

## الفصل الرابع

### التطبيقات الحالية والمستقبلية لتقنية النانو (nanotechnology)

#### (١-٤) مقدمة

تعد تقنية النانو من التقنيات الواحدة التي ينتظر منها أن تؤدي إلى تغييرات كبيرة في مجالات كثيرة، وخاصة المجالات الطبية والصناعية، وأن تسهم في التوصل إلى مواد ومنتجات مستحدثة.

ويعد علم النانو أقرب العلوم دون منازع إلى مصطلح العلوم متعددة التخصصات، حيث إن تقنية النانو تستخدم في مجالات متعددة، مثل: مجال الطاقة وتقنياتها، ومجال الاتصالات والمعلومات، ومجال حفظ الأغذية وتصنيعها، وحتى في صناعة بعض الأدوات المنزلية. ولعل الاستخدام المكثف لتقنية النانو كان في المجالين الطبي والعلمي.

كما استطاع العلماء بناء مجهر، مثل: المجهر النفقي الماسح ( انظر: الفصل الثاني) الذي يستخدم في تصوير الذرات، والجزيئات، وتحريكها من مواضعها؛ لبناء تركيبات جديدة لها، أو إنتاج مواد جديدة غير معروفة من قبل. فتقنية النانو تركز في أساسها على تعديل البناء الذري أو

#### (٢-٤) التطبيقات الطبية لتقنية النانو (Medical application)

تعد التطبيقات الطبية لتقنية المواد المتاهية في الصغر (النانو) من أهم التطبيقات الواحدة على الإطلاق، فمن المحتمل الحصول على مركبات نانوية تدخل إلى جسم الإنسان، وترصد موقع الأمراض، وتحقن الأدوية، وتأمر الخلايا بإفراز الهرمونات المناسبة، وترمم الأنسجة. كما يمكن

لهذه المركبات الذكية أن تحقن الأنسولين داخل الخلايا بالجرعات المناسبة. أما أجهزة الاستشعار النانوية فيمكن زرعها في الدماغ؛ لتمكن المصاب بالشلل الرباعي من السير.

ولقد حصل على طاقم أسنان سليكوني لا يزيد حجمه عن حجم الخلية، ويستطيع ابتلاع الكريات الحمراء، وقضيمها، ثم إطلاقها مجدداً إلى الدم بمعدل عشر خلايا في الثانية، ويمكن لطاقم الأسنان هذا أن يساعد على إدخال الأدوية، أو الجينات إلى داخل الخلايا، ومن ثم يعزز العلاج الخلوي المركز لكثير من الأمراض (٢٧).

#### (٤-٢-١) علاج السرطان (Cancer treatment)

لقد طور علماء من مركز السرطان (ميموريان كيتيرنج) الأمريكي قنابل مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية، وتتجهها من الداخل. واستخدم العلماء بقيادة ديفيد شينبيرج التقنية النانوية في إنتاج القنابل النانوية، ومن ثم استخدامها في قتل الخلايا السرطانية لفئران المختبر. وعمل العلماء على تحرير ذرات مشعة من مادة أكتينيوم ٢٢٥ التي ترتبط بنوع من الأجسام المضادة من فص جزيئي، ونجحت هذه الذرات في اختراق الخلايا السرطانية، ثم قتلها. وقد استطاعت القنابل النانوية أن تطيل عمر الفئران من ٤٣ يوماً إلى ٣٠٠ يوم (انظر: الشكلين رقم ٤-١، و ٤-٢).

