وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

الدراسة الصباحية

الخلية الشمسية ذات الأغشية الرقيقة

بحث تقدم به الطالب

رياض سعيد ثجيل عطية

إلى كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

بإشراف أ.م. أيمان حمود عبد الله

2024 م

1445 هـ

قال تعالى:

(وَقُلِ اعمَلوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُم وَرَسولُهُ
وَالمُؤمِنونَ وَسَتُرَدّونَ إِلىٰ عٰلِمِ الغَيبِ وَالشَّهٰدَةِ
فَيُنَبِّئُكُم بِما كُنتُم تَعمَلونَ)

صدق الله العلي العظيم

التوبة/105

الخلاصة Conclusion

الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة نالت قبول و استحسان عالمي لسهولة التصنيع وقلة التكاليف ويعتبر احد اجيال الخلايا الشمسية بعد الخلية السلكونية ولازالت البحوث مستمرة في هذا النوع من الخلايا الشمسية وقد تحقق نجاح كبير في انتاجها مختبريا وتجاريا ووصلت الى قيم عالية من الكفاءة والاستقرارية.

حيث بدأت التحسينات الإضافية في الكفاءة مع اختراع أول خلية شمسية حديثة السيليكون في عام 1954. وبحلول عام 2010 ، أدت هذه التحسينات الثابتة إلى وحدات قادرة على تحويل 12 إلى 18 في المائة من الإشعاع الشمسي إلى كهرباء استمرت التحسينات في الكفاءة في التسارع في السنوات منذ 2010 .

إن أداء وإمكانيات المواد ذات الأغشية الرقيقة عالية ، حيث تصل كفاءات الخلايا بنسبة تتراوح من 12 إلى 20 وحدة النموذج الأولي كفاءات من 7-13 ووحدات الإنتاج في نطاق 9 النموذج الأولي لخلايا الفيلم الرقيقة مع أفضل كفاءة ينتج 20.4 % (الطاقة الشمسية الأولى) ، مقارنة بأفضل كفاءة النموذج التقليدي للخلايا الشمسية بنسبة 25.6 % من باناسونيك.

توقع NREL مرة واحدة أن تنخفض التكاليف إلى أقل من 100 دولار / متر مربع في حجم الإنتاج ، ويمكن أن تنخفض لاحقا إلى أقل من 50 دولارًا أمريكيا للمتر المكعب. تم تحقيق رقم قياسي جديد لكفاءة الخلايا الشمسية الرقيقة بنسبة 22.3% من خلال الحدود الشمسية التي تعد أكبر مزود للطاقة الشمسية في العالم. في بحث مشترك مع منظمة تنمية الطاقة الجديدة والتكنولوجيا الصناعية (NEDO) في اليابان ، حققت شركة Solar

Frontier كفاءة تحويل تبلغ 22.3% على خلية 0.5 cm2 باستخدام تقنية CIS الخاصة بها. هذا هو زيادة بمقدار 0.6 نقطة مئوية عن الرقم القياسي السابق في صناعة الأفلام الرقيقة الذي يبلغ21,7

الاهداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير (والدي العزيز)

إلى من أرضعتني الحب والحنان

إلى رمز الحب وبلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض (والدتي الحبيبة)

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي (إخوتي)

إلى الروح التي سكنت روحي

الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع
مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء إلا قنديل الذكريات
ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم

وأحبوني (أصدقائي)

الشكر والتقدير

أشكر الله العلي القدير الذي أنعم على بنعمة العقل والدين القائل في محكم التنزيل وفوق كل ذي علم عليم ".... صدق الله العلي العظيم

وقال رسول الله (صلى الله عليه وسلم : من صنع إليكم معروفاً فكافنوه فإن لم تجدوا ما تكافتونه به فادعوا له حتى تروا أنكم كافأتموه ..... " يسرني أن أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في مساعدتنا في مجال البحث العلمي، وأخص بالذكر الدكتورة **أيمان حمود عبد الله** ..... صاحبة الفضل في توجيهي

ومساعدتي في تجميع المادة البحثية، فجزاها الله كل خير. كما اتوجة بالشكر الى كافة الاساتذه في كلية التربية للعلوم الصرفة ولاسيما اساتذه قسم الفيزياء فلهم جزيل الشكر وايضا كل الاساتذة الذين تتلمذت على أيديهم.

وأخيراً أتقدم بجزيل شكري إلى كل من مدوا لي يد العون والمساعدة في إخراج هذه الدراسة على أكمل وجه.

جدول المحتويات

رقم الفقرة	العنوان	رقم الصفحة
-----	الخلاصة	ب
	الفصل الاول : الطاقات المتجددة	
1-1	مفهوم الطاقات المتجددة	2
2-1	خصائص الطاقة المتجددة	2
3-1	إيجابيات استخدام الطاقة المتجددة	3
4-1	سلبيات الطاقة المتجددة	3
5-1	مصادر الطاقة المتجددة	4
1-5-1	الطاقة المائية	5
اولا	طاقة سقوط المياه	5
ثانيا	طريقة توليد الطاقة الكهرومائية	5
ثالثا	خصائص الطاقة المائية	6
رابعا	الاستخدام العالمي ومزايا الطاقة الكهرومائية	6
خامسا	عيوب الطاقة المائية	6
2-5-1	الطاقة من الرياح الطاقة الهوائية	7
3-5-1	الطاقة النووية	11
أولا	المقدمة	11
ثانيا	مفهوم الطاقة النووية	11
ثالثا	أنواع المفاعلات	12
رابعا	معوقات استخدام الطاقة النووية	12
	الفصل الثاني : الطاقة الشمسية	
1-2	تعريف الطاقة الشمسية	15
2-2	خصائص الطاقة الشمسية	15
3-2	الخلايا الشمسية	16
4-2	فكرة عمل الخلايا الشمسية	16
5-2	مكونات نظام الخلايا الشمسية	17
1-5-2	الألواح الشمسية (Solar panels)	17
2-5-2	منظمات الشحن(Charger Controller)	18
3-5-2	البطاريات (Batteries)	19
4-5-2	العاكس(Power Inverter)	19
6-2	انواع الخلايا الشمسية	20

7-2	توصيل الألواح الشمسية	21
1-7-2	توصيل على التوازي (Parallel)	21
2-7-2	توصيل على التوالي (Series)	21
----	بعض مشاكل استخدام الطاقة الشمسية	22
8-2	تطبيقات استقلال الطاقة الشمسية في الحياة	23
1-8-2	توليد الطاقة الحرارية	23
2-8-2	توليد الطاقة الكهربائية	25
	الفصل الثالث : الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة	
1-3	مفهوم الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة	27
2-3	أنواع الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة	27
3-3	المواد الضوئية المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة	28
---	الكادميوم تيلورايد النحاس الانديوم غاليوم سيلينيد	29
---	السيليكون	30
---	خلية ترادفية تستخدم Si-µc-Si	32
---	خلية ترادفية تستخدام Si-pc-Si	33
---	سيليكون متعدد الكريستالات على الزجاج	33
---	مركب الزرنيخ	34
4-3	الخلايا الكهروضوئية الناشئة	34
5-3	الكفاءات	35
6-3	تصميم الخلايا الشمسية	36
7-3	تطبيقات الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة	37
---	المصادر والمراجع	38

جدول الاشكال

التسلسل	عنوان الشكل	الصفحة
1-1	يمثل مصادر الطاقة المتجددة	4
2-1	يوضح مكونات المحطة الكهرومائية لتوليد الطاقة الكهربائية	5
3-1	يوضح عدد من الطواحين الهوائية	8
4-1	يوضح مكونات توربينات الرياح	9
5-1	يوضح كيفية توليد الكهرباء من المفاعل النووي	12
1-2	فكرة عمل الطاقة الشمسية	17
2-2	لوح شمسي مكون من عدد من الخلايا الشمسية	18
3-2	توصيل الالواح الشمسية على التوازي	21
4-2	توصيل الالواح الشمسية على التوالي	22
5-2	تحلية ماء البحر بالطاقة الشمسية	23
6-2	البيوت الزجاجية	24
7-2	الافران الشمسية	25

الفصل الاول

Chapter 1

مقدمه عامه

(1-1) مفهوم الطاقات المتجددة :

(1-1) The concept of renewable energies

تعتبر الطاقة المتجددة هي تلك الموارد التي تحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجوده في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري. وأيضا الطاقة المتجددة هي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة و غير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء كانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار وهي نظيفة لا ينتج عنها تلوث بيني نسبيا ومن أهم مصادرها الطاقة الشمسية والطاقة المائية .... الخ [1]

(1-2) خصائص الطاقة المتجددة

(2-1) Characteristics of renewable energy

تتميز الطاقات المتجددة بعدة خصائص نذكر أهمها فيما يلي: [2]

1. تلعب دورا هاما في حياة الانسان وتساهم في تلبية نسبة عالية من متطلباته من الطاقة؛ وهي مصادر طويلة الأجل ذلك لأنها مرتبطة أساسا بالشمس والطاقة الصادرة عنها.
2. الطاقة المتجددة ليست مخزونا جاهزا نستعمل منه ما نشاء متى نشاء فمصادر الطاقة المتجددة لا سوفر أو تختفي بشكل خارج قدرة الإنسان على التحكم فيها أو تحديد المقادير المتوفرة منها كالشمس وشدة الاشعاع
3. استخدام مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة والواقع أن هذا هو أحد أسباب ارتفاع التكلفة الولية للأجهزة الطاقة المتجددة وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد العوائق أمام انتشارها السريع.

4. سوفر أشكال مختلفة من الطاقة في مصادر الطاقة المتجددة الأمر الذي يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من الطاقة.

(1-3) إيجابيات استخدام الطاقة المتجددة :

(1-3)Advantages of using renewable energy

أن استخدام الطاقة المتجددة ايجابيات عده منها : [2]

1. تعد صديقة للبيئة فضلا عن كونها فضلا عن كونها تلعب دورا أساسيا في التغيرات المناخية.
2. متوافرة بكثرة في جميع أنحاء العالم.
3. تقلل الاعتماد على واردات الطاقة وتوفر بديلا محليا ذي قيمة.

4 تمثل الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام.

5 واحدة من الأسواق التي تشهد نموا معتبرا في العالم.

