الفصل الأول

مقدمة عن علم النانو

١-١علم وتقنية النانو :

إن أصل كلمة " النانو " مشتقة من الكلمة الإغريقية (نانوس) ويقصد بها كل شيء قصير أما علم النانو فهو علم يعنى بدراسة المباديء الأساسية لجسيمات ذات أبعاد دقيقة تقع في نطاق النانومتر أي انها تتعامل مع مواد تبلغ ١ من مليون جزء من المليمتر ، إن تقنية النانو تعد بتطورات جديدة في كافة المجالات والحكومات تتسابق في دعم وتشجيع هذه التقنية لإدراكهم أن هذه التقنية تجعلهم في ركب الأمم المتقدمة علمياً.

لقد أصبحت ثورة النانو تغزو العديد من المجالات في حياتنا نظراً لمميزاتها التي لا يمكن حصرها وهو علم يتطور يوماً بعد يوم وأيضاً يطور العقول العاملة عليه ويجعلها قادرة على تطوير ومعرفة جميع أسرار هذا العالم المتناهي في الصغر فعندما نتخيل تشكيل الذرات في هذا الكون واستخدامها في ظروف معينة من درجة الحرارة والضغط للوصول إلى هدف معين وتحويل مواد قليلة التكلفة إلى مواد ذات قيمة عالية وخصائص متميزة ندرك أهمية هذه التقنية.

وعندما نذكر تطبيقات النانو : فهي لا تقتصر على فرع واحد بعينه بل تشمل الكثير من فروع العلم المختلفة وهناك الكثير من استخدامات وتطبيقات تقنية النانو ولكن سوف نوجز أهم تطبيقاته التي غيرت في حياتنا الشيء الكثير وعندما نذكر مجال الطب فإن أذهاننا تذهب إلى كيف تساهم هذه التقنية بشكل كبير في الكشف وعلاج أمراض السرطان التي تعتبر هاجس كل مصاب بهذا المرض ، كما أن تقنية النانو استخدمت في مستحضرات التجميل كصناعة واقي أشعة الشمس المكونة من جزئيات أكاسيد الزنك النانوية مثل ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي الذي يحمي الجسم من الأشعة فوق البنفسجية كما أنها تدخل في كثير من المجالات الحديثة كالصناعات العسكرية والأحياء الدقيقة وغيرها.

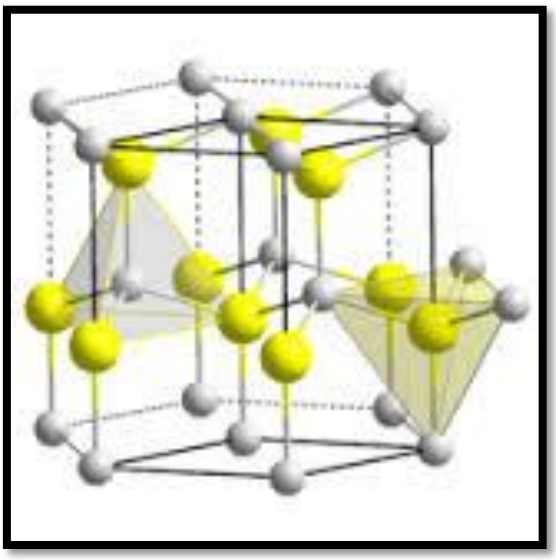
١-٢أكسيد الزنك (ZnO):

عندما نتطرق لأكسيد الزنك يتبادر مباشرة إلى أذهان المهتمين والمتعمقين بعلم النانو استخدامات هذه المادة بأشكالها النانوية المختلفة في العديد من التطبيقات والصناعات كالاستفادة من أكسيد الزنك في مجال الخلايا الشمسية (التي سنتطرق لها لاحقاً) وغيرها من التطبيقات .

الخواص الفزيائية لأكسيد الزنك: ZnO :

الخصائص	القيم
كتلة مولية	81.408
الكثافة	5.606.g/cm^3
نقطة الانصهار	1975 ^{o}C
نقطة الغليان	2360 ^{o}C
طاقة الفجوة	3.3ev
معامل الانكسار	2.0041
حركية الالكترونيات m_e عند درجة حرارة الغرفة	200 cm^2/(Vs)
حركية الثقوب m_h عند درجة حرارة الغرفة	5.5 cm^2/(Vs)

الشكل التالي يوضح التركيب البلوري السداسي (wurtzite) لمادة أكسيد الزنكZnO



شكل يوضح التركيب البلوري السداسيZnO لأكسيد الزنك

١-٣ تطبيقات أكسيد الزنك (ZnO) :

***المطاط :**

يدخل أكسيد الزنك في عدد من التطبيقات الصناعية و الطبية وغيرها من التطبيقات المختلفة وقد أستخدمت مادة أكسيد الزنك لما لها من خصائص فيزيائية وكيميائية لفعاليتها وسرعتها في التماسك ويستخدم في معالجة المطاط الطبيعي ومعظم الأنواع الصناعية كمقاومته وتحملها للضغط والحرارة وعدم الإهتراء كما أنه مفيد في المحافظة على مزارع

أشجار المطاط لأنه يتفاعل مع الإنزيم المسؤول عن التحلل وكابح للفطريات فيها وأكسيد الزنك يدخل في الأصباغ التي توضع على المطاط لإمتصاص الأشعة فوق البنفسجية وهو لا يضمن ثبات الألوان للمطاط إذا تعرضت لأشعة الشمس لفترة طويلة ويدخل في تركيب الأصباغ الملونة للقفازات الطبية ويوفر أيضا وقت للتخزين لفترة أطول كما تستخدم في صناعة إطارات السيارات والشاحنات حيث انه يتميز بسرعة في تبديد الحرارة عند تراكمها ويدخل في صناعة الكيابل الكهربائية كعازل وخاصة عالية الجهد ويحسن من مقاومة العوازل.

***البلاستيك :**

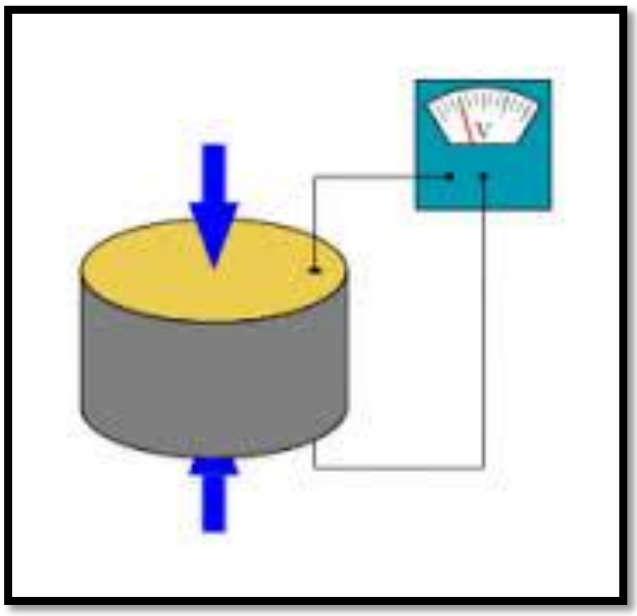
أما في مجال البلاستيك فعند اضافة مركب الزنك تجعل له خاصية مهمة وهي مقاومة الحرارة مما جعلها تدخل في كثير من الصناعات المهتمة بالسلامة العامة وخاصة في مادة البولي بروبلين والبولي ايثلين والتي تعتبر من أهم المواد الداخلة في صناعة العوازل والمعدات المختلفة.

***صناعة الأدوية ومستحضرات التجميل:**

يعد الزنك ومركباته أحد العناصر الهامة لجسم الإنسان ويستخدم في حشوات الأسنان وبعض الأدوية المعوضة لنقصه في الجسم ويستخدم في صناعة المساحيق والكريمات الخاصة بالشعر و الجلد لأنه يحمي الجلد من خلال امتصاص الأشعة فوق البنفسجية فيوضع في الكريمات الواقية من أشعة الشمس ومراهم الحروق ويستخدم في صناعة مزيلات الروائح والصابون.

*ظاهرة الكهرباء الانضغاطية (piezoelectricity) :

تعتبر مادة أكسيد الزنك من المواد التي ينتج فيها ظاهرة الكهرباء الانضغاطية وهي تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية بواسطة الانضغاطية أو العكس ، وهذه الظاهرة الفيزيائية تظهر في بعض المواد حيث تمتلك هذه المواد قدرة على توليد جهد كهربي عندما تتعرض لأجهاد ميكانيكي حيث أن الضغط على سطح المادة بقوة ينتج إزاحة لمواقع الشحنات الموجبة والسالبة في البلورة وبالتالي الحصول فرق جهد كهربي بين سطحي المادة .



شكل يوضح قرص كهربائي انضغاطي يولد فرق جهد عند تطبيق ضغط عليه

بسبب ضغط ميكانيكي تنزاح شحنات موجبة +q بالنسبة للشحنات السالبة في -q في المادة وبذلك ينشأ جهد كهربائي في بلورة .

الفصل الثاني

الخلايا الشمسية (وصلة P–N)

الخلايا الشمسية الصبغية

مقدمة :

يعتبر الوقود الأحفوري (النفط – الغاز – الفحم) الوسيلة الأولى والرئيسية لتوليد الطاقة منذ اكتشاف الكهرباء إلى وقتنا الحالي إلا أن الوقود الاحفوري قد ينفذ في أي وقت لذلك زاد الوعي وتوجه الناس إلى الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة أو النظيفة وقد سميت بهذا الاسم لأنه لا يسفر عن تشغيلها أي نفايات تضر البيئة بالإضافة إلى أنها تعتبر الحل الأنسب كمصدر للطاقة الكهربائية في المناطق النائية والوعرة ، ومن أهمها الخلايا الشمسية التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مباشرة ، كما أن هناك أنواع مختلفة سيتم توضيح البعض منها في هذا الفصل.

٢-١الخلية الشمسية ذات وصلة (P–N) :

إن تصنيع الخلايا الشمسية يكون في الغالب من مادة السيلكون وهي مادة شبه موصلة تستخرج من الرمل النقي ، كما أنها توجد في الطبيعة بوفرة ويتم تسخين السيلكون الشديد النقاوة إلى درجة الانصهار ويتم إضافة عنصر البورون إليه لتكوين شبه الموصل الموجب (p–type) والذي يحمل الشحنة الموجبة ، أما الوصلة السالبة (n–type) فهي أيضاً من السيلكون النقي مضاف إليه بعض الشوائب الخماسية التكافؤ مثل الفسفور كما أن هناك طبقة من مواد أخرى على الخلية لتقليل انعكاسية الشعاع الساقط ، وتعمل الخلية الشمسية على مبدأ (الظاهرة الكهروضوئية) حسب تعريف اينشتاين للضوء وهو عبارة عن مجموعة من الكمات وتسمى الفوتونات وعند سقوط شعاع الشمس على المواد شبه الموصلة فإن طاقته تؤدي إلى تحرير الإلكترونات وتجعلها تتحرك بحرية داخل المادة تاركة خلفها الثقوب وعند زيادة الشدة الضوئية فإن عدد الإلكترونات المنبعثة تكون أكبر ولكن زيادة الشدة ليس هو المهم كما هو تردد أو طاقة الضوء الساقط وبعد أمتصاص هذا الضوء يتم تحرير

الإلكترونات في الروابط الذرية للمواد والمتبقي من هذه الطاقة يتم الإستفادة منه في زيادة الطاقة الحركية للإلكترونات الحرة.

