيص الثمن .

2-4-2 الطلاء غير العاكس

يتم طلاء سطح الخلية (الجزء المعرض للضوء) بمادة غير عاكسة للضوء مما يؤدي الى تقليل الأشعه الى حد ما . ويتم اختيار المادة بحيث يكون معامل انكسارها مثالي بحيث يعطي ادنى انعكاس عند 600 نانومتر ومعدل الضوء المنعكس الذي يمكن الاستفادة منه يساوي 1096 تقريبا يقابل اكثر من 30% في حالة السيليكون غير المطلي .يزيد الغطاء الزجاجي القيمة المثآلية لمعامل الانكسار للطلاء غير العاكس إلي حوإلي 3-2 .

يجب ان تكون المادة أيضا شفافة وترسب عادة كطبقة بلورية أو عشوائية لكي لايتشتت الضوء عنها . ويمكن تحسين كفاءة الخلية الشمسية باستعمال طلاء غير عاكس متعدد الطبقات هذه الطبقات تختزل الانعكاس .وبإستخدام طلاء بطبقتين في الخلايا عالية الكفاءة يمكن تقليل انعكاس ضوء الشمس المستخدم إلى حوالي 4%.

3-4-2 السطح الخشن

طريقة تخشين السطح تؤدي إلي تقليل الانعكاس وتتضمن هذه الطريقة إزالة طبقة من سطح السيليكون بواسطة التأكل بإستخدام محلول كيميائي والمحلول الشائع الإستخدام لتخشين السطح هو محلول هيدروكسيد الصوديوم القلوي وهناك بعض المشاكل مرتبطه بإستخدام السطوح المخشنه منها لزوم العنايه عند إستخدامها

كما ان هذه السطوح تكون فعاله جدا في اعادة الضوء المنعكس إلي الخلية لجميع الاطوال الموجيه ومنها الأشعه تحت الحمراء التي تزيد من حرارة الخلية .

4-4-2 الوصل الخلفي

تم الحصول علي تحسينات اكثر في أداء الخلية الشمسية بعد توجيه الوصل الخلفي وبذلك فان السرعة المنخفضه لاعادة الاتحاد تحسن فولتية الدائرة المفتوحه وبذلك يزيد من انتاج التيار بدرجه جيده وان تقنية مجال السطح الخلفي هي احدي التقنيات التي تستخدم لتقليل سرعة وفعالية اعادة الاتحاد في السطح الخلفي للخلية الشمسية .

وان هذه التقنيه تجعلها سهلة التوصيل بوصل أومي بمقاومه منخفضه عند السطح الخلفي أما من الناحية العملية تقنيا الاكثر كفاءة لعمل مجال السطح الخلفي هو ترسيب شبكه من الالمونيوم علي السطح الخلفي كما يمكن عمل القطب الخلفي من مادة عاكسه ليعطي فرصه ثانيه للاطوال الموجيه حتي تمتص ويمكن لهذه السطوح الخلفية العاكسه ان تحسن أداء الخلايا الرقيقه بصوره ملحوظه اضافه إلي مساعدتها علي ابقاء الخلية عند درجه حراره منخفضه اثناء العمل.

5-2 كفاءة الخلايا الشمسية

لدراسة أداء الخلية الشمسية هنالك ثلاثه متغيرات تعتبر المعالم الرئيسيه لخرج الخلية الشمسية :

1-5-2 تيار الدائرة القصيرة short circuit current (I_{sc})

هو تيار الدائرة المغلقة (I_{sc}) الذي يمر عبر الوصلة p-n تحت تأثير الاستضاءة عندما يكون جهد التحييد يساوي صفرا . ويكون الحد الاعلي لتيار الدائرة القصيرة المتولده من مادة الخلية الشمسية مرتبطا بفيض الفوتونات الساقطة والتي تمتلك طاقة اكبر من طاقة الفجوه المحظوره والمادة التي تستطيع ان تولد زوج من (إلكترون- فجوه) ويمكن حساب الطاقه بدلاله الطول الموجي للفوتونات الساقطه علي الخلية السيليكونية علي نطاق المحظور للسيليكون الذي يساوي1.24 فولت علي حسب العلاقه :

$$E = \frac{1.24}{\lambda} \qquad (1\text{-}5\text{-}2)$$

ونجد أنه كلما قل عرض الفجوه المحظوره فان كثافه تيار الدائرة القصيرة تزداد وذلك لان كثيرا من الفوتونات الساقطه تمتلك طاقه كافيه لانتاج زوج(إلكترون – فجوه) عندما تكون الفجوه المحظوره اقل بكثير من طاقتها .

فعند سقوط الضوء علي المفرق الثنائي المكون للخلية الشمسية يكون التيار حسب المعادله:

$$I = I_0 \ (e^{BV} - 1) - I_{Ph}$$

حيث :

$$B = \frac{q}{AKT} \qquad (2\text{-}5\text{-}2)$$

ولأيجاد تيار الدائرة القصيرة(I_{sc}) نوجد تيار عند(v=0)

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

$$I_{sc} = -I_{ph} \qquad (3\text{-}5\text{-}2)$$

(2-5-2) فولتية الدائرة المفتوحه open circuit voltage (V_{OC}):

يمكن حساب فولتية الدائرة المفتوحه (V_{OC}) لخلية شمسية من p-n من العلاقه:

$$V_{OC} = \frac{AKT}{q} \ln\left[\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right] \qquad (4\text{-}5\text{-}2)$$

حيث:

(I_{ph})التيار المتولد ضوئيا. (I_0) تيار اشباع الثنائي.

والحصول علي اعلي قيمه ل(V_{OC}) يجب ان يكون (I_0) اصغر مايمكن وان التقدير المقبول لادني كثافه لتيار الاشباع (I_0)كداله في الفجوه المحظوره هو:

$$I_0 = 1.25 \times 10^5 \exp\left[\frac{-E_g}{KT}\right] \quad \ldots\ldots {}^{A}/_{cm} \qquad (5\text{-}5\text{-}2)$$

وهذه العلاقه تبين ان اعلي قيمه للفولتيه (V_{OC}) تتناقص مع تناقص الفجوه المحظوره وان الاتجاه هو عكس حاله التيار للدائرة القصيرة (I_{sc}) ومن هنا تبين ان هنالك فجوه محظوره مثلي للحصول علي اعلي قيمه للكفاءة.

(3-5-2) عامل الملء fill factor (FF):

يعرف هذا المعامل وفق المعادله الاتيه:

$$FF = \frac{V_{mp}\, I_{mp}}{V_{oc}\, I_{sc}} \qquad (6\text{-}5\text{-}2)$$

ويعتبر عامل الملء مقياس لمدي مرجعية خصائص الخرج وقيمته بالنسبه للخلايا ذات الكفاءة المقبوله تكون بين 0.7 - 0.85

(4-5-2) حساب(V_{max}) و(I_{max}) :

لحساب الجهد عند اعلي قدره (V_{max}) والتيار عند اعلي قدره (I_{max}) فاننا نبدا من معادله القدره:

$$P = IV \Rightarrow V \cdot I_0(e^{BV} - 1) - VI_{ph} \qquad (7\text{-}5\text{-}2)$$

$$\frac{dp}{dV} = I + V\frac{dI}{dV} = 0 \qquad (8\text{-}5\text{-}2)$$

$$V_{max} + \frac{AKT}{q} \ln\left[1 + \frac{q\,V_{max}}{AKT}\right] = \frac{AKT}{q} \ln\left[1 + \frac{I_{ph}}{I_0}\right] \qquad (9\text{-}5\text{-}2)$$

$$V_{max} + \frac{AKT}{q} \ln\left[1 + \frac{q\,V_{max}}{AKT}\right] = V_{oc} \qquad (10\text{-}5\text{-}2)$$

لأيجاد (I_{max}) نفاضل القدره بالنسبه لل(I) :

$$\frac{dp}{dI} = \frac{d(VI)}{dI} = 0$$

$$V\frac{dI}{dI} + I\,\frac{dV}{dI} = 0 \qquad (11\text{-}5\text{-}2)$$

ولكن :