6 اقتصادية في كثير من الاستخدامات وذات عائد اقتصادي كبير.

.7 مصدر محلي لا ينتقل ويتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها.

.8 تنطلب مستوى تكنولوجي رفيع لا يملكه حتى وقتنا الحالي. و تتمنع مصادر الطاقة المتجددة بالديمومة والتجدد.

(4-1) سلبيات الطاقة المتجددة

(4-1)Disadvantages of renewable energy

ان استخدام الطاقة المتجددة سلبيات عده منها : [2]

.1 تتميز بانها مرتفعة الكلفة في تحتاج الى العديد من أدوات التصنيع ليتم تحويلها إلى طاقة كهربائية وكذألك الى العديد من البحوث؛ حيث تتميز الخلايا الشمسية بانها مرتفعة السعر ولا يمكن توفيرها في كل منزل..

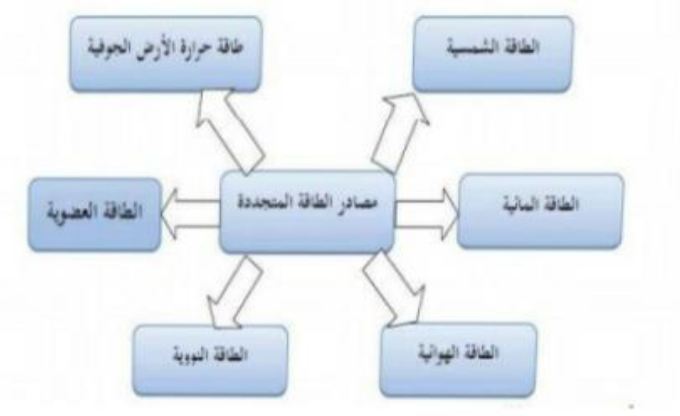
2 تتأثر عادة في تقلبات الطقس على مدار العام حسب الفصول الأربعة والضروف المناخية . أي اذا كان الجو ممطرا فان انتاج الطاقة الشمسية معدوما، وكذلك اذا كانت حركة الرياح بطيئة لا يمكن للتوربينات ان تدور لتنتج الطاقة.

.3 تنتج كميات قليلة من الطاقة خلال فترة زمنية قصيره على العكس من محطات التوليد الكهربائية التي تنتج كميات كبيرة من الطاقة في وقت زمني قصير.

.4 تحتاج الى مساحات كبيرة الإنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية وذلك بالاعتماد على الأرواح الشمسية الكثير واستخدام مزارع التوربينات الرياح 2

(1-5) مصادر الطاقة المتجددة

ان دراسة موضوع الطاقات المتجددة والتي تعتبر كبديل لطاقة النفط يستوجب تناوله حسب أنواع هذه المصادر ويترتب حسب درجة الأهمية تعد النفط على النحو التالي:



الشكل (1-1) يمثل مصادر الطاقة المتجددة

(1-5) الطاقة المائية(Hydropower)

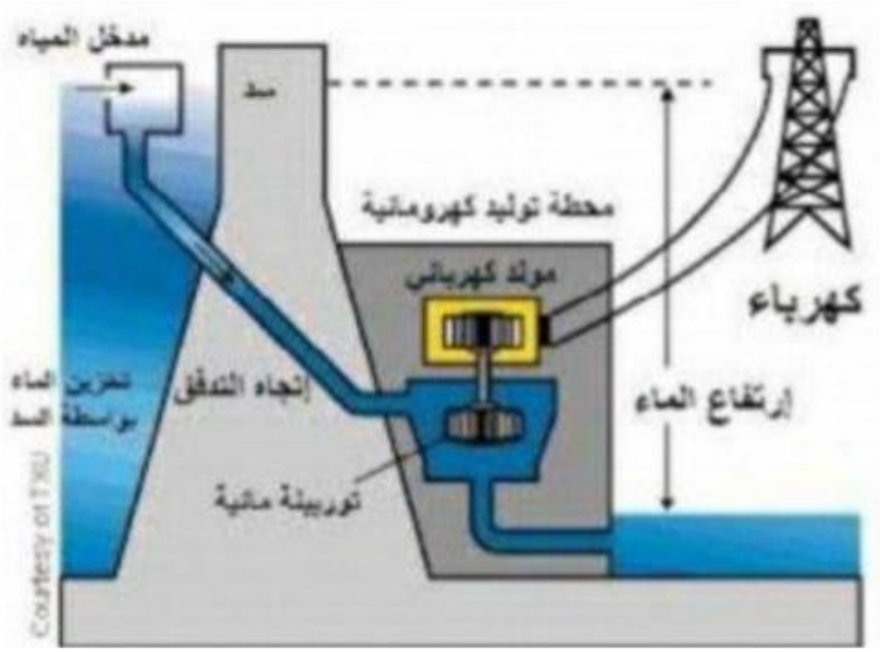
أولا طاقة سقوط المياه

تعتبر المياه الساقطة مصدر أرباح الإنتاج العالمي من الكهرباء. فتتبع القوة المائية كنتيجة للدورة الأولية من التبخر وسقوط المطر وجريان المياه بواسطة حرارة الشمس وحدب الأرض. واستخدام قوة سقوط المياه في احدى خطوات هذه الدورة اثناء عودة المياه إلى البحر فتتحول البواقي والتوربينات هذا مصدر اللانهائي للطاقة المتجددة الى الطاقة الكهربائية والى بحيث أن الماء يتخلى عن وضعه عند انخفاض مستواه نتيجته عبوره حاجز طبيعيا كالشلالات واصطناعيا كالسدود ويتحرك الماء المتدفق ويعوم بتحويل قصد من الطاقة الوضع الى طاقة حركية يتم تحويلها بدورها إلى طاقة كهربائية بواسطة مولد كهربائي [2]

ثانيا: طريقة توليد الطاقة الكهرومائية :

تعتمد طريقه التوليد على تحويل طاقة الوضع للمياه إلى طاقة حركية أولا حيث ينحدر الماء من عالي ليدير توربينا، فيدير بدوره مولد كهربائي وينتج لنا طاقة كهربائية.

الشكل (2-1) يوضح مكونات المحطة الكهرومائية لتوليد الطاقة الكهربائية



تعتمد كمية الطاقة المنتجة على كمية الماء المارة بالثانية وعلى ارتفاع الماء، فكلما زاد معدل كمية الماء المار في التوربين زادت الطاقة المنتجة؛ وكلما زاد ارتفاع الماء زادت الطاقة الناتجة أيضا. وكما في الشكل [2]

ثالثا : خصائص الطاقة المائية :

تميزت هذه الطاقة عن غيرها من الطاقات الأخرى في عدة خصائص منها ما يلي : [2]

ا تعتبر الطاقة المائية مجانية ومتوفرة بكثرة .

ب – تعتبر من أرخص أنواع توليد الكهرباء

ج طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة .

د. تستعمل في توليد الكهرباء لجميع أنواع الصناعات.

رابعا: الاستخدام العالمي ومزايا الطاقة الكهرومائية

تقدر حصة الطاقة الكهرومائية بنسبة 19% من انتاج من مصادر الطاقة المتجددة والأقل خطرا على البيئة مقارنة بمعامل الطاقة الكهربائية العالمية وتكمن أهميتها في الكهرباء الحرارية

التي تعمل بالوقود العضوي (فحم، نفط ...) أو النووي وبشكل عام تعتبر عملية توليد هذا النوع من الطاقة عالية المردود اذ يصل مردودها الي نسبة 19% وأكثر [2] .

خامسا: عيوب الطاقة المائية : ومن أهمها :

ا نقص بناء خزان اصطناعي للاحتفاظ بالماء وهذا يكلف قدر كبير من الخبرة والمال.

ب – انخفاض نسبة توليد الكهرباء وذلك بسبب الجفاف. ج ظهور الفيضانات بسبب انهيار السدود المبنية. [2]

(2-5-1) الطاقة من الرياح الطاقة الهوائية)

أولا: مصدر طاقة الرياح

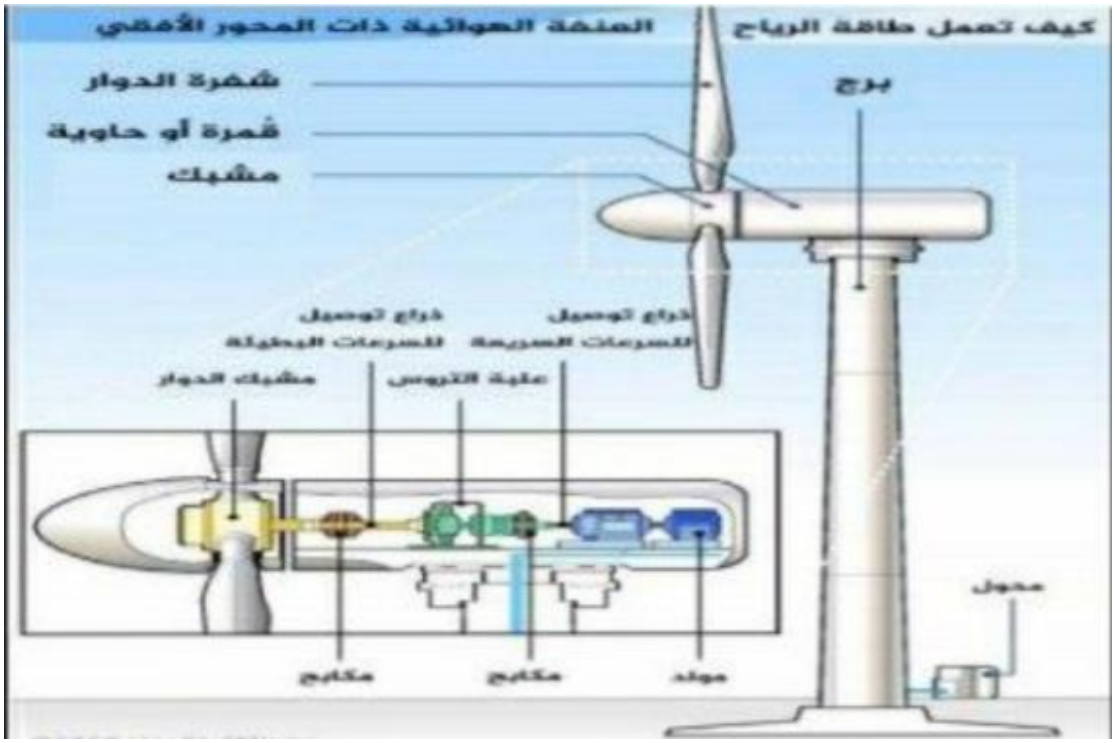
تعتبر طاقة الرياح احد مظاهر الطاقة الشمسية فالشمس ترفع درجة حرارة طبقات الفضاء وهي ليست درجة حرارة واحدة في كل الإمكان في طبقات مختلفة الارتفاع بل تتحكم في ذلك الزاوية التي تسقط بها الأشعة الشمسية على هذه الطبقة وينتقل الهواء البارد ليحل محل الهواء الساخن وكذلك يرتفع الهواء الساخن بدوره ليحل محل الهواء البارد وهذه الحركات هي التي تسبب الرياح وتختلف من موضع الى الآخر ومن فصل الى فصل وكان المتوسط في اي الشهر من العام يكاد يكون مائلة للمتوسط في الشهر نفسه من الأعوام الأخرى. كذلك يكاد يكون متوسط من قوة الرياح خلال الاعوام ثابتا اذا اخذنا متوسط عشرة أعوام متتاليه مثلا. وطاقة الرياح طاقة هائلة يمكن الحصول منها على ملايين الكيلووات فتفنينا عن اضعاف ما يستهلك اليوم من منتجات ووقود البترول والفحم. وبالتقريب فان (2%) من اشعة الشمس التي تسقط على سطح الأرض تتحول الى طاقة حركية للرياح. ويزيد مقدار هذه الطاقة على كمية الطاقة الكلية المستخدمة فعليا من العالم كله على مدار العام وتقام على سواحل البحار في المناطق المكشوفة والأمان المرتفعة فوق الجبال والهضاب اعمده ترتفع أكثر من عشرين مترا وتوضع فوقها أجهزة قياس السرعة واتجاه الرياح ويمكن بعد دراسات تستغرق اعوام طويله معرفة أحوالها المختلفة من سرعات واوقات الهبوط اتجاهاتها وجسن طرق استغلاها علميا واقتصاديا [2]

