جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

نانو في تصنيف الخلايا الشمسية

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في تربية الفيزياء

تقدم به

اية فيصل غازي

بأشراف

أ . د . احسان ضياء جواد البيرماني

١٤٤٤هـ ٢٠٢٣م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

((قالوا سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا
انك انت العليم الحكيم))

صدق الله العلي العظيم
سورة البقرة ، آية ٣١

الاهداء

الى.....رمز الحب والحنان والتضحية والايثار.....

امي الحبيبة

الى.....عماد الخيمة التي تفيأت بظلال حبه وقيمة فباتت نبراته تعكس الفؤاد ابدا وتسري في شراييني نهرا من الثقة بالنفس والشوق الى الحقيقة.....

** أبي العزيز**

الى.....من يفيض لهم قلبي حبا وحنانا .....

** اخوتي وأخواتي**

الى.....من أكن لهم الحب والاحترام .....

أساتذتي

الشكر والتقدير

نشكر الله العلي القدير الذي انعم علينا بنعمة العقل والدين ونثني ثناء حسن ووفاء وتقدير واعترافاً منا بالجميل نتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يدخروا جهداً في مجال البحث اساتذتنا الكرام كل التبجيل والتوقير لكم يا من صنعتم المجد بفضلكم فهمنا معنى الحياة حيث استقينا منكم العلوم والمعارف والتجارب بفضلكم عرفنا البحث ع الجوهر والمضمون بفضلكم وجدن لما مكانة في الحياة فأنتم لم تعلمونا حرفاً واحداً بل بجهودكم تعلمنا الحياة ولابد لنا ونحن نخطو خطوتنا الاخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود فيها الى اعوام قضيناها في رحاب الجامعية مع اساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك مجوداً كبيراً في بناء جيل الغد وقبل ان نمضي لا يسعنا سوى ان نتقدم بأسمى الشكر والامتنان والتقدير والمحبة الى الذين حملوا اقدس رسالة في الحياة الى الذين مهدوا طريق العلم والمعرفة .

ونخص بالشكر والتقدير مشرف البحث الاستاذ احسان ضياء لجهوده المبذولة معنا وكذلك نخص بالشكر رئاسة جامعة بابل والسيد عميد كلية التربية للعلوم الصرفة الدكتور ورئاسة قسم الفيزياء.

الباحث

الخلاصة

لقد تناولنا في هذا البحث ثلاث تم دراسة الفصل الأول حيث يتحدث عن النانو بشكل عام ومن اهم المواضيع التي تحدثنا عنها وهي تاريخ النانو جسيمات النانو تصنيع المواد النانوية اما الفصل الثاني فقد تحدثنا عن الخلايا الشمسية ومن اهم المواضيع وهي الخلايا الشمسية وتطورهاونبذه تاريخية عن الخلايا الشمسية ومكونات النظام الشمسي أجيال الخلايا الشمسية المبادئ الأساسية لعمل الخلايا الشمسية وأنواع الخلايا الشمسية اما الفصل الثاني فقد تحدثنا عن النانو في الخلايا الشمسية ومن المواضيع التي تطرقنا الية في مجال الطاقة الشمسية الخلايا الشمسية المحسنة بتقنية النانو تكنولوجيا النانو لانتاج الخلايا الشمسية مستقبل الطاقة المتجددة استنزاف مصادر الطاقة التقليدية الاستثمار العالمي في مجال الطاقة النظيفة الخلايا الفوتوفولطية وتطبيقات الخلايا الفوتوفولطية وتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال توليد الطاقة هذا ماتم دراستة في البحث

المحتويات

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

	الإهداء	
	شكر و تقدير	
	المحتويات	
	قائمة الاشكال	
	الفصل الأول / النانو	
(١-١)	المقدمة	١
(١-٢)	تاريخ تقنية النانو	٢
(١-٣)	جسيمات النانو	٥
(١-٤)	تصنيع المواد النانوية	٧
(١-٥)	اشكال المواد النانوية	٨
(١-٥-١)	النقاط الكمية: Quantum dots	٨
(١-٥-٢)	الفولورين: Fullerene	٩
(١-٥-٣)	الكرات الثانوية: Nanoballs	١٠
(١-٥-٤)	الجسيمات الثانوي: Nanoparticles	١٠
(١-٥-٥)	الأنابيب الثانوية: Nanotubes	١٢
(١-٦)	اهداف البحث	١٣
	الفصل الثاني / الخلايا الشمسية	
(٢-١)	الخلايا الشمسية وتطورها	١٥
(٢-٢)	نبذه تاريخية	١٥
(٢-٣)	الخلايا الشمسية	١٦
(٢-٤)	مكونات النظام الشمسي	١٧
(٢-٤-١)	الألواح الشمسية Solar Panels:	١٧

(٢-٤-٢)	منظمات الشحن charger Controllers :	٢٠
(٢-٤-٣)	العواكس Power Inverters:	٢١
(٢-٥)	أجيال الخلايا الشمسية	٢٢
(٢-٦)	المبادئ الأساسية لعمل الخلايا الشمسية	٢٣
(٢-٧)	أنواع الخلايا الشمسية	٢٦
(٢-٧-١)	خلية تصنع من السليكون أحادي الليل (or Crystallirne) :	٢٦
(٢-٧-٢)	خلايا عديدة التبلر (multy crystalline):	٢٦
(٢-٧-٣)	خلايا الفيلم الرفيع (amorphous):	٢٧
	الفصل الثالث / النانو في الخلايا الشمسية	
(٣-١)	في مجال الطاقة الشمسية	٢٩
(٣-٢)	الخلايا الشمسية المحسنة بتقنية النانو	٣١
(٣-٣)	تكنولوجيا النانو لانتاج الخلايا الشمسية مستقبل الطاقة المتجددة	٣٢
(٣-٤)	استنزاف مصادر الطاقة التقليدية	٣٣
(٣-٥)	الاستثمار العالمي في مجال الطاقة النظيفة	٣٤
(٣-٦)	الخلايا الفوتو فولطية	٣٤
(٣-٧)	تطبيقات الخلايا الفوتو فولطية	٣٥
(٣-٨)	تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال توليد الطاقة	٣٩
(٣-٩)	الاستنتاجات	٤١
(٣-١٠)	الدراسات المستقبلية	٤٢

قائمة الأشكال

الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة

	الفصل الأول	
(١-١)	مخططات توضيحية لطرق تحضير الجسيمات النانوية	٧
(١-٢)	الفولورين	٩
(١-٣)	شكل الكرات الثانوية	٩
(١-٤)	شكل الجسيمات الثانوية	١٠
(١-٥)	شكل الانانبيب النانوية	١٢
	الفصل الثاني	
(2-١)	شكل رقم مصدر اضاء الشمس	١٧
(2-٢)	مكونات النظام الشمسي	١٨
(2-٣)	منظمات الشحن	٢٠
(٢-٤)	العواكس	٢٢
(٢-٥)	مناطق الطاقة في شبة موصل عادي	٢٥
(٢-٦)	عند اتحاد اشباه الموصلات من نوع p و n فان مناطق الطاقة المختلفة لهما تتحد وبذلك يتكون توزيع الطاقة الجديدة	٢٥
(٢-٧)	منطقة اتصال تقزم فوتونات الضوء بتهيج الالكترونات و انتقالها من منطقة التكافؤ الى منطقة التوصيل فتتدحرج الالكترونات الى نقطة (n) وتطفو الثقوب الى منطقة (p)	٢٥
	الفصل الثالث	
(٣-١)	يوضع الخلايا الشمسية البلاستيكية Plastic Solarcells	٣٠
(٣-٢)	يوضح التوربينات الهوائية المتقدمة في انتاج الطاقة الشمسية	٣١

الفصل الاول

مقدمة في علم النانو تكنولوجي

(١-١) المقدمة :

أصبحت المواد النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة اخرى. فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات. لذا فمن المهم إعطاء فكرة عامة و موجزة لغير المختصين عن هذه التقنية. ويعود الإهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة مابين ١٩٩٦ إلى ١٩٩٨م عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الامريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني. وخلصت الدراسة إلى نقاطٍ من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والالكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها، وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربية والكيميائية وغيرها إضافةً لتخصص الأحياء والصيدلة. ولذا فإن الباحثين في مجالٍ ما لابد أن يتواصلوا مع الآخرين في مجالات أخرى من أجل الحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو و مشاركة فعالة في هذا المجال المثير. كما أنّ الإداريين ذوي العلاقة وداعمي هذه الأبحاث لابد من أن يُلمّوا بإيجاز عام عن هذه المجالات.

يعتمد مفهوم ت النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر (النانومتر جزء من الف مليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة. وهذا بسبب أن هذه الجسيمات (والتي هي أصغر من الأطوال المميِّزة المصاحبة لبعض الظواهر) تُبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة، مما يقود إلى سلوك جديد يعتمد على حجم الجسيمات. وقد لوحظ،كمثال لذلك، أن كلاً من التركيب الإلكتروني، التوصيلية، التفاعلية، درجة الانصهار والخصائص الميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما يقل حجم الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم. حيث كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية كلما خضعت المادة لقوانين ميكانيكا الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية. إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناءً عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تضم مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد خفيفة وقوية ، إختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلى الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة... الخ. وبشكلٍ عام فإن تقنية النانو هي تلك التي تتعامل مع تراكيب متعددة من المواد ذات أبعاد من رتبة النانومتر.

وعلى الرغم من أن النانو حديثة نسبياً ، فإن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليس بالأمر الجديد، والواقع أن وجودها يعود إلى عمر الأرض وبدء الحياة فيها. حيث من المعروف ان الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الاجهزة الصغيرة جدا والتي تصل الى حدود مقياس النانو. فالخلايا الحية تعد مثالا مهما لتقنية النانو الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعا لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى ريبوزومات ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى جولجي. بل ان الانزيمات هي بنفسها تعد آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات او جمعها حسب حاجة الخليه. وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة ان تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية ، ايصال الدواء اليها او ابادتها عندما تصبح مؤذية.

وعلى الرغم من جميع ماذُكر فإن هنالك العديد من الصعوبات التي تحتاج للمزيد من البحث ، من أهمها إمكانية الوصول إلى طرق رخيصة وعملية لتحضير مواد نانوية مختلفة بشكل تجاري لاستخدامها في التطبيقات المختلفة. كما أن هناك صعوبة أخرى وهي التواصل بين مفهوم عالم النانو الحديث وعالم الماكرو المستخدم حاليا في تصنيع الاجهزة الالكترونية. [1]

(١-٢) تاريخ تقنية النانو

لا يمكن تحديد عصر او حقبة معينة لبروز تقنية النانو، كما انه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس (Lycurgus) في القرن الرابع الميلادي الموجودة في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وكذلك تعتمد تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على انتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حسآسة للضوء. ولكن من الواضح ان من اوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون ان يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون حيث كانت السيوف الدمشقية المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، كما كان صانعوا الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين. كما يمكن الاشارة الى ان كلمة النانو مشتقة من الكلمة الاغريقية ((dwarf والتي تعني جزء من البليون من الكل، ويعرَّف النانومتر بانه جزء من البليون من المتر، وجزء من الالف من الميكرومتر.

ولتقريب هذا التعريف الى الواقع فان قطر شعرة الراس يساوي تقريبا ٧٥٠٠٠ نانومتر، وكذلك فان نانومتر واحد يساوي عشر ذرات هيدروجين مرصوفة بجانب بعضها البعض طوليا (بمعنى ان قطر ذرة الهيدروجين يساوي ٠,١ نانومتر)، كما ان حجم خلية الدم الحمراء يصل الى ٢٠٠٠ نانومتر، و يعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم الماكرو.

تتمثل تقنية النانو في توظيف التركيبات النانويه في أجهزة وأدوات ذات أبعاد نانوية، ومن المهم معرفة ان مقياس النانو صغيرٌ جدا جدا بحيث لايمكن بناء اشياء اصغر منه. وفي العصر الحديث ظهرت بحوث ودراسات عديدة حول مفهوم تقنية النانو وتصنيع موادها وتوظيفها في تطبيقات متفرقة وسنعرض هنا لبعض الاحداث المثيرة التي صنعت مسيرة هذه التقنية وجعلتها تقنية المستقبل. ففي عام ١٩٥٩م تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان الى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضرته الشهيرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الاسفل) قائلا بأن المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا الاسم) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما اشار الى امكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل والوصول الى الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية، فمثلا تصبح الجاذبية اقل اهمية وبالمقابل تزداد اهمية التوتر السطحي وقوة تجاذب فاندر فالز. وقد توقَّع ان يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو دورٌ جذريٌ في تغيير أنماط الحياة الانسانية.

وقبل هذه المحاضرة، وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوى النانو، وإن كانت لم تُسمّى بهذا الإسم، فقد تمكَّن أهلير (Uhlir) عام ١٩٥٦م من تسجيل مشاهداته للسيلكون الاسفنجي (porous silicon). وبعد ذلك بعدة سنوات تم الحصول على اشعاع مرئي من هذه المادة لأول مرة عام ١٩٩٠م، حيث زاد الإهتمام بها بعدئذ. كما أمكن في الستينيات تطوير سوائل مغناطيسية (ferrofluids) حيث تُصنّع هذه السوائل من حبيبات أوجسيمات مغناطيسة بأبعاد نانوية ، كما اشتملت الاهتمامات البحثية في الستينيات على ما يُعرف بالرنين البارامغناطيسي الالكتروني (EPR) لاكترونات التوصيل في جسيمات بأبعاد نانوية تُسمى آنذاك بالعوالق أو الغروانيات (colloids) حيث تُنتَج هذه الجسيمات بالفصل أو التحلُّل الحراري (heat decomposition).