والتأثير الكهروضوئي نوعان :

١- التأثير الكهروضوئي الخارجي

٢- التأثير الكهروضوئي الداخلي.

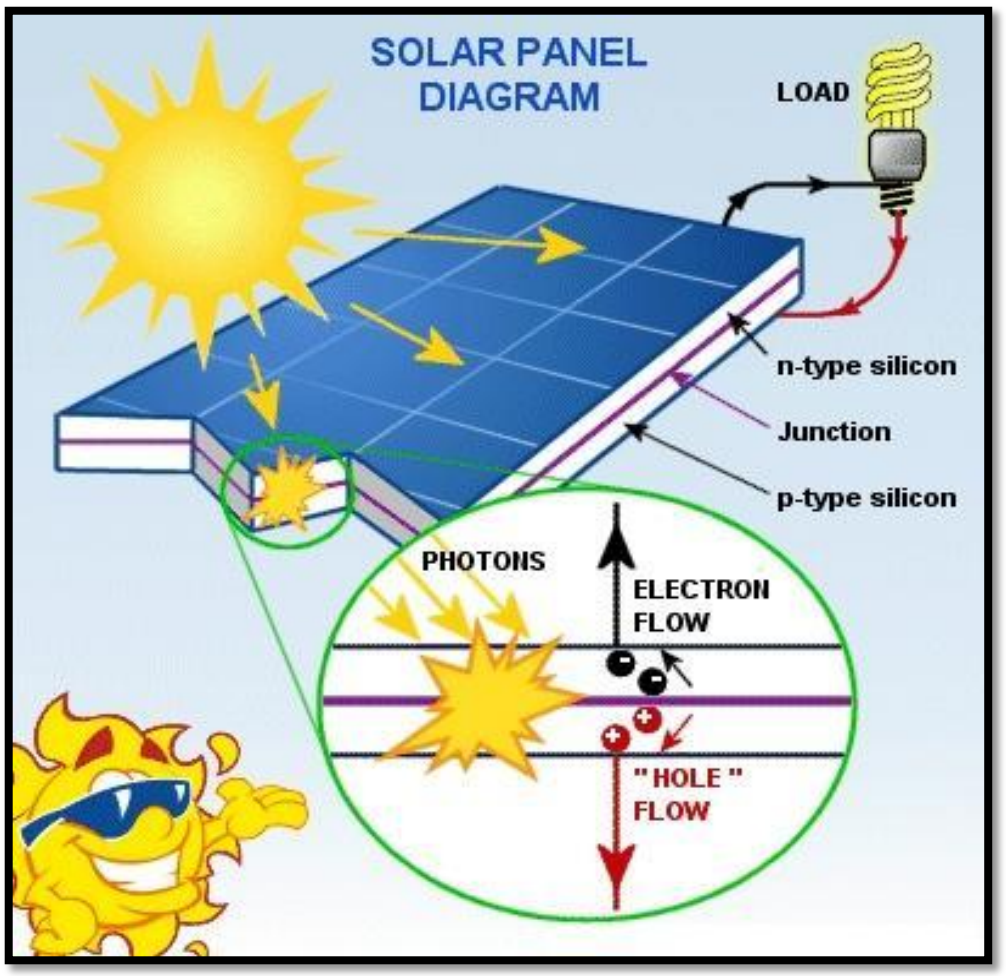
إن في حالة التأثير الكهروضوئي الخارجي يحدث انبعاث الإلكترونات الحرة من سطح المادة بامتصاص الفوتونات وترتبط بالمعادن كما أن المعادن تتميز بعدم انفاذية للفوتونات في نطاق الضوء المرئي والآشعة فوق البنفسجية بدرجة كبيرة ، وفي حال كون طاقة الفوتون أعلى من دالة الشغل على السطح الماص فتتلقى الالكترونات طاقة كافية تجعله يتحرر من السطح وفي حال استخدام جهد خارجي بين الجسم الماص (المهبط) والمصعد فإن الإلكترونات المحررة من الجسم الماص تصل إلى المصعد وينشأ ذلك تيار كهربي أما ظاهرة التأثير الكهروضوئي الداخلي فنشاهد في أشباه الموصلات حيث أن عدم النفاذية لها أقل من المعادن ويحدث التأثير على عمق حيث يمكن لعدد قليل من الفوتونات النفاذ من السطح والطاقة الموجودة في الفوتونات تنشأ زوجاً من الالكترونات والإلكترونات وفي حالة كون طاقة الفوتونات اعلى من طاقة الفجوة (band gap)للمادة المستعملة فإن حاملات الشحنات تكون حرة الحركة في نطاق التوصيل (conduction band) .

الخلايا الشمسية تتكون من وصلة ثنائية (p – n) وهي أشباه موصلات يتم تطعيمهم حسب المطلوب ، فمثلا الفسفور لديه خمسة الكترونات خارجية وسوف تلتصق بذرات جاره السيلكون ولكن يوجد إلكترون واحد للفسفور غير مرتبط وتسمى ذرة الشائب التي

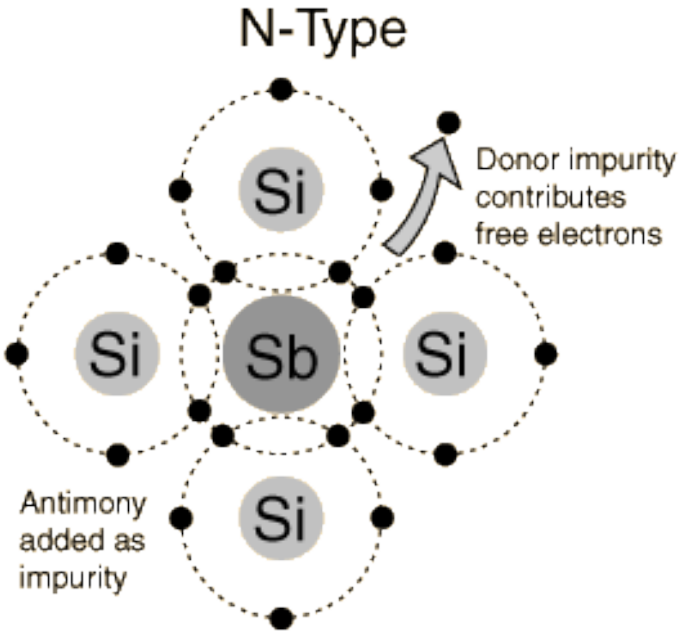
منحت الكترون طليق بالذرة المانحة(Donor) ويدعى هذا النوع بالنوع السالب (N-type).

أما في حالة الإشابة بذرات البورون فهي تملك ثلاثة إلكترونات في الطبقة الخارجية بدلاً من أربعة أي أن هناك نقص في عدد الإلكترونات لتكون روابط مع بقية الذرات المجاورة لها، ولذلك يترك لنا فراغات خالية من الإلكترونات ولوجود هذا الثقب فإن الذرة الشائبة تستقبل الكترون من ذرة أخرى لسد هذه الفجوة وتسمى بالذرة المستقبلة (acceptor) لذلك فهي تحمل الشحنة الايجابية (p-type) .

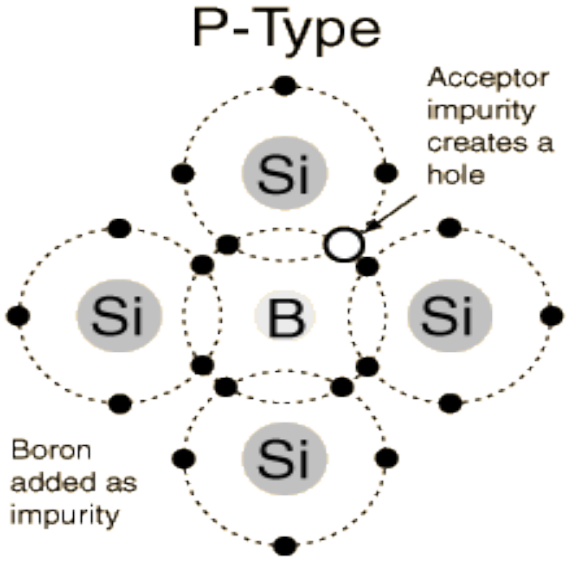
وبعد توصيل الوصلتين ببعضهما يتكون هناك منطقة جرداء خالية من الشحنات وعند سقوط الضوء يتولد زوج الكترون - ثقب وبفعل المجال الكهربائي المتولد في هذه المنطقة يفصل هذا الزوج (إلكترون – ثقب)وبالتالي ينتج تيار كهربائي من الخلية.



شكل يوضح تركيب و فكرة عمل الخلية الشمسية ذات وصلة p –n



تركيب مادة شبه موصلة من نوع **N–type**



تركيب مادة شبه موصلة من نوع **P–type**

٢-٢الخلايا الشمسية الصبغية :

