هـنـدسـة الـطـاقة الـجديـدة والمتجددة

NEW AND RENEWABLE ENERGY ENGINEERING

الهندسة المعمارية
ARCHITECTURAL ENGINEERING

تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني

أ.د/أكرم فاروق محمد عبد اللطيف
أستاذ دكتور بقسم الهندسة المعمارية
جامعه عين شمس-مصر
dl@drakram.com

د/ هالة عبد المعز محمد الأمين
مدرس بقسم الهندسة المعمارية
المعهد التكنولوجي العالي فرع ٦ أكتوبر - مصر
Hala_waheed2004@hotmail.com

أ.م.د/حازم محمد طلعت الدالي
أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية
جامعه عين شمس-مصر
hazemeldaly@yahoo.com

م/ أسماء محمد علي محمد
معيدة بقسم الهندسة المعمارية
المعهد التكنولوجي العالي فرع٦ أكتوبر-مصر
Arch.asmaamohammed90@gmail.com

ملخص البحث

تكنولوجيا النانو ليست مجرد تكنولوجيا عادية فهي مجال تكنولوجي متنوع يغطي العديد من التطبيقات في المجالات المختلفة ، خاصةً في قطاع التشييد و البناء . فقد قدمت تكنولوجيا النانو العديد من التطبيقات التي ساعدت علي تطور مجال العمارة بتقديم حلول للعديد من المشكلات المعمارية من خلال تحسين خواص المواد الهيكلية (خرسانة – حديد- خشب) و توفير مواد هيكلية جديدة ذات متانة و قوه عالية ، و كذلك ساعدت علي تطوير المواد الغير هيكلية(الزجاج-الطلاءات-مواد العزل...) و غيرها .

ساعدت تكنولوجيا النانو كذلك في تحقيق كفاءة إدارة الطاقة من خلال الإستخدام الفعال للطاقة بتقديم حلول جديدة في مجالات ترشيد ، تخزين ، و إنتاج الطاقة للحفاظ علي الطاقه و الإعتماد بشكل أكبر علي مصادر الطاقه النظيفة و المتجددة
تلقي الورقة البحثية الضوء علي تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال إدارة الطاقة في المباني من خلال دراسة تحليلية لعدد من حالات الدراسة التي استُخدمت فيها تطبيقات النانو المتطورة للمساهمة في تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين فقد قدمت تكنولوجيا النانو مواد عزل ذات خواص مميزة ساعدت علي عزل المبني بشكل جيد لتحقيق بيئة داخلية مريحة للمستخدمين ، كذلك قدمت تكنولوجيا النانو إضاءات تستهلك كمية قليلة جداً من الطاقة وذات كفاءة عالية ؛ مما ساعد علي إمكانية ترشيد الطاقة في المباني ، .

بالإضافة إلي ذلك قدمت تكنولوجيا النانو تطبيقات عديدة لتخزين الطاقات لإستخدامها فيما بعد في حين الإحتياج اليها . و أخيراً يتم التطرق إلي تطبيقات تكنولوجيا النانو في إنتاج الطاقه من مصادر الطاقة المتجددة كالشمس و الرياح، و الحلول المبتكرة التي تقدمها تكنولوجيا النانو من خلال توليد الطاقة من الصوت و الحركة.

الكلمات الدلالية: عمارة النانو- النانو و الطاقة - المواد الذكية - المواد النانوية الخضراء.

المقدمة

إدارة استهلاك الطاقة هي عملية الرصد والمراقبة والحفاظ على الطاقة في مبنى أو مؤسسة لتحقيق الاستخدام الحكيم والفعال للطاقة للوصول لأقصى قدر من الأرباح. و تعرف كذلك بأنها استراتيجية ضبط وتحسين الطاقة بإستخدام الأنظمة والإجراءات المختلفة لتخفيض احتياجات الطاقة وخفض التكاليف. و تهدف الإدارة الفعالة للإستهلاك الطاقه إلي تعظيم الأرباح أو {تقليل التكاليف}١٠.