ثانيا : تعريف الطاقة الهوائية :

وهي الطاقة المتولده من تحريك الألواح كبيرة مثبته باماكن مرتفعه بفعل الهواء ويتم انتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات او التوربينات ذات ثلاثة اذرع دوارة تحمل على عمود تعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح الى طاقة كهربائية فعندما تمر الريح على الاذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية، وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج الطاقة الكهربائية [2]

شكل (3-1) يوضح عدد الطواحين الهوائية

ثالثا: طريقة عمل توربينات الرياح



الشكل (4-1) يوضح مكونات توربينات الرياح.

مكونات الرئيسية لعنفة الرياح أو عنفة الرياح هي مروحة ذات 3 شفرات محملة على عامود أو برج عالي و مولد كهربائي يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية . فعندما تمر الرياح تعتمد كمية الطاقة الكهربائية المنتجة من عنفة الرياح على سرعة الرياح وتصميم الشفرات؛ لذلك تنشأ عنفات الرياعلى الشفرات تجعل المروحة تدور، وهذا الدوران يدير المولد الكهربائي، وبذلك تتحول طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية. الشفرات مصمم للاستفادة أكبر من الريح التي تستخدم كهربائها لتشغيل المصانع أو للإنارة فوق أبراج؛ لأن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع عن سطح الأرض. ويتم إنشاء تلك العنفات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض الإنتاج كمية أكبر من الكهرباء لتغذية عدد كبير من المنازل والمصانع بالكهرباء . [2]

رابعا: أنظمة التخزين :

والان طاقة الرياح طاقة متقطعة تعتمد على الوقت و عوامل أخرى متغيرة فان استغلالها يصبح اقتصاديا فقط إذا استطعنا خزنها لوقت الحاجة. وعلى الأخص نحتاج الى أنظمة تخزين تتحمل الأجواء الصحراوية وتخدم المناطق النائية. ولابد لمثل هذه الأنظمة ان تكون تكاليفها منخفضة نسبيا وتحتاج الى صيانة قليله ولخزن الطاقة الكهربائية تستخدم بطاريات الرصاص - حامض خصوصا للمناطق ذات الاستهلاك المنخفض. كما توجد أنواع تقليديه من البطاريات مثل النيكل الزنك) كما توجد نوعيات أخرى من البطاريات مثل (الزنك الكلور) (فلز – غاز) وانظمه تحول طاقة الرياح التي تعمل مستقله قد تحتاج عدة أيام لخزن الطاقة ويعتمد على سلوك الرياح في منطقة التشغيل [2]

خامسا: خصائص الطاقة الهوائية :

تتميز الطاقة الهوائية بخصائص عدة منها ما يلي : [2]

ا – هي طاقه مجانية ولا تحتاج الى صيانة مستمرة.

ب انها طاقة نظيفة ولا تنتج عنها مواد ملوثة ولا ضارة بالبيئة

ج. تستخدم في ضخ المياه وفي طحن الحبوب وفي توليد الكهرباء.

د. تستخدم الطاقة الهوائية في تسيير المراكب والسفن الشراعية.

سادسا صعوبات و معوقات طاقة الرياح

يواجه هذا المصدر صعوبات ومعوقات عدة نلخصها فيما يلي: [2]

ا تتباين سرعة الرياح واتجاهها من وقت لآخر ومن مكان لآخر.

ب حركة الأرض والشمس والتضاريس الجغرافية وعوامل أخرى.

ت الكلفة المرتفعة لإنتاج الكهرباء والمقدرة بأربعة أضعاف تكاليف بواسطة الطاقة التقليدية.

ث يحتاج هذا المصدر الى مساحات واسعة.

ج الإنتاج طاقة كهربائية تعادل مليون برميل من النفط الخام.

ح انها طاقة لا تتوفر الا في بعض المواقع وفي عدم استقرار قوتها.

خ صعوبة حفظ الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها والذي يتمثل في مشكلة التخزين.

(1-5-3) الطاقة النووية :Nuclear Energy

أولا: المقدمة :

بدأت كل من الأمم المتحدة الاتحاد السوفيتي وبريطانيا وفرنسا في تشغيل مفاعلات نووية لتوليد الكهرباء في منتصف الخمسينيات من هذا القرن. واتسعت قائمة أعضاء النادي النووي شيئا

فشيئا بلغ عدد الدول التي تمتلك مرافق نووية (21) دوله في عام 1970 اما في عام 1977 فقد أصبح عدد الملفات النووية في العالم (204) تنتج طاقة اجمالية تقدر بنحو 95 الف ميجاواط من الكهرباء. [3]

ثانيا: مفهوم الطاقة النووية

هي الطاقة التي يتم توليدها عن طريق التحكم في تفاعلات انشطار أو اندماج الأنوية الذرية، تستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، لتسخين الماء لإنتاج بخار الماء الذي يستخدم بعد ذلك لإنتاج الكهرباء. [3]

شكل (1-5) يوضح كيفية توليد الكهرباء من المفاعل النووي.

ثالثا: أنواع المفاعلات

ا مفاعل سريع بتبريد الرصاص ويستخدم في بعض الغواصات الروسية.

ب مفاعل ملح منصهر تعمل بالثوريوم.

ت مفاعل بتبريد غازي تقدمي ويعمل باليورانيوم الطبيعي أو يورانيوم مخصب.

ن مفاعل الماء الثقيل المضغوط وهو يعمل باليورانيوم الطبيعي [4]

رابعا معوقات استخدام الطاقة النووية :

ويمكن أن نوجز هذه المعوقات فيما يلي:

ا .المعوقات الاقتصادية والتقنية وهنا نجد تفاوت كبير بين الدول المتقدمة والدول النامية ومن هذه العقبات تذكر ما يلي:

- التكاليف الباهظة التي تطلبها الاستثمارات الإنشاء محطات توليد الطاقة بالمقارنة مع منشات توليد الطاقة من مصادر أخرى.

- ضيق مجال استخدام الطاقة النووية حيث تنحصر أكثر في مجال الكهرباء وهو ووان كان مجالا مهما ولكن تبقى بعيدة عن مجالات لا تقل أهمية مثل النقل والصناعة .

- . قلة الكوادر الفنية ذات التكوين العالي المتخصص التي تطلبها هذه الصناعة من تحكم وتشغيل ومتابعة وصيانة. [5]

ب المعوقات أمنية من أهم هذه الأخطار الأمنية واثارها ما يلي:

- .خطر الحوادث النووية النفايات وخطرها الاشعاعي.

- . خطر الانتشار غير المراقب واحتمالات استعمالها للأغراض غير السلمية العسكرية أو الارهابية من وجهة نظر الدول العظمى وخاصة في ظل التوترات السياسية العالمية الراهنة.

- خطورة استعمال الاشعاع النووي اذ يمكن أن ينجم عن التعرض لكميات ضارة من الاشعاع حالة تدعى داء الاشعاع [5]

الفصل الثاني

Chapter 2

الطاقة الشمسية

(2-1) تعريف الطاقة الشمسية Definition of solar energy

تصنف الطاقة الشمسية من أولى الطاقات المتجددة والبديلة للنفط لما تتمازه من خصائص تميزها عن الطاقات المتجددة الأخرى. يقصد بالطاقة الشمسية الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس اللذان قام الانسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من الوسائل التكنولوجية التي تتطور باستمرار تعزى معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوافرة على سطح الأرض إلى الاشعاعات الشمسية بالإضافة الى مصادر الطاقة الثانوية مثل طاقة الرياح وطاقة الأمواج. أن كمية الإشعاع الشمسي الواصل للأرض يبلغ 1.36 كيلو واط / المتر المربع وان 50% منها تنعكس في الفضاء 15% منها تنعكس على سطح الأرض و 35% تمتص من قبل الهواء والماء والتربة [6]

(2-2) خصائص الطاقة الشمسية :Solar energy properties

من خلال المعلومات سابقة الذكر تذكر أهم الخصائص للطاقة الشمسية وهي كالآتي: [6]

.1 تعتبر الطاقة الشمسية أكثر مصادر الطاقة المعروفة وفرة.