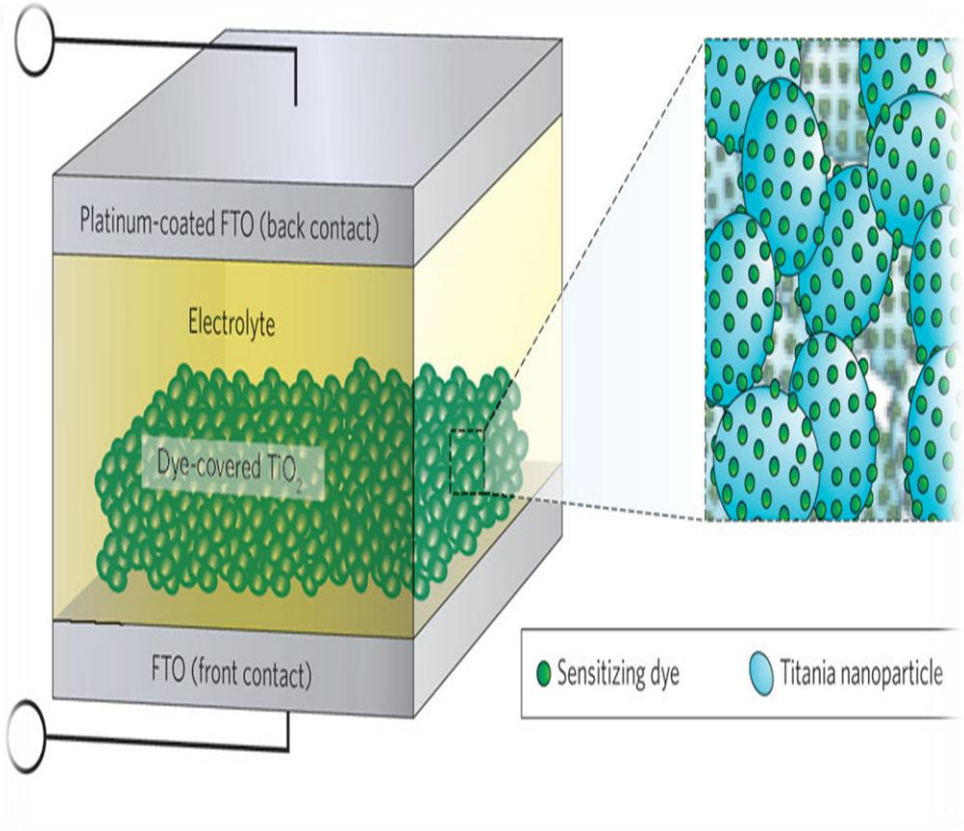
الخلايا الشمسية الصبغية هو نوع ينتمي إلى مجموعة الخلايا الشمسية رقيقة الغشاء، وهي خلايا مصنعة باستخدام الصبغات العضوية والتي تعرف باختصار DSSCs ويعود الابتكار لهذه التقنية للعالم السويسر جراتزل التي عرفت الخلايا باسمه كما يعكف كلاً من العلماء والباحثين على دراسة وتطوير هذا النوع من الخلايا لما له من الصفات التي تميزه عن الخلايا الشمسية المصنعة بالمواد الصلبة أو التقليدية حيث يتم تصنيعها من مواد منخفضة التكلفة وسهلة التصنيع ولا تتطلب أجهزة معقدة ويدخل في تركيب خلايا جراتزل غشاء من جسيمات نانوية من مادة ثاني أكسيد التيتانيوم توضع على الجهة الموصلة للأنود وهو عبارة عن لوح زجاجي شفاف مطلي أو مصقل بمادة موصلة للكهرباء مثل Fluorine-doped Tin Oxide والتي تعرف باختصار FTO تغطي طبقة التيتانيوم اكسيد بطبقة من الصبغة العضوية dye وهي المادة التي تقوم بامتصاص آشعة الشمس مثل طبقة الكرولوفيل في أوراق النبات ، أما الكاثود يكون عن عبارة لوح زجاجي شفاف مغطى بالبلاتين وبين اللوحين يوجد الالكترولايت وتقوم الخلايا الشمسية الصبغية على فصل الوظيفتين التي على أساسها تعمل الخلايا الشمسية المصنعة من السيلكون أو الجرمانيوم حيث يقوم السيلكون بوظيفتين هما توفير الالكترونات الضوئية وأيضاً توفير المجال الكهربي الذي يفصل الشحنة التي تنتج التيار الكهربي ، أما في الخلايا الشمسية الصبغية فإن مادة شبه الموصل يستخدم فقط لنقل الشحنة في حين أن الالكترونات الضوئية تتوفر من الصبغة العضوية المستخدمة ، فصل الشحنات يحدث عند الأسطح بين الصبغة العضوية وشبه الموصل من جهة والسائل الموصل من الالكترولايت من جهة أخرى.

جزيئات الصبغة العضوية صغيرة جداً بحجم نانوي و لكي يتم اقتناص كمية مناسبة من الآشعة الساقطة على طبقة جزيئات الصبغة العضوية فإنها يجب أن تكون سميكة بقدر كافي

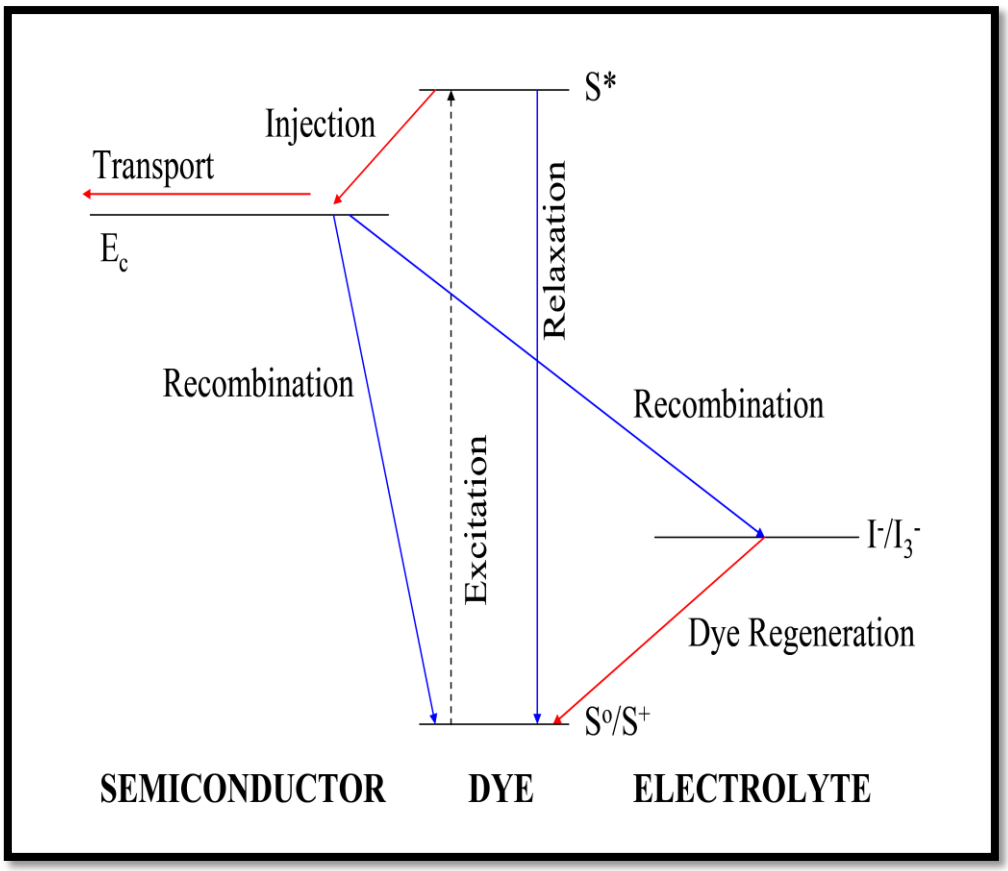
أي بسمك أكبر بكثير من سمك الجزيئات نفسها ، وللتغلب على هذه المشكلة فإن مادة نانوية تستخدم كمنصة لحمل جزيئات الصبغة العضوية في مصفوفة ثلاثيةالأبعاد وفي التصاميم المستخدمة فإن المنصة تتكون من مادة شبه موصلة (تيتانيوم أكسيد) وبهذا فإنها تقدم خدمتين في الخلية الشمسية الصبغية أما في التصميم الأصلي لخلية جراتزل فإن الخلية مكونة من ثلاثة أجزاء رئيسية في الأعلى يوجد الأنود مصنوع من أكسيد القصدير المطعم بالفلور وهذه الطبقة توضع على شريحة من زجاج على الجانب الخلفي الموصل للشريحة يوجد طبقة رقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 والتي تكون عبارة عن تركيب مسامي بمساحة سطحية كبيرة، ثاني أكسيد التيتانيوم عادة يمتص جزء بسيط من آشعة الشمس الذي يقع في طيف الآشعة فوق البنفسجية لذا يجب استخدام مادة حساسة للضوء تتداخل في مسمات أكسيد التيتانيوم تغمر الشريحة في خليط من مادة حساسة للضوء هي صبغة عضوية تعرف بإسم Rutheninm-Polypyridine Dye وتعرف أيضاً بالجزيئات الحساسة molecular sensitizer . وبعد عملية نقع الشريحة الرقيقة في المحلول الصبغي تتكون طبقة رقيقة من المحلول الصبغي على السطح وقد ارتبطت برابطة تساهمية مع مادة ثاني أكسيد التيتانيوم.

بعد ذلك يتم تثبيت طبقة داعمة من الكترولايت الايوديد على شريحة موصلة عادة ما تكون من معدن البلاتين ، ويتم تثبيت الشريحتين معاً بحيث تكون المواد الفعالة للداخل مع استخدام مادة لاصقة قوية على الأطراف لمنع السائل الموصل (الالكترولايت) من التسرب للخارج . وهذا التركيب سهل للغاية . وبالرغم من اعتمادها على مواد خاصة إلا أنها غير مكلفة بالمقارنة مع السيلكون في الخلايا الشمسية التقليدية لأنها لا تتطلب خطوات تصنيع مكلفة فعلى سبيل المثال مادة ثاني أكسيد التيتانيوم يستعمل بشكل كبير في الطلاء .

أما فكرة عمل خلية جراتزل فهي كالتالي: عندما تدخل آشعة شمس خلال المادة المنفذة في الطبقة الموصلة FTO فإنها تصطدم بالصبغة العضوية على سطح ثاني أكسيد التيتانيوم : الفوتونات التي تملك طاقة كافية تمتص بواسطة الصبغة العضوية فتثار الكترونات مدارتها الخارجية وهذا يعمل على حقنها مباشرة في طبقة التوصيل في مادة ثاني أكسيد التيتانيوم ، نتيجة لزيادة تركيز الالكترونات الحرة في طبقة التيتانيوم أكسيد فإنها تنتقل تبعاً لقوانين الانتشار إلى اللوح الموصل اعلاها (الأنود) في غضون ذلك فإن جزيئات الصبغة العضوية تفقد إلكترون ويحدث تفكك للجزيء إذا لم يتم تعويض الإلكترون المفقود فيقوم بامتصاص إلكترون آخر من مركب اليود ليصبح ثلاثي التكافؤ . هذا التفاعل الكيميائي يحدث بسرعة كبيرة بالمقارنة مع الزمن اللازم لإتحاد إلكترون القادم من الأنود مع جزيء الصبغة العضوية المتأكسد ويعمل هذا التفاعل على منع الخلية الشمسية من أن تصبح دائرة مغلقة. يستعيد مركب اليود الثلاثي الإلكترون المفقود بالانتشار الميكانيكي من أسفل الخلية حيث يوجد الإلكترود الذي يقدم له الإلكترون القادم من الدائرة الخارجية .



تركيب الخلية الشمسية الصبغية



شكل يوضح فكرة عمل الخلية الشمسية الصبغية

ملاحظة:

اللون الأحمر يعبر عن أنتقال الألكترون.

اللون الأزرق يوضح الأنتقالات الغير مرغوب فيها.

الفصل الثالث

- التقنيات المستخدمة

- خطوات العمل

٣-١الأدوات والمواد الكيميائية المستخدمة لتحضير العينات:

١- الإيثانول:

مركب كميائي عضوي ينتمي إلى فصيلة الكحوليات صيغته الجزيئية (C_2H_6O) وهي مادة قابلة للاشتعال وعديمة اللون كما انه يستعمل في صناعة العطور وسيكون استخدامه هنا على تنظيف وازالةالرواسب وكذلك في تحضير الطبقة البذرية.

٢-الزجاج الموصل(FTO): هي عبارة عن قطع زجاجية مطلية بـ(FTO) وهي اختصار (fluorine doped tin oxide) وتكون هذه الطبقة على أحد أسطح الزجاج العادي الفائدة من هذه الطبقة هي توصيل التيار الكهربائي أما الاستخدامات فله الكثير من الاستخدامات مثل الأجهزة البصرية والأجهزة الضوئية ولوحات اللمس، وأيضاً ما يميز طبقة (FTO) هي مقاومتها درجات الحرارة العالية.