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

$$I_{max} = -\frac{V_{max} I_0 q}{AKT} \cdot e^{\frac{qV}{AKT}} \qquad (12\text{-}5\text{-}2)$$

وبتعرض قيم(V_m) و(I_m) من (12-5-2) و(14-5-2) حيث ان :

(I_{max})=(I_{mp})) و (V_{max})=(V_{mp}) فان عامل الملء في المعادله (6-5-2) يصبح :

$$FF = \frac{V_{oc} - L_n}{V_{oc} + 1} \qquad (13\text{-}5\text{-}2)$$

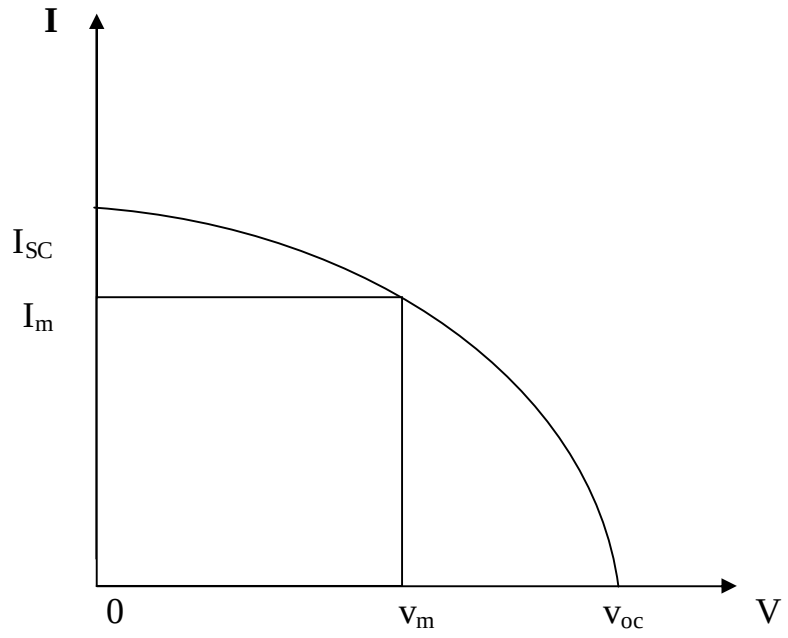
أما في الخلايا المثآليه فيكون (FF) داله لفولتيه الدائرة المفتوحه (V_{oc}) فقط وفق المعادله التجريبه الاتيه :

$$FF = \frac{V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \qquad (14\text{-}5\text{-}2)$$

يمكن بمعرفه هذه المتغيرات الثلاثه معرفه كفاءة الخلايا الشمسية حيث يمكن التعبير عن كفاءة تحويل الطاقه η بالصيغه :

$$\eta = \frac{V_{mp}\, I_{mp}}{p_m} = \frac{I_{sc}\, V_{oc}\, FF}{P_m} \qquad (15\text{-}5\text{-}2)$$

ولأيجاد قيم (I_{sc}) و(V_{oc}) و (V_m) و(I_m) تؤخذ قراءات عديده التيارات وجهد الخلية الشمسية ثم يتم أيجاد هذه القيمه وجهد الخلية الشمسية من الرسم ادناه.



الشكل(2-5) علاقه تيار الخلية وجهدها مع القيم البيانيه ل(I_m) و (I_{sc})و (v_{oc}) و(V_m) و(I_m).

الباب الثالث

1-3 مقدمة

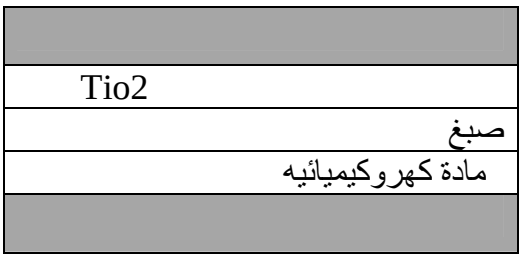
الخلايا الشمسية المصنعه بإستخدام الصبغات العضوية هي تقنيه جديدة تندرج تحت التقنيات المستقبليه لصناعة الخلايا الشمسية بتكلفه قليلة وابتكر هذه التقنيه العالمين Michael Gratzal و O'Regan في العام 1991وتعرف هذه الخلايا باسم العالم Gratzal أي نطلق عليها خلأيا جريزيل Gratzal Cells.

وتصنع الخلايا من مادة شبه موصله بين انود ضوئي والالكتروليت وهو عباره عن مادة تحتوي على أيونات تجعل من المادة موصله للكهرباء .

2-3 تركيب الخلايا الكهروكيميائية

هي تقوم بتحويل الطاقه الضوئيه لتيار كهربي وتعتمد أليه مثل هذه الخلايا علي توليد شحنات حره في هيئه إلكترونات وفجوات أو متهيجات (ازواج إلكترونات وفجوات مرتبطه في هيئة ثنائي القطب).

وتتركب الخلايا الكهروكيميائية الصبغية من قطبين من شريحة مادة معدنيه موصله بينهما ثاني اكسيد التيتانيوم وصبغ ومادة كهروكيميائيه (الكتروليتيه).



الشكل (3-2-1)تركيب الخلية الكهروكيميائية

وعادة ماتكون الشريحه المعدنيه العلويه شفافه للسماح للضوء بالنفاذ عبرها. أما المادة الكهروكيميائية فتكون من مواد مثل الأيوديد ويمكن ان تكون الشريحه المعدنيه الشفافه من معدن معين أما الشريحه الاخرى فتكون من معدن اخر.

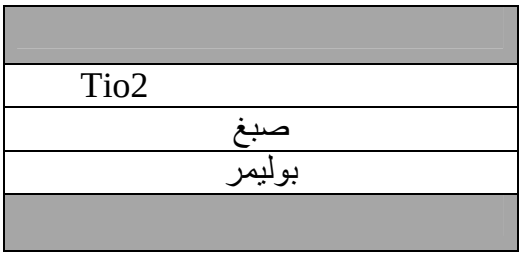
3-3 آلية عمل الخلية الصبغية الكهروكيميائية

لمعرفة أليه عمل الخلية الصبغية الكهروكيميائية يمكن النظر للشكل (3-2-1) فعند سقوط ضوء الشمس في هيئه فوتونات تمرر الشريحه المعدنيه الشفافه وثاني اكسيد التيتانيوم الضوء لتمتصه الصبغه التي تتحرر منها الالكترونات حره كثيره. وبكثافه عاليه جدا ولان كثافه هذه الإلكترونات منخفضه جدا في Tio2 (ثاني اكسيد التيتانيوم) لذا تنتقل الإلكترونات بالانتشار من الصبغ لثاني اكسيد التيتانيوم ثم تتجمع عند الشريحه المعدنيه العليا الشفافه لتعمل هذه الشريحه كقطب سالب .

وفي نفس الوقت تقوم أيونات الصبغ الموجب بالتقاط الإلكترونات من المادة الكهروكيميائية التي تصبح بها الأيونات الموجبة الشحنه باعداد كبيره فتحه لاسفل نحو الشريحه المعدنيه السفلى فتنزع منه إلكترونات ليصبح قطب موجب الشحنه فتصبح الخلية في هيئة بطاريه قطبها الموجب في السطح العلوي وقطبها السالب في السطح السفلي .

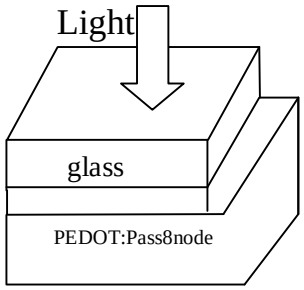
4-3 تركيب الخلية الصبغية البوليمرات

هنالك عده طرق لعمل خلية البوليمر ونذكر منها طريقة شوتكي Schottky لبساطتها فهي تتكون من واحده رقيقه من البوليمر (شبه الموصل) توضع محصوره بين طبقتين من معدن موصل للكهرباء (احداهما المونيوم أوذهب والثاني الانديوم المخلوط باكسيد التيتانيوم) ليكونا عباره عن قطبين ويكون لكل واحد منهما داله شغل (Work function)مختلفه شريطة ان يكون احد المعدنين الالكترودين رقيقا وشفافا يسمح لاشعاع الفوتونات بالوصول الى طبقة البوليمر.