توفر تكنولوجيا النانو القدرة على تعزيز كفاءة و ادارة استخدام الطاقة في المباني من خلال تقديم حلول جديدة من خلال:

- ترشيد استهلاك الطاقة.
- تخزين الطاقة.
- توليد الطاقة .

و تتميز تطبيقات النانو في مجال الطاقة بالاتي:

١) الحفاظ علي الطاقة : عن طريق الاستفادة المثلى من الطاقة لتحقيق زيادة كفاءة استهلاك و تخزين الطاقة وتوليدها ، فاستخدام المواد النانوية يساعد علي عدم اهدار الطاقة والتحكم بها في المباني.

٢) صديقة للبيئة : تقنية النانو يمكن أن تساهم في الحد من الآثار البيئية لمصادر الطاقة الملوثة و تساعد علي الاعتماد علي مصادر الطاقة النظيفة.

٣) منخفضة التكلفة : استخدام تكنولوجيا النانو يمكن أن تقلل من تكلفة إنتاج الطاقة وتوزيعها وتخزينها،حيث تتميز بتقليل كمية المواد المستخدمة دون المساس بكفاءتها.

٤) توفر امكانية التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة:فتطبيق تكنولوجيا النانو في قطاع الطاقة يمكن أن يسهل من الانتقال من الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة {١٩}.

٢- ترشيد استهلاك الطاقة باستخدام تكنولوجيا النانو

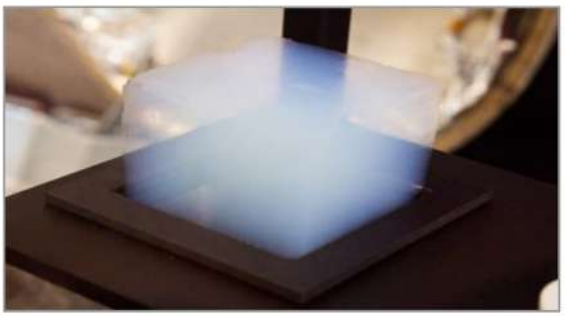
ساهمت تكنولوجيا النانو في طرح العديد من التطبيقات لترشيد استهلاك الطاقة من خلال تقديم مواد عزل متطورة و اضاءات موفرة للطاقه لحل مشاكل زيادة استهلاك الطاقة في المباني .

٢-١ ترشيد استهلاك الطاقة باستخدام مواد العزل المعالجة بتقنية النانو

العزل الحراري هو أحد الجوانب الرئيسية لتحقيق ترشيد إستهلاك الطاقة في المباني حيث يوفر من إستهلاك المكيفات و غيرها من وسائل الطاقة التي يتم إستهلاكها لأغراض التدفئة و التبريد لتوفير راحة حرارية داخل الفراغات المختلفة ،فتكنولوجيا النانو ساعدت علي ظهور مواد عزل حراري متقدمة و قوية ومستدامة و رقيقة السماكة. فتطبيق مواد العزل الحراري التقليدية مثل الصوف الزجاجي يتطلب زيادة سمك الحوائط لتحقيق متطلبات كفاءة الطاقة، وتعتبر مادة الهلام الهوائي و الواح العزل المفرغة أفضل حلول للعزل في المباني .

٢-١-١ الهلاميات الهوائية (Aerogel)

الهلاميات الهوائية هي مواد عالية المسامية وقليله الكثافة ، تتألف الهلاميات الهوائية من ٩٠ الى ٩٩,٨% هواء وكثافة بين ٣ الى ١٥٠ ملجم / سم٣، وتكون بحالة جامدة مشابهه للهلام كما بالشكل (١) مع اختلاف أن الهواء حل محل السائل. وبسبب طبيعتها الشبه شفافة تُلقب الهلاميات الهوائية بالدخان المثلج ،والدخان الجامد , والدخان الازرق. أول من اكتشفها العالم كيستلر في عام ١٩٣١ وتعتمد فكرة تصنيعها على احلال الهواء محل السائل السيليكونى المستخدم فى التحضير{١}.