#### (٤-٢-٣) التشخيص بـتقنيـة النـانـو (Diagnostic by nanotechnology)

إن هدف الطب الأساس هو اكتشاف المرض في مراحل مبكرة قدر المستطاع، حتى يمكن القضاء عليه قبل أن يتسبب في أعراض جانبية، أو مضاعفات. وباستخدام تقنية النانو تصبح الاختبارات الحيوية لقياس وجود أو نشاط المواد المختبرة أسرع، وأكثر دقة ومونة. فيمكن دمج جزيئات النانو المغناطيسية مع الأجسام المضادة المناسبة، واستخدامها كعلامات على وجود جزيئات محددة، أو ميكروبات، وكذلك استخدام جزيئات الذهب المدمجة مع مقاطع قصيرة من الحمض النووي؛ للتعرف على تسلسل من الجينات في عينة ما. وهناك أيضاً تقنية ثقوب النانو المستخدمة في تحليل الحمض النووي، وتحوّل تسلسل وحداته مباشرة إلى إشارات كهربائية، فتتوهج بعض الجسيمات النانوية (انظر: الشكل رقم ٤-٥) مثل: سيلينايد الكادميوم (وهي نقاط كمية)، وذلك عندما تتعرض لضوء الأشعة فوق البنفسجية، وبذلك يستطيع الطبيب الجراح أن يرى التوهج في المنطقة المصابة بالسرطان، فيستفيد من ذلك في التحديد الدقيق للمنطقة المصابة المراد استئصالها. كما يمكن للطبيب الاستفادة من رقائق محسّات الاختبار النانوية التي تمتلك قابلية على تحسين البروتينات، والمعلمات الحيوية الأخرى التي تخلفها الخلايا السرطانية، ويأمل الأطباء الاستفادة من هذه المحسّات في التشخيص المبكر لمرض السرطان، وذلك بواسطة فحص بضع قطرات من بول المريض (٢٧).



#### (٤-٢-٤) توصيل الأدوية إلى الأنسجة

إن إحدى مزايا تقنية النانو التي أفادت فروعًا كثيرة من فروع الحقل الطبي، وتعدّ من أولويات البحث في مجال طب النانو، وتعتمد على تصنيع مواد دقيقة في حجم النانو؛ لتحسين التوافر الحيوي للدواء (Bioavailability)، هي وجود جزيئات الدواء في المكان المستهدف من الجسم، حيث تعمل بأقصى فاعلية، ومن ثم ينخفض معدل استهلاك الدواء، وأعراضه الجانبية، والتكلفة الإجمالية للعلاج. مثال على ذلك: المواد التي تحتوي على ثقوب بحجم النانو، وتستطيع أن تحمل جزيئات الدواء إلى المكان المرغوب فيه (انظر: الشكل رقم ٧-٤).

كما أن أحد التطبيقات المهمة لتلك التقنية علاج السرطان باستخدام جزيئات الحديد، أو الذهب

التي تراكم في الخلايا السرطانية دون غيرها من الخلايا، وتتسبب في موتها دون تأثير في الخلايا الطبيعية متلافية أضرار العلاج الكيميائي، والإشعاعي، الأمر الذي مازال في طور البحث، ويمثل أملاً كبيراً في وجود علاج آمن للسرطان (٢٧).

#### (٤-٤) تقنية النانو وتنقية المياه ( Nano and water purification )

يعد النقص في المياه من المشكلات الخطيرة التي تواجه دولًا نامية كثيرة؛ لذا فإن استخدام تقنية النانو في تطوير تقنيات معالجة المياه التقليدية التي تضم المعالجات الكيميائية، وتحلية المياه، والتنقية والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية، وغيرها من وسائل تقنية المياه، سيؤدي إلى رفع كفاءة هذه التقنيات، حيث سيوفر المياه للمحتاجين إليها. وتقدم تقنية النانو حاليًا إلى هذا المجال الحيوي ثلاثة تقنيات معالجة تضم: أغشية أنابيب النانو الكربونية (CNT membranes)، وشباك النانو (Nano mesh)، ومسام الخزف النانوية (Nano porous ceramics). وتعمل هذه التقنيات بطرق مختلفة، وذلك وفقًا للمميزات الخاصة بكل تقنية، فعلى سبيل المثال: تعمل تقنية مسام الخزف النانوية على حجز ومنع مرور العوالق الدقيقة، والفطريات، والطفيليات، والكائنات الحية الدقيقة، والفيروسات، والماء الضارة من مصادر المياه العذبة: كالأنهار، والبحيرات، والبرك. ويجري العمل حاليًا على تسويق مرشحات نانو (Nano filters) عملية، تقي المياه تنقية سريعة، بحيث يستطيع الشخص شرب الماء المرشح مباشرةً من مختلف مصادره: كالمياه الجوفية، والمياه الراكدة، ومياه الولحل. كما تتميز تقنيات النانو الحديثة بانخفاض كمية الطاقة المستخدمة في تنقية المياه، بالإضافة إلى ارتفاع جودة المياه المعالجة.