الشكل (3-4-1)تركيب الخلية الصبغية البوليمريه

ونسبة لأن دالتي الشغل للقطبين مختلفتان فان الخلية تقوم بعمل الوصله الثنائيه فتسمح بمرور التيار الكهربي في اتجاه واحد اذا وصلت بدائره كهربيه.



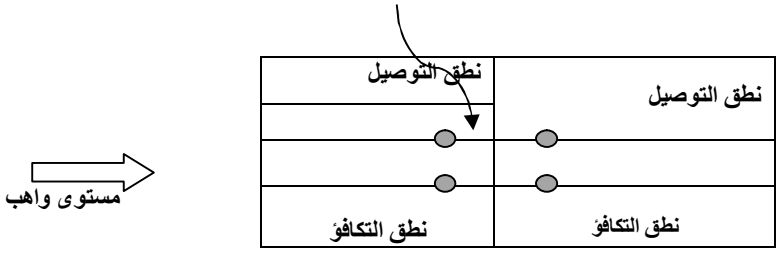
الشكل (3-4-2) الدائرة الكهربية للخلية الشمسية البوليمرية

يوضح الشكل (3-4-2) مادة الانديوم و ثاني اكسيد التيتانيوم Tio_2 التي ترسب علي الزجاج فتكون موصلة للكهرباء ورقيقه بحيث يتخللها الإشعاع الشمسي .

في الخلية الشمسية غير العضويه يكون عرض النطاق الممنوع (طاقة الفجوه) صغيرة في حين يكون عرض نطاق الممنوع للخلايا العضويه (طاقة الفجوه) كبير نسبيا وفي حدود (0.1 ev-1.4 ev) فعند تسليط فوتون طاقته hf اقل قليلا من عرض النطاق الممنوع E_g أي عندما

$$hf \leq E_g \qquad (1\text{-}4\text{-}3)$$

في هذه الحاله لا ينفصل زوج الاكترون والفجوه بل يكونا مرتبطين كزوجين وتسمي هذه الازواج بالاكسايتونات أي المتهيجات ويمكن اعتبار الإلكترون هنا في مستوي واهب قريب جدا من نطاق التوصيل.



الشكل (3-4-3) النطاق المحظور والمستوي الواهب لمادة البوليمر

وعندما ينتقل هذا المتهيج إلي مادة عرض نطاقها الممنوع ضيق (جهدها الكيميائي اقل) فان زوج المتهيج ينفصل لإلكترون حر في نطاق التوصيل وفجوه في نطاق التكافؤ.

ويكون ترابط الإلكترون في البوليمرات العضويه قوي لان الداله الموجبه الإلكترونية متمركزه في منطقة معينه في مستوي طاقه معين مما يقلل من فرصة انتقال لمستوي اخر كما ان الانجذاب الكهربي السكوني يكون قويا بحيث يحفظ زوج الإلكترون والفجوه معا كمتهيجات ويحدث انفصال هذا الزوج عند مرور المتهيج من مادة فجوتها واسعه (جهدها الكيميائي كبير) لمادة فجوتها ضيقه (جهدها الكيميائي صغير).

$$hf \geq E_g \qquad (2\text{-}4\text{-}3)$$

تسمي المادة في هذه الحاله بالمادة المتقبله (accepter=a) وتسمي المادة التي تمتص الفوتون والتي تولد المتهيجات بالمادة الواهبه (donor=b) وهي البوليمر في هذه الحاله وفي هذه المادة الواهبه يخرج الإلكترون من نطاق التكافؤ مولدا فجوه في نطاق التكافؤ بدون ان يصل لنطاق التوصيل بل يكون قريبا جدا منه في مستوي واهب وتمثل سلسلة اللدائن (البوليمرات) المادة الواهبه وحين يمثل الفلورين المادة المتقبله .ومن هذا يتضح ان الفوتون يسقط علي المادة اللدنه (البوليمر)التي تعمل كمادة واهبه بحيث يكون طاقة الفوتون اقل من طاقة فجوه الطاقه ، وهذا لأيجعل الإلكترون يصل لنطاق التوصيل ليصبح حرا بل يكون في مستوي واهب قريب من نطاق التوصيل فيعمل الإلكترون والثقب كزوج متهيجات .وعندما يتحرك هذا المتهيج ليصل إلي الفلورين الذي عرض نطاقه ضعيف واقل من طاقة المتهيج ينتقل الإلكترون لنطاق التوصيل في مادة الفلورين التي تعمل كمادة متقبله الذي يتحول لأيون سالب وفي نفس الوقت تظل الفجوه في المادة اللدنه (البوليمر) والتي تصبح أيون موجب مستقطب.

ويمكن شرح آلية (تقنية) الفوتوفولطائية في هذه الخلية البلاستيكية البوليمرية اذا اعتبرنا ان البوليمر شبه موصل من النوع الموجب ، فعندما يسقط عليه الإشعاع الشمسي تقوم الفوتونات ذات الطول الموجي المناسب بتوليد عدد من المتهيجات (الاكسأيتونات)excitons وكل واحدة منها عبارة عن زوج موحد مكون من إلكترون وفجوة ويتكون الزوج في احدى ذرات الجزيء الذي تتكون منه سلسلة جزيئات البوليمر

تتكون الخلية الشمسية من شريحة من البوليمر النشط يعمل كواهب وشريحة من قابلات الإلكترونات توضعان بين شريحتين موصلتين حيث تنتشر المتهيجات المتولدة في الوسط الواهب للمادة القابلة ولكن نسبة لان سمك شبه الموصل العضوي صغير جدا لذا يكون امتصاصه للضوء قليلا لذا اتجه التفكير الى صنع خلية

مكونة من سيراميك مثل Tio_2 به مساحات تترسب فيها البوليمرات حيث تستطيع الفجوات الانتشار عبر طول المسام خلال البوليمر للموصلات.

وباختصار فان آلية عمل الخلية الصبغية البوليمرية فهي ان الفوتونات تنتزع الإلكترونات من الصبغ عندما يسقط ضوء الشمس على الخلية الصبغية البوليمرية تنتقل الإلكترونات بالانتشار للشريحة العلوية ويقوم ضوء الشمس بالسقوط على البوليمر فتتولد متهيجات (إلكترونات وفجوات)

الشكل (3-4-3)المتهيجات في البوليمر

وهي ازواج إلكترونات وفجوات تتولد في شكل ازواج بين نطاق التكافؤ والمستوى المستقبل حيث لا يملك الفوتون طاقة كافية لنقل الإلكترون لنطاق التكافؤ ، فعندما تنتقل هذه المتهيجات بالانتشار نحو الصبغ تقوم أيونات الصبغ الموجبة بنزع إلكترونات المتهيجات لتترك فجوات موجبة بالبوليمر وتنتقل الفجوات بالانتشار لاسفل اللوح المعدني السفلي لتنتزع منه الإلكترونات ويصبح هذا اللوح موجب الشحنة .

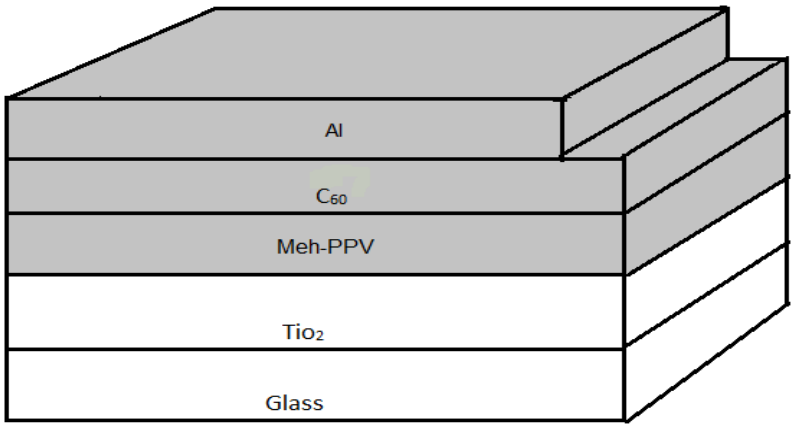
5-3 تحسين كفاءة خلية البوليمر والتطورات الحديثة

المشكلة الرئيسية للخلية البوليمرية هي انخفاض كفائتها وفي بعض الاحيان يحدث تغيير للكفاءة عند تعريض الخلايا للاشعاع الشمسي ، كما ان متانة الخلية البوليمرية تتاثر بالعوامل الجوية .