وفي عام ١٩٦٩م اقترح ليو ايساكي تصنيع تركيبات شبه موصلة بأحجام النانو ، وكذلك تصنيع شبيكات شبه موصلة مفرطة الصغر. وقد أمكن في السبعينات التنبؤ بالخصائص التركيبية للفلزات النانوية كوجود أعداد سحرية عن طريق دراسات طيف الكتلة (mass spectroscopy) حيث تعتمد الخصائص

على أبعاد العينة غير المتبلورة. كما أمكن تصنيع أول بئر كمي(quantum well) في بعدين في نفس الفترة بسماكة ذرية أحادية تلاها بعد ذلك تصنيع النقاط الكمية (quantum dots) ببعد صفري والتي نضجت مع تطبيقاتها هذه الأيام.

وقد ظهر مسمَّى تقنية النانو عام١٩٧٤م عبر تعريف البروفيسور نوريو تانيقوشي في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة حيث قال (ان تقنية النانو ترتكز على عمليات فصل، اندماج، واعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة او جزيء)، وفي نفس الفترة ظهرت مفاهيم علمية عديدة تتداولها الاوساط العلمية حول التحريك اليدوي لذرات بعض الفلزات عند مستوى النانو، ومفهوم النقاط الكمية، وامكانية وجود اوعية صغيرة جدا تستطيع تقييد الكترون او اكثر.

ومع اختراع المجهر النفقي الماسح (Scanning Tunneling Microscope) STM بواسطة العالمان جيرد بينج و هينريك روهر عام ١٩٨١م ، وهو جهاز يقوم بتصوير الاجسام بحجم النانو، زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات النانوية للعديد من المواد. وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٨٦م بسبب هذا الاختراع. وبعد ذلك بعدة سنوات نجح العالم الفيزيائي دون ايجلر في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح ، مما فتح مجالا جديدا لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات بواسطة هارولد كروتو، ريتشارد سمالي و روبرت كيرل ، وهي عبارة عن جزيئات تتكون من ٦٠ ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء ١٩٩٦م)، وفي عام ١٩٩٥ تمكَّن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكاديوم/ الكبريت(او السلينيوم) اصغرها ذات قطر ٣- ٤ نانومتر.

أما طرق تحضير العينات النانوية غير المتبلورة والمعتمدة على تقنيات الليزر، البلازما أو الحفر بشعاع الكتروني وغيرها فقد وُجدت منذ منتصف الثمانينيات. كما ان المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الالكتروني (quantum confinement) قد بدأ في أوائل الثمانينيات ايضا. وقد سُجّلت أول قياسات على تكميم التوصيلية في نهاية الثمانينيات وأمكن تصنيع أول ترانزيستور وحيد الإلكترون (single electron transistor). وفي عام ١٩٩١م تمكن البروفيسور سوميو ليجيما من جامعة ميجي باليابان من اكتشاف أنابيب الكربون النانويه، وهي عبارة عن انابيب اسطوانية مجوَّفة قطرها بضعة نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت. وبعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكربون النانوية عام ١٩٨٨م، حيث يصنّع على صورتين احداها معدني والأخرى شبه موصله. ويستخدم هذا الترانزستور في جعل

الالكترونات تتردد جيئة وذهابا عبر الكترودين . وتكمن اهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه النانوي ولكن ايضا بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه .

وفي عام ٢٠٠٠ تمكَّن العالم الفيزيائي المسلم منير نايفه من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون اصغرها ذات قطر ١ نانومتر وتتكون من ٢٩ ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية الا ان داخلها غير فارغ وتتوسطها ذرة واحدة منفردة. هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فانها تعطي الوانا مختلفة (حسب قطرها) تتراوح بين الازرق والاخضر والاحمر، أما التجمُّع الذاتي (self-assembly) للجزيئات، أو ربطها تلقائياً مع سطوح فلزية فقد أصبح في الوقت الحاضر ممكناً لتكوين صف من الجزئيات على سطحٍ ما كالذهب وغيره.

وفي عام ٢٠٠٠م أعلنت أمريكا (مبادرة تقنية النانو الوطنية) NNI، والتي جعلت تقنية النانو تقنية إستراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي الكبير لهذه التقنية في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية. وتلا ذلك قيام اليابان عام ٢٠٠٢ بإنشاء مركز متخصص للباحثين في تقنية النانو وذلك بتوفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم. [1]

(١-٣) جسيمات النانو:

يمكن تعريف جسيمات النانو "Nanoparticles" بأنها التراكيب التي تكون أحد أبعادها على الأقل ضمن مدى مقياس النانو (أقل من ١٠٠ نانوميتر) ، من العلم بانه لم يتم الاتفاق رسمياً على تعريف محدد لها حتى الآن ، ولكن التعريف اعلاه هو أكثر التعاريف قبولا في الأوساط العلمية ، والجدير بالذكر أن هناك الكثير من جسيمات النانو (الطبيعية والصناعية) استحوذت على اهتمام الباحثين والمتخصصين في المجالات العلمية المختلفة. وجسيمات النانو تأتي في أشكال متعددة ، منها:

١-النقاط الكميةQuantum dots

٢-الفلورينFullerene

٣-الكرات النانوية. Nanoballs

٤-انابيب الكاربون الثانوية. Carbon Nanotubes

٥-الألياف النانوية. Nanofibres

٦-الاسلاك النانوية, Nanowires

٧-القشرة النانوية. Nanoshells

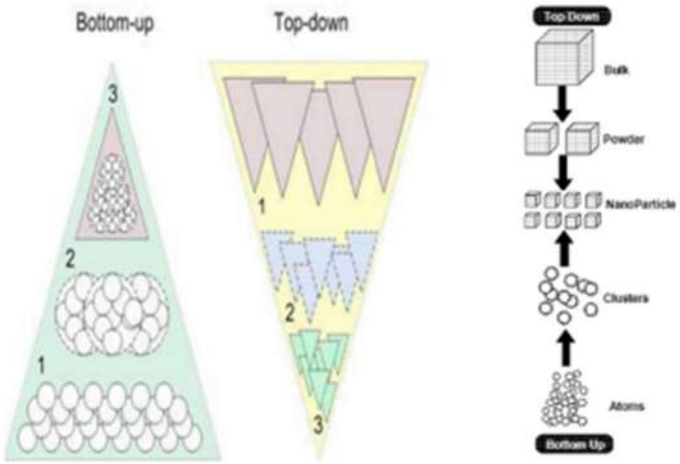
ومن الجدير بالذكر أن جسيمات الناتو يمكن ان تكون جسيمات طبيعية موجودة أصلا في الطبيعة مثل جسيمات النانو الطينية nanoclay والياف السليلوس النانوية cellules nanofibers وكذلك جسيمات السليكون ومركباته مثل nanosilicon carbide وفي أغلب الحالات يتم معالجة هذه الجسيمات لتصبح ملائمة للاختبارات العملية والتطبيقات الصناعية. كما يمكن الحصول على جسيمات النانو صناعياً ومن أمثلتها جسيمات النانو من الذهب nanogold والفضة nanosilver وأنابيب الكربون النانوية carbon nanotube ، والنقاط الكمية quantum dot وغيرها . وهذه الجسيمات الصناعية يمكن أن تحضر بطريقتين هما[2]:

اولا : طريقة التصغير:(Top-down)

وهي الطريقة التقليدية للحصول على مواد أدق من المواد الكبيرة حيث يتم تكسير المادة الأصلية (الكبيرة) شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى الحجم النانوي . وتستخدم عدة طرق لذلك منها الحفر الضوئي ، القطع ، الكحت والطحن ، وفي حالة الحصول على مواد النانو فأن الكثير من الطاقة والوقت يبذلان للحصول عليها ، وعليه فإن الباحثين يسعون لتطوير أجهزتهم وأدواتهم لرفع كفاءة هذه الطرق والتي ستسهل الحصول على جسيمات النانو[2].

ثانياً : طريقة البناء:(Bottom-up) :

وهذه هي الطريقة الحديثة التي ستقدمها لنا تقنية النانو والتي عن طريقها يمكن للعلماء بناء مواد النانو ذرة- ذرة أو جزيء- جزيء ، وتعتبر هذه الطريقة هي ثورة النانو حيث يمكن استخدام الذرات والجزيئات لبناء جسيمات أكبر مع امكانية التحكم في شكلها وخواصها عن طريق ميكروسكوبيات تقنية النانو مثل جهازAFM, STM وكل هذه الجسيمات قد وجدت طريقها في التطبيقات العلمية والصناعية وفي كافة المجالات ، ومازال العلماء يدرسون خواصها ويبحثون عن تطبيقات أخرى لها للحصول على أكبر فائدة ممكنة من هذه الجسيمات باستخدام هذه التقنية الحديثة " Nanotechnology '[2]



الشكل (١-١) : مخططات توضيحية لطرق تحضير الجسيمات النانوية .[2]

(١-٤) تصنيع المواد النانوية:

عند تصنيع المواد بحجم النانو فإن التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دوراً مهماً في خصائص المادة الثانوية الناتجة، وهذا خلافاً لما يحدث عند تصنيع المواد العادية، تتركب المواد عادة من مجموعة من الحبيبات والتي تحتوي على عدد من الذرات وقد تكون هذه الحبيبات مرئية أو غير مرئية للعين المجردة بناء على حجمها، ويمكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب، ففي هذه المواد يتفاوت حجم الحبيبات يكون من مئات الميكرومترات إلى سنتيمترات، أما في المواد الثانوية فإن حجم الحبيبات يكون في حدود ١-١٠٠ نانومتر، هناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة أحدهما من الأعلى للأسفل(UP - DOWN) حيث تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتصغر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي، ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي، القطع، الكحت والطحن. وقد استخدمت هذه التقنيات للوصول إلى مركبات الكترونية مجهريه كشرائح الكمبيوتر وغيرها. أصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود ١٠٠ نانومتر ولا زال البحث مستمراً فلي الحصول على أحجام أصغر من ذلك. [3]أما الطريقة الأخرى فهي من الأسفل للأعلى-BOTTOM (UPحيث تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتجمع في تركيب أكبر. وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية، وتتميز بصغر حجم النواتج (نانومتر واحد)، قلة هدر للمادة الأصلية والحصول على قوة

ترابط بين الجسيمات الثانوية الناتجة. يمكن فحص ودراسة خصائص المواد الثانوية والتأكد من تركيبها باستخدام عدد من الأجهزة والتقنيات العلمية من أهمها : المجهر الإلكتروني الإنفاذي(tem) ، المجهر الإلكتروني الماسح(SEM) ، مجهر القوى الذرية (AFM) مع العوازل، وحيوية الأشعة السينية .(XRD)ويمكن تصنيع المواد النانوية على عدة أشكال وذلك بناء على الاستخدام المقرر لهذه المواد. [4]

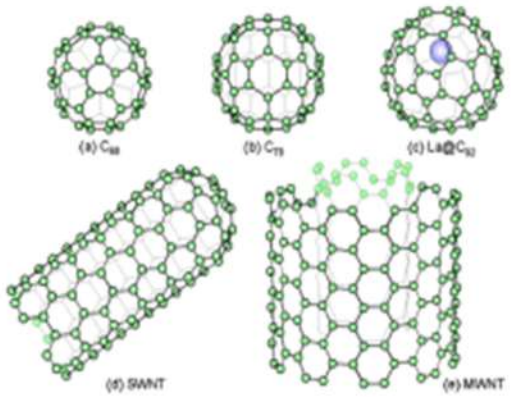
(١-٥) أشكال مواد النانوية:

1-النقاط الكمية: Quantum dots

عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح إبعاده بين ٢ إلى ١٠ نانومتر، وهذا يقابل ١٠ إلى 50 ذرة في القطر الواحد أو تقريباً ١٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة، وتقوم النقطة الكمية بتقييد إلكترونات شريط التوصيل وثقوب شريط التكافؤ أو الأكسيتونات (وهي عبارة عن زوج مرتبط من الكترونات التوصيل وثقوب التكافؤ)، كما تبدى النقاط الكمية طبقاً طاقياً مكمما متقطعا وتكون الدوال الموجية المقابلة متمركزة داخل النقطة الكمية. وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي ١٠ نانومتر فإنه يمكن رصف ٣ ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض بطول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان ، [5]

2-الفولورين Fullerene :

تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن حزئ مكون من ٦٠ ذرة من ذرات الكربون ويرمز له بالرمزC60 ، وقد اكتشف عام ١٩٨٥م. إن جزئ الفولورين كروي المظهر ويشبه تماماً كرة القدم التي تحتوي على ١٢ شكلا خماسياً و٢٠ شكلاً سداسياً، ومنذ اكتشاف كيفية تصنيع الفولورين عام ١٩٩٠م وهو يحضر بكميات تجارية، كما أمكن الحصول على جزئيات بعدد مختلف من ذرات الكربون مثل C36وC48وC70إلا إن العلماء أبدوا اهتماما خاصا بالجزئي C60كما في شكل ٢. [5,6]

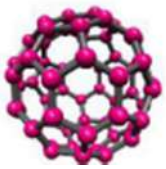


شكل رقم (١-٢) الفولورين[5]

لقد سمى هذا التركيب بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري ويكمنستر فولر .R) (Buckminster Fullerوهكذا فقد نشأ فرع جديد يسمى كيمياء الفولورين حيث عرف أكثر من ٩٠٠٠ مركب فولورين منذ عام ١٩٩٧م، وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات، ومنها المركبات K3C60 و Rbcs2C60و C60-CHBr3التي أبدت توصيلية فائقة) (superconductivity، كما امتشقت أشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والأنبوبي إضافة إلى الكروي ، [5]

3-الكرات الثانوية Nanoballs :

من أهمها كرات الكربون الثانوية والتي تنتهي إلى فئة الفولورينات، من مادةC60 ، لكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة كما في شكل ٣.