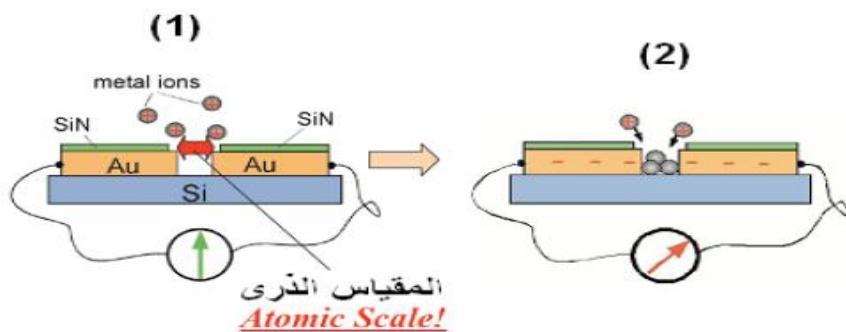
#### (٤-٥) النانو واكتشاف تلوث الهواء (Nano and the Air Pollution)

يواجه الإنسان في عصرنا الحالي مشكلة تلوث الهواء في كل مكان من حوله؛ مما يؤثر سلباً في صحته، حيث أصبح يواجه خطر التلوث في مسكنه، وأماكن عمله، وفي كثير من المرافق العامة. ولعل أكثر أنواع التلوث خطورة يكمن في تلوث الهواء بالعناصر، والغازات السامة التي تكون في كثير من الحالات غير مرئية، وغير محسوسة. وعلى الرغم من وجود عدد من التقنيات التقليدية التي تعمل على اكتشاف هذا التلوث فإن تقنية النانو تقدم كواشف ذات حساسية عالية جداً، وتسمى كواشف النانو، حيث تستطيع اكتشاف أي تلوث في الهواء بدقة متناهية جداً، قد تصل إلى حد اكتشاف بضعة جزيئات من الغازات، أو الأبخرة الملوثة. وتعتمد هذه التقنية على استخدام أنابيب النانو الكربونية CNTs، أو جسيمات البلاديوم النانوية (Palladium nanoparticles)، أو أسلاك النانو لأكسيد الزنك (Zinc oxide nanowires)، حيث تغير الخواص الكهربائية: كالمقاومة والسرعة الكهربائية لهذه الكواشف، وذلك عند امتصاصها جزيئات الغاز الملوث. كما أنه

عند التقاط كواشف النانو جزيئات الغاز الملوث توصل الدائرة الكهربائية؛ مما يؤدي إلى تشغيل كاشف النانو. ونلاحظ أن دقة هذه الكواشف تصل إلى حد اكتشاف بضع أيونات؛ مما يجعلها ذات حساسية فائقة (انظر: الشكل رقم ١٤-٤) (١٠).



شكل رقم (١٣-٤) تلوث الهواء من الأشياء الخطيرة على صحة الإنسان (١٠).



شكل رقم (٤-١٤) تنقية الهواء باستخدام كواشف النانو (١٠).

#### (٦-٤) تقنية النانو والزراعة ( Nano and Agriculture )

تؤدي تقنية النانو دوراً كبيراً في القطاع الزراعي، وذلك بتوفير عدد ضخم من مواد نانوية متعددة، تستخدم كأسمة كيميائية تعمل على زيادة نمو المزروعات، وتحسين التربة؛ مما يعكس إيجاباً على جودة المحاصيل، وزيادة إنتاج الأراضي الزراعية. كذلك تستخدم تقنية النانو في تصنيع أنواع خاصة من المبيدات الحشرية الآمنة، والمتوافقة بيئياً وبيولوجياً؛ وذلك بهدف المقاومة الفعالة

#### (٤-٧) التطبيقات الصناعية (Industrial application)

تلخص فكرة استخدام تقنية النانو في إعادة ترتيب الذرات التي تتكون منها المواد في وضعها الصحيح، وكلما تغير الترتيب الذي للمادة تغير الناتج منها إلى حد كبير. وبمعنى آخر، فإن المنتجات المصنعة من الذرات تصنع مرة أخرى، وتعتمد خصائص هذه المنتجات على كيفية ترتيب هذه الذرات، فإذا أعدنا ترتيب الذرات في الفحم، فإنه يمكننا الحصول على الماس، أما إذا أعدنا ترتيب الذرات في الرمل، وأضفنا إليه بعض العناصر القليلة، فإنه يمكننا تصنيع رقائق الحاسوب. وإذا أعدنا ترتيب الذرات في الطين والماء والهواء، فإنه يمكننا الحصول على البطاطس. وما يعنى عليه العلم الآن أن يغير طريقة ترتيب الذرات في البناء، وذلك باستخدام تقنية النانو من مادة إلى أخرى.