2 توفر عنصر السليكون اللازم لاستخدام الطاقة الشمسية بكميات كبيرة في الأرض.

3 سهولة تحويل الطاقة الشمسية الى معظم أشكال الطاقة الأخرى.

.4 اختلاف شدة الاشعاع من مكان لآخر، وبحسب موقع المنطقة من خط الاستواء.

.5 تعتبر طاقة نظيفة و غير ملوثة.

معوقات الطاقة الشمسية :Obstacles to solar energy

ومن أهم المعوقات نذكر ما يلي : [9]

-1- سطح الأرض لا يتلقى من هذه الطاقة سوى قدر ضئيل جدا.

2 مكلفة و غير قابلة للتخزين.

-3- عدم توفر الكهرباء من الطاقة الشمسية أثناء الليل أو خلال الأحوال الجوية غير المواتية.

-4- المساحات الكبيرة المطلوبة لتشييد الألواح الشمسية ومستلزماتها.

-5- صحيح انها معدومة الانبعاثات أثناء استغلالها الا أن صناعة تجهيزاتها تصدر أكبر نسبة من الانبعاثات الكربوني.

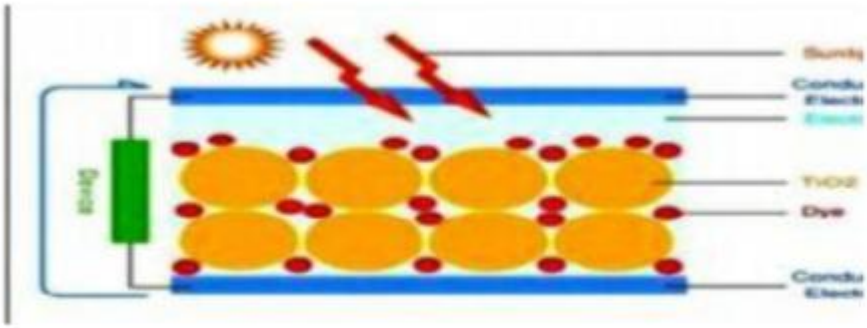
(2-4) الخلايا الشمسية Solar cells

تعتبر الخلايا الشمسية من أهم الاختراعات التي ظهرت في العصر الحديث والتي تمكن الإنسان بفضلها من تأمين جزء لا بأس به من احتياجاته اليومية للطاقة عن طريق تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية سواء بشكل مباشر أو غير مباشر تعود فكره الخلايا الشمسية إلى عام 1938 عندما اكتشف العالم الفرنسي إدموند كوريل أنه في حال تعرض قطب كهربائي للضوء ومغموس في محلول موصل ينتج تيار كهربائي وبعد ذلك وفي عام 1999 تمكن المخترع الأمريكي روسل أو هل من إنتاج أول خلية شمسية مصنوعة من السليكون. وتصنع الخلايا الشمسية في العادة من السليكون المعالج كيميائيا، ويتم ترتيب طبقات من هذه المادة ومواد أخرى والأسلاك الناقلة للتيار الكهربائي ضمن نظام هندسي خاص. وفي حال تعرض هذه الخلية ضوء الشمس فانه يتحرر منها الكترونات تنتقل عبر الأسلاك الكهربائية ويتم الاستفادة منها في تشغيل بعض الأجهزة الكهربائية . [7]

فكرة عمل الخلايا الشمسية :The idea of how solar cells work

يقوم مبدأ عمل الخلايا الشمسية على امتصاص أشعة الشمس وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية ففي كل يوم تشرق فيه الشمس تطلق طاقة كبيرة على شكل فوتونات وتقوم الألواح الشمسية باستقطاب هذه الطاقة. عندما تصطدم الفوتونات بالسطح المكون من السيليكون فهي تؤدي إلى تأيين ذراته تنقل إليها شحنة كهربائية مما يؤدي إلى تحرر بعض الإلكترونات منها وبالتالي تبقى بعض

الالكترونات وبتالي بعد ذلك تبدأ الإلكترونات الموجودة داخل الخلية الشمسية في الحركة نتيجة لاكتسابها للشحنة الكهربائية وتنطلق الإلكترونات من كالسيليكون أو أية ما كان نوع الصادة المستعملة في صناعة الخلية الشمسية وتتجمع على شكل طاقة كهربائية ترسلها الخلية الشمسية إلى جهاز المحول وعند هذه المرحلة تنتج كهرباء في حالة التيار المباشر DC يقوم بتحويل هذه الكهرباء من حالة التيار المباشر DC إلى التيار المتردد AC، وبالتالي تصبح الطاقة الكهربائية جاهزة لتشغيل المنازل والمصانع [8]



شكل (1-2) فكرة عمل الطاقة الشمسية

(2-5) مكونات نظام الخلايا الشمسية : Components of a solar cell system

(2-5-1) الالواح الشمسية (Solar panels)

عبارة عن خلايا شمسية مجمعة مع بعضها البعض تنتج كهرباء تيار مستمر DC يمكن أن تستخدم التشغيل بعض المعدات أو تخزينها في بطاريات يعاد شحنها واستخدامها أكثر من مرة وتقاس قوة تلك الخلايا بوحدة الواط ([9] .(

الشكل (2-2) لوح شمسي مكون من عدد من الخلايا الشمسية

2-5-3 (Charger Controllers) منظمات الشحن

وهي المرحلة الثانية في النظام الشمسي وتقوم بالعديد من الوظائف كالتالي: [9]

ا تحتوي على قاطع داخلي (fuse يقوم بحماية الخلية الشمسية من التلف في حالة تلامس أطرافها معا وحدوث قصر في الدائرة (short circuit) بحيث يقوم الفوز 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 DC لأن قوة أشعة الشمس تزيد وتقل طوال نهار اليوم إما بسبب السحب أو بسبب تغير زاوية الشمس حتى تزول تماما عند الغروب.

ت تقوم بتنظيم عملية شحن البطاريات حيث أن عملية الشحن تختلف في آليتها عن مجرد توفير مصدر للطاقة المستمرة موصل بالبطارية، حيث تكون قيمة جهد الشحن مساوي القيمة البطارية وقيمة تيار الشحن تساوي تقريبا 15% من التيار الذي تسعة البطارية، وإذا زادت تلك النسبة بكثير فستحدث عملية شحن سريع للبطارية تؤدي إلى إضعافها واستهلاكها بسرعة مع مرور الوقت وإذا قلت تلك النسبة بدرجة كبيرة فسيتم شحن البطارية في وقت طويل وبشكل بطئ جدا.

ث تعمل على ضمان عدم رجوع تيار كهربي من البطارية إلى الخلية مرة أخري لأنه في حالة فصل الحمل وفي ظل عدم وجود منظم للشحن، فإن الخلايا الشمسية يمكن اعتبارها حمل يعمل على سحب التيار من البطارية إلى الخلايا بشكل عكسي مرة أخري مما يعمل على إتلافها.

(2-5-3) البطاريات (Batteries) :

وهي الوحدة المسئولة عن تخزين الطاقة وتفريغها عند الحاجة أي أن لها وظيفة مزدوجة ويمكن أن نشبهها بالبالونة التي تستطيع إدخال الهواء بداخلها لتعبئتها تحت ضغط خارجي أو فتح فوهتها ليخرج الضغط الداخلي إلى الخارج مرة أخرى . وبالطبع هناك العديد من أنواع البطاريات ولكن غالبية البطاريات المستخدمة مع الأنظمة الشمسية تكون من النوعية ذات الحمض والألواح الرصاصية Acid Lead، وغالبية البطاريات المستخدمة لهذا الغرض تكون في حدود 12 فولت أو 24 فولت [9]

(2-5-4) Power Inverter العاكس

وتأتي أهمية تلك المرحلة عند الحاجة إلى استخدام تلك الخلايا لتوليد كهرباء عالية متغيرة تستطيع لتشغيل الأجهزة الكهربية والإلكترونية الكبيرة في المنازل أو المصانع. فهنا علينا باستخدام أجهزة تسمي عاكس (Inverter) والتي تقوم بتحويل التيار المستمر سواء كان 12 فولت أو 24 فولت أو أي قيمة أخري الى تيار متغير AC عالي + V220 او 110 لتشغيل

الأجهزة التي تعمل على التيار المتغير وللاجهزة الثقيلة وهو آخر مرحلة وبدونه لن تكون هناك قيمة حقيقية للألواح الشمسية. [9]

(6-2) أنواع الخلايا الشمسية :Types of solar cells

هناك عدة انواع من الخلايا الشمسية ومنها : [9]

-1 خلية تصنع من السليكون أحادي التبلر (mono crystalline) : وهو عبارة عن خلايا قطعت من بلورة سيليكون مفردة وكفاءة هذا النوع من الخلايا من 11 إلى 16% مما يعني أن امتصاص الخلايا من الإشعاع القادم من الشمس الذي تبلغ قوته 1000 وات لكل متر مربع وذلك في يوم مشمس بالقرب من خط الاستواء أي أن الواحد متر مربع من هذه الخلايا يمتص الإشعاع الشمسي بهذه الكفاءة ينتج ما بين 110 إلى 160 .

2- خلايا عديدة التبلر (multy crystalline) و هي عبارة عن رقائق من السليكون قطعت من بلورات سليكون أسطوانية ثم تعالج كيميائيا في أفران لزيادة خواصها الكهربية وبعد ذلك تغطي أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس بكفاءة عالية وكفاءة هذا النوع من 9 إلى 13%.