وتتجه الدراسات نحو تحسين طرق تحضير البوليمر الموصل وكذلك تحسين عملية امتصاص الفوتونات و لابد ان يكون هذا السطح عاكس للاشعاع .

وقد وجد في السنوات الاخيرة ان الخلايا الشمسية المصنعة من البوليمر والفلورين C_{60} تعتبر من أهم الخلايا التي تقوم باستغلال مبدا الوصلات والطبقات المتداخلة Bulk hetro junction principle .

ومن الحلول التي استخدمت لتحسين الامتصاص وتفكك المتهيجات خلط نوعين من أشباه الموصلات البوليمرية بافتراض كل نوع يعمل على فصل الشحنة المناسبة له بعد وضع الخليط بين القطبيين الكهربين المناسبين .



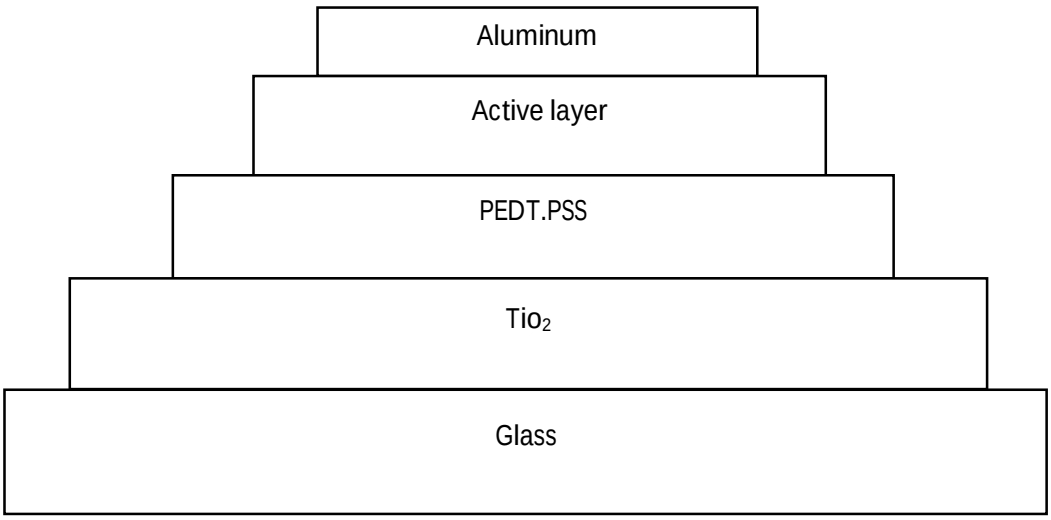
الشكل (3-4-4) خلية شمسية بها طبقة بوليمر واهبة وطبقة فلورين قابلة

6-3 تصميم دائرة خلية البوليمر وطريقة العمل

حضرت شرائح مطلية بطبقة رقيقة من Tio_2 بمساحة معينة ، طليت الشريحة الأولى بصبغة Rn-B بتركيز 0.003g/ml بواسطة جهاز spin coating أو جهاز طلاء الطبقات الرقيقة عن طريق التدوير، بعد جفاف العينة طليت بمادة البوليمر Meh-ppv بنفس الجهاز السابق وتركيز 0.003 g/ml بينما طليت الشريحة الثانية بتركيز 0.002 g/ml ، رسبت طبقة الالمونيوم فوق كل الطبقات السابقة بواسطة

الجهاز ترسيب الطبقات الرقيقة بواسطة التبخر الحراري coating unite thermo evaporating .

Calcium



الشكل (3-4-5) تركيب الخلية الشمسية البوليمرية

ومن الممكن التعريف بطبيعة المواد السابق ذكرها

3-6-1 ثاني اكسيد التيتانيوم Titanium dioxide (Tio2)

مركب ذو طبقة متعددة وغير سام وهو الذي يجعل معجون الاسنان ابيض اللون ويعتبر مساعد ضوئي فعال يستطيع كسر روابط أي مركب مركب عضوي تقريبا عند تعرضه للشمس ولأنه غير سام استخدم في المنتجات التجميلية (واقي الشمس- الصابون ... الخ)

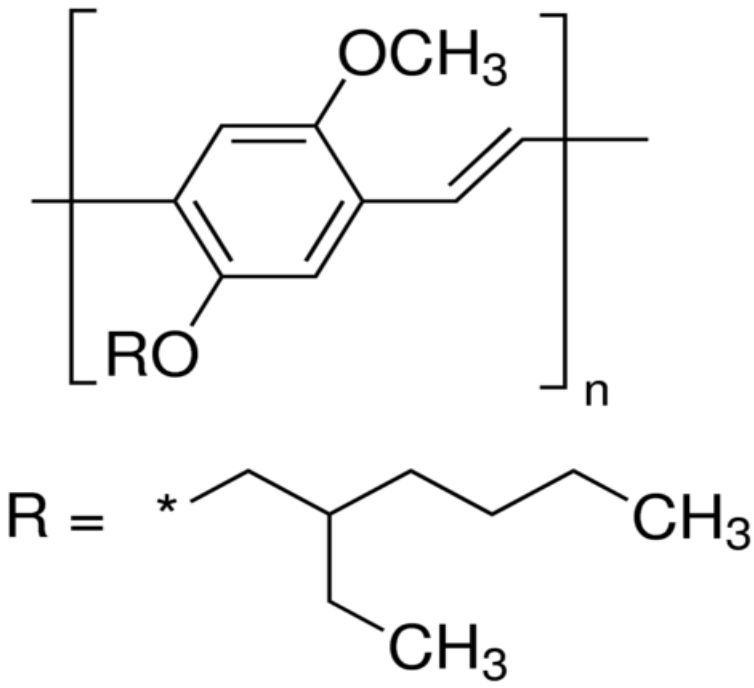
أيضا فأنه يتمتع برخص ثمنه بالرغم من خصائصه الفريدة من حيث استقراره الكيميائي وتفاعله الضوئي لذا استخدم كشبه موصل مما يقود الى تقنية نظيفة في تحويل الطاقة الشمسية .

3-6-2 مادة البوليمر Meh-PPV

هي المادة النشطة في الخلايا الشمسية ، هي مادة بوليمر ال PPV المعدلة بواسطة مجموعة ال Meh والتي تجعلها قابلة للذوبان في بعض السوائل من بينها مادة فيوران رباعي الهيدروجين ، خاصية هذه المادة البوليمرية ان لها القدرة على امتصاص الطول الموجي المنتج للمتهيجات (الاكسأيتونات) والذي هو العامل الأهم في عمل الخلية البوليمرية .

والاسم الكيميائي له :

Meh_PPV (poly F2-methoxy-5-(2-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenyleveinylene)



الشكل (3-4-6) Meh-ppv

3-6-3 صبغة الرودامين Rodamine (Rn-B)

هي من عائلة تنتمي إلي المركبات الكيميائية العضوية ، سامة ولها صفة الذوبان السريع في الماء والكحول وتذوب بعض الشيء في حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم ، توصف بشكلها البلوري الاخضر أو تكون في شكل مسحوق محمر ، ودرجة انصهارها $165\ C^o$ وهي أيضا ذات حساسية عالية للضوء .

الاسم الكيميائي لصبغة الرودامين :

N-[9-(2-carboxy phyeny 1)-6-(diethyl amino)-3H-Xanthenn-3-ylidene]-N-ethylethanaminiu chloride

لها تطبيقات عديدة منها إستخدامها كصبغة متابعة داخل الماء ليحدد معدل واتجاه السريان وتستخدم على نطاق واسع في تطبيقات علم التقنيات الحيوية وأيضا تستخدم كوسط فعال للبذرات الصبغات .