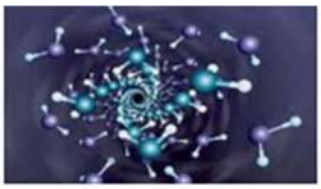


شكل الكرات الثانوية (١- ٣) [4]

كما أنها خاوية المركز، على خلاف الجسيمات الثانوية، بينما لا يوجد على السطح فجوات كما هي الحال في الأنابيب الثانوية متعددة الغلاف، ويسبب أن تركيبها بشبه البصل فقد سماها العلماء (البصل Bucky)وقد يصل قطر الكرات الثانوية إلى ٥٠٠ نانومتر أو أكثر .[6,5]

4-الجسيمات الثانوي: Nanoparticles

على الرغم من أن كلمة (الجسميات الثانوية) حديثة الاستخدام إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعة منذ زمن قدتم. فعلى سبيل المثال، تبدو أحياناً بعض الألوان الجميلة من نوافذ الزجاج الصدئة وذلك بسبب وجود مجموعات عنقودية صغيرة جداً من الأكاسيد الفلزية في الزحاج حيث يصل حجمها قريباً من الطول الموحى للضوء كما في شكل ٤. [7]



شكل الجسيمات الثانوية (١-٤)[7]

وبالتالي فإن الجسيمات ذات الأحجام المختلفة تقوم بتشتيت أطوال موجبة مختلفة من الضوء مما ينتج عنه ظهور ألوان مختلفة من الزجاج. يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزئي ميكروسوبي يتراوح عددها من بضع ذرات (جزئي) إلى مليون ذرة، مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريباً بنصف قطر أقل من ١٠٠ نانومتر .فحسيم نصف قطري نانومتر واحد سوف يحتوي على ٢٥ ذرة أغلبها على سطح الحسيم، وهذا يختلف عن الجزئي الذي قد يتضمن عدداً من الذرات بأن أبعاد الجسيم الثانوي تقل عن أبعاد حرجة لازمة لحدوث ظواهر فيزيائية معينة مثل : متوسط المسار الحر الذي تقطعه الإلكترونات بين تصادمين متتالين مع الذرات المهتزة، وهذا يحدد التوصيلية الكهربائية، وللتجمع الدري أعداد سحرية من الذرات لتكوين الجسيمات النانونية، فحسيمات السيلكون النانوية، مثلاً، تتكون من أعداد محددة من الذرات وليس عند أي عدد، لينشأ جسيمات بأنصاف أقطار محددة ١، ١.٦٧، 2.15، 2.9 نانومتر فقط، عند تعرض هذه الجسيمات لأشعة فوق بنفسجية فإنها تبعث ضوء بلون مرئي طوله الموجي يتناسب عكسياً مع مربع قطر الجسيم، وبالتالي يمكن رؤية ألوان مرئية معينة. عندما يصل حجم الجسيمات النانوية إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي quantum well) (، أما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمي السلك الكمي(quantum wire) ، وعندما تكون

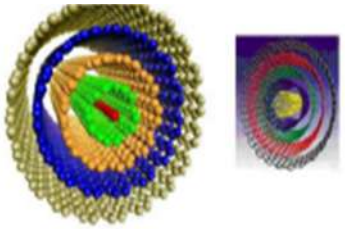
هذه الجسيمات بحجم النانو في ثلاثة أبعاد فإنها تعرف بالنقاط الكمية(quantum dots) ، ولابد من الإشارة هنا إلى أن التغير في الأبعاد الثانوية في التركيبات الثلاثة السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات الثانوية. تكتسب الجسيمات الثانوية أهمية علمية حيث أنها تقع بين التركيب الحجمي الكبير للمادة وبين التركيب الذري والجزئي، حيث تحتوي هذه الجسيمات في العادة على ١٠٦ ذرة أو أقل، أما الجزئي فإنه يمكن أن يحتوي على ١٠٠ ذرة أو أقل وقد يصل نصف قطرة إلى أكثر من نانو متر واحد. ومن الخصائص المهمة وغير المتوقعة للجسيمات الثانوية هو أن الخصائص السطحية للحسيمات تتغلب على الخصائص الحجمية للمادة [7] .

وبينما تكون الخصائص الفيزيائية للمادة الحجمية ثابتة بغض النظر عن حجمها، فإن تلك الخصائص للمادة عندما تصل إلى مقياس النانو سوف تتغير وبالتالي تعتمد على حجمها، مثل التقييد الكمي في الجسيمات الثانوية شبه الموصلة، رنين البلازمون السطحي في بعض الجسيمات الثانوية الفلزية، ويلاحظ كذلك أن النسبة المئوية للذرات السطحية للمادة تصبح ذات أهمية بالغة عندما يقترب حجم المادة من مقياس النانو، بينما عندما تكون المادة الحجمية أكبر من ١ ميكرومتر فإن النسبة المئوية للذرات عند سطحها ستكون صغيرة جداً بالنسبة للعدد الكلي للذرات في المادة. ومن الخصائص الأخرى للجسيمات النانوية هو إمكانية تعلقها داخل سائل أو محلول بدون أن تطفئ أو تتعمر وذلك لأن التفاعل بين سطلح الجسيمات والسائل يكون قوياً بحيث يتغلب على فرق الكثافة بينهما لقد أمكن حديثا تصنيع حسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات الثانوية المغلقة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه – صلبه وهي الليبوزومات. ومن الصور الأخرى للجسيمات الثانوية هي النقاط الكمية شبه الموصلة واللورات الثانوية. وتعتبر جسيمات النحاس الثانوية التي يصل حجمها إلى أقل من ٥٠ نانومتر ذات صلاية عالية وغير قابلة للطرق أو السحب وذلك عكس ما يحدث لمادة النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها بسهولة [٨] .

5-الأنابيب الثانوية: Nanotubes :

تصنع الأنابيب الثانوية، أحيانا، من مواد غير عضوية مثل أكاسيد الفلزات (أكسيد الفاناديوم، أكسيد المنجنيز) تبتريد البرون والموليبدينوم، وهي شبيهة من ناحية تركيبها بأنابيب الكربون الثانوية، ولكنها أثقل منها وليست بنفس القوة مثل أنابيب الكاربون وتعد أنابيب الكربون الثانوية التي اكتشفت عام

١٩٩١م أكثر أهمية نظراً لتركيبها المتماثل وخصائصها المثيرة واستخداماتها الواسعة في التطبيقات الصناعية، والعلمية، وفي الأجهزة الإلكترونية الدقيقة، والأجهزة الطبية الحيوية كما في شكل ٥. [9]



شكل الانانبيب النانوية (١-٥) [9]

يمكن وصف أنابيب الكربون على أنها عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طلبها حول محور ما لتأخذ الشكل الأسطواني حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها لتعلق الأنبوب، تكون إحدى نهايتي الأنبوب في الغالب مفتوحة والأخرى معلقة على شكل نصف كرة، كما قد يكون جدار الأنبوب فردي الذرات وتسمي في هذه الحالة بالأنابيب النانوية وحيدة الجدارSWNT (singl wall nanotube) ، أو ثنائي أو أكثر وتسمى الأنابيب متعددة الجدارMWNT (multi wall nanotube) ويتراوح قطر الأنبوب بين أقل من نانومتر واحد إلى ١٠٠ نانومتر) أصغر من عرض شعرة رأس بمقدار ٥٠٠٠٠ مرة)، أما طوله فقد يصل إلى ١٠٠ مايكرومتر ليشكل سلكا نانويا .للأنابيب الثانوية عدة أشكال فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية أو مخروطية وغير ذلك، [7]كما أن لهذه الأنابيب خصائص غير اعتيادية من حيث القوة والصلابة والتوصيلية الكهربائية وغيرها، كما أن للكربون الثانوي أشكالاً أخرى مثل الكرات الثانوية والألياف الثانوية، ويتم إنتاج أنابيب الكربون الثانوية بعدة تقنيات منها، التفريغ القوسي، الكحت الليزري، الترسيب بواسطة أول أكسيد الكربون ذي الضغط العالي، والترسيب بواسطة البخار الكيميائي . [7,8].

(١-٦) اهداف البحث :

١-التعرف على مفهوم الخلايا الشمسية وتطورها

٢- معرفة مكونات النظام الشمسي

٣- اجيال الخلايا الشمسية

المبادى الاساسية لعمل الخلايا الشمسية ٤-

٥- معرفة انواع الخلايا الشمسية

الفصل الثاني
الخلايا الشمسية

(2-١) الخلايا الشمسية وتطورها:

الخلية الشمسية هي المكون الأساسي للمنظومة الشمسية وهي أصغر جزء فيه أصبحت الطاقة الحرارية الشمسية التجارية حقيقة في نهاية القرن العشرين في عام ١٧٨٣ تم الكشف عن ورقة علمية نشرها المهندس الكهربائي الانجليزي ويلوبي سميث كتب فيها ملاحظاته بان الموصلية الكهربائية لمواد السيلينيوم شبه الموصلة زادت عند تعرضها للضوء [٩] . لتوليد الكهرباء من الشمس (الخلية الشمسية) فإن الوسيلة الثانية ولدت من عمل العالم الفرنسي إدموند بيكريل عام ١٨٣٩ الذي اكتشف التأثير الكهروضوني الحظ أنه تزداد كمية الكهرباء من الخلية عندما يتم تسليط الضوء على أقطاب خلية كهروكيميائية بسيطة مصنوعة من قطبين معدنيين مغمورين في الكتروليت. ومع ذلك فقد تم بناء أول خلية ضوئية عام ١٨٨٣ من قبل تشارلز فريتز الذي قام بتغليف السيلينيوم أشباه الموصلات بطبقة رقيقة جدا من الذهب لتشكيل التقاطعات وكانت كفاءة الجهاز حوالي ١% فقط . واعقب ذلك عمل إضافي على السيلينيوم من قبل ويليام آدمز وريتشارد داي الذين اكتشفوا في عام ١٨٧٦ أن إضاءة تقاطع بين السيلينيوم والبلاتين ينتج تيارا كهربائيا . وفي عام ١٨٨٨ بنيت أول خلية كهروضوئية من قبل الروسي الفيزيائي الكسندر ستوليتوف على اساس تأثير الكهروضوئي الخارجي الذي اكتشفه هاينريش هيرتز في وقت سابق من عام ١٨٨٧ وكان العمل على التأثير الكهروضوئي كبير وعلى أشباه الموصلات خلال الستين عاما القادمة بما في ذلك العمل النظري الرائد من قبل أينشتاين في عام ١٩٠٥ وقد حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٢١ وكبريتيد الفضة سنة الوصلة الثنائية (junction p-n) في CUO2 اكتشف فاديم فوشكوراف ١٩٤١ وقد حصل روسل أوهل على براءة اختراع أشباه الموصلات في تقاطع الخاليا الشمسية عنيت الحديثة في عام ١٩٤٦ الذي تم اكتشافه في الوقت الذي تمت فيه سلسلة من التطورات التي بالترانزستور[10]

(2-٢) نبذه تاريخية :

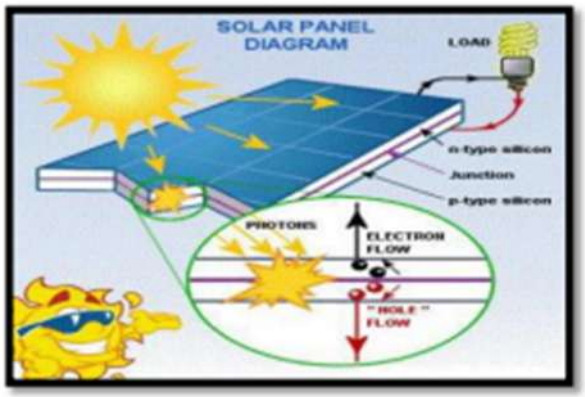
تشتق الخلايا الشمسية اصلها من بعض التطورات العلمية المهمه جدا للقرن العشرين التي تضم الأبحاث الفائزة بجائزة نوبل لعدد من علماء ذلك القرن المهمين جداً . بدأ العالم الألماني ماكس بلانك (MaxPlanck) ذلك القرن منهمكا في مشكلة محاولة تغيير طبيعة الضوء المنبعث من الاجسام الساخنة مثل الشمس كان عليه ان يضع فرضيات عن الطاقة كونها مقيدة لمستويات منفصله بحيث تتوافق مع النظريه والتجارب المشاهده . هذا الأمر أثار حافز البرت أنشتاين في سنته الاعجازية العام ١٩٠٥ ليفترض ان الضوء يتكون من جسيمات صغيره سميت في ما بعد فوتونات

لكل منها مقدار صغير جدا من الطاقة يعتمد على لون الفوتون أول استخدام تجاري للخلايا الشمسيه الجديدة كانت على مركبه فضائيه بداية ١٩٥٨ وكان هذا هو التطبيق التجاري الرئيس حتى مطلع السبعينيات عندما حفز الحظر على النفط في تلك الفترة إعادة اختبار إمكانية الخلايا الشمسيه للمنازل . ومن البدايات الأولى تأصلت صناعة الخلية الشمسيه الارضيه في هذا الوقت ونمت في شكل سريع وخصوصا خلال السنوات القليلة الماضيه والعزم الدولي المتزايد للخفض من انبعاث ثنائي أوكسيد الكاربون كخطوة أولى للسيطره على (ظاهرة الدفيئه) مع تكاليف الخلية المنخفضه، ترى الصناعة مستعدة لاحداث تأثير متزايد في مدى العقدين الأوليين من الالفيه الجديده.[11]

(٢-٣) الخلية الشمسية Solar cell:

تعرف الخلية الشمسية (أو البطارية الشمسية) بأنها عباره عنن لوحه داكنة اللون مصنوعة من مواد شبه موصلة تقوم بتحويل فوتونات الشعاع الكهرومغناطيسي الساقط عليها مباشرة من قبل الشمس الى جهد كهربائي يتسبب في مرور تيار كهربائي مستمر بالدائرة الخارجية والذي يمكن ان يحول الى تيار متناوب او يتم تخزينه في بطاريات لاستعمالات اخرى . يعتمد مبدأ عمل الخلايا الشمسية على كونها مصدراً من مصادر الطاقة المتجددة غير النافذة على سطح الارض ، فإذا ما تم توصيل هذه الخلايا مع بعضها البعض وتركيبها في لوح واحد فأنها سوف تكون ما يسمى باللوح الشمسي ، حيث تبدأ بتجهيز الحمل بالتيار بمجرد ان تتعرض لأشعة الشمس المباشرة ، وذلك بأن تتولد أزواج (الكترون -فجوة)على جانبي الملتقى بتأثير كمات الضوء الساقط لتتجمع بذلك الشحنات السالبة المتولدة عند الطرف (N) والشحنات الموجبة المتولدة عند الطرف (P) من الوصلة ناتجاً عن ذلك فرق جهد كهربائي بين القطبين مؤديا الى سريان التيار في الدائرة الخارجية ومنه الى الحمل وكما مبين ذلك في الشكل(١) اما اذا لم يكن مصدر الاضاءة هو الشمس (كأن يكون ضوء مصباح الهالوجين او الضوء الصناعي مثلاً) فعندئذ تسمى الخلايا المصنعة بالخلايا الضوئية وبنفس مبدأ عمل الخلايا الشمسية تماماً ، باستثناء أن الطيف الساقط عليها سيكون أغلبه ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي اعتمادا على مبدأ التأثير الكهروضوني لذا تسمى احيانا بالخلايا الضوئية Photovoltaic PV وقد تم إكتشاف ظاهرة الPhotovoltaic لأول مرة في عام ١٨٣٩ من قبل الفيزيائي الفرنسي الكسندر إدموند بيكريل عندما لاحظ أنه في حالة تعرض قطب كهربائي إلى الضوء بحيث يكون مغموس في محلول موصل فإنه ينتج تيارا كهربائيا. وفي عام ١٩٤١تمكن المخترع الأمريكي روسل أوهل من تقديم الخلية الشمسية في شكلها الحديث ولكن بكفاءة قليلة حيث أدى إكتشافه لوصلة PN-Junction المساهمة في إبتكار الترانزستور

بعد حوالي ٣٠عاما من هذا التاريخ ، ولكن كان الإستخدام العملي الأول لهذه الخلايا هو تشغيل الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية[12]



شكل رقم مصدر اضاء الشمس (٢-١)[12]

(2-٤) مكونات النظام الشمسي :

(١)الألواح الشمسية Solar Panels:

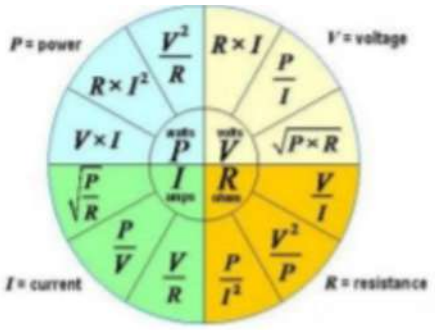
عبارة عن خلايا شمسية مجمعة مع بعضها البعض تنتج كهرباء تيار مستمر لايمكن أن تخم ٣٥١ دول ومدن المرات، أو اكراها في اداريات وداد شدتها واستعدادها أكثر من مرة و تناس فورة تلك الخلايا بوحدة الراسله فهناك لوحات صغيرة تبدأ من وراط أو ١٥وامل حتي تصل إلى بلايين من الواطات (Giga Watts) للأبنية الكبيرة والمصانع

وبالنسبة لغير المتحمسين فأحب أن أوضح قانونان فقط ـ مشهوران جدا ـ دون الدخول إلى معادلات معقدة في علم الكهرباء بسموا بقانون أوم وقانون حساب القدرة وينصوا على التالي:

الجهد الكهربائي = (v) التيار الكهرني× (A) المقاومة (١) <--- (ohm)

القدرة = (V) الجهد الكهربائي - (V) التيار الكهربائي (٢) ---- (A)

ويمكنكم استخدام دائرة القوي التالية لمعرفة أي صيغة تحويل تريدونها



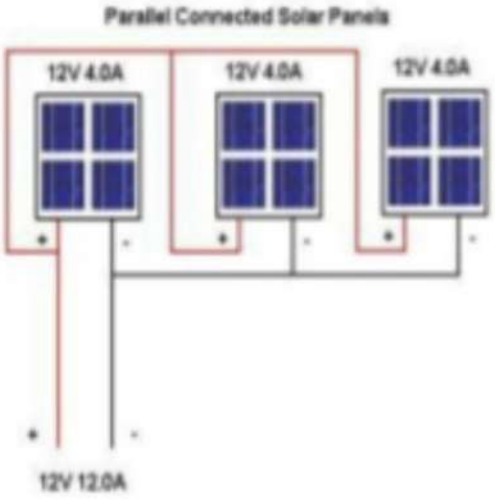
شكل رقم (٢-٢) مكونات النظام الشمسي [12]

توصيل الألواح الشمسية

ولها أكثر من طريقة للتوصيل حسب طبيعة الإستخدام

1-التوصيل على التوازي Parallel

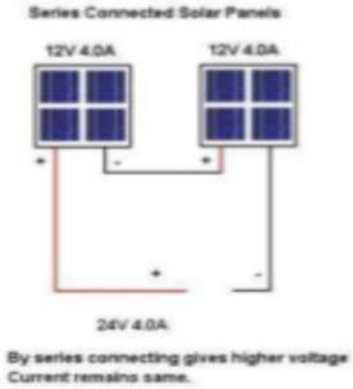
وهي عن طريق توصيل البدايات مع البدايات والتهابات مع النهايات - موجب مع موجب وسالب مع سالب مثل السلم - من أجل الحفاظ على نفس الجهد ولكن مع جمع قيم التيارات المختلفة للجميع الخلايا الشمسية من أجل زيادة التيار الكلي وبالتالي رفع القدرة الكلية كالتالي



Parallel connected solar panels give more current (ampere)

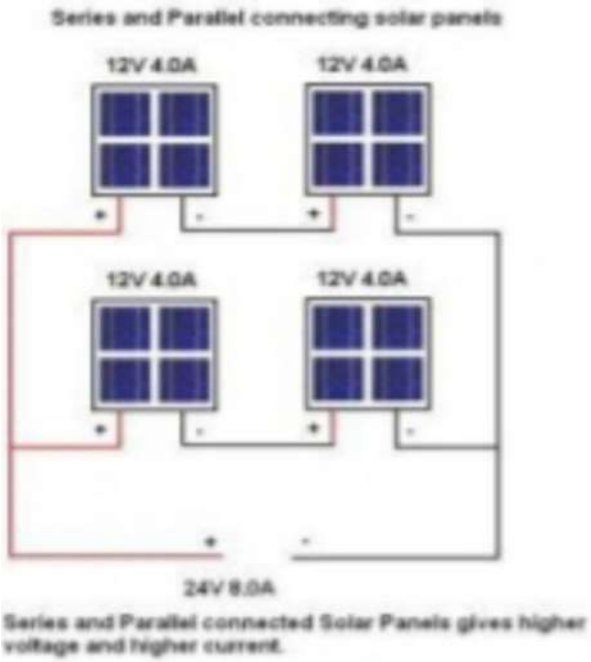
٢-توصيل على التوالي Series

وتتم عن طريق توصيل نهايات مع البدايات –موجب مع السالب و سالب مع موجب مثل القطار من اجل الحفاظ على نفس التيار ولكن مع جمع قيم الجهود المختلفة لخلايا الشمسية من اجل رفع فرق الجهد الكلي كالتالي



٣-الدمج بين الطريقتان

وهي في الغالب الطريقة المستخدمة في المنظومة الضخمة للتمتع بكل ميزة موجودة في توصل التوازي او التوالي وشكلها التالي



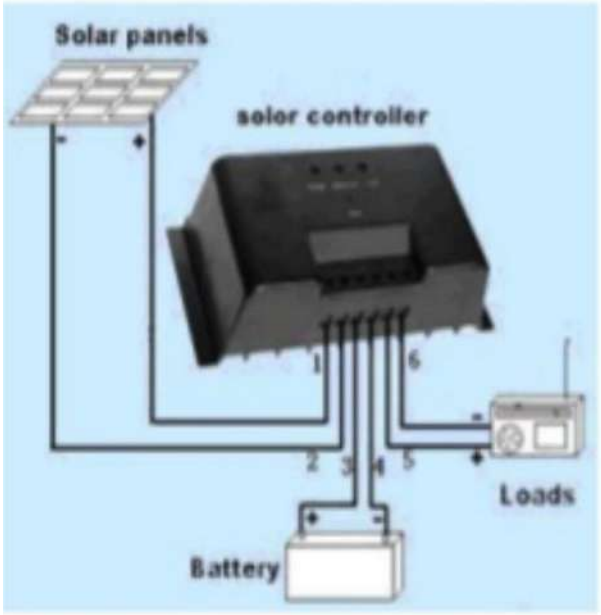
(٢) منظمات الشحن charger Controllers :

وهي المرحلة الثانية في النظام الشمسي، وتقوم بالعديد من الوظائف كالتالي

أ- تحتوي على قاطع داخلى (fuse) يقوم بحماية الطلبة الشمسية من التلف في حالة تلامس أطرافها معا وحدوث قمصر في الدائرة (short circuit) بحيث يقوم الفيوز بالتلف ومنع الضرر الكبير من الحدوث على الخلايا الشمسية، ويمكن استبداله بعد ذلك والعمل مرة أخري وهو رخيص الثمن

ب-تعمل على تنقية وتثبيت الفولت الخارج من الخلية الشمسية إلى الجهاز الذي يعمل على الجهد المستمر DCأن قوة أشعة الشمس الزيد ولقى طوال نهار اليوم إما بسبب السعب أو بسبب تغير راوية الشمسي حتى تزول تماما على الغروب . ج - تقوم بتنظيم عملية شحن البطاريات حيث أن عملية الشحن تختلف في البتها عن مجرد توفير مصدر للطاقة المستمرة موصل بالبطارية، حيث تكون قيمة جهد الشحن مساوي لقيمة البطارية وقيمة غبار الشحن تساوي تقريبا ١٥% من التيار الذي تسعة البطارية، وإذا زادت تلك النسبة بكثير فتحدث عملية شحن سريع للبطارية تؤدي إلى إضعافها وإستهلاكها بسرعة مع مرور الوقت، وإذا قلت تلك النسبة بدرجة كبيرة فسيتم شحن البطارية في وقت طويل وبشكل بطئ جدا.

د تعمل على مضمان عدم رجوع تيار كهربي من البطارية إلى الخلية مرة أخرى لأنه في حالة فصل الحمل وفي حال عدم وجود منظم للشحن، فإن الخلايا الشمسية يمكن اعتبار ها حمل يعمل على سعب التيار من البطارية إلى الخلايا بشكل عكسي مرة أخري مما يعمل على إتلافها.



شكل رقم (٢-٣) منظمات الشحن [12]

(٣) العواكس Power Inverters:

وتأتي أهمية تلك المرحلة عند الحاجة إلى إستخدام تلك الخلايا لتوليد كهرباء عالية متغيرة تستطيع التشغيل الأجهزة الكهربية والإلكترونية الكبيرة في المنازل أو المصانع فينا علينا بإستخدام أجهزة تسمي عواكس Inverters و التي تقوم بتحويل التيار المستمر سواء كان ١٢ فولت لي ٢٤ فولت أو أي قيمة أخري إلى تيار متغير عالي(110v AC Or 220v AC) لتشغيل الأجهزة التي تعمل على التيار المتغير وللأجهزة الثقيلة وهو آخر مرحلة وبدونه لن تكون هناك قيمة حقيقية للألواح الشمسية، وهو نفس الجهاز الذي يستتم في السيارات المياه على ولاعة السيارة الأحوال الجو المسامر سواء كان ١٢نوات، اور ٢١ ترا، الى دو مت اور 220VACيستطيع تشغيل الاجهزة مثل التليفزيون أو ثلاجة صغيرة أو كمبيوتر شخصي داخل السيارة . وتقاس قوة هذا الجهاز بالواط الذي يستطيع تحمله لتشغيل، حمل ما عليه

الأنواع : يوجد العديد والعديد من الأنواع ولكن أهمهم نوعين رئيسيين:

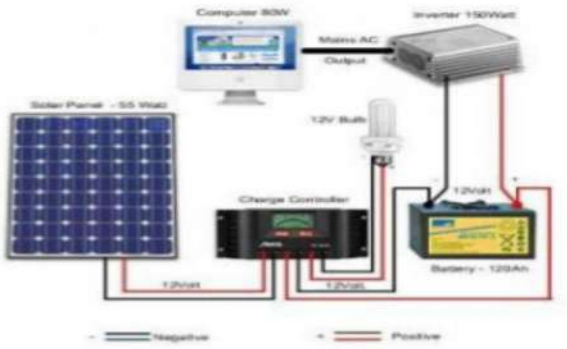
-أن عواكس لتشغيل الإضائة والأجهزة الإلكترونية (modified sine wwwe inverters)

-عواكس التشغيل أي شي بما فيها المواتير pure sine wave inverters

كما أن توجد هناك بعض العواكس التي تحتوي على شواحن داخلية بحيث يمكن توصيلها بمصدر التغذية الرئيسية (220v AC Or 110 v AC) وشحن البطارية دون الإنتظار إلى شدتها عن طريق الخلايا الشمسية أو الشحن بطاريات أخري إلاحتياطية إدارة كما أنها يمكن أن تقوم بعمل أجهزة الـ UPS التي تكون عبارة عن أجهزة تحتوي على بطاريات داخلية لتشغيل الاجهزة عند انقطاع كمصدر تشغيل مؤقت للطوارئ

مثال الصورة نظام متكامل بسيط

وفي النهاية أحب أن أقول أن أنظمة الخلايا الشمسية هي مجرد لبنة بسيطة في تقليات الطاقة النظيفة التي لم يعد بالإمكان التعاطي عنها، لأنها بالرغم من أنها تكلف كثيرا من الأموال، في بداية إنشائها إلا أن عائداتها على المدي البعدي تعملي ثمارها الحقيقية سواء من ناحية التوفير أو من ناحية الحد من تلوث البيئة، إذ تعتبر صديقة مثالية للبيئة[13]



شكل رقم (٢-٤) العواكس [13]

(2-٥) أجيال الخلايا الشمسية :