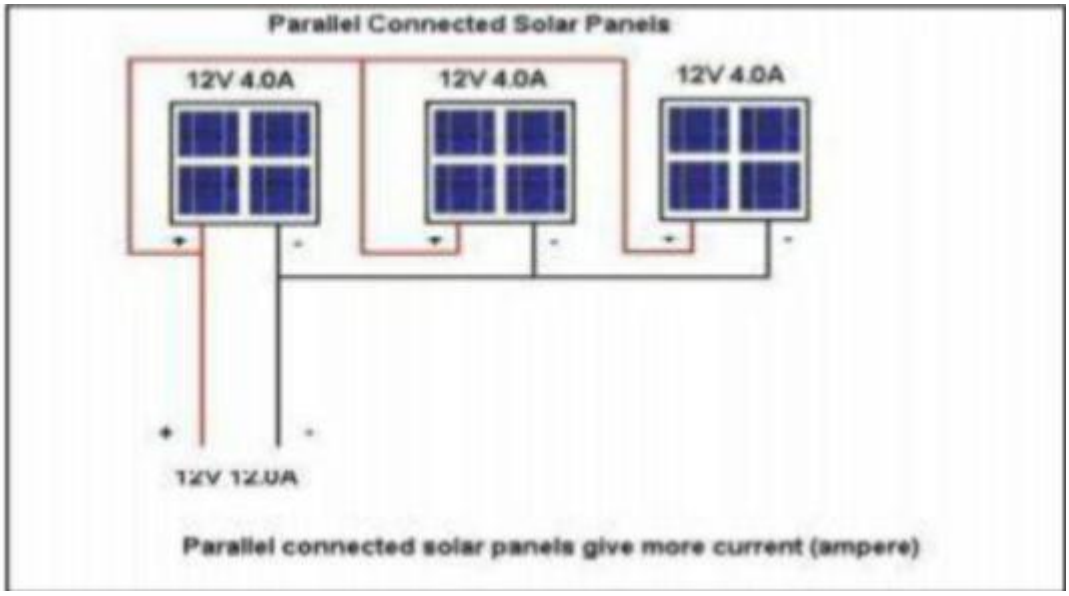
3_خلايا الفيلم الرفيع amorphous) وفيها مادة السيليكون تترسب على هيئة طبقات رفيعة علي اسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها أقل من 3 إلى 6% وأسعارها أيضا أقل.

وهي مناسبة لتطبيقات من 40 وات إلى ما تتسم هذه المنتجات بأن الخلايا مدعمة بإطار من الألومنيوم للحماية وأيضا بزوج من الديود للحماية الكهربية، تطبيقات استخدام الخلايا في مجال الاتصالات عن بعد شبكات الموبايل في المؤسسات الضخمة – الحماية الكاثودية – مضخات المياه – أنظمة الإضاءة .

(2-1) توصيل الألواح الشمسية Connecting solar panels

(2-7-1) توصيل على التوازي (Parallel)

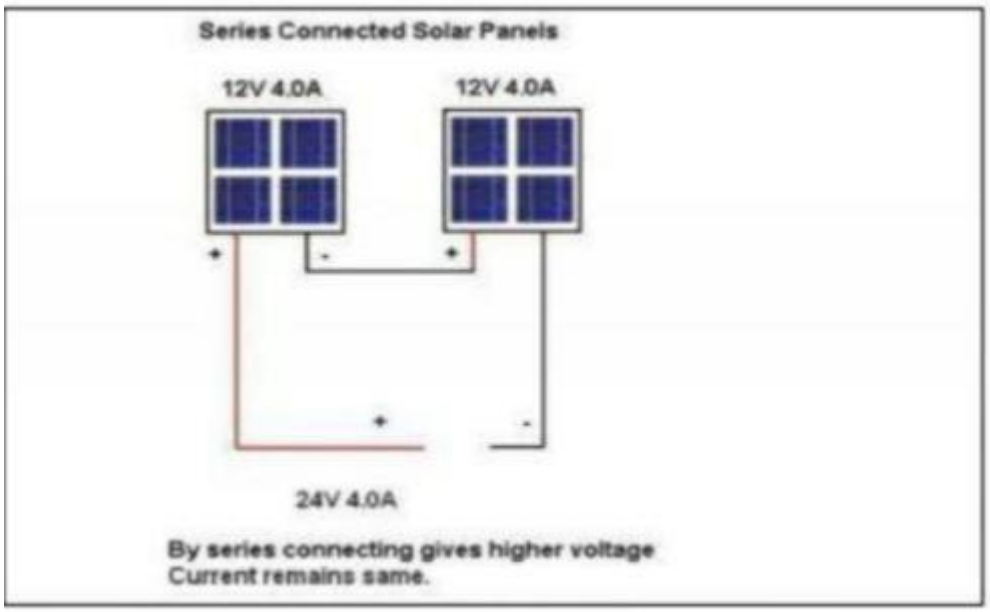
وهى عن طريق توصيل البدايات مع البدايات والنهايات مع النهايات موجب مع موجب وسالب مع سالب مثل السلم من أجل الحفاظ على نفس الجهد ولكن مع جمع قدم التيارات المختلفة لجميع الخلايا الشمسية من أجل زيادة التيار الكلى وبالتالى رفع القدرة الكلية كالتالي :



الشكل (2-3) توصيل الالواح الشمسية على التوازي

(2-7-2) توصيل على التوالي (Series) :

وتتم عن طريق توصيل النهايات مع البدايات موجب مع سالب وسالب مع موجب مثل القطار من أجل الحفاظ على نفس التيار ولكن مع جمع قيم الجهود المختلفة لجميع الخلايا الشمسيه من أجل رفع فرق الجهد الكلي كالتالي :



الشكل (4-2) توصيل الالواح الشمسية على التوالي

بعض مشاكل استخدام الطاقة الشمسية

إن أهم مشكلة تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقة الشمسية هي وجود الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية منه وقد برهنت البحوث الجارية حول هذا الموضوع أن أكثر من 50% من فعالية الطاقة الشمسية تفقد في حالة عدم تنظيف الجهاز المستقبل لأشعة الشمس لمدة شهر. إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات. لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة وتختلف هذه الطرق من بلد إلى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد.

أما المشكلة الثانية فهي خزن الطاقة الشمسية والاستفادة منها أثناء الليل أو الأيام الغائمة أو الأيام المغبرة ويعتمد خزن الطاقة الشمسية على طبيعة وكمية الطاقة الشمسية، و نوع الاستخدام وفترة الاستخدام بالإضافة إلى التكلفة الإجمالية لطريقة التخزين ويفضل استعمال أجهزة للخزن لتقليل التكلفة والاستفادة بدلا من ذلك من الطاقة الشمسية مباشرة حين وجودها فقط ويعتبر موضوع تخزين الطاقة الشمسية من المواضيع التي تحتاج إلى بحث علمي أكثر واكتشافات جديدة

ويعتبر تخزين الحرارة بواسطة الماء والصخور أفضل الطرق الموجودة في الوقت الحاضر . أما بالنسبة لتخزين الطاقة الكهربائية فما زالت الطريقة الشائعة هي استخدام البطاريات السائلة) بطاريات الحامض والرصاص) وتوجد حاليا أكثر من عشر طرق لتخزين الطاقة الشمسية كصهر المعادن والتحويل الطواري للمادة وطرق المزج الثنائي و غيرها. والمشكلة الثالثة في استخدامات الطاقة الشمسية هي حدوث التأكل في المجمعات الشمسية بسبب الأملاح الموجودة في المياه المستخدمة في دورات التسخين وتعتبر الدورات المغلقة واستخدام ماء خال من الأملاح فيها أحسن الحلول للحد من مشكلة التأكل والصدأ في المجمعات الشمسية. [9]

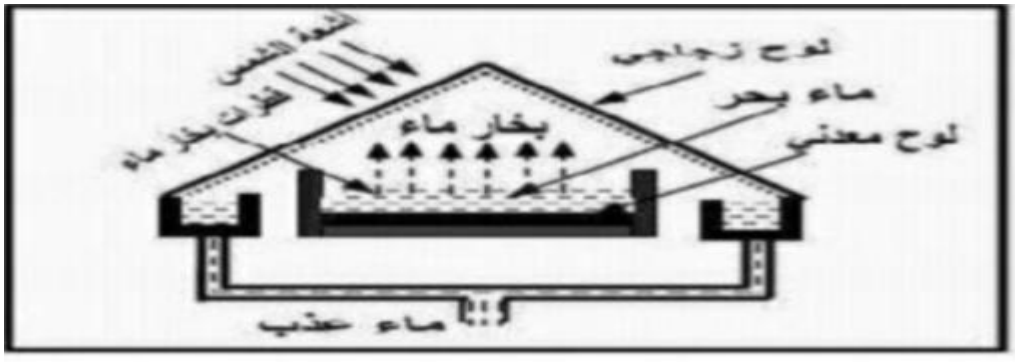
(2-8) تطبيقات استقلال الطاقة الشمسية في الحياة :

(8-2) Applications of solar energy independence in life

(2-8-1) توليد الطاقة الحرارية Thermal power generation

1- تحلية مياه البحر

يوضع البحر في حوض ضحل ضمن بيت زجاجي حيث ينفذ قسم كبير من الأشعة الشمس الى البيت الزجاجي ثم تمتص من قبل لوح معدني اسود موضوع اسفل الحوض، يمتص ماء البحار هذه الطاقة وترتفع درجة الحرارة فيتبخر، ومن ثم يتكثف الماء المتبخرة على الجدران الداخلية للبيت الزجاجي يتم الماء في قناتين على جانبي البيت الزجاجي ويوزع الاستهلاك

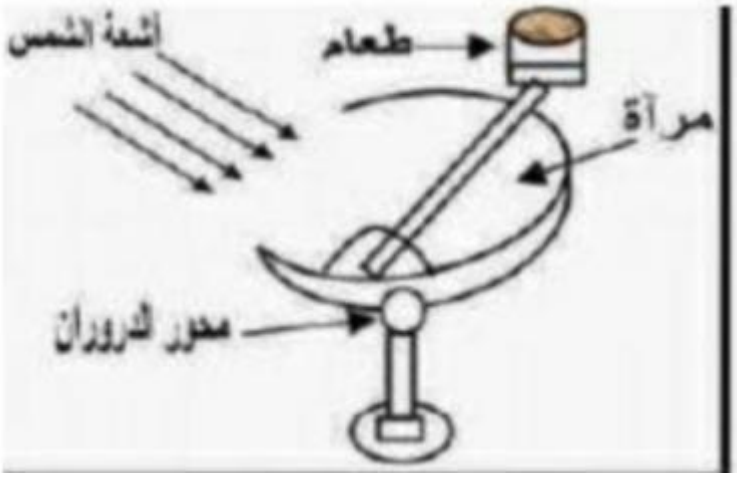


الشكل (25) تحلية مياة البحر بالطاقة الشمسية

2 – البيوت الزجاجية تصنع البيوت من الزجاج حيث تعمل على خزن كمية هائلة من الحرارة الآتية من الشمس حيث توضع النباتات بداخلها بغرض الحفاض عليها من البرودة في فصل الشتاء، حيث تتوفر الحرارة والضوء وثاني أوكسيد الكاربون كما في الشكل [10]