شكل (١) مادة الهلام الهوائي النانوية{٢٣}.

تتميز الهلاميات الهوائية بالآتي:

١) عوازل حرارية استثنائية لما لديها من صفات خارقة في منع انتقال الحرارة بطرقه الثلاث (التوصيلية والتصعيدية والإشعاعية)، فاحتجاز الهواء الموجود في المسامات يجعله غير قادر على الحركة والدوران وينتج عن ذلك كبت لانتقال الحرارة بالطريقة التصعيدية، وتعتبر هلاميات السليكا عازل جيد لسريان الحرارة بالتوصيل لأن السليكا موصل ضعيف للحرارة، وتمنع هلاميات الكربون انتقال الحرارة الاشعاعية بسبب خاصية الكربون في امتصاص الاشعة تحت الحمراء. وتُعد هلاميات خليط السليكا والكربون العوازل المثالية في وقف سريان الحرارة كذلك تتميز بانها عازل جيد للصوت. تصل كفاءة عزل الهلاميات الهوائية إلي ٢-٨ مرات أكبر من مواد العزل التقليدية. ويوضح الشكل (٢) مقدرة طبقة رقيقة من هلاميات الهواء في منع انتقال حرارة شعلة ملتهبه{١}.

٢) كثافتها قليلة حيث ان كثافتها أقل ١٠٠٠ مرة من الزجاج.

٣) خفة الوزن حيث أن بعض الأنواع منها أقل وزنا من الهواء.

٤) تتميز بالشفافية حيث أن شفافيتها قريبة إلى حد ما من الزجاج كما انها تساعد على انتقال ضوئي جيد لأنها شفافة لذلك تستخدم في الغلاف الخارجي للمباني{١}.

شكل (٢) المقدرة الخارقة لهلاميات الهواء في منع انتقال حرارة شعلة ملتهبة{٢٣}.

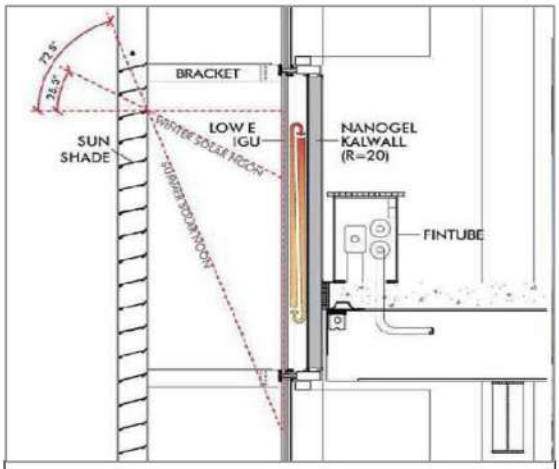
مبني جامعة و معرض يل للنحت Yale Sculpture) Building and Gallery)

المصمم	كيران تيمبرليك Kieran Timberlake
الوظيفة	مبني جامعي تعليمي و معرض
المـــوقع	مدينة نيو هيفن(New Haven) – الولايات المتحدة الامريكية
تـــاريخ الإنجاز	٢٠٠٧
المواد النانوية المستخدمة	مادة الهلاميات الهوائية العازلة للحرارة(Aerogel)، زجاج منخفض الانبعاث(LOW-E glass)

شكل(٣) مبني جامعة و معرض يل للنحت {٢٩}.