٣- خلات الزنك:

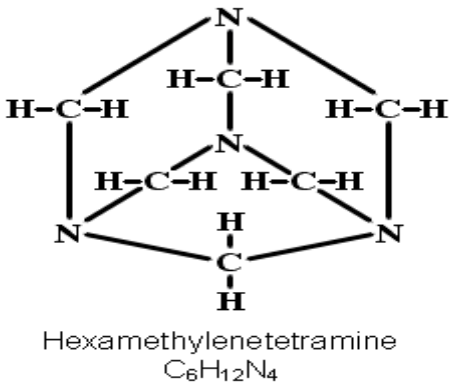
هو عبارة ملح صيغتة الكيميائية $Zn(O_2CCH_3)_2$ ويتم تصنيع خلات الزنك بواسطة إضافة حمض الخل على كربون الزنك وله العديد من الأستخدامات لكن أستخدامه معنا سيكون مقتصرا على تحضير الطبقة البذرية.

٤- نترات الزنك:

نترات الخارصين مركب كيميائي له الصيغة$Zn(NO_3)_2$ ، ويكون على شكل بلورات عديمة اللون ويستخدم في محلول الأنماء

٥- **الهيكسامين (Hexamine):**

تم استخدامه في محلول الإنماء



شكل يوضح الصيغة الحلقية لجزيئة المادة العضوية (الهيكسامين)

٦-الماء المقطر:

هو الماء الصافي الذي يستخدم من أجل تنظيف ورش الأدوات والعينات لإزالة الرواسب.

٧- السحاحة أو الماصة:

وهي أداة تستخدم لسحب كمية من محلول البذرة وتقاس بدقة بوحدة المايكرولتر ويوضع محلول البذرة على العينة.

٨- جهاز القياس المتعدد:

هو جهاز يحدد لنا وجود التيار على سطح القطع الزجاجية المطلية(FTO) وذلك بوضع المؤشر على (Ω) ونضع قطبية على العينة فإذا كانت قراءة الجهاز للمقاومة قليلة فالشريحة

مغطى بطبقة (FTO) أما في حالة ظهور (OL) فهذا يعني أن المقاومة عالية ولا توجد الطبقة(FTO) .

صورة جهاز القياس المتعدد

٩- علب زجاجية لكي توضع العينة فيها ولابد أن تتحمل العلب الزجاجية درجات حرارة عالية نسبيا تصل الى ١٠٠ درجة مئوية.

١٠- ملاقيط وتستخدم لنقل العينة من مكان إلى اخر وللمحافظة على نظافتها.

١١- مناديل خاصة لتنظيف العينات.

٣-٢الأجهزة المستخدمة لتحضير العينات:

١- جهاز التنظيف بواسطة الموجات فوق الصوتية (ultrasonic cleaner)

وغالبا ما يشار إليه بالعامية (sonicator) وهو جهاز تنظيف يستخدم الموجات فوق الصوتية ليست فعالة من دون محلول التنظيف فهي تعزز من تأثير المحلول المناسب لهذا الغرض لتنظيفها وهي كثيراً تستخدم في تنظيف المجوهرات والساعات وتقوم الموجات فوق الصوتيات بتوليد موجات تضاغطية متتالية لكي تزيل المواد العالقة والرواسب من العينة .

صورة جهاز الموجات فوق الصوتية المستخدم في التجربة

2- **جهاز التسخين مع التحريك** (hot plate with stirrer)

هو جهاز يستخدم للتسخين وكذلك لتحريك المحلول واذابة المادة المراد تحريكها وخلطها ويمكن التحكم بالدوران بحسب ما تستدعيه الحاجة .

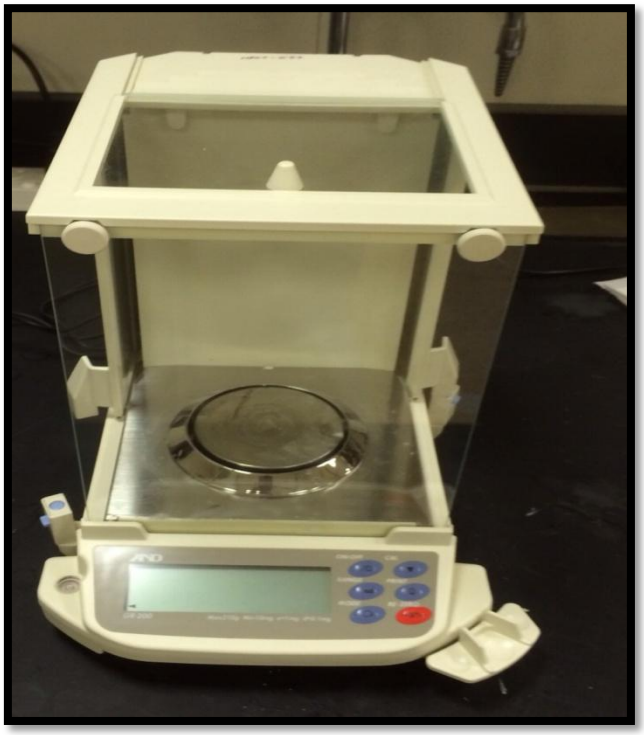
جهاز التسخين مع التحريك

٣- **جهاز** (programmable hotplate) :

ويقوم بوظيفة التسخين وأيضاً متصل بوحدة التحكم من خلالها يمكن تحديد درجة الحرارة المطلوبة وكذلك الزمن الذي يقف عنده التسخين وأيضاً نستطيع زيادة درجة الحرارة حسب المطلوب .

٤- ميزان إلكتروني حساس :

يستخدم في أخذ وزن المركبات لتحضير محلول البذرة والإنماء



صورة الميزان إلكتروني

٥- فرن كهربائي لتسخين العينات:

صورة الفرن الكهربائي المستخدم

٣-٣المجهر الإلكتروني الماسح:

إن الصفة الرئيسية المميزة في هذا النوع من المجاهر أنه تستخدم فيه حزمة ضيقة من الالكترونات لتمسح العينة ، أي أن الإلكترونات تتحرك للأمام والخلف ماسحة سطح العينة ، كما أن العينة تتسبب في عكس الالكترونات يطلق على هذه الالكترونات بالالكترونات الثانويةويمكن استخدامها لانتاج الصورة. ويوضح الشكل العام للمجهر الإلكتروني الماسح حيث يحتوي على الأدوات المنتجة لآشعة الالكترونات والمستعملة لمسح العينة المراد فحصها ، هذه المكونات تتمثل في مدفعة الإلكترونات والعدسات الإلكترونية فتتمثل في العدسات المكثفة للالكترونات والتي تقوم بتكوين حزمة ضيقة جداً من آشعة الإلكترونات ، يصل القطر الحقيقي لبقعة المسح الإلكتروني حوالي ٥ نانومتر ويضاف إلى هذه العدسات مجموعة من الملفات الحارفة (Deflecting coils) مع دائرة تتسبب في جعل الشعاع يمسح العينة وهذا يسهل عملية التحكم في مسح جزء معين من العينة وتقدير معدل وعدد خطوط المسح للسنتيمتر الواحد وعمود المجهر المساح مفرغ تماماً أما مكان العينة وملحقاته من أجهزة تحريك وإمالة العينة فتوجد عند قاعة عمود المجهر.

الالكترونات الثانوية المنطلقة (emitted) من العينة هي نتيجة الاشعاع الذي يصلها من آشعة الالكترونات الصادرة من مدفعة الالكترونات وهذه الإلكترونات الثانوية سوف ينتج عنها خيال العينة يتم تكوين الخيال بمساعدة جهاز يسمى المجمع (collector) هذا المجمع يتكون من قفص فاراداي وهو عبارة عن كأس

معدني ذو شحنة كهربائية موجبة وتغطى قمته بشبكة معدنية تلعب دوراً مهم في تنظيم مرور الالكترونات

شكل يوضح تركيب المجهر الإلكتروني الماسح

الالكترونات المنبثقة عن العينة تنجذب في اتجاه قفص فاراداي ويخترق بعض منها الشبكة المعدنية وفي داخل هذا القفص توجه هذه الالكترونات بوساطة فولتية موجبة عالية بإتجاه آداة تعرف بالجهاز الوماض (scintillator) والذي بدوره يحول الطاقة الحركية للالكترونات إلى ضوء مرئي هذا الضوء يغذى إلى مضاعف ضوئي والذي بدوره يحوله إلى تيار كهربائي يستعمل لضبط أشعة أنبوبة المهبط.

أي اختلاف في كثافة الالكترونات الثانوية المنبثقة عن العينة يظهر كتغير في بريق ذلك الجزء من العينة على شاشة الفحص وعلى هذا فإن الخيال يتشكل من نقطة إلى نقطة ومن خط إلى خط كما هي الحالة عليه في خيال شاشة التلفاز ، هذا الخيال يمكن رؤيته مباشرة على الشاشة أو يمكن تصويره على ألواح وأفلام حساسة

تعتمد قدرة التبيين (resolving power) في المجهر الماسح على عدة عوامل منها حجم نقطة آشعة الالكترونات التي تمسح العينة ، وكذلك طبيعة العينة المفحوصة والطريقة التي تتداخل فيها آشعة الالكترونات ، وسرعة المسح وعدد خطوط الخيال المتكون ، وعلى العموم فإن قدرة التبيين في هذه المجاهر تصل إلى ١٥ نانومتر في الحالة الجيدة والمناسبة ، وبهذا فإن خصائص المجهر الإلكتروني الماسح تختلف كثيراً عن المجهر الإلكتروني النفاذ فالمجهر النفاذ يمتاز بقوة تبيين عالية وبذلك فهو جهاز صالح لدراسة التراكيب الخلوية الدقيقة ، وكذلك تركيب بعض الكائنات الحية الدقيقة من فيروسات وبكتريا وغيرها ، ولكن يجب أن تكون قطاعات العينة رقيقة جداً هذه القطاعات الرقيقة من الصعوبة بمكان الحصول منها على صور ثلاثية الأبعاد بالمجهر الماسح ، لذلك فالمجهر الماسح يناسب دراسة أسطح العينات

الصلبة مع اعطاء بعض المعلومات البسيطة عن تركيبها الداخلي نظراً لأن عمود المجهر مفرغ تماماً ، فإنه لابد أن تكون العينة المراد فحصها جافة ، وبعد عملية تثبيت وتجفيف العينة بأي طريقة ، لابد من تغطية العينة المراد فحصها بطبقة رقيقة من مادة موصلة كالكربون أو الذهب . يمنع هذا الغلاف تكون شحنات كهربائية وارتفاع درجة حرارة العينة خلال عمليات الفحص تتم عملية تغطية سطح العينة في جهاز تبخير مفرغ لكي يتسنى وضع طبقة متناسقة ورقيقة من مادة التغليف.