4-6-3 صبغة الكومارين :

هو مركب كيميائي عطري من فئة (benzopyrone) الكيميائية يوجد في كثير من النباتات من أهم إستخدأمات الكومارين يستخدم في صناعة الادوية ويستخدم كمحسس في العملية الكهروضوكيميائية والالواح الضوئية .

الاسم الكيميائي لصبغة الكومارين : 2H-Chromen-2-One

5-6-3 صبغة DDT

DichloroDiphenylTrichloroethane

يعرف بالاختصار الشهير DDT ومن إستخدأماته أنه استعمل على نطاق واسع لمكافحة الافات الحشرية . ومن اثاره السلبية أنه يؤثر على البيئة مما ادى الى تضاءل إستخدامه .

7-3 كفاءة الخلية الشمسية الصبغية

لأول مرة تم إستخدام جسيمات السيلكا النانوية لكي تزيد من الأيونات الحرة . وهذه الأيونات الحرة مستخدمة بنجاح في اعادة توليد الخلية الكهروضوئية الكيميائية التي وصلت كفاءتها الى 7% في الصباح في ضوء الشمس كمجموعة كان مستخدم فيها مركب :

(Amphiphilic ruthenium polypyridyl) الحساس للضوء.

الكفاءة العالية للخلايا الصبغية ترجع لوجود معدن الأيودين .هنالك نوع جديد من تركيب الأيودين الذي يزيد من كفاءة الخلايا الصبغية .

كفاءات تحويل الطاقة الشمسية الى كهربية في الصبغ الجديد (الأيودين)كانت % 6.51 في نفس الظروف وكانت صبغ (N_3) 7.89% ولصبغ N719 كانت 8.26% ولصبغ الأيودين ادى تحسن كمية الشحنات الحرة في المحلول الالكترويتي لزيادة كفاءة تحويل الطاقة الشمسية الى كهربية فوصلت الكفاءة الى8%، كانت هذه القيمة اكثر كفاءة مكتسبة للخلايا الشمسية الصبغية .

تم التحقق من القدرة الكهروستاتيكية وجميع هذه القوى موجودة ومعتمدة على شريحة Tio_2 النانوية المثقبة الموجودة على لوح التوصيل SnO_2المستخدمة في الخلايا الشمسية الصبغية .

شرائح Tio_2 الرقيقة المغمورة في محلول كهروكيميائي متعادل والمثارة من جانب FTO عن طريق نبضات الضوء من N_2 ليزر ادى لتوليد التيار .

زمن تولد التيار يتغير لتغير القدرة الالكتروستاتيكية أو قيمة PH التي تزيد . وهذه لا تصل الى Tio_2 مباشرة لكنها تذهب الى FTO من غير ان تؤثر على طبقة Tio_2.

الباب الرابع

كفاءة خلية صبغية محلية الصنع

1-4 مقدمة

اجريت تجربة الخلايا الشمسية السيليكونية في ولأية الخرطوم بجامعة السودان _ كلية العلوم _ قسم الفيزياء بمعمل النوويه، كما اجريت تجربة الخلايا البوليمريه في ولأية الخرطوم بجامعة النيلين _كلية العلوم _قسم الفيزياء بمعمل الجوامد وذلك بإستخدام الاجهزه والادوات التإلي ذكرها واخذت القرءات الموضحه ادناه.

2-4 الاجهزه والادوات

لدراسة علاقة الجهد (v) مع التيار (I) للخلية الشمسية السيليكونية استخدمت الاجهزه والادوات التاليه:-

مقياس شدة الاستضاءه (Photometer Radiometer) (Made in USA) ومدي التيار (100- 10^{-3} A 0.0001*10) واصغر تدريج (10^{-7} A) ، مقياس الجهد (Made in USA) (177 Micro voltmeter) وفيه مدي الجهد (1000 - 10^{-3} 20*10 V) واصغر تدريج ($1*10^{-3}$ V) ، مقأومه ريوستات (Madein N.Y) وفيه مدي المقأومه (33- 0Ω) واصغر قيمة للمقأومه (0 Ω).

لدراسة علاقة الجهد (v)مع التيار (I) للخلية الشمسية البوليمريه (Meh ppv) استخدمت العينات المصممه سابقا بالاضافه الاجهزه والادوات التاليه :-

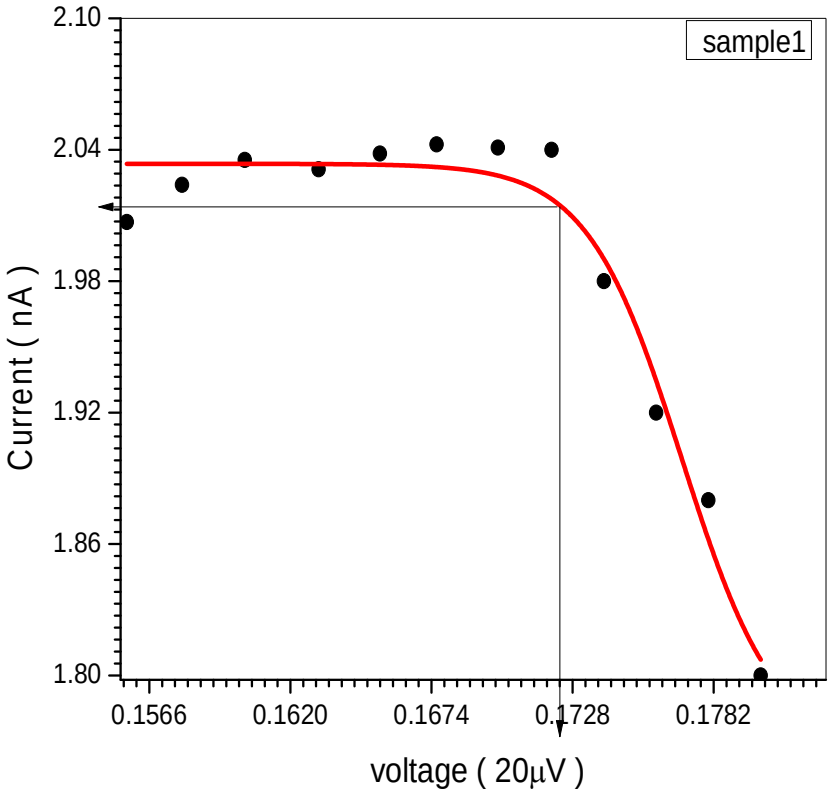
مقياس شدة الاستضاءه (Mad in USA) (642 Electrometer) ومدي التيار (100- 10^{-3} A 0.0001*10) واصغر تدريج (10^{-7} A) ، مقياس الجهد (Made in USA) وفيه مدي الجهد (1000 -10^{-3}* 20 V) واصغر تدريج ($1*10^{-3}$ V) ، مصدر جهد (Madein Germany) (50 LEVBOLD) وفيه مدي الجهد (15-0 V)، مقأومه ريوستات (Made in N.Y) وفيه مدي المقأومه (33-0Ω) واصغر قيمة للمقأومه (0 Ω).

3-4 الجدأول و القراءات

استخدمت الدائرة في البند (2-3) لأيجاد العلاقه بين فرق الجهد بين طرفي الخلايا السيليكونية والبوليمريه وشدة التيار الصادره من الخلايا وقد تم اخذ القراءات المرفقه والمدونه في الجدأول وعولجت النتائج بواسطه جهار الحاسوب وبرنامج (Origin)كما دونت في الرسوم البيانيه .