الجيل الأول

يتم تصنيع الخلايا الفوتوفلطية من مواد أشباه الموصلات، التي تعد مادة السيليكون الأكثر شيوعا واستخداما نظرا لتوافر مصادرها في جميع انحاء العالم كانت الخلايا كبيرة وغير مرنة وبتكلفة تصنيع عالية . ونتيجة أن رقائق السيليكون منخفضة الامتصاص والاستيعاب للأشعة الشمسية، فقد أدى ذلك إلى زيادة سمكها عن ١٢٥um الى ٢٥ أو هي تمثل سمك كبير جدا مقارنة بالرقائق المصنعة من أشباه الموصلات الأخرى مثل زرنيخ الجاليرم (Gallium Arsenide) والتي يكون سمكه حوالي ١um ولذا كانت تكلفة انتاج الكهرباء من منتجات خلايا الجيل الأول مرتفعة جدا، و مازالت الخلايا الشمسية السيليكونية في الغالية تجاريا(حوالي) ٣٥% لما تتصف به من الكفاءة العالية. [14]

الجيل الثاني:

خلايا شمسية من الأفلام الرقيقة Thin-film photovoltaic(TFPV)والتي تعتمد في انتاجها على عدة أساليب متقدمة منها طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائي ((Chemical Vapar Deposition CVD)) والتي تتلخص في تصنيع أغشية رقيقة من مواد أشباه الموصلات المترسبة على قواعد زجاجية أو بلاستيكية(هذه القواعد يتم عليها ترسيب الأغشية رقيقة السمك من أشباه الموصلات لتكوين وحدة الخلية الفوتوفلتية).تمتاز هذه الخلايا بأنها ذات سمك رفيع لايزيد عنum ١أي أن سمكها يقل عن سمك رقائق مادة السيلكون المستخدمة في الجيل الأول من الخلايا بنحو يتراوح١٠٠ - ١٠٠٠٠ مرة نتيجة ذلك أصبحت الخلايا خفيفة الوزن ومرنة سما سيرها للاستخدام كمصدر للطاقة بالأجهزة المحمولة مثل

الهواتف والحواسب المحمولة ولكن مازالت كفاءتها منخفضة وفي حدود % ١٠، سبب انخفاض الكفاءة يرجع إلى أن سمك خلايا الجيل الثاني رفيعة جداوبالتالي لاتمتص نفس الكمية من طيف الأشعة الشمسية التي تقوم بامتصاصها الشرائح السميكة من السيليكون (المنتجة بالجيل الأول.) [14] من أمثلة خلايا الجيل الثاني : السيليكون اللابلوري(morpholis Si)سيليكون ناتو بلوري (Nano crystalline si)

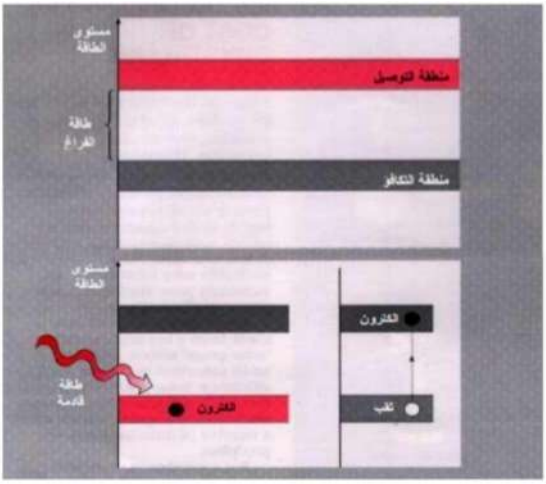
الجيل الثالث :

وهو ما يعرف بجيل " تكنولوجيا النانو مازالت منتجات هذا الجيل في مرحلة البحث والتقييم والتطوير على المستوى التجريبي والمعملي، ويتوقع أن يكون لها مدى ابداع واسع وتعد الخلايا الشمسية الصبغية Dye sensitized Solar cells(DSC) أحد أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتوظتية لانفرادها بعدة مزايا تقنية واقتصادية ومن الخلايا الأخرى خلايا شمسية بوليمرية (Polynet Solar Cells) وخلايا نانو بلوري (Nano crystalline Cells) ، تكون خلايا السيليكون البلوري هي الأكثر شيوعا في الأسراق والتي تمثل نسبة ٩٠% في عام ٢٠٠٤ كان ١٣g/w في عام ٢٠٠٨ اصبح ٦.٣g/w مخطط الوصول الى ٥gw من فوائد استخدام السيليكون في الخلايا الشمسية أنه أمكن تقليل الكمية المستخدمة في انتاجها كالأتي:[14] في عام ٢٠٠٤ كان 13/wفي عام ٢٠٠٨ hwfp ٦ز٣لظص مخطط الوصول الى 5g/w

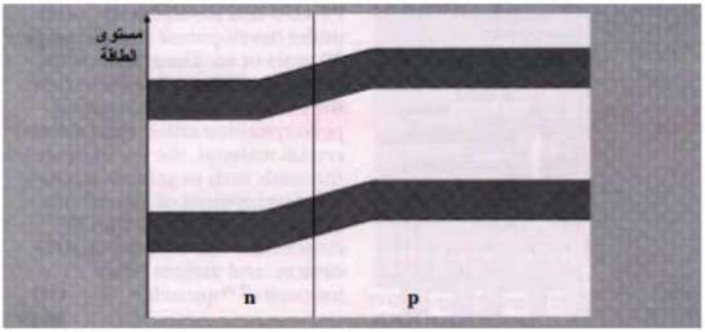
(2-٦) المبادئ الاساسية لعمل الخلايا الشمسية :

تتكون الخلية الشمسية من خط اتصال يفصل بين طبقتين فنيتين من مادة شبه موصلة إحداهما موجبة وتدعى (P) ، بينما الأخرى سالية وتدعي نوع (N) . والسهولة سلعتي بأن المادة شبه الموصلة المستخدمة في السليكون (بالرغم من أننا سنرى لاحقا بعض الخلايا المصنوعة من مادة غير السليكون) ، ان النوع (N) مصنوع من مادة السليكون البنوري المطلي بطبقة خفيفة من شوائب المستور (Pleaslare)بطريقة تجعل طبقة الشوائب تسيطر على الفائض من الإلكترونات الحرة . وبما أن الإلكترونات (Electrims) ذات شحنة سالبة فإن السليكون المطلي بهذه الطريقة بدعي نوع (N) السالب (Neg.live Chuge) . أما النوع (P) فهو مصنوع أيضا من مادة السليكون البنوري ولكنه مطلي بطبقة خفيفة من الشو لب تدعى البورون (Boom تجعل المادة ذات عجز بالنسبة للإلكترونات الحرة . وهذه الإلكترونات المفقودة تدعي تقربا (Holes) ، وهذا يعني أن الشحنة الموجبة في هذه الطريقة أكثر من الشحنة المالية ، فلذلك بدار السليكون المطلي بهذه الطريقة هو نوع (P) الموجب

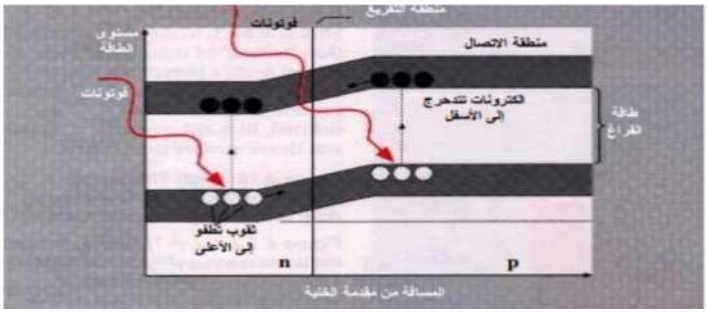
(Positive Charge) و عند ربط هاتين الطبقتين المختلفتين من المادة شبه الموصلة ببعضهما البعض سيظهر خط تماس بينهما يدعى خط الارتباط (P-N jum:tion) . ويتكون بذلك مجال كهربائي في منطقة خط التماس يقوم بتحريك الجسيمات المالية الشحنة إلى اتجاه معين و الجسيمات الموجية الشطة إلى تجاه معاكس ويكون المجال الكهربائي المتكون مشابها للمجال الذي يمكن توليده عند حك مشط بلاستيكي بمادة من القماش . فعك سقوط فوتونات الإشعاع الشمسي على منطقة التماس (P.N Junetion) ستنقل تلك الفوتونات طاقتها إلى بعض الإلكترونات في المائة مسببة رفعها إلى مستوى طاقة أعلى . ففي الظروف الاعتيادية تقوم الإلكترونات بالمساعدة على تماسك المواد مع بعضها بعضا مكونة ربطا متكافئا مع الذرات القريبة ولكنها لا تستطيع الحركة وفي هذه الحالة المتحفزة ، بعد سقوط الإشعاع الشمسي، فإن الإلكترونات تكون حرة توليد تيار كهربائي من خلال المادة ، وعندما تتحرك الإلكترونات تترك وراءه تقربا (Holes) في المادة تتحرك أيضا . فعند تكون منطقة الارتباط (P-N Juncism)خان بعض الاكترونات المجاورة لها تنجذب من جهة (N) لتتحد مع الثقوب في جهة (P) . وبنفس الطريقة فإن الثقوب المجاورة (الموجبة) لمنطقة الارتباط تتجنب لتتحد مع الالكترونات (السالبة) في جهة (N) الغربية . و التأثير النهائي الناتج من هذا الوضع حول منطقة الارتباط هو وجود شحنة موجبة أكثر من السابق على جهة (N) ووجود شحنة سالية أكثر من السوق على جهة (P) ، وهذا يعني وجود مجال كهربائي معاكس حول منطقة الارتباط يكون موجها حول جهة (N) وسالبا حول جهة (P) . والمنطقة التي تقع حول منطقة الارتباط مستكون مفرغة من الشحنات (الإلكترونات و الثقوب) وتسمى بذلك منطقة التفريغ و الاستنزاف (Depletion Region) . و عند تهيج الإلكترونات في منطقة الاتصال بواسطة فوتونات الإشعاع الشمسي ستقفز إلى منطقة التوصيل Conductom Band تاركة ورائها تقريبا في منطقة التكافر Band) (Valunce وبذلك ستتولد حوامل من الشحلة المزدوجة (زوج من الكثرون وثقب) ، وتحت تأثير المجال الكهربائي المعاكس ستتجه الإلكترونات إلى جهة (N) وتتجه التقرب إلى جهة يمكن تصوير العملية كمستويات طاقة في المادة كما في الشكل (2) ، تدخل الإلكترونات المتهيجة بواسطة أفوتونات منطقة الارتباط ، ويمكن تصورها متدحرجة إلى الأسفل تحت تأثير المجال الكهربائي في منطقة الاتصال . وكذلك يمكن تصوير التقرب وكانها تطفو إلى الأعلى تحت تأثير المجال في منطقة الارتباط إلى جهة (P) .



شكل رقم (٢-٥) مناطق الطاقة في شبة موصل عادي[13]



شكل رقم (٢-٦) عند اتحاد اشباه الموصلات من نوع p و n فان مناطق الطاقة المختلفة لهما تتحد وبذلك يتكون توزيع الطاقة الجديدة[13]



شكل رقم (٢-٧) منطقة اتصال تقزم فوتونات الضوء بتهيج الالكترونات و انتقالها من منطقة التكافؤ الى منطقة التوصيل فتتدحرج الالكترونات الى نقطة (n) وتطفو الثقوب الى منطقة (p)

ان سريان الإلكترونات إلى جهة (N) هو ما يسمى بالتيار الكهربائي ، فإذا كانت هذلك دارة خارجية المرور التيار فيها فإن الإلكترونات المتحركة ترك شبه الموصل إلى أحد الأسلاك الخارجية في أعلى الخلية وفي نفس الوقت تتجه الثقوب إلى اتجاه معاكس خلال المادة إلى أن تصل إلى السلك الخارجي الآخر في قاع الخلية ، وعندها ستمثلي بواسطة الإلكترونات الداخلة في نصف الدائرة الخارجية الآخر أن توليد القوة الكهربائية يتطلب وجود فواتية وتيار ، ولهذا فه ت ج قوة كهربائية على الخلية يتطلب توليد فولتية ، بالإضافة إلى التيار المجهز بواسطة حركة إلكترونات . أما الفولتية فتجهز بواسطة تأثير المجال الكهربائي الداخلي حول منطقة الاتصال PN-junction ، والخلية الشمسية الاعتيادية الواحدة تنتج نصف فولط (٠.٥٧) وترا مقداره ٢.٥ أمبير ، وهذا يعادل طاقة عظمى تصل إلى ١.٢٥ واط . ويمكن لبعض الخلايا إنتاج تبار أكبر وفولتية أعلى اعتمادا على نوعية التصميم[15]

(2-٧) انواع الخلايا الشمسية :

هناك عدة أنواع من الخلايا الشمسية ومنها :

١ـ خلية تصنع من السليكون أحادي الليل (or Crystallirne) :

هو عبارة عن خلايا قطعت من بلورة سيليكون مفردة وكفاءة هذا النوع من الخلايا من ١١ إلى ١٦% مما يعني أن امتصاص الخلايا من الإشعاع القادم من الشمس الذي تبلغ قوته ١٠٠٠ رات لكل متر مربع وتلك في يوم مشمس بالقرب من خط الاستراء أي أن الواحد متر مربع من هذه الخلايا يمتص الإشعاع الشمسي بهذه الكفاءة ينتج ما بين ١١٠ إلى ١٦٠ .

٢ـ خلايا عديدة التبلر (multy crystalline):

وهي عبارة عن رقائق من السليكون قطعت من بلورات سليكون اسطوانية ثم تعالج كيميا ئيا في أفران الزيادة خرامها الكهربية وبعد ذلك تقطي أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس بكفاءة عالية وكفاءة هذا النوع من ٩ إلى ١٣%.