كما أن هناك بعض الاحتياطات الواجب اتباعها لتحضير عينات المجهر الماسح ومنها حجم العينة وأيضاً من الاحتياطات الواجب اتباعها هي تنظيف العينة بشكل جيد ويمكن استخدام بعض المنظفات مثل الحموض لتنظيف المواد العالقة ، وللحصول على صورة واضحة وجيدة فلابد من التثبيت بأحكام وأخيراً تعني كلمة مجهر ماسح أي أنه الذي لا يقوم بتصوير العينة مرة واحدة وإنما يقوم بتركيز شعاع الإلكترونات على بقعة صغيرة من العينة ويلتقط صورتها ثم ينتقل إلى نقطة مجاورة ويلتقطها وهكذا متتابعاً . فالمجهر لا يحصل على صورة العينة بأكملها وإنما يلتقطها نقطة تلو النقطة وبذلك يمكن تعديل الاضاءة أو زيادة زمن التقاط نقطة ضعيفة الاضاءة وعن طريق برنامج حاسوبي تجمع النقاط المصورة لتكوين الصورة النهائية الكاملة للعينة على شاشة الحاسوب.

الصورة التالية توضح المجهر وملحقاته

(صورة للمجهر الماسح في معهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود)

٣-٤المحاكي الشمسي وقياسات الكفاءة:

هو جهاز يرسم العلاقة مابين I وv ويوجد القيم لكل من:

Voc جهد الدائرة المفتوحة (V)

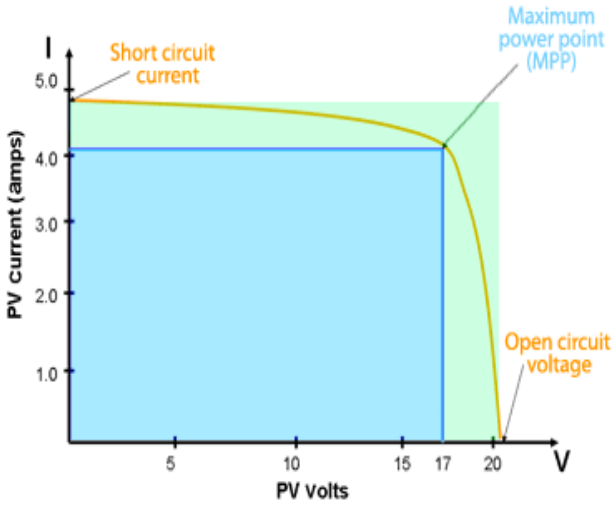
FF معامل الإمتلاء

Isc تيار الدائرة المغلقة (A)

Pin القدرة الداخلية (Watt)

ومن خلال القيم يكمن حساب كفاءة الخلية الشمسية الصبغية من القانون:

$$\eta = \frac{FF\ V_{OC}\ I_{sc}}{P_{in}}$$



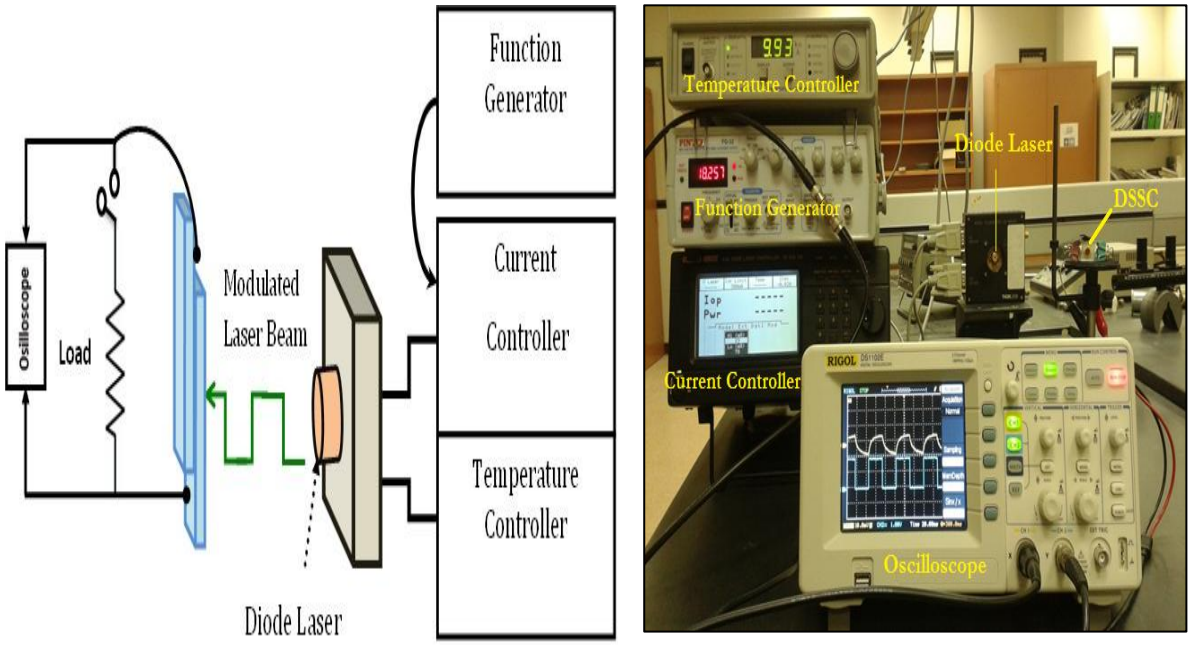
المحاكي الشمسي

٣-٥نظام قياسات ديناميكية الإلكترونات في الخلية الشمسية

هو نظام يعمل على:

١) حساب زمن التحام الألكترون مع الإلكترولايت في حالة الدائرة المفتوحة.

٢) وأيضا حساب زمن أنتقال الألكترون الى FTO من خلال السلك النانوي في حالة الدائرة المغلقة.



نظام قياسات ديناميكية الإلكترونات

٣-٦ خطوات العمل:

٣-٦-١ طرق تحضير أسلاك أكسيد الزنك (ZnO) النانوية :

تنظيف زجاج الـ FTO:

يعتبر تنظيف زجاج الـ FTO من أهم الخطوات للحصول على نتائج جيدة وتمر بعدة خطوات :

١- نقوم بتنظيف الزجاج المستخدمة بالماء والصابون بإستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة ١٠ دقائق.

٢- نقوم بغسل الزجاج بإستخدام الماء لإزالة عوالق الصابون المتبقية بعد التنظيف.

٣- نقوم بتنظيف الزجاج المستخدمة بالإيثانول بإستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة ١٠ دقائق.

٤- تنشيف الزجاج باستخدام التيار من غاز النيتروجين.

٣-٦-٢ تحضير محلول البذرة :

١- أولاً نقوم بوزن كمية ٠,٠٢٢ جرام من خلات الزنك على الميزان الإلكتروني.

٢- يتم تذويب خلات الزنك في ١٠ مل من سائل الايثانول داخل علبة زجاجية. وبالتالي نحصل على محلول الطبقة البذرية بمولارية تساوي ٠,٠١ مولار.

٣-٦-٣ تحضير الطبقة البذرية

١- تم تنظيف وتجهيز ٨ عينات من الـ FTO.

٢- نضع قطعة زجاج الFTOعلى الوجه الموصل للكهرباء (نتاكد عن طريق جهاز القياس المتعدد).

٣- يتم وضع شريط لاصق على الجزء الذي لن يتم استخدامه لإنماء الأسلاك النانوية.

٤- نستخدم السحاحة أو الماصة لسحب كمية ٢٠ مايكرولتر من محلول البذرة ونقوم بتقطيره على منطقة نمو الأسلاك.

٥- تترك العينة لمدة ١٠ دقائق حتى تجف.

٦- يتم تكرار الخطوتين ٤-٥ أربع مرات.

٧- يتم إزالة اللاصق وتسخين العينة لمدة نصف ساعة عند درجة حرارة ٣٥٠ درجة مئوية.

٨- يتم تكرار خطوات التقطير أعلاه (أربع مرات) وخطوة التسخين عند ٣٥٠ درجة مئوية لمرة ثانية.

٣-٦-٤ تحضير محلول الانماء:

١- نحضر مركب نترات الزنك وكذلك مادة الهيكسامين.

٢- نأخذ كمية من نترات الزنك قدرها ١,٣٢٦ جرام وكمية ٠,٧٢٢١ جرام من الهيكسامين ونضعها في ٢٨٠ مل من الماء المقطر. وبالتالي يكون لدينا محلول إنماء متساوي المولارية لنترات الزنك والهيكسامين وقدرها ٠,٠٢٥ مولار.

٣- نقوم بوضع المغناطيس داخل المحلول، ونضع محلول الإنماء على جهاز المغناطيس الحراري ليقوم بتحريكه وخلطه ونضبطه تقريباً على ٨٠٠ دورة في الدقيقة حتى نتأكد أن نترات الزنك والهيكسامين قد تمت إذابتهما.

٤- الان يمكن أن نقول بأن محلول الأنماء جاهز للأستخدام.

٣-٦-٥ إنماء الأسلاك النانوية

١- تم تحضير ٨ عينات متطابقة من الأسلاك النانوية.

٢- نضع العينات الزجاجية المحتوية على الطبقة البذرية التي عددها ٨ عينات في أربع علب زجاجية بحيث كل علبة تحوي عينتين ثم يتم توزيع محلول الإنماء على العلب الزجاجية الأربع بحيث يغطي محلول الإنماء كامل العينات.

٣- يتم ملاحظة أن يكون الوجه الموصل للعينة متوجهاً إلى الأسفل عند وضع العينة في العلبة الزجاجية باستخدام الملاقيط.

٤- يتم إغلاق العلب الزجاجية التي فيها العينات ووضعها في الفرن لمدة ساعتين عند درجة ٩٥ درجة مئوية.

٥- بعد ساعتين يتم إخراج العينات من الفرن باستخدام الملقاط وتنظيفها باستخدام الماء المقطر.

٣-٦-٦ المعالجة الحرارية للأسلاك النانوية

تم تسخين ٤ عينات عند درجات حرارة مختلفة: ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠ درجة مئوية لمدة نصف ساعة لكل منها.

٣-٦-٧ تصنيع الخلايا الشمسية باستخدام الأسلاك النانوية المعالجة حرارياً

١- يتم وضع عينات الأسلاك النانوية في محلول الصبغة. تم استخدام محلول صبغة N719في الإيثانول بمولارية قدرها ٥ × ١٠$^{-٤}$ مولار. استمر وضع العينات في محلول الصبغة لمدة ساعة كاملة.

٢- يتم إخراج العينات من محلول الصبغة وتنظيفها بالإيثانول من العوالق.

٣- يتم إذابة الحمض العضوي الذي يحمل الصيغة الكيميائية (H_2PTCl_6) مع الإيثانول وبذلك نستطيع القول بأن محلول البلاتينيوم جاهز للأستخدام.

٤- تم استخدام محلول البلاتينيوم بتركيز ٢ مول/مل لتقطير طبقة البلاتينيوم على قطعة زجاج FTO أخرى. ثم تم تسخينها لمدة نصف ساعة عند درجة حرارة ٤٠٠ درجة مئوية.

٥- يتم وضع ٥ ميكرولتر من محلول الإلكترولايت على الأسلاك، ثم وضع الوجة الموصل لقطب البلاتينيوم على الأسلاك النانوية، وإقفالها بواسطة كليبسات حديدية. وبالتالي تصبح الخلية الشمسية جاهزة للاختبار.