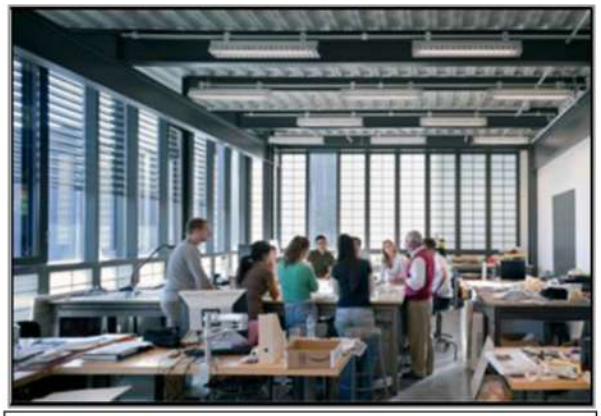
يبلغ مساحة المبني (٤٧٣٨م٢) يحتوي المبني علي ثلاثة طوابق بها الأستديوهات التعليمية و يتكون كذلك من دور علوي تتم فية مزاولة جميع الأنشطة الفنية بالبدروم الفصول الدراسية و الفراغات الإدارية.

تحليل المناخ الذي أتم إجرؤة على الموقع أشار الي وجود تفاوت موسمي كبير مما يتسبب في زيادة أحمال التدفئة خلال الشتاء والتبريد في الصيف بصورة ملحوظة؛ ما أدي الي الحاجة لتصنيع حوائط ستائرية شمسية فريدة من نوعها كما بالشكل(٣)، فعمل المصمم مع شركة SCHUCO و Kalwall لتطوير نظام الجدار الذي يدمج بين التظليل الشمسي و الحفاظ علي نفاذية ضوء الشمس .وقد قام المصمم بتصميم حائط ثلاثي يتكون من الواح زجاجية منخفضة الانبعاث (Low-E glass) في الخارج و تجويف بسمك ٣ بوصة و الواح (Kalwall Panel) مليئة بمادة الهلام الهوائي النانوية العازلة بسمك ٢,٥ بوصة كما بالشكل (٤) حيث يقوم التجويف علي الحد من الإشعاع الشمسي من خلال الاحتفاظ بالهواء الدافيء بواسطة العزل بمادة الهلام الهوائي الايروجيل فاما أن يستخدم داخلياً في أشهر الشتاء أو ينعكس إلي الخارج خلال الأشهر الدافئة مما يخلق عازل حراري فعال، وكذلك استخدم كاسرات شمس بالواجهة الجنوبية و الجنوبية الغربية ، مما يساعد في التحكم في درجة الحرارة في الفراغات الداخليه وقد حاز المبني علي شهادة LEED البلاتينية {١٢} {٢٩}.



شكل(٤) قطاع بالحوائط الستائرية بالمبني{١٢}.

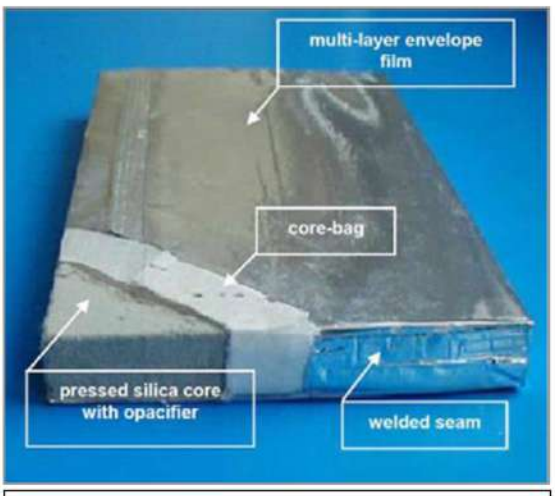
كذلك ساعدت الالواح المليئة بمادة الهلام الهوائي علي زيادة نفاذ الضوء المرئي بنسبة ٢٠% كما بالشكل (٥) ؛ مما يساعد علي الاستفادة من الضوء الطبيعي و الحد من انتقال الحرارة ، و تقليل استهلاك الطاقة سواء للتبريد أو للاضاءة {٢٩} .



شكل (٥) الإضاءة الطبيعية بالمبني {١٢}.