#### (٤-٨) تقنية النانو والحواسوب (Nano and computer)

لقد كان أول تطبيق لعلم تقنية النانو على مجال علم الحاسوب، وخاصة الأقراص الصلبة، ففي عام ١٩٨٨ م توصل العالم (فير) الفرنسي والعالم (جرونبرج) الألماني عبر بحوث مستقلة إلى اكتشاف نظرية عن المقاومة، تظهر عند التعامل مع التيار الكهربائي، والحقن المغناطيسي على مستوى الذرات، وسمياها «المقاومة المغناطيسية العملاقة». وقد طبقت عملياً على تخزين المعلومات في الأقراص الصلبة. ويعمل الحاسوب على تحويل المجالات المغناطيسية إلى تيار كهربائي، حتى يتمكن من قراءتها، والمعلومات الرقمية تحفر حفرة على المادة المخزنة فيها، على هيئة حقول مغناطيسية، وتكون على مستوى الذرة، وأقل من ذلك بكثير، وفي الوقت نفسه، تحتاج إلى آليات دقيقة جداً لقراءتها، حيث تحول عملية القراءة الحقول المغناطيسية إلى تيار كهربائي، وبذلك يمكن جهاز الحاسوب من التعرف عليها، وفهمها. وفي حال تمكّن العلماء من تصغير الأجهزة إلى حدود فائقة في الصغر باستخدام تقنية النانو، فقد يصل الأمر إلى استخدامات مثيرة، مثل: صناعة أجهزة قياس صغيرة جداً، تدخل في عروقنا؛ لنسافر فيها، وتشخيص كل ما تراه، ثم ترسل تقاريرها إلى حاسوب يثبت على الجسم من الخارج (٢٧).

#### (٤-٩) الطاقة النانوية (Nano Energy)

جرت مساعي حثيثة على مدى العقود القليلة الماضية في مجالات العلوم والهندسة؛ لتطوير أنواع جديدة ومحسنة لتقنيات الطاقة التي قد تؤدي إلى القدرة على تحسين الحياة في جميع أنحاء العالم. وبعد التصنيع النانوي أحد الحقول الفرعية المهمة من تقنية النانو المرتبطة بالطاقة. وهو عملية تصميم وتصنيع أجهزة حسب المقياس النانوي، حيث يساعد تصميم أجهزة أصغر من ١٠٠ نانومتر على إيجاد وتطوير طرق جديدة؛ للحصول على الطاقة، وتخزينها، ونقلها. وسيقدم ذلك إلى العلماء والمهندسين مستوى جيداً من التحكم، بحيث يؤهلهم لحل مشكلات كثيرة متعلقة بالجيل الحالي من تقنيات الطاقة التي يواجهها العالم اليوم. وقد بدأ العاملون في حقول العلوم والهندسة العمل على تطوير طرق استخدام تقنية النانو في تطوير منتجات استهلاكية. ومن مزايا تصميم تلك المنتجات زيادة فاعلية الإنارة والتدفئة، وزيادة سعة التخزين الكهربائية، وإنقاص التلوث الناجم عن استخدام الطاقة؛ مما أعطى استثماراً رأس المال في بحث وتطوير التقنية النانوية أولوية قصوى (٦٤).

#### ( Nano and Solar Energy ) ٤-٧) النانو والطاقة الشمسية

تعدّ الشمس مصدراً مهماً جدًا للطاقة لجميع أشكال الحياة على سطح الأرض، ومنذ اكتشاف الظاهرة الكهروضوئية بدأ الإنسان ينظر إلى الشمس كمصدر للطاقة الكهربائية، يتميز بالاستمرارية، وبالوفرة والنقاء. وبناء على ذلك، بدأ العلماء تصميم خلايا الطاقة الشمسية، وتطويرها؛ لتحويل طاقة الشمس الضوئية إلى كهرباء. ومنذ أوائل القرن العشرين عكف الباحثون على تطوير الخلايا الشمسية من أجل رفع كفاءتها، وخفض تكلفة إنتاجها، ولكن للأسف ما زال استخدام تقنية الطاقة الشمسية محدوداً جدًا، وذلك لعدة أسباب منها: انخفاض كفاءة الخلايا الشمسية التقليدية، بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة إنتاجها.