الفصل الرابع

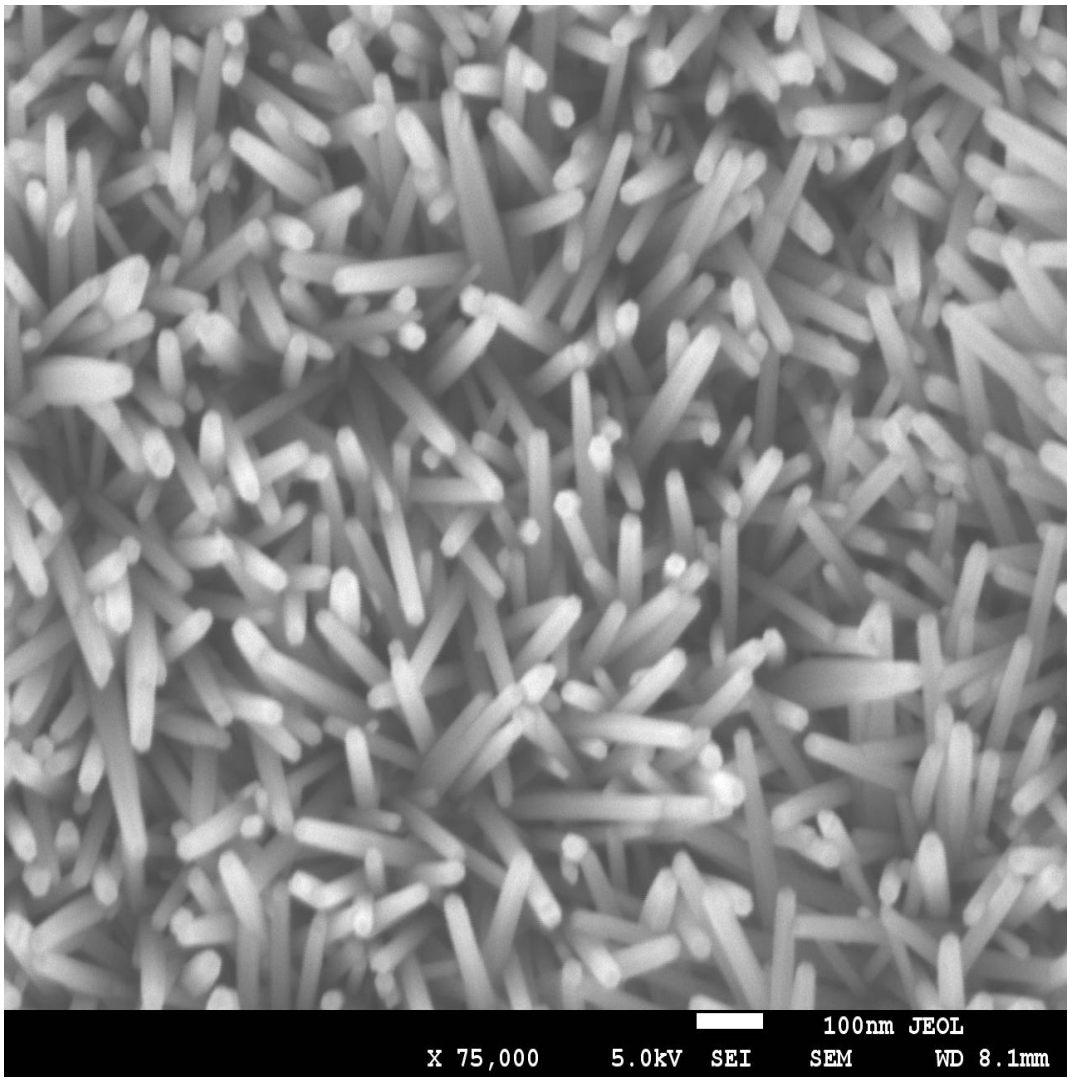
– النتائج

– الخاتمة

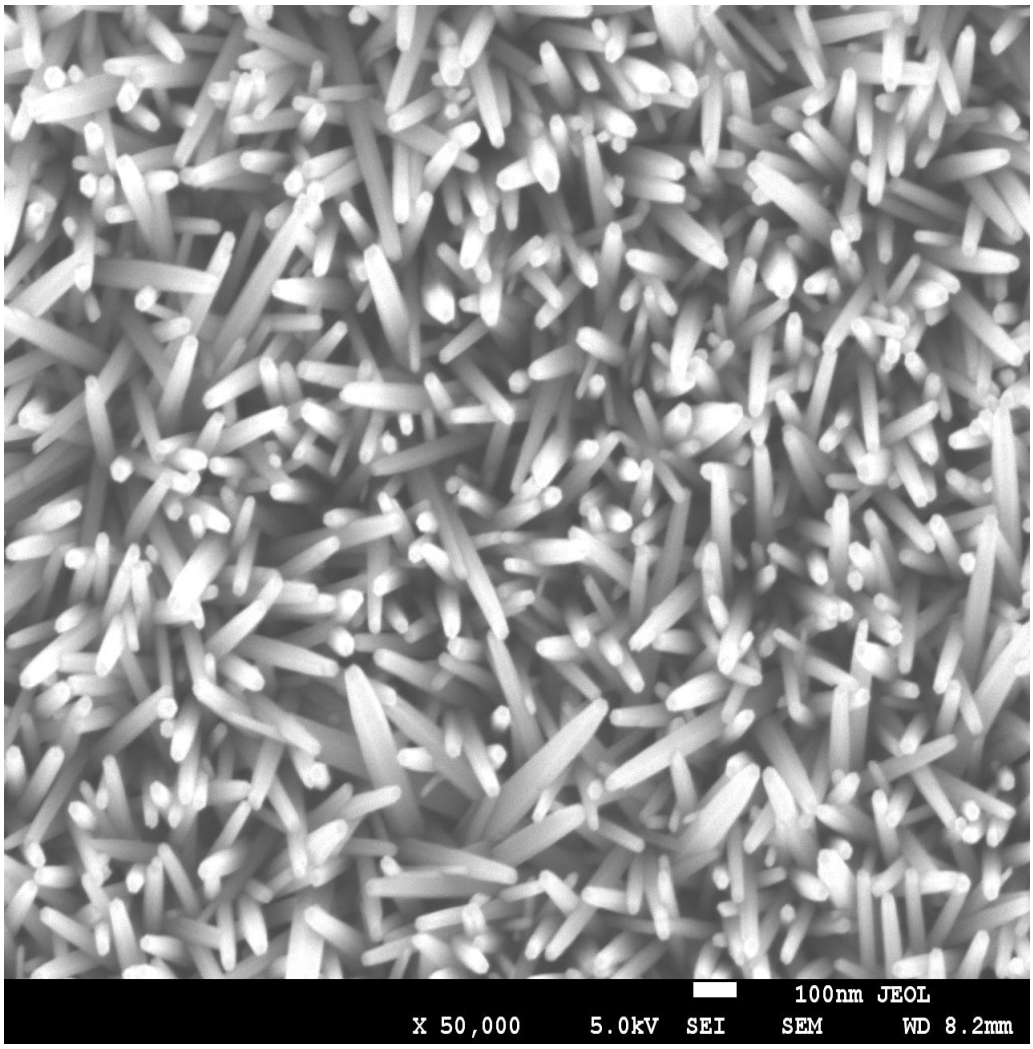
–التوصيات

٤-١دراسة التراكيب النانوية باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح

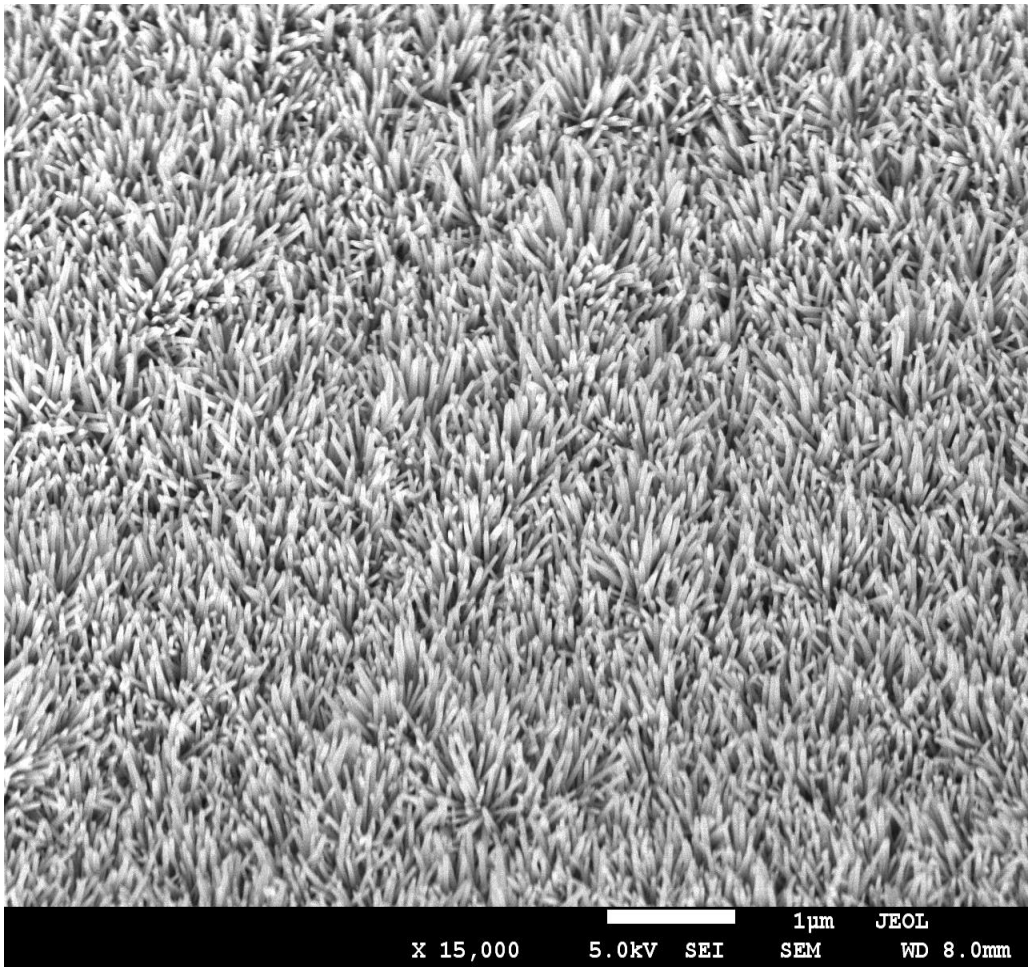
الأشكال التالية توضح الأسلاك النانوية لأكسيد الزنك وتم الحصول عليها عن طريق المجهر الماسح .