V \ μ_{volt}	I \ nA
0.156	1.64
0.157	1.60
0.160	1.57
0.164	1.58
0.166	1.74
0.168	1.73
0.170	2.02
0.172	2.04
0.174	1.98
0.176	1.92
0.178	1.88
0.18	1.80

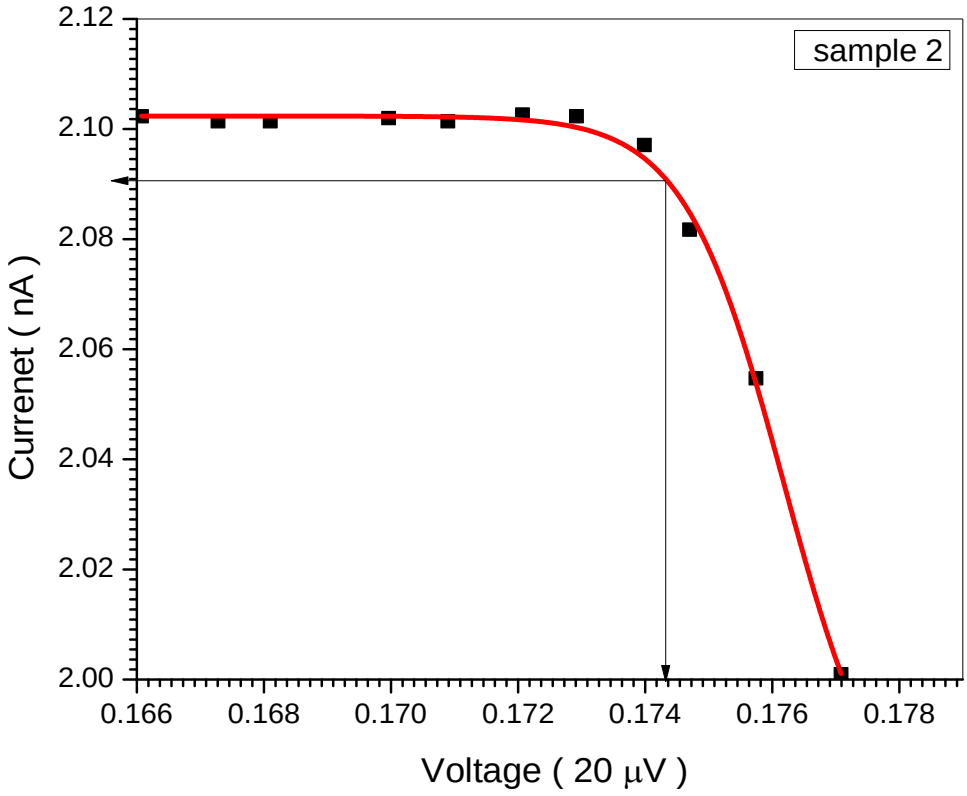
الجدول (4-3-1) علاقه الجهد وشده التيار للعينه (1)



الشكل (4-3-1) علاقة الجهد وشدة التيار للعينة (1)

V \ μvolt	I \ nA
0.166	2.04
0.168	2.08
0.170	2.09
0.168	2.00
0.171	2.06
0.178	2.04
0.173	2.05
0.174	2.11
0.175	2.02
0.176	2.02
0.178	2.07

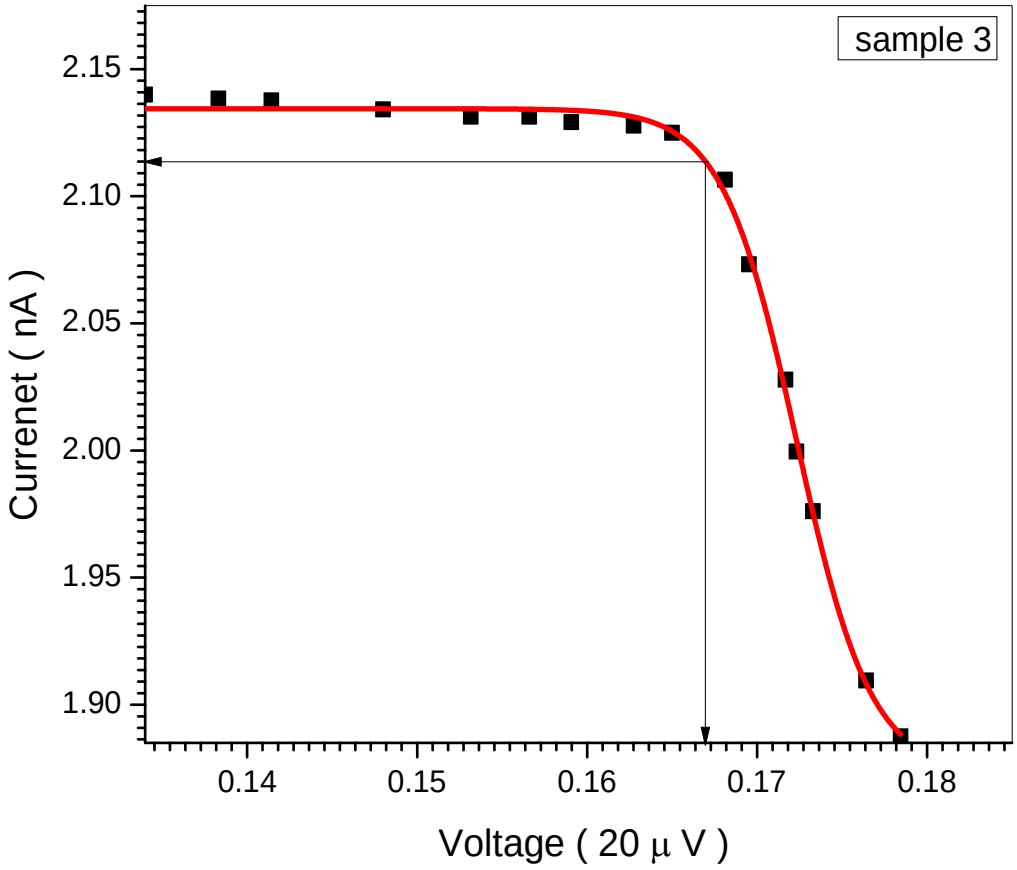
الجدول (4-3-2) علاقه الجهد وشده التيار للعينه(2)



الشكل (4-3-2) علاقة الجهد وشدة التيار للعينه (2)

V\ μvolt	I \nA
0.164	1.99
0.167	1.91
0.169	2.01
0.168	2.01
0.172	2.00
0.174	2.06
0.181	2.09
0.165	2.02
0.163	2.07
0.159	2.05
0.155	2.12
0.156	2.03
0.150	2.01
0.140	2.09
0.138	2.10
0.134	2.14

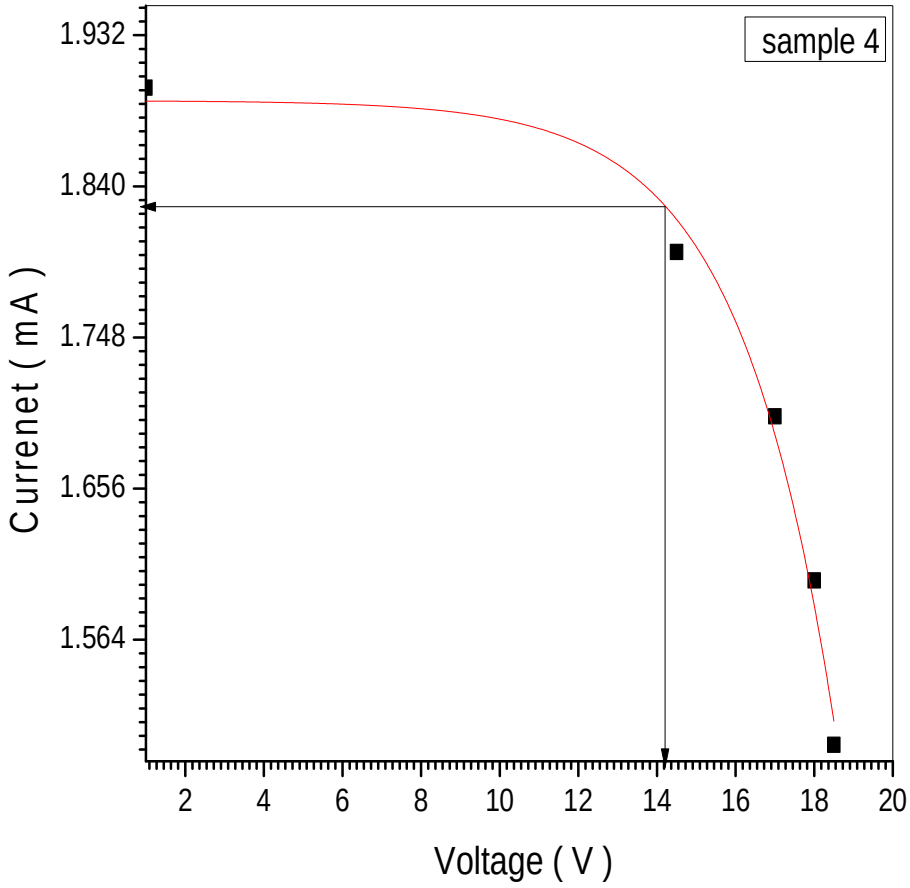
الجدول (4-3-3) علاقة الجهد وشدة التيار للعينة (3)