الشكل (6-2) البيوت الزجاجية

-3- الأفران الشمسية تتكون الأفران الشمسية من امرأة مقعرة كبيرة مصنوعة من الألمنيوم لامع وتقوم هذه المرأة بتجمع اشعة الشمس الأشعة الشمسية في بؤرتها على حامل اسود يمتص كمية هائلة من اشعة الشمس التي تتحول الى حرارة تستخدم في المواقع الشمسية لتطهي الطعام كما في الشكل [10]



الشكل (2-7) الافران الشمسية

2-8-2) توليد الطاقة الكهربائية:Electric power generation

هناك طريقتان الحصول على طاقة كهربائية من الطاقة الشمسية هما:

-1- الطريقة الغير مباشره لتحويل طاقة شمسية إلى طاقة كهربائية

تصنع المحركات الشمسية سكون من قلاية مائية مثبته في برج وتوضع حولها عدد كبير من المراة المقعرة تعمل على تجمع وتركيز اشعة الشمس لكل قلاية باستمرار. وعندما يغلي الماء في الغلاية يتحول الى بخار ويخرج بسرعة كبيرة من فتحة في الأعلى الغلاية ليدير توربينات مولد كهربائي [10]

-2- الطريقة المباشرة لتحويل طاقة الشمسية الى الطاقة الكهربائية

يتم ذلك عن طريق البطاريات الشمسية الخلايا الشمسية) حيث تعمل على تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية بطريقة مباشرة. [10]

الفصل الثالث

Chapter 3

الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة

(3-1) مفهوم الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة:

(1-4) The concept of thin-film solar cells

وهي نوع من الأجهزة المصممة لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية من خلال التأثير الكهروضوئي (وتتكون من طبقات مادة ممتصة للفوتون بسماكة ميكرون مترسبة فوق طبقة سفلية مرنة تم تقديم الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة في الأصل في السبعينيات من قبل الباحثين في معهد تحويل الطاقة فيجامعة ديلاوير في الولايات المتحدة . و التكنولوجيا تحسن مستمر حتى أنه في القرن 21 في وقت مبكر السوق الضوئية الأغشية الرقيقة العالمي ينمو بمعدل غير مسبوق وكان من المتوقع أن تستمر في النمو . تستخدم عدة أنواع من الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة على نطاق واسع بسبب تكلفتها المنخفضة نسبيا وكفاءتها في إنتاج الكهرباء.

(3-2) أنواع الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة

(3-2)Types of thin film solar cells

الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة للكادميوم تيلورايد هي النوع الأكثر شيوعا المتاح إنها اقل تكلفة من خلايا الأغشية الرقيقة المصنوعة من السيليكون الأكثر شيوعا . تتمتع الأغشية الرقيقة للكادميوم تيلورايد بأعلى كفاءة مسجلة تزيد عن 22.1 بالمائة (النسبة المئوية للفوتونات التي تضرب سطح الخلية وتتحول إلى تيار كهربائي . (بحلول عام 2014 ، كانت تقنيات الأغشية الرقيقة للكادميوم تيلورايد هي الأصغر البصمة الكربونية وأسرعها وقت الاسترداد لأي تقنية خلايا شمسية رقيقة في السوق وقت الاسترداد هو الوقت الذي يستغرقه توليد كهرباء الألواح الشمسية لتغطية تكلفة الشراء والتركيب.

النحاس الإنديوم الغاليوم سلينيد (CIGS) هو نوع آخر من أشباه الموصلات المستخدمة في تصنيع الخلايا الشمسية الرقيقة. وصلت كفاءة الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة CIGS إلى 21.7 في المائة في إعدادات المختبر و 18.7 في المائة من الكفاءة في هذا المجال ، مما

يجعل CIGS رائدة بين مواد الخلايا البديلة ومواد واعدة شبه موصلة في تقنيات الأغشية الرقيقة كانت خلايا CIGS تقليديا أكثر تكلفة من الأنواع الأخرى من الخلايا الموجودة في السوق ، ولهذا السبب لم يتم استخدامها على نطاق واسع.

لقد وصلت الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة من زرنيخيد الغاليوم (GaAs) إلى ما يقرب من 30 في المائة من الكفاءة في البيئات المختبرية ، لكن تصنيعها باهظ التكلفة . كانت التكلفة عاملاً رئيسياً في الحد من سوق الخلايا الشمسية الغاليوم : وقد تم استخدامها الرئيسي ل مركبة الفضاء و الأقمار الصناعية.

تعد خلايا الأغشية الرقيقة المصنوعة من السيليكون غير المتبلور أقدم أنواع الأغشية الرقيقة وأكثرها نضجا . إنها مصنوعة من السيليكون غير البلوري ، على عكس رقاقات الخلايا الشمسية النموذجية . يعتبر السيليكون غير المتبلور أرخص في التصنيع من السيليكون البلوري ومعظم المواد شبه الموصلة الأخرى السليكون غير المتبلور شائع أيضا لأنه متوفر بكثرة وغير سام وغير مكلف نسبيًا . ومع ذلك ، فإن متوسط الكفاءة منخفض جدا ، أقل من 10 .بالمائة[11]

(3-3) المواد الضوئية المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية ذات الاغشيةالرقيقة[12-13]

(3-3) Photovoltaic materials used in the manufacture of thin-film solar cells[12-13]

يتم تصنيع العديد من المواد الضوئية بطرق إيداع مختلفة على مجموعة متنوعة من الركائز. تصنف الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة عادة وفقا للمواد الضوئية المستخدمة:

-1 – السيليكون غير المتبلور (1) – سي) والسينما الرقيقة الأخرى (TF-SI)

2 – الكادميوم تيلورايد (CdTe)

-3- النحاس الغاليوم الإنديوم والسيلنيوم رابطة الدول المستقلة أو (CIGS

-4- الخلايا الشمسية الحساسة بواسطة الصبغة (DSC) والخلايا الشمسية العضوية الأخرى.

تقلل تقنيات الأغشية الرقيقة من كمية المادة النشطة في الخلية. معظم المواد النشطة

شطيرة بين اثنين من الزجاج. وبما أن الألواح الشمسية المصنوعة من السيليكون لا تستخدم سوى جزء واحد من الزجاج ، فإن الألواح الرقيقة تكون مثقلة بما يقرب من ضعف ألواح السليكون البلورية ، على الرغم من أنها ذات تأثير إيكولوجي أصغر يتم تحديده من تحليل دورة الحياة. غالبية لوحات الفيلم لديها كفاءات تحويل أقل من 3-2 نقاط مئوية من السيليكون البلوري الكيلميوم تيلورايد (CdTe) ، سيلينيد جاليوم الإنديوم النحاسي (CIGS) والسيليكون غير المتبلور (أ) - سي) هي ثلاثة تكنولوجيا رقيقة تستخدم غالباً للتطبيقات الخارجية.

الكادميوم تيلورايد

الكادميوم تيلورايد (CdTe) هو تكنولوجيا الأغشية الرقيقة الغالبة مع حوالي 5 في المائة من إنتاج الألواح الكهروضوئية في جميع أنحاء العالم ، فإنها تمثل أكثر من نصف سوق الأفلام الرقيقة. كما ازدادت كفاءة معمل الخلية بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة ، وهي على قدم المساواة مع فيلم CIGS الرقيق وقريبة من كفاءة السيليكون متعدد البلورات اعتبارا من عام 2013 24 25 أيضا ، CdTe لديه أدنى زمن استرداد للطاقة لكل كتلة يمكن أن تصل مدة إنتاجها إلى ثمانية أشهر في المواقع المواتية 31 المنتج البارز هو شركة فيرست سولار الأمريكية التي مقرها في تيمبي ، أريزونا ، والتي تنتج لوحات CdTe بكفاءة تبلغ حوالي 14% في تكلفة 0.59 دولار لكل واط.

على الرغم من أن سمية الكادميوم قد لا تكون مشكلة كبيرة واهتمامات بيئية يتم حلها بالكامل مع إعادة تدوير وحدات CdTe في نهاية عمرها ، إلا أنه لا تزال هناك شكوك ورأي عام يشكك في هذه التكنولوجيا. قد يصبح استخدام المواد النادرة أيضا عاملاً مقيدًا للتوسع الصناعي لتكنولوجيا الأفلام الرقيقة CdTe إن ندرة التيلوريوم - والتي تمثل التيلورايد (telluride) هي شكل أنيوني - (anionic form) يمكن مقارنتها ببلاتينيوم البلاتين في قشرة الأرض وتساهم بشكل كبير في تكلفة الوحدة.

النحاس الإنديوم غاليوم سيلينيد:

تستخدم خلية شمسية من سيلينيوم غاليوم النحاس الإنديوم أو CIGS ماص مصنوع من النحاس والإنديوم والغاليوم والسيلينايد (CIGS) ، في حين يتم اختزال أنواع خالية من الجاليوم من

مواد شبه الموصلات CIS وهي واحدة من ثلاثة تكنولوجيات ذات أغشية رقيقة ، أما النوعان الآخران فيتمثلان في مادة تيلوريد الكادميوم والسيليكون غير المتبلور ، مع كفاءة مخبرية تزيد على 20 في المائة وحصة من 2 في المائة في سوق الألواح الضوئية الكلي في عام 2013. منتج بارز من CIGS الأسطوانية وكانت اللوحات هي شركة Solyndra المفلسة الآن في Fremont، كاليفورنيا. الطرق التقليدية لتصنيع تشمل العمليات الفراغ بما في ذلك التبخر المشترك والبخار في عام 2008 ، أعلنت شركتا IBM و . Tokyo Chka Kogy Co، TOK) Ltd) أنهما قد طورتا عملية تصنيع جديدة غير فراغية قائمة على الحلول لخلايا CIGS وتهدفان إلى تحقيق كفاءات بنسبة 15% وما بعدها.