٣- خلايا الفيلم الرفيع (amorphous):

رفيها مادة السيليكون تترسب على هيئة طبقات رفيعة على أسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها أقل من ٣ إلى ٦% وأسعارها أيضا أقل. وهي منسية لتطبيقات من ٤٠ وات إلى ما أن تقسم هذه المنتجات بأن الخلاب مدعمة بإطار من الألومنيوم للحماية وايضه بزوج من الديود الحماية الكهربية تطبيقات استخدام الخلايا في مجال الاتصالات عن بعد (شبكات الموبايل في المؤسسات الصحية - الحماية الكاثودية - مضخات المياه - أنظمة الإضاءة .)[16]

الفصل الثالث
النانو في الخلايا الشمسية

(٣-١) في مجال الطاقة الشمسية:

تعتبر الطاقة الشمسية هي الطاقة الناتجة من تعرض الأرض للشمس وهي الطاقة الجاهزة للجنس البشري، وهناك العديد من الأبحاث المستمرة التي تنظم استخدامها بطريقة اقتصادية لجعلها المصدر الرئيسي للوقود. وهي تعد المصدر الأكثر كفاءة ونظافة للطاقة، وتنتج في شكل خلايا ضوئية مستخدمة على نطاق واسع في الكهرباء والمجالات ذات الصلة والعديد من التطبيقات. ولهذا السبب مع بداية القرن العشرين ساد صصالاعتقاد بأن الأجهزة القائمة على الإلكترونيات النانوية ستمكن من تصنيع المزيد من الخلايا الشمسية، بالإضافة إلى أنه سيكون لها عظيم الأثر في مواجهة متطلبات الطاقة العالمية يتم تطبيق تقنية النانوتكنولوجي في مجال الطاقة الشمسية عن طريق دمج جزيئات النانو في لوحات السيليكون من خلال طبقة رقيقة الخلايا الشمسية، وتستخدم في ذلك اسطوانات مجوفة - أنابيب النائر وهي عبارة عن (الفوليرينات، القصة، وكلوريد الكادميوم، وثاني أكسيد التيتانيوم) وذلك لزيادة كفاءة الألواح الشمسية في امتصاص موجات مختلفة من الضوء وهذا ما يميزها عن غيرها من الواح الشمس الاعتيادية. تبين أنه عند وضع غشاء رقيق للغاية من دقائق السيليكون المجهرية في داخل الخلايا الشمسية السيليكونية تزداد الطاقة التحويلية لتلك الخلايا بشكل كبير يزيد عن ٦٠% على نطاق الأشعة الفوق البنفسجية وتصل إلى ١٠% على نطاق الضوء المرئي. لكن التطبيق الأكثر وعوداً لتكنولوجيا النانو هو تخفيض تكلفة التصنيع، حيث اكتشفت طريقة لإنتاج خلايا شمسية بلاستيكية Plastic Solarcells (الشكل١) رخيصة والتي يمكن أن تطلى تقريبا على أي سطح، كما أن الفعالية التي تحققها هذه الخلايا الشمسية البلاستيكية الجديدة هي فقط حوالي ١٧%، وتستفيد هذه الخلايا الشمسية البلاستيكية الجديدة من قضبان نانوية دقيقة حيث تتصرف هذه القضبان الثانوية كاسلاك لأنها عندما تمتص ضوء بطول موجي محدد تقوم بتوليد الكترونات، تتدفق هذه الالكترونات عبر قضبان النائو حتى تصل إلى الكترود من الألمنيوم حيث تجتمع لتشكل تيار وتستخدم ككهرباء. هذا النوع من الخلايا ذو تكلفة تصنيعية أقل من الخلايا التقليدية لسببين رئيسيين:

- هذه الخلايا البلاستيكية ليست مصنوعة من السيليكون والذي يمكن أن يكون غالي الثمن
- تصنيع هذه الخلايا لا يحتاج معدات عالية الثمن كغرف نظيفة وحمرات تخلية كالخلايا الشمسية السيليكونية التقليدية

الشكل (٣-١) يوضع الخلايا الشمسية البلاستيكية Plastic Solarcells

مثال، النوافذ الشمسية التي تعمل بتكنولوجيا النانو

- يعكف كثير من العلماء على تحويل النوافذ العادية إلى مولدات الطاقة الشمسية وقد تحقق ذلك بدمج تكنولوجيا النانو بالخلايا الضوئية.

- أمضى علماء في مركز "نانو ساينس" في لوزان بسويسرا سنوات لإنتاج "أسلاك نانوية بلورية" وهي أنابيب صغيرة للغاية التي يساوي عشرة آلاف منها سمك شعرة من رأس الإنسان.

- تعتمد الفكرة على أن الأسلاك الثانوية البلورية تحدث صدى في الضوء المار حولها وهو ما يجعلها أسفر من طول موجة الضوء وهو ما ينجم عنه تركيزات من كثافة الضوء.

-والطاقة المنتجة في هذه الحالة أعلى من الطاقة التي تنتجها الألواح الشمسية التقليدية كما أن صف "أسلاك النانو" يكون صغيرا لدرجة أنه يتعذر رؤيته عندما يوضع على زجاج النوافذ

في مجال طاقة الرياح :

تستخدم الطاقة الحركية الناتجة من الرياح في توليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحويل التوربينات الهوائية طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية، والتي بدورها تتحول إلى طاقة كهربائية تستطيع تشغيل الأجهزة وتوصل إلى المنازل، ساهمت تقنية النانو تكنولوجي في طاقة الرياح في تصنيع توربينات رياح متقدمة جدا الشكل (٢) قابلة للتعديل وسريعة التركيب لدرجة أن توربين رياح واحد معدل بهذه التقنية أكثر قوة مما كان يعادله منذ عقدين سابقين، كما أدت لإنشاء مزارع رياح تنتج طاقة تعادل محطات الطاقة التقليدية. وقد تم ربط هذه التقنية بمحطات الرياح من خلال استبدال الألياف الزجاجية أو الألمنيوم المستخدمة في ريشة التوربين المولد للطاقة الكهربائية بأنابيب الكربون النانوية، وهي عبارة

عن اسطوانات مصنوعة من ذرات الكربون سمكها أرق بعشرة آلاف من الشعر البشري، وهي لها خصائص كهربائية فريدة من نوعها. كما ساهمت تلك التقنية في التغلب على المعوقات المتعلقة بالاحتكاك في التوربينات، بمعالجتها من خلال تشحيم المراوح بمواد متناهية في الصغر مضادة للماء لتفادي الظروف المناخية الصعبة كالجليد والرطوبة.[17]

شكل رقم (٣-٢) يوضح التوربينات الهوائية المتقدمة في انتاج الطاقة الشمسية[12]

(3-٢) الخلايا الشمسية المحسنة بتقنية النانو:

اعلن باحثون من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا(MIT) ، عن تحسين كفاءة الخلية الضوئية التقليدية، وذلك من خلال استعمال مزيج من المواد ذات التقنية العالية. ويتألف المزيج من بلورات نانو ضوئية وأنابيب الكربون النانوية، بحيث تتمكن من تحويل حرارة الشمس إلى إشعاع فعال للخلية الضوئية ومن بين العوائق، التي تحول دون انتشار أعداد كبيرة من ألواح الخلايا الشمسية، عدم كفاءتها النسبية في تحويل الطاقة. وهذا العائق مرتبط بالأساس بالخصائص الفيزيائية لأشباه الموصلات المستخدمة في تصميم اللوحات الشمسية التقليدية وفي هذا السياق، جرى البحث عن عدة حلول من قبل الباحثين. وعلى سبيل المثال، استخدام أشباه موصلات مختلفة في تصميم الخلية، أو تركيز أشعة الشمس باستخدام عدسات بصرية. أما بالنسبة لباحثي معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، (MIT)، فقد اهتموا، في الوقت نفسه، ومنذ عدة سنوات، بفكرة تحويل ضوء الشمس إلى حرارة في مرحلة أولى (لاستغلال جميع الطيف الشمسي) قبل تحويله إلى كهرباء. وقد توصلوا مؤخراً إلى إثبات أن تجربتهم تعمل بنجاح. وتُعرف التكنولوجيا المقترحة من قبل الباحثين بمصطلح "الضوئي الحراري الشمسي " (Thermophotovoltaic Solar).ويطمح الباحثون إلى توسعة كبيرة لمجموع الأطوال الموجية،

والتي يفترض أن تمتصها أشباه الموصلات، وبالتالي تحويلها إلى طاقة كهربائية. ويذكر الباحثون الأميركيون أنه بهذه الطريقة قد تزيد الكفاءة النظرية للخلايا الشمسية إلى الضعف، مما ينتجه سطح لوحة معنية. وجاءت نتيجة تجربتهم بعائد طاقوي كلي يصل إلى ٦.٨٪ باستخدام الخلية القياسية. ومع ذلك، فإن التجربة توفر دليلاً على تحسن حقيقي يمكن الوصول إليه، وللوصول إلى ذلك، طور الباحثون بلورات ضوئية من جهة، وأنابيب كربون نانوية من جهة أخرى. وتضمن هذه الأخيرة امتصاصاً كاملاً لطيف أشعة الشمس، ويتم تحويل كل الفوتونات إلى حرارة. وتستخدم هذه الحرارة في تسخين البلورات الضوئية نحو ما يقارب ١٠٠٠ درجة مئوية. واستجابة لهذه الظروف، تبدأ البلورات الضوئية في إرسال موجة بطول موجة تتوافق بالضبط مع الطول الموجي الأمثل لامتصاصها عند الخلية الضوئية. ووفقا للباحثين، فإن ابتكارهم يتميز بقدرته على الاستمرار حتى عندما تُحجب الشمس بالغيوم، بشرط اقترانه مع نظام تخزين للحرارة، يسمح له بالعمل على مدار الساعة، بفضل الانبعاثات الثانوية من البلورات الضوئية[18] .

(3-٣) تكنولوجيا النانو لانتاج الخلايا الشمسية مستقبل الطاقة المتجددة :

على الرغم من الحداثة النسبية لتاريخ استخدام الإنسان فوتونات الموجات الكهرومغناطيسية القادمة من الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربية، فإن استغلال الأشعة الشمسية في تطبيقات أخرى يعود تاريخها إلى القرن السابع قبل الميلاد، حين استخدم الإغريق العدسات الزجاجية المحدبة في تركيز تلك الأشعة وتجميعها على هدف ما بغرض إحراقه. ففي القرن الثاني قبل الميلاد، وظف العالم الإغريقي الشهير أرشيميدس ظاهرة انعكاسات الأشعة الشمسية من على أسطح الدروع البرونزية لجنود الجيوش المحاصرة لمدينة سيراكوز Syracuse لتوجيهها صوب سفينة خشبية رومانية كانت تحاصر المدينة، فاشتعلت بها النيران وغرق ما عليها من جند. وفي عام ١٧٦٧ اخترع أحد العلماء السويسريين ما يعرف باسم الطاهي الشمسيSolar Cooker ، وهو عبارة عن صندوق بسيط يعلو سطحه لوح زجاجي يوضع أسفله إناء به الطعام المُراد طهوه. كذلك، منذ نحو ١٠٠ عام، توصل أحد الباحثين بفرنسا في استغلال البخار المتولد عن تسخين الماء بواسطة تجميع أشعة الشمس وذلك في تشغيل المحركات البخارية. وقد أوحت فكرة تسخين الماء هذه بواسطة تجميع الأشعة الشمسية إلى ابتكار وإنتاج الخلايا الشمسية في عام ١٩٣٦ بالولايات المتحدة الأمريكية.

في إطار ما هو متوافر بعدد من الخيارات الإستراتيجية التي يمكن توظيفها للحصول على الطاقة النظيفة المتجددة، يعد موضوع استغلال الطاقة الشمسية في التوليد المباشر للكهرباء من خلال توظيف

الخلايا الشمسية تُعرف أيضًا باسم الخلايا الفوتوفولطية أو الخلايا الكهروضوئية- يمثل أحد أبرز هذه الخيارات الواعدة التي يمكن الاعتماد عليها لتوفير متطلبات العالم المستقبلية من الطاقة. ويكفي أن نعرف أن ما يصل من إشعاعات شمسية إلى كوكبنا خلال ساعة واحدة فقط في اليوم الواحد يكفى لسد احتياجاتنا من الطاقة لمدة عام كامل ! فمن المعروف أن ما يصلنا من أشعة الشمس يمكن تحويله بصورة مباشرة إلى طاقة نظيفة تعادل ما قيمته ١٠٠٠٠٠ تيرا وات (التيرا وات = ألف مليار وات). وتلك القيمة تناظر ما يقرب من ٦٠٠٠ ضعف حجم استهلاك البشرية من الطاقة الأولية البالغة في عام ٢٠٠٩ نحو ١٣,٧ تيرا وات (١٣,٧ ألف مليار وات). ويستعرض هذا المقال عرضًا موجزًا عن الخلايا الفوتوفولطية Photovoltaicsوتطبيقاتها، مع إلقاء المزيد من الضوء على تلك الجهود التكنولوجية الحثيثة والاختراعات المبنية على تكنولوجيا النانو في تصنيع مواد الجيلين الثاني والثالث الموظفين في إنتاج الخلايا الشمسية المتقدمة[19].

(3-٤) استنزاف مصادر الطاقة التقليدية:

يعد أسلوب احتراق الوقود الأحفوري من خلال استخدام محطات توليد الطاقة الكهربية التي يتم بها إنتاج الحرارة اللازمة في تسخين المياه وتحويلها إلى بخار يُستغل في إدارة التوربينيات المُنتجة للكهرباء، هى الطريقة التقليدية الأوسع انتشارًا في العالم للحصول على الطاقة الكهربية. وقد أدى سرعة النمو العالمى للناتج المحلى(World Gross Domestic Product, GDP) ، والذي وصل خلال الفترة مابين عامى ١٩٩٠ - ٢٠٠٩ إلى نحو ١٥٦ %، إلى زيادة الطلب على المصادر التقليدية للطاقة لأكثر من ٤٠%، مما ترتب عليه زيادة مخيفة في نسبة الانبعاثات الغازية لثاني أكسيد الكربون، التي وصلت في العام الماضى إلى حوالي ٣٦% مما كانت عليه سابقًا قبل عام ١٩٩٠. وليس ثمة شك، في أن الطلب العالمى المتزايد على الطاقة سوف يشكل تحديًا كبيرًا أمام قطاع الطاقة العالمى، الذي بصدد مواجهة مشكلة تراجع الاحتياطيات العالمية من الوقود الأحفورى (المصدر الرئيسي لطاقة اليوم) قبيل انتهاء النصف الأول من هذا القرن. وفي إطار تلك المستجدات، فمن المنتظر أن تزداد قيم استهلاكاتنا من الطاقة مع حلول العقد الخامس من هذا القرن لتصل إلى حوالى ٣٠ تيراوات سنويًا. ومن البديهي أن تمثل مشكلة تضاعف زيادة استهلاك الطاقة المعتمدة على الوقود التقليدي زيادة في نسبة الإنبعاثات الغازية، وتفشي ظاهرة الاحتباس الحراري، مما يزيد من احتمالية مواجهة العالم لكوارث بيئية شديدة الخطورة لايمكن معالجتها أو تفاديها[20] .