الشكل (4-3-3) علاقة الجهد وشدة التيار للعينة (3)

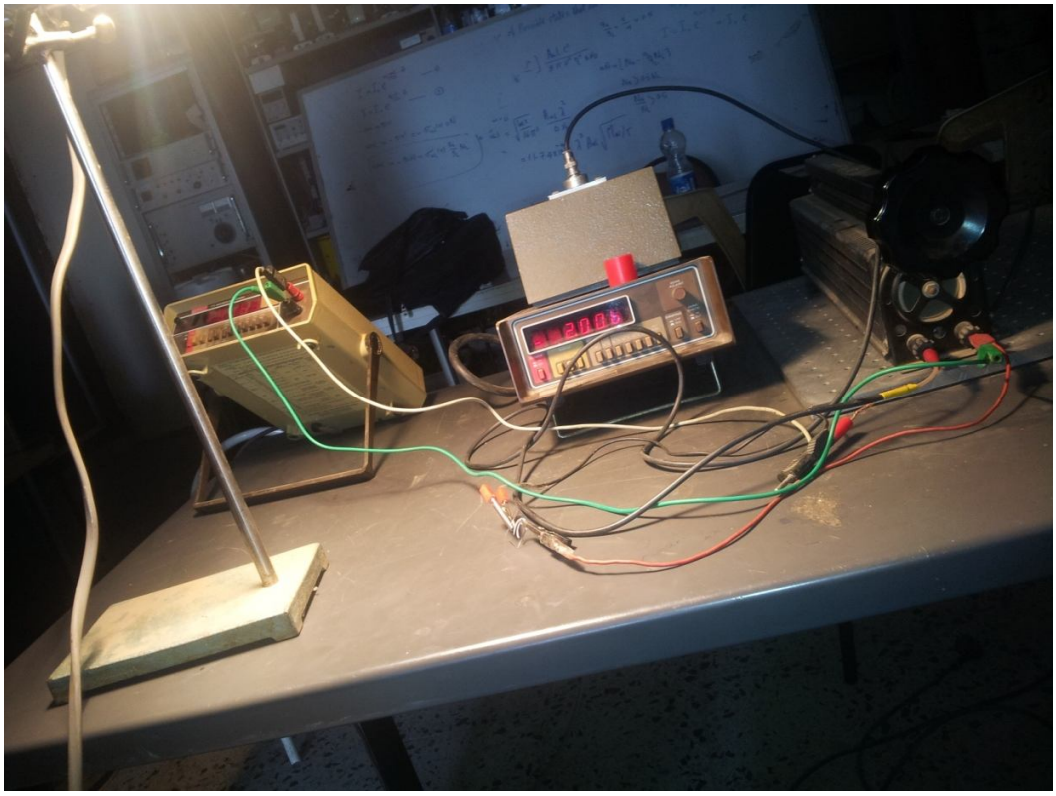
V\ volt	I\ mA
18.5	1.5
18.0	1.6
17.0	1.7
14.5	1.8
1.0	1.9

الجدول (4-3-4) علاقة الجهد وشدة التيار للعينة (4)

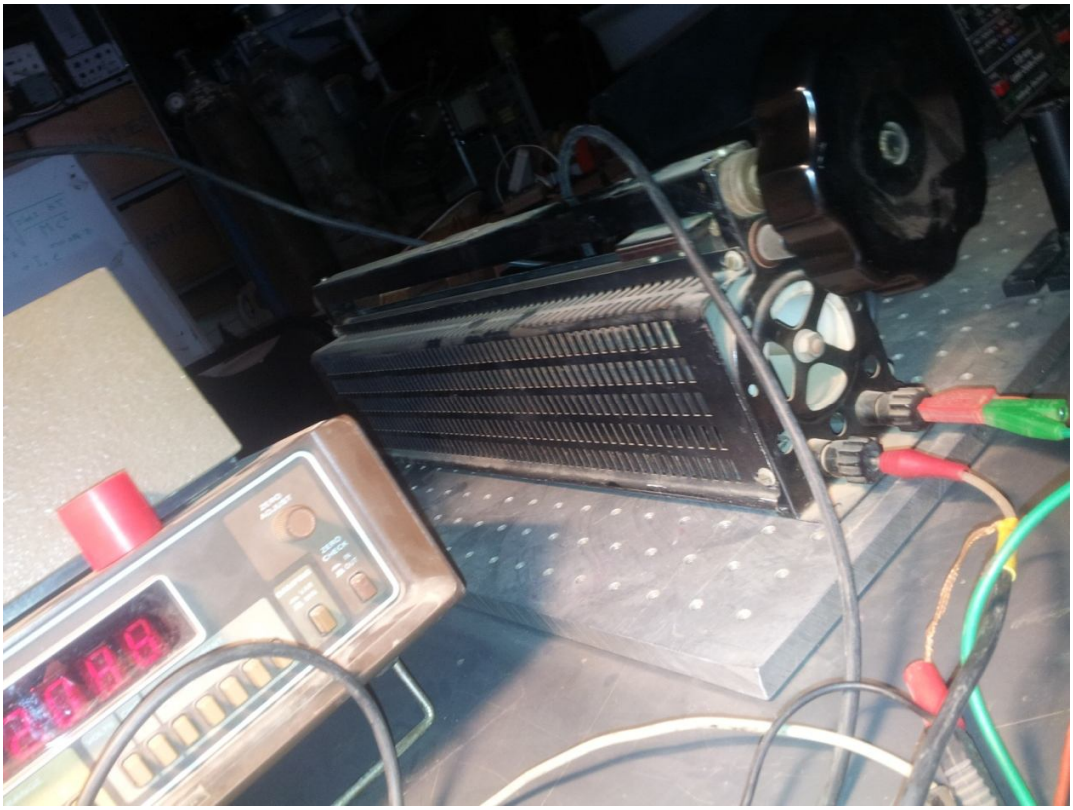


الشكل (4-3-4) علاقة الجهد والتيار للعينة (4)