ولكن في عصرنا الحالي، نجد أنَّ تكنولوجيا النانو القادمة تعد بتقديم حلول جذرية لهذه المشكلة، فالخصائص المذهلة لجسيمات النانو تمكّنها من رياحتها في استغلال الطاقة الشمسية، فعلى سبيل المثال لا الحصر: تعد رقائق النانو (Nano-flakes) إحدى تراكيب النانو البلورية التي ستكون قادرة على تحويل أكثر من ٣٠٪ من الطاقة الشمسية إلى كهرباء (انظر: الشكل رقم ٤-٢١)، والسبب في ذلك الأبعاد التّقّيقية (أبعاد النانو) التي تميّز بها هذه التراكيب.

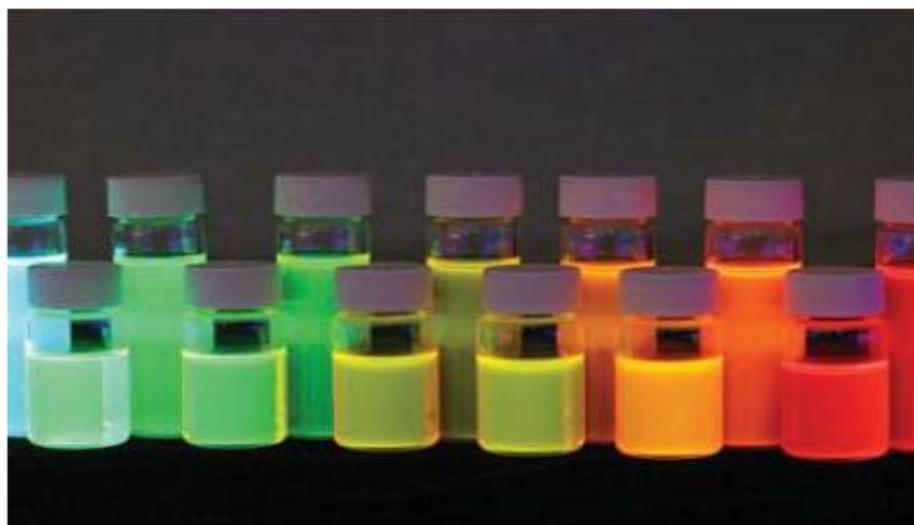
ومن التطبيقات المستقبلية الفريدة التي تعد بها تكنولوجيا النانو تحويل أكثر من ٦٦٪ من الطاقة الشمسية إلى كهرباء، وذلك حسب ما صرّحت به الحسابات النظرية، وباستخدام النقاط الكمّية (Quantum Dots) أحد جسيمات النانو شبه الموصلة، والتي تتراوح أبعادها ما بين ٢ نانومتر إلى ١٠ نانومترات، أي: ما يعادل ١٠ إلى ٥٠ ذرة. وتتميز النقاط الكمّية بقدرتها على تحويل نطاق واسع من الطيف الكهرومغناطيسي إلى طاقة كهربائية، كما تميّز أيضاً بقدرتها على إنتاج شحنات كهربائية أكثر (إلكترونات)، وذلك بالتفاعل مع طاقة فوتون واحد (١٠).

كما استخدم باحثون في معهد علوم المواد بمدينة تسكوبا باليابان، وعلى رأسهم العالم المصري المسلم البروفيسور شريف الصفتى أنابيب النانومترية كضوء حسى؛ لزيادة كفاءة الخلايا الشمسية في تحويل الطاقة الشمسية وتخزينها. ونظراً لمحدودية عمر مصادر الطاقة الرئيسة في العالم، مثل: الغاز الطبيعي، والفحم، فإنَّ التوقعات والأبحاث الحالية تشير إلى وجود بدائل عن تلك الطاقة التقليدية، حيث سيكون لها إسهامات على نحو كبير في المستقبل القريب. ويتجه العالم في العصر الحالي إلى الطاقة الشمسية كمصدر ثابت، وغير ملوث للبيئة. وقد شهد العالم في العقد الماضي





شكل رقم (٢١-٤) رقائق النانو يمكنها تحويل أكثر من ٣٠٪ من الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية (١٠).



شكل رقم (٢٢-٤) النقاط الكمومية التي يمكنها تحويل أكثر من ٦٠٪ من طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية، ولها القدرة على تغيير لونها وفقاً للتغير أبعادها (١٠).

تقدماً كبيراً في تقنية تصنيع الخلايا الشمسية بالاعتماد على الأصياغ. والخلايا الشمسية (DSSC) من الوسائل المهمة؛ لتحويل الضوء المرئي الشمسي إلى طاقة كهربائية باستخدام المواد شبه الموصلة (٦٥).