٢-١-٢ الواح العزل المفرغة Vacuum insulation panels (VIPS)

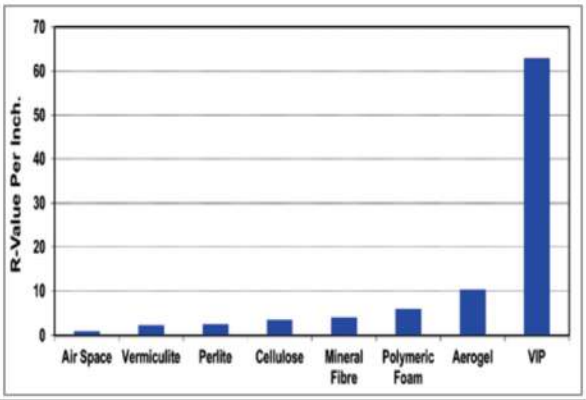
يمكن وصف مادة VIP بأنها مادة مسامية وضعت داخل غلاف متعدد الطبقات إما ان يكون ورق من المعدن السميك أو حاجز من البوليمر المعدني متعدد الطبقات لتوفير الحماية ضد الضغوط البيئية كما بالشكل (٦)، و يتم إدخال مادة مجففة داخل القلب لكثف الغازات والأبخرة المائية التي قد تخترق الواح العزل المفرغة من خلال الحاجز المغلف وتحتوي على فراغات داخلية تمنع انتقال الحرارة {٣}.



شكل (٦) مخطط توضيحي لمكونات مادة VIP {٤}

و تتميزالواح العزل المفرغة بالآتي:

- توفر الواح العزل المفرغة العزل الحراري بشكل كبير أكثر من غيرها ما يصل الى عشر مرات أكثر كفاءة حرارياً من مواد العزل الحراري التقليدية كما بالشكل(٧) وذلك لمقاومتها الحرارية المرتفعة و بسمك رقيق جدا.



شكل(٧) مقارنة بين المقاومة الحرارية (R-Value) لمواد العزل المختلفة.{١٤}

- مثالية لرفع مستوى العزل أثناء أعمال التجديد في المباني القائمة دون زيادة سمك الجدران او التأثير علي كمية الإضاءه الطبيعية لطبيعة سماكتها الرقيقة (١٠ ملم إلى ٢٥ ملم).
- تحقق أداء جيد على المدى الطويل على مدى عمر المبنى.
- يمكن إعادة تدويرها بعد نهاية عمرها الافتراضي {١٤}.

ولكن هناك بعض العيوب للألواح (VIP) منها:

- أكثر تكلفة من العزل الحراري التقليدي المستخدم في تغليف المباني علي الرغم من ان هناك العديد من الجهود المبذولة لخفض تكلفتها.
- لا يمكن قطعها أو حفرها على على عكس مواد العزل التقليدية فيجب التعامل مع الفتحات التي يمكن ان تتواجد السقوف والجدران باستخدام لوحات بفتحات محددة مسبقاً من خلال الجهه المُصنعه ، وتتواجد في الاسواق

بشكل غير مربع منتظم مما قد يتسبب في تواجد جسور حرارية.

- قلة المتانة : فألواح العزل المفرغة أذا تعرضت لاي ثقب بها يقلل قدرتها علي العزل الحراري .
- يتم حمايتها بوضع مادة عزل اخري مثل (البولي يوريثان) مما يتسبب في زيادة سمكها.
- زيادة وزنها: كثافتها من ١٥٠-٢٥٠ كجم/م٣، مما يجعلها أثقل من غيرها من المواد العازلة{٤} {٣٢}.

مبني (Seitzstrasse mixed-use building)	
المصمم	مارتن بول (Martin Pool)
الوظيفة	مبني سكني إداري
المـــوقع	ميونخ -ألمانيا
تـــاريخ الإنجاز	٢٠٠٤
المواد النانوية المستخدمة	الواح العزل المفرغة (VIP)

شكل(٨) واجهة مبني Seitzstrasse {٣٧} .