(التكبير75000 مرة)



(التكبير50000 مرة)



(التكبير 15000 مرة)

٤-٢ من نتائج المجهر الماسح:

a) قطر الأسلاك النانوية:

من خلال الصور يتضح أن قطر الأسلاك النانوية يتراوح ما بين (٢٠-٣٠نانومتر).

b) طول الأسلاك النانوية:

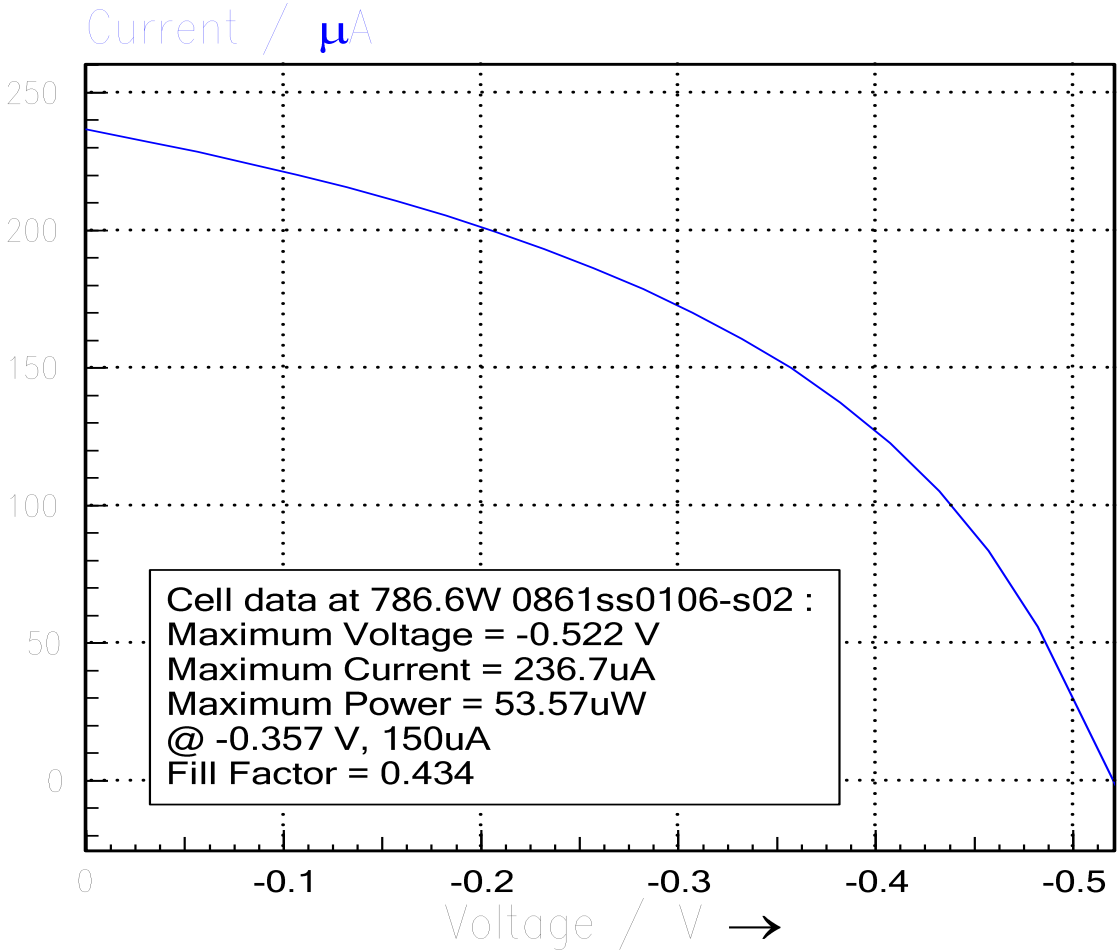
كما أن طول الأسلاك النانوية حوالي(٣٠٠نانومتر).

c) الشكل السداسي:

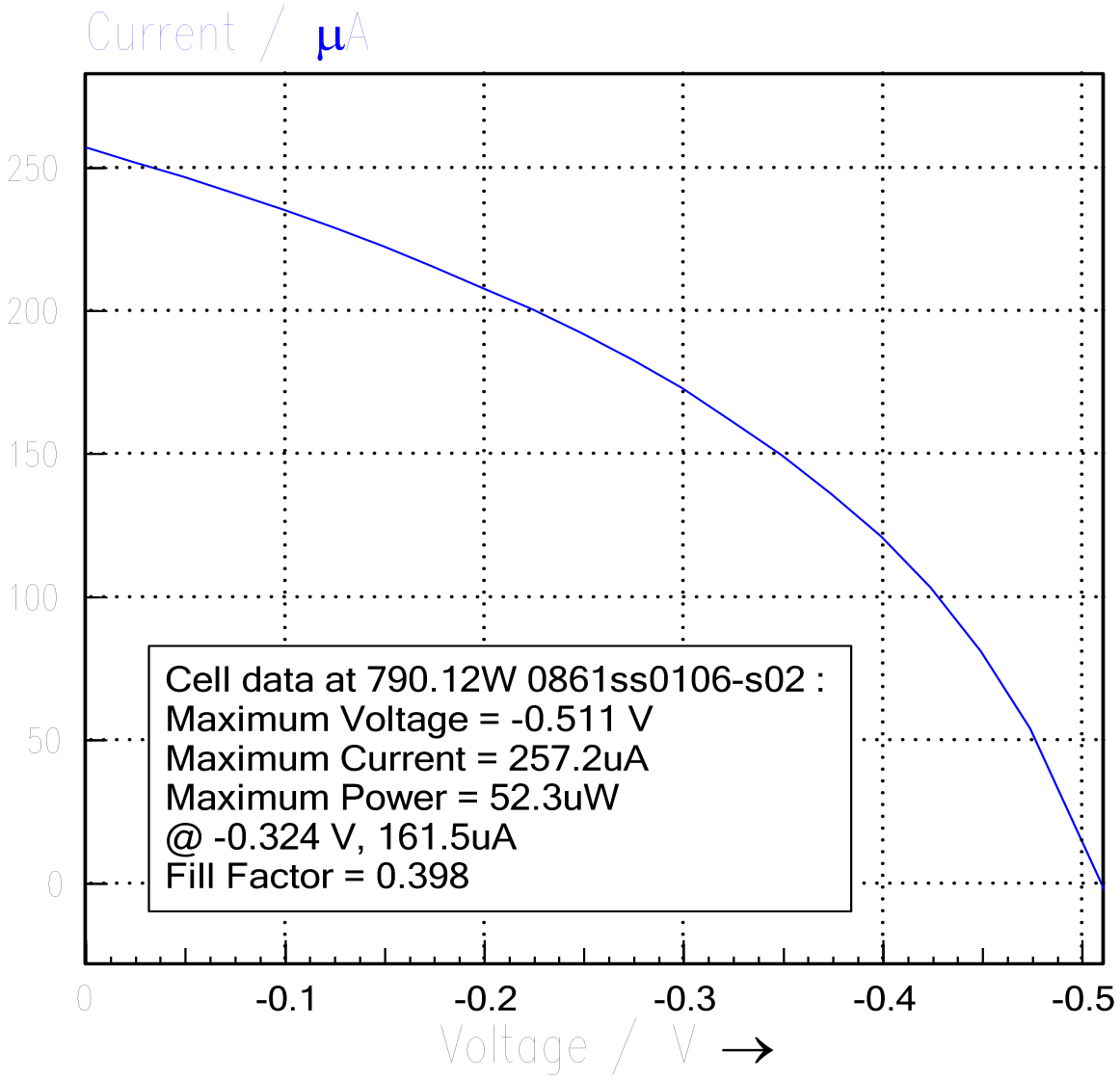
نلاحظ من أشكال الأسلاك النانوية أنها سداسية ويرجع ذلك للتركيب البلوري لأكسيد الزنك

٤-٣نتائج الخلايا الشمسية:

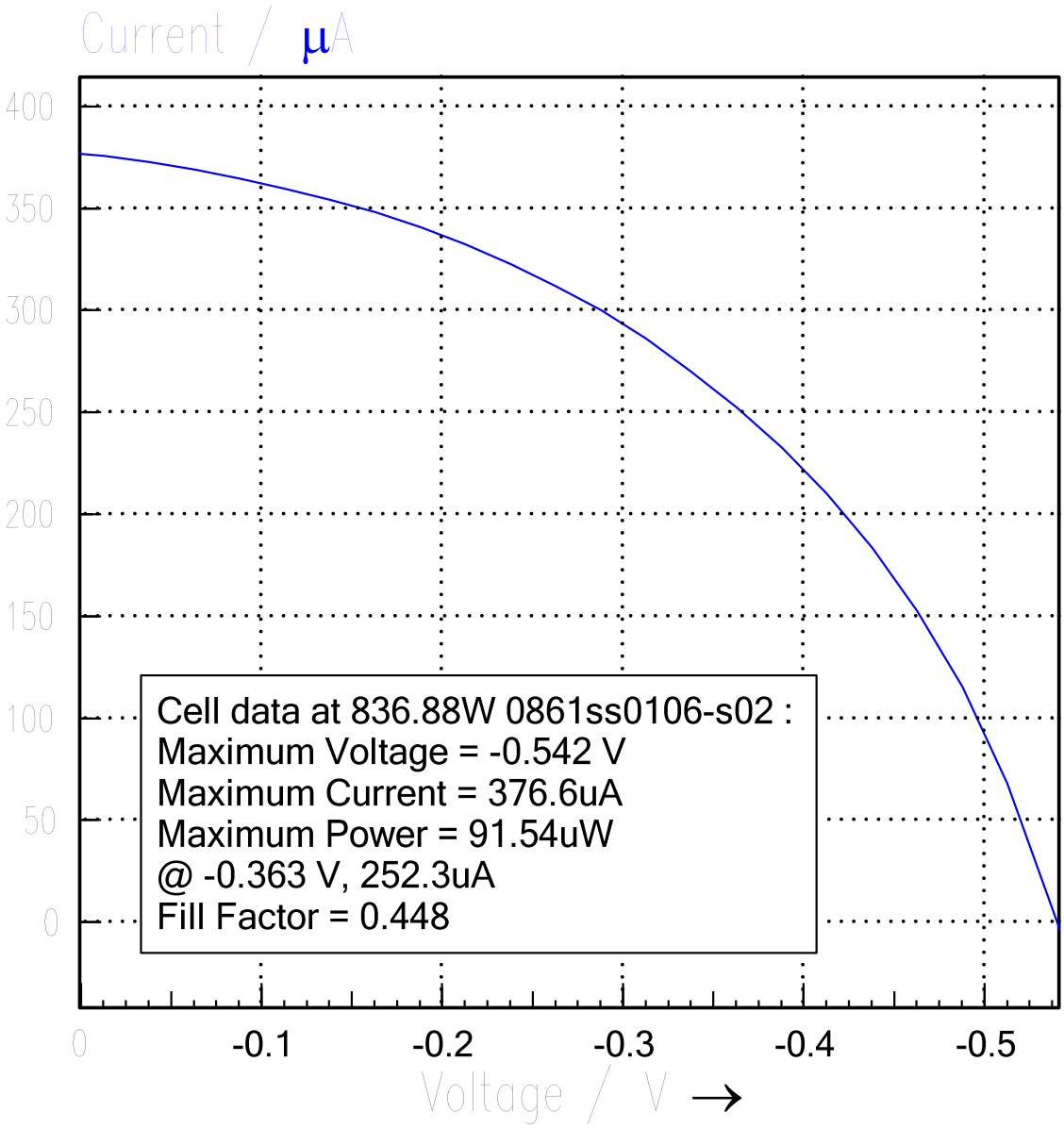
الأشكال التالية توضح العلاقة بين التيار والجهد وعن طريق المحاكي الشمسي يمكن أن نوجد قياسات الخلايا الشمسية عند معالجات حرارية مختلفة ٤٠٠،٣٠٠،٢٠٠،١٠٠.