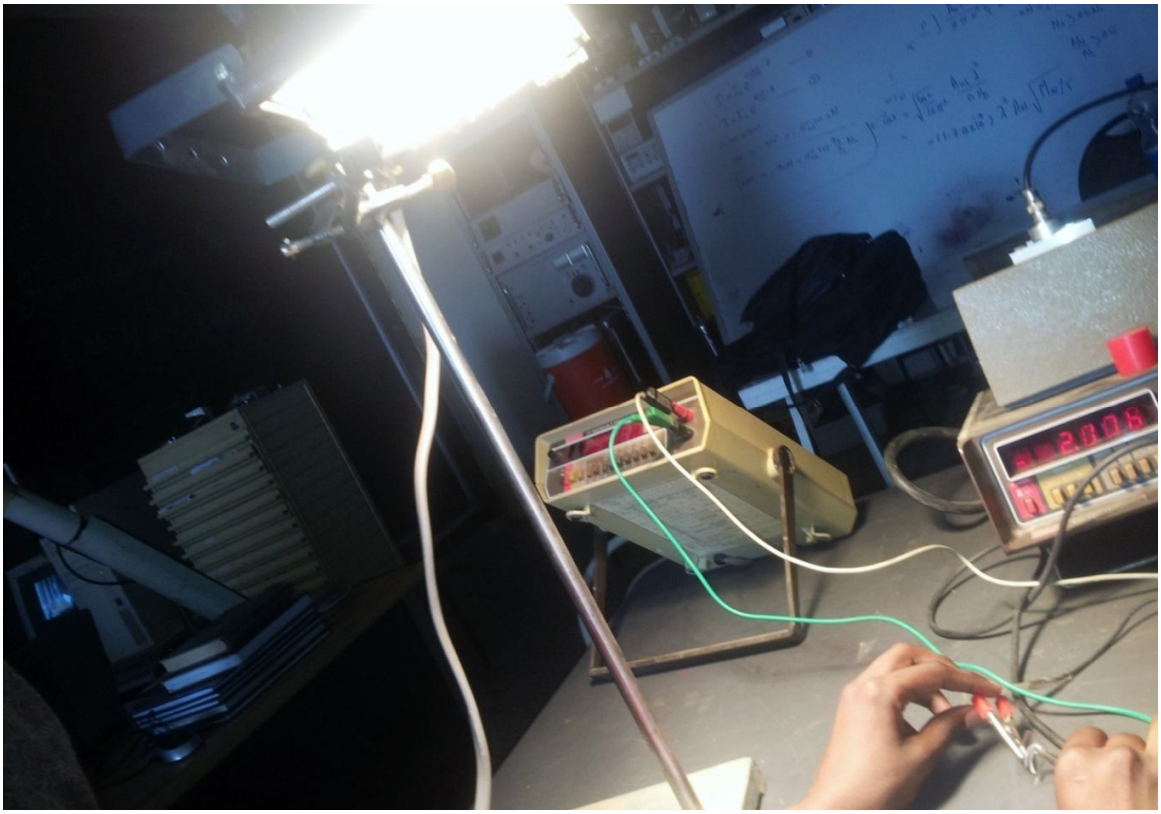
4-4 الملحقات



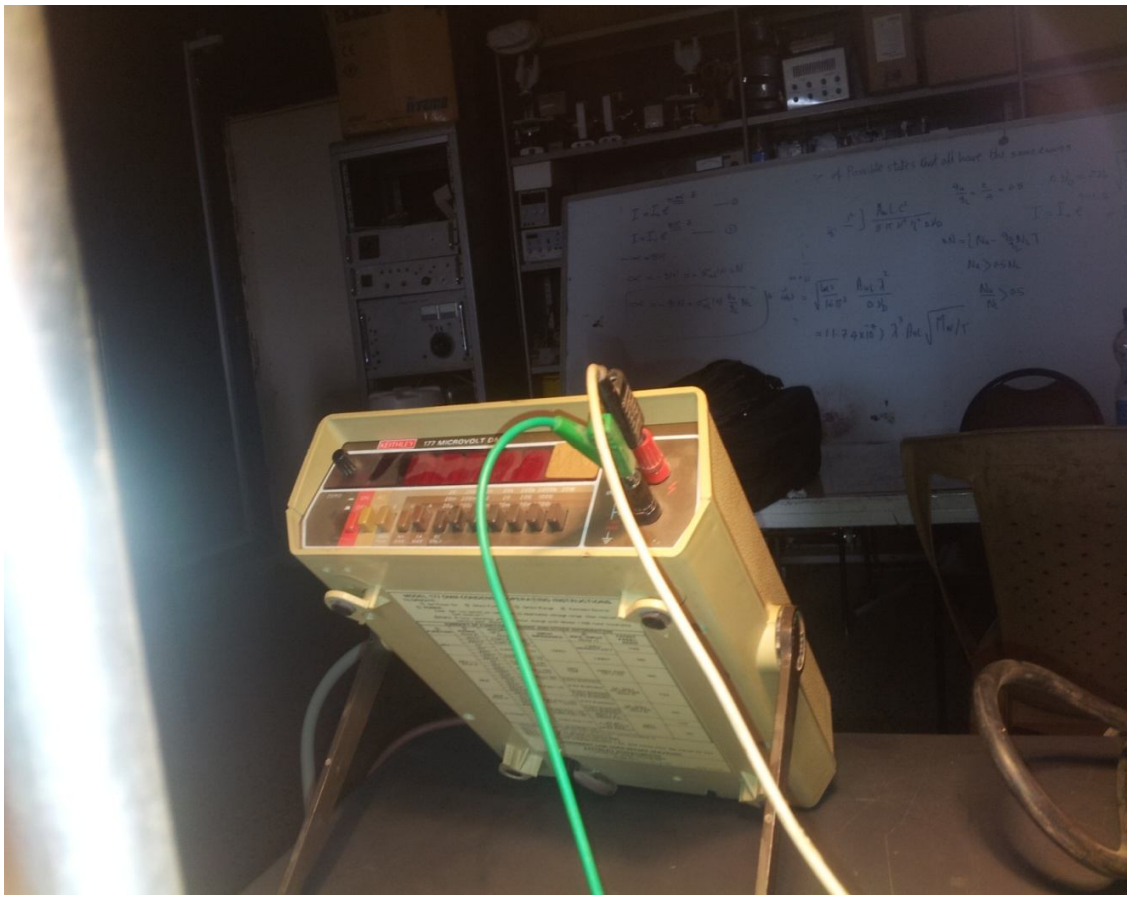
الصوره (4-1) توضح توصيل الخلية الشمسية الصبغية النانوية



الصورة (2-4) المقأومه المستخدمه (ريزستور)



الصوره(3-4) مصدر الاضاءه المستخدم في عمل الخلية



الصور(4-4) توضح جهاز قياس الفولتيه (الفولتميتر)

الصوره(5-4) توضح جهاز قياس التيار (الاميتر)

5-4 المناقشة والتحليل

في هذا البحث تمت مقارنة الخلايا الشمسية السيليكونية مع الخلايا الشمسية الصبغية النانوية المصنعه مع البوليمر (meh_ppv) كقطب موجب ومن أول اكسيد التيتانيوم (TiO_2) كقطب سالب ، واستخدمت صبغات كيميائيه للامتصاص اكبر كميه من الأشعه الساقطه علي الخلية.وتم حساب كفاءات الخلايا عن طريق حساب كل من تيار القطع وأقصي قيمه للتيار وحساب فولتية الدائرة المفتوحه وأقصي قيمه للفولتيه عن طريق الرسم البياني الذي يوضح العلاقه بين شدة التيار والفولتيه

بالنظرللرسوم البيانية (4-3-1) و(4-3-2) و(4-3-3) و(4-4-4) يتضح أنها تشبه الرسم (5-2) مما يعني ان هذه الخلايا تعمل كخلأيا شمسية .و كفاءة هذه الخلايا تترأوح بين % 1.6439858و 1.7830365 .%و.% 1.625759 علي التوالي.

6-4 الاستنتاج

توضح هذه الدراسة المستقبل الواعد للخلايا الشمسية الصبغية النانوية لأنها تتمتع بكفاءه معقوله وتكلفه منخفضه

7-4التوصيات

كما وضح في ما سبق ان كفاءه الخلايا الشمسيه الصبغيه اقل من كفاءه الخلايا الشمسيه السيليكونيه وذلك لعده اساب منها محليه التصنيع و ونوع ا لاشعه الساقطه علي الخليه الشمسيه الصبغيه ونوع الصبغه المستخدمه و لتحسن تلك الكفاءه يجب العمل علي تحسين جوده الماده لصبغيه فوجد انا الصبغات الطبيعيه تزيد من كفاءه الخلايا بنسبه عاليه وزياده شده الاستضاءه واستخدام اشعه الشمس يزيد ايضا من كفاءه الخلايا.

الخاتمة

الحمدلله والشكرلله الذي وفقنا وسدد خطانا فاكملنا وانجزنا هذا البحث ونتمني ان نكون قد أوفينا هذا الموضوع حقه ونكون قد اضفنا شيئـا ولو يسير ينتفعه كل من يطلب علما في مستقبل السنين القادمه والله ولي التوفيق.

المصادر والمراجع

1- مبارك درار عبدالله –(2013م) - الطاقة الشمسية - جي تأون - الخرطوم.

2- فاطمة عبدالقادر - (2013م) - بحث ماجستير جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

3- راوية عبدالغني العبيد - (2010م) - بحث دكتواره - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

4- أحمد خوجلي محمد -(2002م)- الطاقة الشمسية – دار عزة – الخرطوم.