(5-3) الاستثمار العالمي في مجال الطاقة النظيفة:

على الرغم من تدهور حالة الاقتصاد العالمى الذي أعقب الأزمة المالية العالمية في خريف عام ٢٠٠٨، فإن هذا لم يؤثر كثيرًا في النمو المطرد والمتزايد في استخدام الطاقة البديلة والمتجددة، والتى حققت خلال الفترة من ٢٠٠٤ إلى ٢٠٠٩ وحدها نسبة نمو غير متوقعة، تُعد هي الأكبر إذا ما قورنت بمتوسط نسبة النمو في السنوات الخمس السابقة لتلك الفترة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الاستثمار في مجال الطاقة الجديدة قد تزايد بنسب عالية خلال السنوات الماضية، ليحتل مصدر الاستثمار الرئيسي للمستثمرين خلال تلك الفترة (٢٠٠٤ ٢٠٠٩)، حيث قفزت قيمة الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة من حوالى ١٨ مليار دولار في عام ٢٠٠٤ إلى نحو ١٢٢ مليار دولار مع نهاية عام ٢٠٠٩. وقد بلغت سعة الطاقة المتولدة عما تم إدخاله من أجهزة ومولدات الطاقة الجديدة والمتجددة في سنة ٢٠٠٩ وحدها إلى ٢٦٠ جيجا وات (٢٦٠ ألف مليون وات)، تكفي لسد احتياجات ٧٥ مليون أسرة من الطاقة.

(6-3) الخلايا الفوتو فولطية:

إن الخلية الفوتو فولطية ما هي إلا أجهزة Devices أو وحدات Modules تُخَولُ لنا تحويل طاقة الفوتون الضوئية القادمة إلى كوكبنا من الشمس إلى طاقة كهربية وذلك بصورة مباشرة. ويتم توظيف الخلايا الشمسية في تحويل الفوتونات الضوئية إلى تيار كهربائى مستمر (Direct Current (DC يمكن استغلاله في تشغيل أحمال التيار المستمر، وكذلك في شحن البطاريات المستخدمة بالأغراض المختلفة. هذا بالإضافة إلى أنه يمكن كذلك تشغيل العاكسات Inverter القادرة على تحويل التيار الثابت إلى تيار متغير (متردد Alternative Current, AC) يُستغل في تشغيل الأجهزة الكهربائية العاملة على هذا النوع من التيار لتغذية الشبكات الكهربية للمدن بالطاقة الكهربية النظيفة. وترجع تسمية الظاهرة الفوتو فولطية (الكهروضوئية) بهذا الاسم إلى العالم الفرنسي الشهير إيدموند بيكريل Edmond Becquerelالذي اكتشف خلال تجاربة في عام ١٨٣٩، ازدياد تولد التيار الكهربى عند تعريض اثنين من الإلكترودات الفلزية الموضوعة بسائل موصل للكهرباء (الكتروليت) للضوء. وقد ظلت هذه الظاهرة بلا تطبيق حقيقي حتى العام ١٩٤٧ حين تم اكتشاف الترانزستورات المصنوعة من آشباه الموصلات Semiconductorsبواسطة علماء الفيزياء جون باردينJohn Bardeen ، والتر براتن Walter Brattainوزميلهما ويليم شوكلي.William Shockley لكن من الإنصاف أن نُرجع الفضل إلى أهله، ففي عام ١٩٥٤ تمكن العالم داريل شابين Daryl Chapin من اختراع أول خلية فوتوفولطية مصنعة

من السيليكون تم بواسطتها تحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة كهربية بكفاءة بلغت ٦%. وأود هنا أن ألفت الانتباه إلى أن تطبيقات الجيل الأول من الخلايا الفوتوفولطية المبنية على تكنولوجيا السيليكون والتى تم زيادة كفاءتها لتصل إلى نحو حوالى ١٠%، كانت موجهة في الأساس لمد مركبات الفضاء الخارجى Space Vehiclesوكذلك نظم الاتصالات عبر الأقمار الصناعية Satellite Communication Systemsباحتياجاتها من الطاقة الكهربية[20] .

(7-3) تطبيقات الخلايا الفوتو فولطية:

على الرغم من كثافة استخدام الخلايا الفوتوفولطية في أعمال الإنارة للمنازل والمدن، فإنها تجد مجالات فسيحة أخرى من التطبيقات المهمة. فهي على سبيل المثال تُستخدم في إضاءة ممرات المهابط في المطارات، وكذلك إضاءة إشارات المرور داخل المدن، وكذلك إضاءة الإرشادات والعلامات المرورية على الطرق السريعة، علاوة على توظيفها في توليد الطاقة الكهربية الخاصة بضخ المياه الجوفية من الآبار واستخدامها في عمليات ري المزروعات وغيرها[20].

خلايا الجيل الأول:

يتم تصنيع الخلايا الفوتو فولطية من مواد آشباه الموصلات، التي تُعد مادة السيليكون أكثرها شهرة واستخدامًا نظرًا لشيوعها وتوافر مصادرها في جميع أرجاء العالم. ولم يكن من المُتاح قبل دخول الأساليب المتنوعة لتكنولوجيا النانو Nanotechnology الخاصة بتخليق سبائك لمواد مختلفة التركيب والبنية من أشباه الموصلات، إنتاج خلايا فوتو فولطية تجمع بين الكفاءة العالية ورخص التكلفة، ومن المعروف أن رقائق السيليكون التي تُصنع منها خلايا الجيل الأول ليست بالمادة المثالية التي يمكن الاعتماد عليها لإنتاج خلايا رخيصة ذات كفاءة عالية، نظرًا لافتقارها لكثير من الصفات والخواص التي يجب أن تتوافر في مواد أشباه الموصلات المستخدمة في إنتاج الخلايا الشمسية، وقد أدى تواضع رقائق السيليكون في امتصاص واستيعاب الأشعة الشمسية إلى زيادة أسماكها من ١٢٥ ـ ٢٥٠ ميكرومتراً، وهى أسماك كبيرة جدا إذا ما تمت مقارنتها بالرقائق المصنعة من آشباه موصلات أخرى مثل زرنيخ الجاليوم GaAs, Gallium Arsenide التي لاتصل مقاييس أسماكها أكثر من واحد ميكرومتر. وقد تسبب استخدام رقائق السيليكون السميكة إلى ضخامة تكلفة إنتاج الكهرباء، والتي تصل إلى نحو خمسة دولارات أمريكية لكل وات. وعلى الرغم مما بُذل من محاولات تقنية حثيثة لرفع كفاءة خلايا الجيل الأول ـ

لجعلها متقاربة مع الكفاءة النظرية لمادة السيليكون وهي ٣١% فإن تلك المحاولات لم تؤت ثمارها لتحقيق طموح العلماء والباحثين في هذا المجال.

خلايا الجيل الثاني:

مما سبق عرضه، فقد واجه قطاع صناعة الخلايا الشمسية تحديًا تكنولوجيًا صعبًا، ولسوء الطالع، فقد واجهت صناعة الخلايا الفوتو فولطية خلال العشرين سنة الماضية مشكلات بالغة التعقيد بسبب الطلب المتزايد على رقائق مادة السيليكون المادة الأساسية لخلايا الجيل الأول لدخولها في مجال صناعة الحواسب والهواتف النقالة والأجهزة المحمولة وغيرهما من الصناعات الإلكترونية الحديثة، الأمر الذي نتج عنه زيادة كبيرة في أسعار تلك الرقائق إلى الحد الذي هدد بتوقف إنتاج هذا النوع من الخلايا الفوتو فولطية نظرا لعدم جدواها الاقتصادية.

وفي إطار الجهود العلمية والبحثية الشاقة التي جاءت متزامنة مع فرض تكنولوجيا النانو هيمنتها الصناعية، لاح بالأفق مولد جيل جديد (الجيل الثاني) من الخلايا يقوم على تكنولوجيا إنتاج الأغشية الرقيقة الفوتو فولطية .Photovoltaics(TFPV) Thin-Filmsويعتمد أسلوب إنتاج هذا النوع المتقدم من الخلايا على توظيف عدة أساليب وطرق متقدمة، نذكر منها طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية Chemical Vapor Deposition (CVD)نجحت في تخليق أغشية رقيقة من مواد أشباه الموصلات المترسبة على ركائز زجاجية أو من البلاستيك (الركيزة Substrate نعني بها هنا طبقة الزجاج أو البلاستيك السفلية التي يتم عليها ترسيب الأغشية رفيعة السمك من مواد أشباه الموصلات لتكوين وحدة الخلية الفوتو فولطية). وتتميز طبقات الأغشية المترسبة بكونها ذات أسماك رفيعة لا تزيد على واحد ميكرومتر، وهي بذلك تقل من ناحية السمك عن رقائق مادة السيليكون المستخدمة في الجيل الأول من الخلايا بنحو يتراوح من ١٠٠-١٠٠٠ مرة.

وقد أنعشت الأغشية الرقيقة الأمل من جديد في إمكان الاستفادة الفعلية من التطبيقات المختلفة للخلايا الفوتو فولطية، وذلك نظرًا لاستنادها إلى استخدام مواد منخفضة التكلفة مما يؤدي إلى خفض سعر تكلفة إنتاج الواط الواحد من الكهرباء إلى مادون ٠.٥ دولار. وقد انعكست رقاقة أسماك أغشية تلك الخلايا على أوزانها التي أضحت خفيفة ومرنة، مما أهلها وخَوَّلَ لها لأن تُستخدم كمصادر طاقة للأجهزة المحمولة مثل الهواتف النقالة والحواسب المحمولة. لكن، وعلى الرغم من كل هذه المزايا التي تحتكرها خلايا الجيل الثاني، فإنها مازالت تفتقر إلى الكفاءة المطلوبة التي لا تزيد في أغلب الأحيان على حدود ١٠%. وترجع أسباب نقص الكفاءة إلى كون أسماك خلايا الجيل الثاني رفيعة جدا، وهي بالتالي لا تستطيع أن تمتص الكمية نفسها من طيف الأشعة الشمسية التي تقوم بامتصاص الرقائق السميكة من

السيليكون (خلايا الجيل الأول) وقد أكدت نتائج الأبحاث الجارية على قدم وساق بأن الأغشية الرقيقة المصنوعة من سبيكة سلينيد نحاس الإنديوم جاليوم Cu(In,Ga)Se2 المعروفة باسم CIGS تنفرد بقدرة فائقة على امتصاص أكثر من ٩٠% من الطيف الشمسي. علاوة على تمتعها بكفاءة عالية في التحويل بلغت نسبتها إلى نحو ٢٠%. لكن، وعلى النقيض من تلك النتائج الباهرة والواعدة، فليس من المتوقع توظيف هذا النوع من الخلايا في التطبيقات الفعلية على المدى الطويل، وذلك نظرًا لمحدودية رصيد العالم من مادة الإنديوم In علاوة على كونها مادة باهظة التكلفة.

الجيل الثالث: جيل تكنولوجيا النانو

كثيرا ما نسمع عن وحدات الجيل الثالث من الخلايا الفوتو فولطية التي تستند في إنتاجها إلى تكنولوجيا النانو. وعلى الرغم من أن هذا الجيل المتقدم من تلك الخلايا مازال في مرحلة البحث والتطوير على المستوى التجريبي والمعملي، فإن جميع النتائج البحثية المنشورة خلال السنوات العشر وحتى اليوم تؤكد على حقيقة واحدة وهي أن المواد النانونية Nanomaterials التي تم التوصل إلى تخليقها معمليا تجتمع فيها خواص تركيبية وفيزيائية متميزة، مما يؤهلها لأن توظف في إنتاج خلايا فوتو فولطية ذات كفاءة عالية وغير مسبوقة. هذا بالإضافة إلى أن تلك الخلايا الناشئة من الجيل الثالث سوف تكون قادرة أيضًا على تحقيق مستويات تكلفة مماثلة أو أفضل من التكلفة الإنتاجية الخاصة بخلايا الجيل الثاني والمعتمدة في إنتاجها على تكنولوجيا الأغشية الرقيقة. وقد شهد العقد الأول من هذا القرن طفرات تقنية واعدة أدت إلى زيادة الثقة في قدرة الطاقة الشمسية النظيفة في المشاركة بالنصيب الأكبر في تلبية احتياجات العالم من الطاقة خلال العقدين المقبلين.

وهناك العديد من المواد النانونية التي تمت تجربة توظيفها في صناعة وحدات الجيل الثالث من الخلايا الفوتو فولطية، وتُعد الخلايا الشمسية الصبغية Dye-sensitized Solar Cells (DSC) أحد أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتو فولطية نظرًا لإنفرادها بمزايا تقنية واقتصادية متعددة ترشحها لأن تكون البديل الموثوق به لخلايا الجيل الأول المصنوعة من رقائق السيليكون باهظة التكلفة. وتختلف الخلايا الشمسية الصبغية في طريقة عملها عن الجيل الثاني من خلايا الأغشية الرقيقة في أنه يتم غمس حبيبات نانونية شفافة (غير معتمة) عالية المسامية من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO2 بمركب مادة عضوية - غالبا من تكوُّن لمركب عضوي من مركبات عنصر الروثينيوم Ruthenium فتترسب بذلك جزيئات الطلاء العضوي على الأسطح الخارجية لحبيبات TiO2 التي تُغمر داخل محلول إلكتروليتي Electrolyte Solutionيوضع بالخلية. ويتركب السطح العلوي من الخلية المواجهة لأشعة الشمس من لوح زجاجي شفاف يُطلى وجهه السفلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء والتي تعقبها حبيبات .TiO2

وتنتهي الخلية بغشاء رقيق من فلز البلاتينوم يليه لوح زجاجي شفاف مطلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء.