تم استخدام التصوير النقطي لتمييز هذه الخلايا. تمكن باحثون من IRDEP (معهد الأبحاث والتطوير في الطاقة الضوئية بالتعاون مع الفوتون الخ. من تحديد تقطيم مستوى شبه فيرمي باستخدام رسم خرائط ضوئية في حين تم استخدام بيانات اللمعان الكهربائي لاشتقاق الكفاءة الكمية الخارجية . (EQE) أيضا ، من خلال تجربة رسم الخرائط الحالية (LBIC) شعاع الضوء ، يمكن تحديد EQE للخلية الشمسية CIGS microcrystalline في أي نقطة في مجال الرؤية.

اعتبارا من سبتمبر 2014 ، سجل كفاءة التحويل الحالي لخلية CIGS في المختبر يقف عند % 21.7

<u>السيليكون</u> :

تهيمن ثلاثة تصاميم رئيسية للسيليكون على أساس

ا – خلايا السليكون غير المتبلور

ب – الخلايا الترادفية غير المتبلور / الجريزوفولفين (micromorph)

ج – أغشية رقيقة من الكريستالات على الزجاج.

السيليكون غير المتبلور

السليكون غير المتبلور (أ) - سي) هو شكل غير تألقي ، من السيليكون ، وتكنولوجيا

الأفلام الرقيقة الأكثر تطورا حتى الآن. السليكون الأغشية الرقيقة هو بديل للسليكون البلوري التقليدي أو السائب). في حين تم تطوير خلايا الأغشية الرقيقة CdTeو CISفي المختبر بنجاح كبير، لا يزال هناك اهتمام صناعي بخلايا الفيلم الرقيقة القائمة على السيليكون. وتبدي الأجهزة القائمة على السيليكون مشكلات أقل من نظيراتها CdTeو CISمثل مشكلات السمية والرطوبة مع خلايا CdTe وانخفاض إنتاجية التصنيع في CISبسبب تعقيد المواد. بالإضافة إلى ذلك ، بسبب المقاومة السياسية لاستخدام المواد غير الخضراء" في إنتاج الطاقة الشمسية ، لا يوجد وصمة في استخدام السيليكون القياسي.

يتم تصنيع هذا النوع من الخلايا الرقيقة غالبًا بواسطة تقنية تسمى ترسيب البخار الكيميائي المحسن للبلازما. ويستخدم مزيجا غازيا من سيلان (SiH4) وهيدروجين لإيداع طبقة رقيقة

جدا من 1 ميكرومتر فقط (ميكرومتر) من السيليكون على طبقة سفلية ، مثل الزجاج أو البلاستيك أو المعدن ، التي تم تغليفها بالفعل بطبقة من التوصيل الشفاف. أكسيد الطرق الأخرى المستخدمة لإيداع السيليكون غير متبلور على الركيزة تشمل تقنيات الترسيب الرذاذ وأبخرة الأسلاك الكيميائية الساخنة.

A – Si جذابة كمواد الخلايا الشمسية لأنها مادة وفيرة وغير سامة. إنها تتطلب درجة حرارة معالجة منخفضة وتمكن من إنتاج قابل للتوسع على أساس مرن منخفض التكلفة مع مادة سيليكون قليلة مطلوبة نظرا لكونها ذات فجوة نطاق تصل إلى 1.7 فولتا ، فإن السيليكون غير المتبلور يمتص أيضا نطاقا واسعا للغاية من طيف الضوء ، الذي يشمل الأشعة تحت الحمراء وحتى الأشعة فوق البنفسجية ، كما أنه يعمل بشكل جيد جدًا عند الضوء الضعيف. وهذا يسمح للخلية بتوليد الطاقة في الصباح الباكر أو في وقت متأخر من بعد الظهر وفي الأيام الملبدة بالغيوم والمطر ، خلافا للخلايا السليكونية البلورية ، التي تكون أقل كفاءة بشكل ملحوظ عندما تتعرض لضوء النهار المنتشر وغير المباشر.

ومع ذلك ، فإن كفاءة خلية أي سي تعاني من انخفاض كبير من حوالي 10 إلى 30 في المئة خلال الأشهر الستة الأولى من العملية. وهذا ما يسمى تأثير -Staebler Wronski – (SWE) وهو فقدان نموذجي في الناتج الكهربائي بسبب التغيرات

في الموصلية الضوئية والتوصيل المظلمة الناجمة عن التعرض الطويل لأشعة الشمس. على الرغم من أن هذا

الانحطاط يمكن عكسه تماما عند التلدين عند أو فوق 150 درجة مئوية ، إلا أن الخلايا الشمسية التقليدية -Siلا تظهر هذا التأثير في المقام الأول.

هيكلها الإلكتروني الأساسي هو تقاطع الدبوس. إن التركيب الغير متبلور للسي سي ينطوي على اضطراب متأصل كبير وسندات متدلية ، مما يجعله موصل سيئ لشركات الشحن. هذه السندات المتدلية تعمل كمراكز لإعادة التركيب التي تقلل بشدة من عمر الناقل عادة ما يستخدم هيكل دبوس ، بدلا من بنية الورك. ويرجع ذلك إلى أن حركة الإلكترونات في Si-H: H هي تقريباً 1 أو 2 رتبة من الحجم أكبر من الثقوب ، وبالتالي فإن معدل جمع الإلكترونات التي تنتقل من إلى P نوع الاتصال أفضل من الثقوب التي تنتقل من p إلى نوع n الاتصال. لذلك ، يجب وضع طبقة من النوع p في الأعلى حيث تكون شدة الضوء أقوى ، بحيث تكون غالبية حاملات الشحن التي تقاطع الوصلة هي الكترونات.

<u>خلية ترادفية تستخدم Si-pc-Si :</u>

يمكن دمج طبقة من السليكون غير المتبلور مع طبقات من أشكال التألق الأخرى من السيليكون لإنتاج خلية شمسية متعددة الوصلات. عندما يتم الجمع بين طبقتين فقط تقاطعين (pn) ، يطلق عليه خلية ترادفية عن طريق تكديس هذه الطبقات فوق بعضها البعض ، يتم امتصاص مجموعة أوسع من أطياف الضوء ، مما يحسن الكفاءة الكلية للخلية. في السليكون الصغري ، يتم دمج طبقة من السليكون البلوري microcrystalline (c-Si) مع السيليكون غير المتبلور ، مما يؤدي إلى تكوين خلية ترادفية الطبقة العليا من Si تمتص الضوء المرئي ، تاركة جزء الأشعة تحت الحمراء إلى الطبقة السفلية C-Si كان مفهوم الخلايا المجهرية المكروية رائدا وحاصل على براءة اختراع في معهد التكنولوجيا الدقيقة

(IMT) التابع لجامعة نوشاتيل في سويسرا ، وتم ترخيصه لـ TEL Solar تم اعتماد وحدة PV جديدة قياسية على أساس مفهوم micromorph مع كفاءة وحدة 12.24 % بشكل مستقل في يوليو 2014. لأن كل الطبقات مصنوعة من السيليكون ، يمكن تصنيعها باستخدام PECVD فجوة النطاق a-Siهي 1.7 eV و Si- هي 1.1 .ev يمكن أن تمتص طبقة C-Si الضوء الأحمر

والأشعة تحت الحمراء. يمكن تحقيق أفضل كفاءة عند الانتقال بين -a-Si و Si- بما أن السيلكون النانوي (nc-Si) له نفس فجوة الحزمة مثل C-Si ، يمكن لـ -no Si أن يحل محل

.c-Si

خلية ترادفية باستخدام Si-pc-Si

كما يمكن الجمع بين السيليكون غير المتبلور والسيليكون المتبلور (pc-Si) في خلية ترادفية. السليكون المتبلور مع جزء منخفض من السليكون النانوي هو الأمثل لجهد الدائرة المفتوحة العالية. هذه الأنواع من السليكون تمثل الروابط المتدلية الملتوية ، والتي تؤدي إلى عيوب عميقة مستويات الطاقة في فجوة نطاقها وكذلك تشوه نطاقات التكافؤ والتوصيل ذيول النطاق.

سيليكون متعدد الكريستالات على الزجاج

هناك محاولة جديدة لدمج مزايا السليكون السائب مع تلك الخاصة بأجهزة الأغشية الرقيقة السيليكون السليكون متعدد البلورات على الزجاج. يتم إنتاج هذه الوحدات عن طريق ترصيص طلاء مضاد للانعكاس وسليكون مخدر على ركائز زجاجية محززة باستخدام ترسيب بخار كيميائي محسن بالبلازما (PECVD) يعزز النسيج الموجود في الزجاج من كفاءة الخلية بنسبة 3%% تقريبا عن طريق تقليل كمية الضوء الساقط الذي ينعكس من الخلية الشمسية ومصباح الضوء داخل الخلية الشمسية. تبلور فيلم السيليكون من خلال خطوة الصلب ، ودرجات الحرارة من 400-1600 درجة مئوية ، مما يؤدي إلى السيليكون متعدد البلورات.

تظهر هذه الأجهزة الجديدة كفاءة تحويل الطاقة بنسبة 8% وعوائد التصنيع العالية من 90% < السليكون البلوري على الزجاج (CSG) ، حيث السليكون متعدد الكريستالات 1-2 ميكرومتر ، يلاحظ لاستقراره ومتانة ؛ ويسهم استخدام تقنيات الأغشية الرقيقة أيضا في توفير التكاليف على الخلايا الكهروضوئية السائبة. لا تتطلب هذه الوحدات وجود طبقة أكسيد موصلة شفافة. هذا يبسط عملية الإنتاج ذات شقين. لا يمكن فقط تخطي هذه الخطوة ، ولكن غياب هذه الطبقة يجعل عملية بناء مخطط الاتصال أكثر بساطة. كل من هذه التبسيط يقللان من تكلفة الإنتاج. على

الرغم من المزايا العديدة على التصميم البديل ، فإن تقديرات تكلفة الإنتاج على أساس كل

وحدة مساحة تبين أن هذه الأجهزة يمكن مقارنتها بتكلفة الخلايا أحادية الطبقة الرقيقة غير المتبلرة.