وقد نجم عن تطوير المواد النانومترية تصنيع خلايا شمسية متطورة، ومحضنة من مواد تعتمد على المواد النانومترية التي أثبتت أنها أكثر كفاءة وحساسية؛ لحرية حركة المواد والأصياغ المستخدمة في تحويل الطاقة الشمسية في داخل الفراغ النانومترى لتلك المواد.

ولقد بلغ اهتمام العالم بتحسين تصنيع تلك الصياغ الجديدة إلى مرحلة متقدمة؛ مما أدى إلى الحصول على المحفزات الضوئية في الخلايا الشمسية بكفاءة كهروضوئية تصل إلى ١١٪ (٦٦).

وهدفت دراستهم إلى وضع رؤية متكاملة حول تصنيع واستخدام الطاقة الشمسية استخداماً اقتصادياً وصحيحاً للبيئة عن طريق تطوير عدة أصياغ محفزة؛ لامتصاص الطاقة الشمسية داخل الأنابيب والأسلاك النانومترية ثلاثية الأبعاد. وتوضح دراستنا هذه المبنية على أكسيد المعادن التي تبطن بها الأنابيب أو الأسلاك النانومترية، أن لها قدرة فائقة في تقنية تصنيع الخلايا الشمسية من أجل استخدامها كمصدر بديل واعد للطاقة، حيث إنها تولد طاقة كهربائية بكفاءة عالية، وبأسعار منخفضة، وذلك مقارنة بمثيلاتها من الخلايا التقليدية، وهذه المميزات مهمة جداً في مجال صناعة الخلايا الشمسية (٦٦).

ومن أهم الفوائد التي تعطيها الأكسيد البلوري داخل الأنابيب، أو الأسلاك النانومترية، مثل: أكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ ) استطاعتتها امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، وزيادة الانبعاث الطيفي في المنطقة المرئية، حيث يؤدي ذلك إلى كفاءة عالية في تصنيع وتطوير الخلايا الشمسية التي تستخدم كمصدر واعد؛ لإنتاج الطاقة البديلة.

ويعد حالياً البروفيسور الصفي وفريقه مشروعًا بحثياً؛ لتصميم وتشييد أنابيب وأسلاك نانومترية مبطنة داخلياً بأصياغ محفزة؛ لامتصاص الطاقة الشمسية؛ مما سيؤدي إلى طفرة في صناعة الخلايا الشمسية، وفتح آفاق جديدة في هذا المجال من حيث تحويل الضوء المرئي إلى كهربائي على أساس امتصاص واسع النطاق داخل الأكسيد شبه الموصلة في الأنابيب، والأسلاك النانومترية.

ويتوقع من خلال هذا التصميم المقترن سهولة امتصاص الضوء الشمسي، وتحويله إلى طاقة ضوئية بكفاءة عالية، تزيد على ما هو موجود حالياً، وبنسبة قد تصل إلى حوالي ٢١٪. وستكون نتائج هذا المشروع عالية في المناطق التي تتمتع بنسبة سطوع عالية للشمس خلال العام

، ومن بينها المملكة العربية السعودية؛ لما تتمتع به من طقس دافئ، وشمس ساطعة طوال أيام العام. كما يتوقع من هذا البحث أن يشهد نجاحاً كبيراً على أرض المملكة. وكذلك يتوقع من هذا المشروع البحثي المقترن أن يساعد على عدم اقتصار التطوير على صناعة الخلايا الشمسية، وأن يتضمن ذلك التطوير مجالات تصنيع الإلكترونيات، والأجهزة الكهربائية والكهروميكانيكية.



شكل رقم (٤) الخلايا الشمسية الجديدة باستخدام النانو (٦٦).

(٤-٥) **تقنية النانو والصناعات النفطية (Nano and Petroleum)** لا يزال النفط السلعة الرئيسية في عمليات توليد الطاقة والتصنيع في معظم دول العالم. كما أن التوقعات العلمية لاتزال تشير إلى وجود احتياطات كبيرة منه في الدول المنتجة، وعدد من الأقاليم الواعدة.

وتتعاون الشركات النفطية مع معاهد البحوث العلمية؛ للاستفادة من كل التطورات الحديثة في مجال استخدام التقنية المتقدمة جداً في الصناعة النفطية؛ وذلك بهدف دعم وتعزيز هذه الصناعة الحيوية. ومن هذه التقنيات الحديثة تقنية النانو التي يمكن استخدامها في عدد من المراحل في الصناعة النفطية، إضافة إلى استخدام تطبيقاتها في المنشآت النفطية (٢٧).