وتعتمد الخلايا الشمسية الصبغية في عملها على أسلوب يشبه عملية التمثيل الضوئي في الطحالب والنباتات، حيث تصدم فوتونات الأشعة الشمسية النافذة عبر اللوح الزجاجي بجزيئات مادة الصبغة العضوية المترسبة على حبيبات TiO2 وتمتصها مما يعمل على إثارة إلكترونات المدارات الخارجية لجزيئات مادة المركب العضوية واكتسابها الطاقة اللازمة للإنفصال عن أنويتها، فتتحرر لتخترق حبيبات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية، ثم تنتقل إلى الطبقة العلوية الموصلة للكهرباء. وكما ذكرنا فإن جزيئات مادة الصبغة العضوية الفاقدة لإلكترونها تقوم وبسرعة بتعويض هذه الإلكترونات المفقودة من مركب اليود -المحلول الإلكتروليتي الموجود بداخل الخلية مما يؤدي إلى أكسدة هذا المركب وتحوله إلى يود ثلاثي التكافؤ، لتكتمل بذلك دائرة التوصيل الكهربية للخلية من خلال تلك العملية الكهروكيميائية Electrochemical Process. ومن الجدير بالإشارة هنا إلى أن كفاءة هذا النوع من الخلايا قد تضاعفت خلال الأعوام الماضية لتصل الآن في عام ٢٠١٠ إلى حوالي ١١%، مما حفز كثيرًا من الشركات لإنتاج خلايا هذا النوع على المستوى الصناعي. وتتفوق هذه الخلايا على غيرها في أنه ليس بالضرورة أن يكون مصدر الفوتونات هو الأشعة الشمسية المباشرة، فنظرية عمل تلك الخلايا تعتمد في التشغيل على أي مصدر من مصادر الإضاءة. وتبذل الآن الجهود نحو استبدال المحلول الإلكتروليتي الموجود داخل الخلية بمادة صلبة مناسبة وذلك من أجل تفادي تمدد السائل عند درجات الحرارة المنخفضة وتعرضه للتسرب خارج الخلية.

وهناك العديد من النماذج الناجحة الأخرى من الجيل الثالث للخلايا الفوتوفولطية، نذكر منها الخلايا متعددة الوصلات Multifunction Cells التي تعد النموذج الأكثر نجاحا ونضجًا لهذه الطائفة الجديدة من الخلايا الشمسية المتقدمة. ويعزى إنتاج هذا النوع من الخلايا إلى محدودية كفاءة الخلايا الفردية التي لاتزيد القيمة النظرية لها على ٣١%، وذلك نظرا لأن فاقد الفوتونات غير الممتصة هائل وتصل قيمته إلى نحو ٢٠%. وتقوم فكرة إنتاج هذا النوع من الخلايا على تجميع عدة خلايا فوتوفولطية مختلفة، وترتيبها في منظومة واحدة فوق بعضها البعض. وتكديس هذه الخلايا وتجميعها لايتم بصورة عشوائية، وإنما يتم في نسق علمي مدروس، حيث توضع الخلايا التي لها قيم عالية من فجوات الحزم Bandgapفي المقدمة تليها الخلايا ذات القيم الأقل وهكذا. وعند مرور الأشعة الشمسية خلال تلك المجموعة المتكدسة من الخلايا، فإن كل خلية تقوم بامتصاص واستيعاب مجموعة ضيقة من الطاقة، مما يعمل على تقليل الفاقد من طاقة الفوتونات التي يتم استيعابها بالكامل، مما يؤدي إلى رفع كفاءة الخلية.

ويعرض الجدول رقم ١ مقارنة بين الأنواع المختلفة من الخلايا الفوتوفولطية للأجيال الثلاثة والذي يمكن فيه ملاحظة تفوق خلايا الجيل الثالث على الجيلين السابقين. ويعزو العلماء هذا التفوق إلى التقدم الذي أحرزته البشرية في توظيف تقنيات تكنولوجيا النانو المتقدمة لتخليق مواد من آشباه الموصلات لإنتاج هذا الجيل الجديد من الخلايا. وفي إطار النتائج البحثية، فإنه من المرجح أن يتم تعميم استخدام المواد النانونية على نطاق واسع في مجال تصنيع تلك الخلايا مما سوف يؤدي إلى زيادة قدرتها في امتصاص أكثر من ٩٥% من جسيمات الفوتونات المُكونة للضوء والحاملة للإشعاعات الكهرومغناطيسية المقبلة من الشمس.

ونود هنا أن نؤكد على أنه خلال السنوات الخمس المقبلة سوف تجد أنابيب الكربون النانونية Carbon Nanotubesوكذلك البلورات النانونية Nanocrystals ونقاط الكم Quantum Dots مجالات فسيحة في إنتاج خلايا شمسية أكثر تقدما وكفاءة، حيث أضحى بإمكاننا اليوم الحصول على مجموعات متعددة لتلك النانونيات المتقدمة والهيمنة على فجوات Holes أحزمتها Bandgap عن طريق التحكم في تغيير أشكال وأحجام حبيباتها. لذا فمن المؤكد أن يخول ذلك كله زيادة في قدراتها على تحويل الطاقة الضوئية الشمسية إلى طاقة كهربية، ومن ثم تزداد آمال البشرية في مستقبل مشرق حتى مع غياب أو اضمحلال مصادر الوقود الأحفوري التي تبارينا في استنزافها خلال القرن الماضي[20] .

(3-8) تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال توليد الطاقة:

توليد الهيدروجين: مع إزدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، يتوقع أن تساعد تكنولوجيا النانو على حل مشكلة الطاقة وتلوث البيئة من خلال كفاءة استخدام الطاقة، الخلايا الشمسية، توليد وتخزين الهيدروجين ، تخزين الكهرباء، والتوليد والتخزين غير المركزي بواسطة إعادة اكتشاف الشبكة ، وعزل حوائط وتوافذ المباني للمحافظة على الطاقة ، وتطوير مصادر إضاءة جديدة تستخدم المواد النانونية ، واستخدام المواد القانونية ذات القوة الكبيرة والأوزان الخفيفة في وسائل الموصلات لتقليل استهلاك الوقود ، وزيادة كفاءة الوقود وتقليل الإنبعاث من وسائل النقل يعملعلى توفير (٥ - ١٠)%من الوقود، ، واستخدام الخلايا الشمسية الفوتوفولتية لتحويل جزء يسير من طاقة الشمس وتحويلها إلى كهرباء. ويعتبر الهيدروجين حاملاً للطاقة (مثل الكهرباء) وليس مصدراً لها ولذلك فهو يولد من الماء مستخدماً مصدراً آخر للطاقة مثل الوقود الأحفوري أو الطاقة المتجددة، والهيدروجين من الممكن أن يحرق في آلة الاحتراق مثل النفط أو يستعمل في خلايا الوقود (CELLS FUEL) لينتج الكهرباء والماء، وهناك ثلاث مراحل من الممكن لتقنية النانو أن تلعب دوراً بها

١-توليد الهيدروجين من الماء :وتستخدم فيه ألواح سطوحها من المواد النانونية في طريقة التحليل الكهربي(ELECTROLYSIS) ، وتستخدم فيه خلايا ضوئية من مواد نانونية في طريقة التحليل الضوئي(PHOTOLYSIS) وهناك مشروعات لتطوير جزئيات تولد الهيدروجين من الماء بإسخدام ضوء الشمس

٢- خلايا الوقود :التفاعل بين الهيدروجين والأكسجين لإنتاج الكهرباء، وتستخدم فيه الجزيئات الثانونية كعامل حفاز (CATALYST)، وأيضاً يستخدم في (MEMBRAIN) لزيادة كفاءة الخلية.

٣- تخزين الهيدروجين. [21]

(٣-٩) الاستنتاجات:

١-تقوم الخلايا الشمسية بتحويل ضوء الشمس مباشرة الى طاقه كهربائيه مستفيده من خصائص الالكترونية لنوع معين من المواد تعره باشباه الموصلات

٢-لقد اقتصره استخدمها في الماضي على تجهيز النائيه بكميات صغيرة من القدرة

٣-يعتمد عمل الخلايا الشمسية على الظاهرة لقد نشرت عن هذه الظاهرة اول نرة عام ١٨٣٨ الذي لاحظ ان الفولتية بين الاقطاب مغمورة في محلول الالكترولتي يعتمد على ضوه الساقط

٤- لقد شهدت بداية الثمانينات انتاح تجريبي لتقينات حديثة انذاك تهدف الى تخفض تكاليف الخلايا الشمسية للعقود القادمة وان هذا الانخفاض في الاسعار يشجع التوسع المستمر في التطبيقات التجارية في استغلال الطاقة الشمسية

٥- وكذلك ظهرت حديثا تقنية استخدام الاغشية الرقيقة لانتاج الخلايا الشمسية بكلفة رخيصة مع رفع القدرة الخارجة لوحدة المساحة بالنسبة لهذا الخلايا

(٣-١٠) الدراسات المستقبلية:

١-وضع تشريعات (قوانين وانظمة وتعليمات)وحوافز وخرائط الاستثمار للطاقة المتجددة في كل بلد عربي

٢ - اهمية تهيئة الشبكة الكهربائية وتوسعتها لاستيعاب المزيد من مشاريع الطاقة المتجددة

٣- اهمية زيادة نسبة المنتج المحلي في مشاريع الطاقة المتجددة من نسبة المشروع لتقليل الاعتماد على الاستيراد من الخارج

٤-ضرورة تركيب خلايا الشمسية على الابنية الحكومية والمنشئات الاقتصادية لتوليد الكهرباء ووضع آليات لتحفيز المواطنين على ضرورة تركيب هذه الخلايا في منازلهم

٥_ادخال مادة دراسية تركز على البيئة والتغير المناخي كأحد المتطلبات الاختيارية لطلبة الجامعة لتعريفهم بأهمية الحفاظ على البيئة

المصادر

١-. محمد بن صالح الصالحي د. عبدالله بن صالح الضويان - مقدمة في تقنية النانو تحت الطبع

Road Maps for Nanotechnology in Energy. The institute of Nanotechnology, September, 2006.

Nalwa. H. S, Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.

٢-فؤاد نمر الرفاعي –مفاهيم اساسية تقنية النانو- جامعه ذي قار كلية العلوم – ٢٠١٥-٢٠١٦

٣.Press Release: American Elements Announces P-Mite Line of Platinum

Nanoparticles for Catalyst Applications, October 3, 2007 2016 01

موقع واي باك مشين ديسمبر ٢٠١٦ على موقع واي باك مشين نسخة محفوظة ١٧ يناير ٢٠١٦ على موقع واي باك مشين

٤. Electrocatalytic oxidation of methanol .

. Platinum nanoparticles bring spontaneous ignition, April 25, 2005 20

. Hillie, Thembela and Mbhuti according to sunil this method of catalysis will

surely improve the performances of the old catalysis methodsHlophe.

'Nanotechnology and the challenge of clean water."

Nature.com/naturenanotechonolgy. November 2007: Volume 2.

5. . PMID 18654395, doi:10.1038/nnano.2007.350. Cite uses deprecated

parameter |coauthors= ()

6. Waldner Jean-Baptiste (2007). Nanocomputers and Swarm Intelligence.

London: ISTE. 26. ISBN 1847040020.

7. Suresh Neethirajan, Digvir Jayas. 2009. Nanotechnology for food and

bioprocessing industries. 5th CIGR International Technical Symposium on Food

Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality

Management, Postdam, Germany. 8 p.

8-http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/products/canola_a

9. -الاء محمد الدخاني – الخلايا الشمسية – الناشر –مؤسسة هنداوي ٢٠١٧

10-بتول محمد عودة – خلايا البيروفسكايت العظوية وغير العظوية –جامعة ذي قار العراق -٢٠٢١

11-ستيفان كراوتر (توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية)-مركز دراسات الوحدة العربية -٢٠١١

12-د.يوسف مارتن أ كرن –الخلايا الشمسية –مبادئ العمل التقنية وتطبيقات المنظومة ترجمه مولود حسن جامعة الموصل -١٩٨٩

13- صفحة موسوعة الهندسة الكهربائية -
http://www.facebook.com/groups/EEE.Arabic

14-د.كاميليا يوسف حداد –الطاقة الكهروشمسية دار الكتب و الوثائق القومية ٢٠١٦

15-الفصل الثالث –من كتاب الخلايا الشمسية الفولطاضوئية -الخلايا الشمسية).pdf٢)

16-فاطمة سعد – منظومة الخلايا الشمسية – جامعة ذي قار قسم الفيزياء – ٢٠٢٢

17-الدكتور خالد قاسم – الطاقة المتجددة وتقاناتها – مفهوم تقنية النانو وتطبيقاتها في الطاقة المتجددة وتقاناتها – الجلسة العملية السابعة ٢٠٢٠

18-هشام حدانية –الخلايا الشمسية المحسنة بتقنية النانو – ٣يونيو ٢٠١٦ خلايا شمسية محسنة بتقنية النانو(alaraby.co.uk)

19-محمد شريف الاسكندراني -تكنولوجيا النانو لانتجاج الخلايا الشمسية مستقبل الطاقة المتجددة – طب العلوم – العدد ٦٢٤
تكنولوجيا النانو لإنتاج الخلايا الشمسية مستقبل الطاقة المتجددة (nccal.gov.kw)

20–مرفت رشاد ،ايمن جابر – التطبيقات البيئة الخضراء التكنولوجيا النانو في المستقبل – جامعة القصيم بالمملكة العربية السعودية

21-المؤتمر الدولي اسابع للاتحاد العربي التنمية المستدامة و البيئة سبل تعزيز التكنولوجيا النظيفة و التقنية صديقة البيئة بالمنطقة العربية في الفترة ٢٠١٧ نوفمبر بدار ضيافة جامعة عين الشمس