مركب الزرنيخ

كما يستخدم زرنيخيد جاليوم أشباه الموصلات (GaAs) للخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة أحادية البلورة على الرغم من أن خلايا GaAs غالية الثمن ، إلا أنها تحمل الرقم القياسي العالمي للخلية الشمسية ذات الكفاءة الأعلى والوحدة عند 28.8%. تستخدم GaAs بشكل أكثر شيوعا في الخلايا الشمسية متعددة الوصلات للألواح الشمسية في المركبات الفضائية ، حيث تفضل الصناعة الكفاءة على تكلفة الطاقة الشمسية المستندة إلى الفضاء (GaAs / Ge cells). InGap / (In) كما أنها تستخدم في الخلايا الكهروضوئية المركزة ، وهي تكنولوجيا ناشئة تتلاءم بشكل أفضل مع المواقع التي تتلقى الكثير من أشعة الشمس ، وذلك باستخدام العدسات لتركيز ضوء الشمس على أصغر الخلايا الشمسية المركزة. GaAs

(3-4) الخلايا الكهروضوئية الناشئة Emerging photovoltaics

يصنف المختبر الوطني للطاقة المتجددة (NREL) عددًا من تقنيات الأغشية الرقيقة مثل الخلايا الكهروضوئية الناشئة - ومعظمها لم يتم تطبيقه تجاريًا ولا يزال في مرحلة البحث أو التطوير. يستخدم العديد من المواد العضوية ، وغالبا ما تكون المركبات الفلزية العضوية وكذلك المواد غير العضوية على الرغم من حقيقة أن كفاءاتهم كانت منخفضة وكان استقرار مواد الامتصاص غالباً ما يكون قصيراً للغاية بالنسبة للتطبيقات التجارية ، فهناك الكثير من الأبحاث المستثمرة في هذه التقنيات حيث أنها تعد بتحقيق هدف إنتاج منخفضة التكلفة وعالية الكفاءة الخلايا الشمسية.

تشمل الخلايا الكهروضوئية الناشئة ، التي غالباً ما يطلق عليها الخلايا الضوئية من الجيل لثالث ، ما يلي:

النحاس الزنك كبريتيد القصدير الخلايا الشمسية (CZTS) ، وينتج CZTSe و CZTSSe خلية شمسية ذات حساسية صبغة ، تعرف أيضا باسم "خلية " Gratzel

الخلايا الشمسية العضوية

Perovskiteالخلايا الشمسية الخلايا الشمسية البوليمر الخلية الشمسية نقطة الكم

وقد لقيت الإنجازات التي تحققت في أبحاث الخلايا البيروفسكيتية اهتماما خاصا في أوساط الجمهور ، حيث ارتفعت كفائتها البحثية مؤخرا إلى أكثر من 20 في المائة. كما أنها توفر مجموعة واسعة من التطبيقات منخفضة التكلفة. بالإضافة إلى ذلك، هناك تكنولوجيا ناشئة أخرى ، وهي الخلايا الكهروضوئية المركزة (CPV) ، تستخدم خلايا شمسية عالية الكفاءة ومتعددة الوصلات مع العدسات البصرية ونظام التتبع [13]

(3-5) الكفاءات :Competencies

بدأت التحسينات الإضافية في الكفاءة مع اختراع أول خلية شمسية حديثة السيليكون في عام 1954. وبحلول عام 2010 ، أدت هذه التحسينات الثابتة إلى وحدات قادرة على تحويل 12 إلى 18 في المائة من الإشعاع الشمسي إلى كهرباء استمرت التحسينات في الكفاءة في التسارع في السنوات منذ 2010

تميل الخلايا المصنوعة من مواد أحدث إلى أن تكون أقل كفاءة من السليكون السائب ، ولكنها أقل تكلفة في الإنتاج. كما أن كفاءتها الكمية أقل بسبب انخفاض عدد ناقلات الشحنة التي تم جمعها لكل فوتون.

إن أداء وإمكانيات المواد ذات الأغشية الرقيقة عالية ، حيث تصل كفاءات الخلايا بنسبة تتراوح من 12 إلى 20 وحدة النموذج الأولى كفاءات من 7-13 ووحدات الإنتاج في نطاق 9 النموذج الأولي لخلايا الفيلم الرقيقة مع أفضل كفاءة ينتج 20.4 الطاقة الشمسية الأولى) ، مقارنة بأفضل كفاءة النموذج التقليدي للخلايا الشمسية بنسبة 25.6 % من باناسونيك. توقع NREL مرة واحدة أن تنخفض التكاليف إلى أقل من 100 دولار / متر مربع في حجم الإنتاج، ويمكن أن تنخفض لاحقا إلى أقل من 50 دولارًا أمريكيا للمتر المكعب.

تم تحقيق رقم قياسي جديد لكفاءة الخلايا الشمسية الرقيقة بنسبة 22.3% من خلال الحدود الشمسية التي تعد أكبر مزود للطاقة الشمسية في العالم. في بحث مشترك مع منظمة تنمية الطاقة الجديدة والتكنولوجيا الصناعية (NEDO) في اليابان ، حققت شركة Solar Frontier كفاءة تحويل تبلغ 22.3% على خلية 20.5cm باستخدام تقنية CIS الخاصة بها. هذا هو زيادة بمقدار 0.6 نقطة مئوية عن الرقم القياسي السابق في صناعة الأفلام الرقيقة الذي

(3-6) تصميم الخلايا الشمسية :Solar cell design:

يكون حجم معظم الخلايا الشمسية عبارة عن بضع سنتيمترات مربعة، ومحمية من البيئة الخارجية بطبقة رقيقة من الزجاج أو البلاستيك الشفاف، وتدمج الخلايا عادة في التسلسل الزيادة الجهد أو بالتوازي مع زيادة التيار؛ لأن الخلية الشمسية النموذجية 10 سم × 10 سم تولد فقط حوالي 2 وات من الطاقة الكهربائية 15 – 20% من الطاقة على سطحها، وتتألف الوحدة الشمسية الضوئية من 36 خلية مترابطة، وتربطها بالزجاج ضمن إطار الألومنيوم، وقد تربط وحدة أو أكثر من هذه الوحدات وتؤطر معا لتشكيل لوحة شمسية، وتتسم الألواح الشمسية بقدر أقل من الكفاءة في تحويل الطاقة لكل مساحة سطحية مقارنة بالخلايا الفردية؛ بسبب المناطق غير النشطة التي لا مفر منها في التجميع، فضلا عن الاختلافات في الأداء فيما بين الخلايا كما أن الجزء الخلفي من كل لوحة شمسية مجهز بمقابس موحدة، إذ يمكن الجمع بين إنتاجها والألواح الشمسية الأخرى لتشكيل مجموعة شمسية، وقد يتكون النظام الضوئي الكامل من العديد من الألواح الشمسية، ونظام طاقة لاستيعاب الأحمال الكهربائية المختلفة، ودارة خارجية وبطاريات تخزين، إذ إن النظم الضوئية قابلة للتصنيف على نطاق واسع كونها أنظمة مستقلة أو متصلة بالشبكة. [15]

(3-7) تطبيقات الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة

(7-3) Applications of thin-film solar cells

بدأت تطبيقات الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة في الثمانينيات من القرن الماضي باستخدام شرائح صغيرة تم استخدامها الآلات الحاسبة والساعات . خلال أوائل القرن الحادي والعشرين ، إمكانات الأغشية الرقيقة زادت التطبيقات بشكل كبير، بسبب مرونتها ، مما يسهل تركيبها على الأسطح المنحنية وكذلك استخدامها في بناء الخلايا الكهروضوئية المتكاملة. ومع ذلك ، فإن الخلايا الكهروضوئية القياسية والصلبة ، مثل الواح السيليكون البلورية

الكلاسيكية ، تتفوق على الأغشية الرقيقة بكفاءة باستثناء الأغشية الرقيقة للكاديوم تيلورايد ،

تتمتع الخلايا الكهروضوئية غير المرنة بأوقات استرداد أسرع ، كما أن بنائها أكثرمتانة ، الأمر الذي له مزايا في العديد من التطبيقات تثير مزايا كلا النوعين من الخلايا الشمسية

سؤالين: ما الذي يفضله المستهلك أو العميل؟ وما هو النوع الأفضل أداء لتطبيق معين؟

مع استمرار تحسن كفاءة الخلايا الشمسية ذات الأغشية الرقيقة ، فمن المتوقع أن تتفوق على

التقنيات الكهروضوئية الكلاسيكية غير المرنة التي كانت مستخدمة منذ منتصف القرن العشرين . يمكن استخدام صفائح الأغشية الرقيقة لتوليد الكهرباء بشكل متزايد في الأماكن التي لا يمكن فيها استخدام الخلايا الكهروضوئية الأخرى، مثل الأسطح المنحنية في المباني أو السيارات أو حتى على الملابس لشحن الأجهزة المحمولة باليد . يمكن أن تساعد هذه الاستخدامات في تحقيق مستقبل للطاقة المستدامة. [11]

المصادر

-1- محمد احمد دوري محاضرات في الاقتصاد البترولي" جامعة عنابة، ديوان المطبوعات الجامعية الجزائر 1992.

-2- محمد رافت إسماعيل رمضان الطاقة المتجددة " كلية العلوم دار الشروق الطبعة

1986 الأولى

3_فتحي احمد الخولي "اقتصاديات النفط" الطبعة الثانية دار الحافظ للنشر والتوزيع جدة السعودية 1992.:

4- www.Emarifa.com

5- www.uraer.dz

6_محمد لطفي " الخلايا الشمسية " دار أسامة للطباعة والنشر دمشق 2007

-7- محمد حمودة توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية دار الملايين للطباعة والنشر .2009

8_محرم عبد الكريم الخلايا الشمسية 2008

9_احمد محمد عوف مقالات مجلة العلم.

-10 محمد مصطفى الخياط " الطاقة المتجددة"

-11Martin A. "Consolidation of thin-film photovoltaic https://www.britannica.com/technology/solar-cellGreen, technology: the coming decade of opportunity." Progress in Photovoltaics: Research and Applications 14, no. 5 (2006): 383-392.

12- Green, M. A. "Recent developments in photovoltaics." Solar Energy 76, no. 1-3 (2004): 3-8.

13- Beaucarne, Guy. "Silicon Thin-Film Solar Cells." Advances in Opto Electronics 2007 (August 2007): 12.

14- Ullal, H. S., and B. von Roedern. "Thin Film CIGS and CdTe Photovoltaic Technologies: Commercialization, Critical Issues, and Applications; Preprint" (2007).

15- Si-embedded metal oxide transparent solar cells