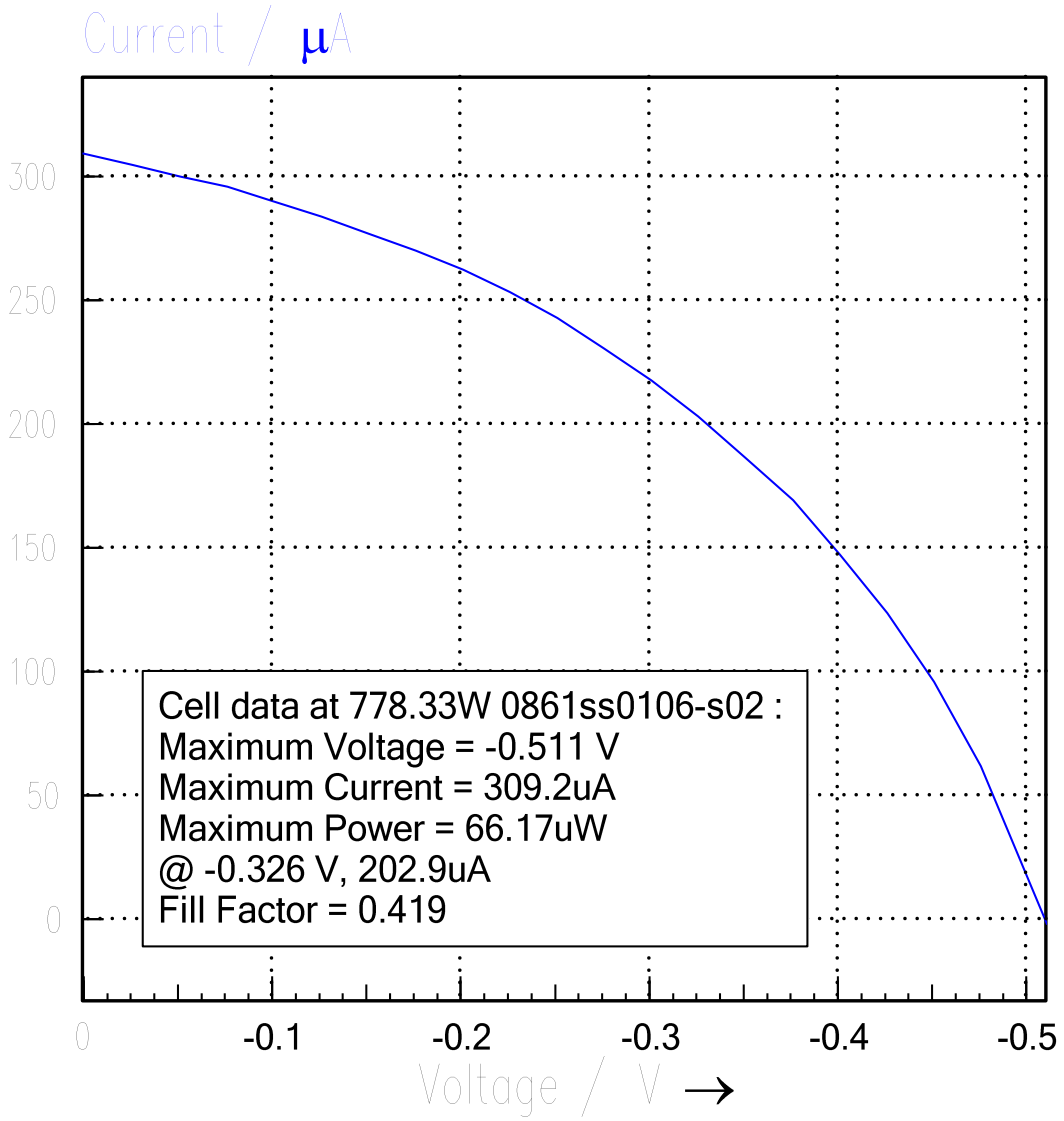
منحنى التيار-الجهد للعينة المعالجة حراريا عند ١٠٠درجة مئوية



منحنى التيار–الجهد للعينة المعالجة حراريا عند ٢٠٠درجة مئوية



منحنى التيار–الجهد للعينة المعالجة حراريا عند ٣٠٠درجة مئوية



منحنى التيار–الجهد للعينة المعالجة حراريا عند ٤٠٠ درجة مئوية

قياسات خصائص الخلايا الشمسية

P_{max} (uW) القدرة القصوى	FF معامل الإمتلاء	I_{sc} (μA) تيار الدائرة المغلقة	V_{oc} V جهد الدائرة المفتوحة	درجة حرارة المعالجة الحرارية
53.57	0.434	236.7	0.522	100
52.3	0.398	257.2	0.511	200
91.54	0.448	376.6	0.542	300
66.17	0.419	309.2	0.511	400

ملاحظة:

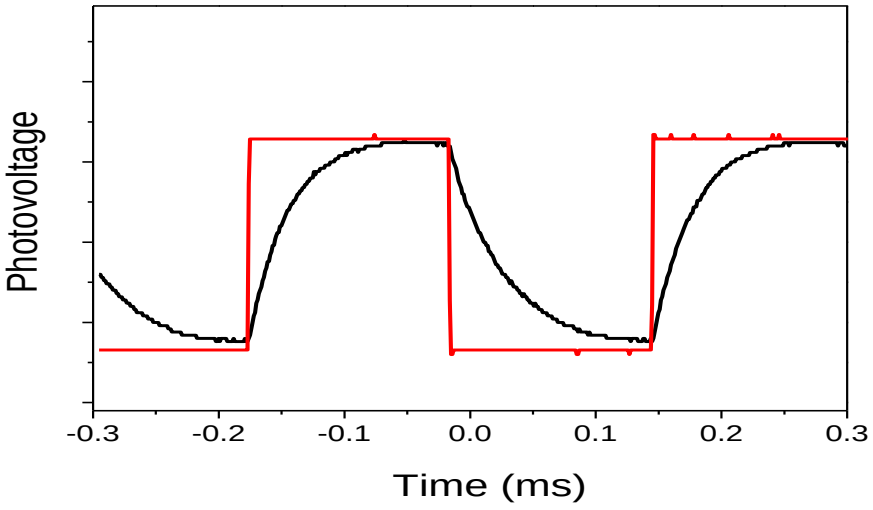
من خلال القياسات لأربع عينات عند درجات حرارة مختلفة يتضح لنا أن المعالجة الحرارية عند ٣٠٠ درجة مئوية تعطي أفضل كفاءة للخلية الشمسية.

٤-٤نتائج قياسات ديناميكية الإلكترونات:

الشكل التالي يوضح :

اللون الأحمر يمثل الشدة الأشعاعية الساقطة (الليزر) على الخلية الشمسية أما

اللون الأسود فهو يمثل فرق الجهد بين طرفي الخلية .



١-في حالة الدائرة المفتوحة نستطيع حساب زمن الالتحام مع الإلكترولايت ..

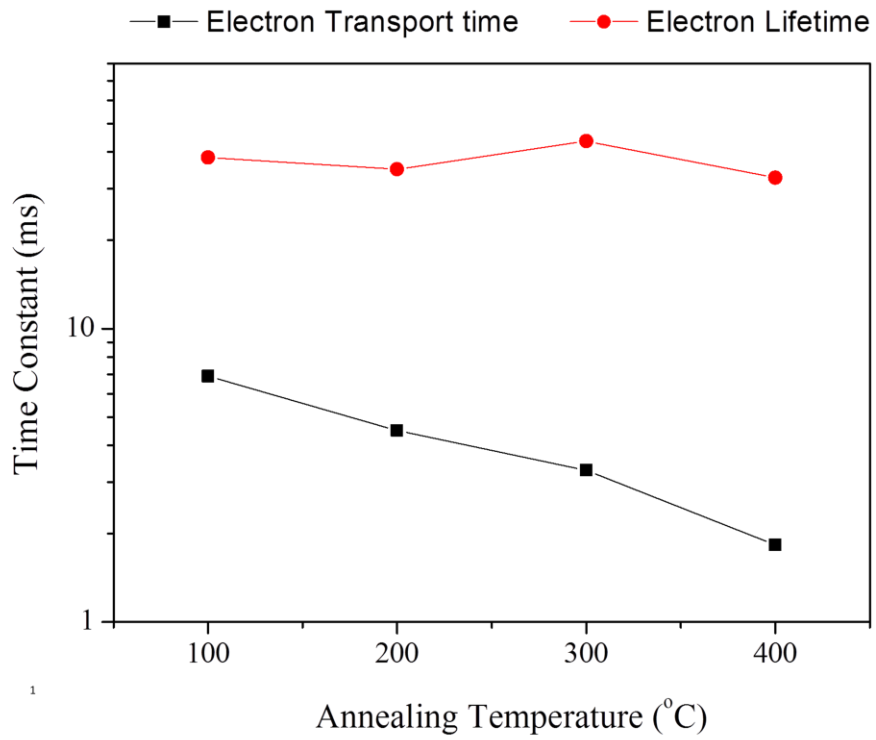
٢-في حالة الدائرة المغلقة نستطيع حساب زمن انتقال الإلكترون الى FTO من خلال السلك.

٣- يجب أن يكون زمن الانتقال أسرع من زمن الالتحام وإلا سبَبَ فقدان الإلكترونات..

٤-٥نتائج قياسات ديناميكية الإلكترونات

اللون الازرق يمثل زمن التحام الألكترون مع الإلكتروليت.

اللون الأحمر يمثل زمن أنتقال الألكترون عبر السلك النانوي.



نلاحظ أن المعالجة الحرارية نتج عنها تحسن في زمن النقل. إلا أن زمن الالتحام لم يتغير بشكل كبير.

كما نلاحظ أن زمن النقل كان أصغر من زمن الالتحام في كل الخلايا الشمسية، مما نتج عنه وصول الشحنات إلى الأنود وبالتالي عمل الخلية الشمسية.

التوصيات للعمل المستقبلي

- التحكم في سمك وطول وتوزيع الأسلاك النانوية.

- استخدام الأسلاك النانوية في تطبيقات أخرى مثل الكشف عن الغازات .

الخاتمة

بفضل من الله ومنته تم إنجاز هذا البحث العلمي ثم بدعم الدكتور/ محمد الدريبي الذي استفدت من خبراته وتوجيهاته النافعة، وكل من ساعدني في إتمام هذا البحث، راجياً من الله أن يعود بالنفع لي ولكل من اطلع عليه، والله الموفق..

المراجع

* تطبيقات أكسيد الزنك(ترجمة وصرف) http://navbharat.co.in/clients

* مقال للدكتور حازم سكيك عن الخلايا الشمسية الصبغية www.hazemsakeek.com

* كتاب الطاقة الجديدة والمتجددة أنواعها ومصادرها المؤلف الدكتور/ عبدالله البسام.

*كتاب المجاهر الألكترونية وتقنياتها المؤلف الدكتور/محمد صالح خليفة. والدكتور/عبدالعزيز عبدالرحمن الصالح.