يتكون المبني من سبع طوابق أول ثلاث طوابق اداري و باقي الطوابق سكنية ويوجد طابقين بدروم جراجات. و قد كانت متطلبات المباني منخفضة الطاقة و موقع المبني التحدي الأول للمصمم لتشييد مبني سكني اداري منخفض للطاقة ، و قد تم استخدام الواح العزل المفرغة بابعاد ٤٥ × ٢٠٠ سم و سمك ٢م باجمالي ٨٥٠ متر مربع في الجدران و النوافذ و السطح كما بالشكل(٩) لتحقيق اكبر قدر للعزل الحراري {١٥}.

شكل(٩) الواح(VIP) بحوائط و سقف المبني {٣٣}.

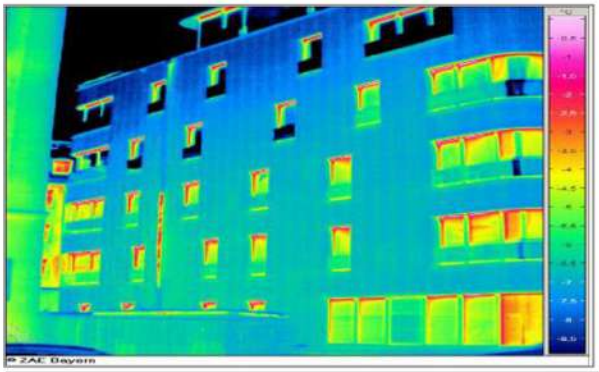
يعتبر المبنى مبني ابتكاري لسببين:-

- هو أول مبنى ضخم معزول تماما مع ألواح العزل فراغ (VIP). حيث تصل كفاءتة أكثر ١٠ مرات من المواد التقليدية. و جعل سمك الحائط رقيق وساعد ذلك علي زيادة المساحات القابلة للاستخدام بالمبني بنسبة ١٠%.
- هو أول مبنى في وسط مدينة ميونيخ يحقق انخفاض فائق في استهلاك الطاقة (حمولة التدفئة ٢٠ كيلووات / م٢) ،حيث تستهلك المباني المثيلة لة في المدينة (حمولة التدفئة ٢٠٠ -٣٠٠كيلووات / م٢) من خلال استخدام نظام سلبي لترشيد الطاقة (الواح العزل المفرغة).

وقد تم التأكد من سلامة كل لوحة من الواح العزل المفرغة من خلال مع استشعار (VA-Q-VIP) لبيان وجود أي فراغات بالعزل و تصنيفها إلكترونيا قبل تغطية الواح العزل المفرغة بطبقة واقية من البولي يوريثان كما بالشكل(١٠) {١٥}.

شكل (١٠) اختبار ومراقبة ضغط الغاز بالواح العزل المفرغة من خلال جهاز "va-Q-check" {٣٣}

وقد تم عمل محاكاة للمناطق الحرارية للمبني وقد تبين عدم وجود أماكن احتباس حراري بالمبني الا في مناطق محدودة كما بالشكل(١١) و التي غالبا ما تكون عند حواف النوافذ{١٥}.



شكل(١١) عمل محاكاة لاماكن الاحتباس الحراري بالمبني بعد استخدام (VIP) {١٥}.

٢-٢ ترشيد استهلاك الطاقة باستخدام الإضاءة المعالجة بتقنية النانو

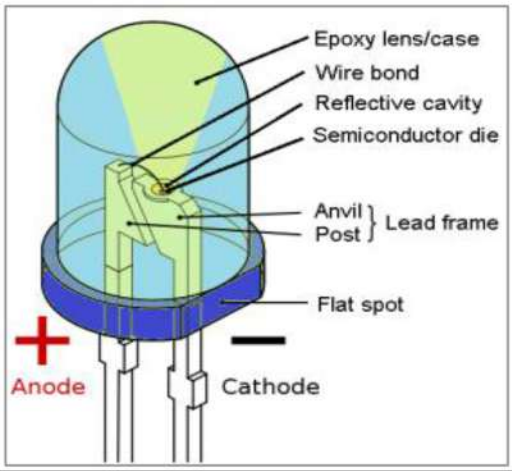
تستهلك الإضاءة كمية كبيرة من الطاقة في المباني حيث يصل استهلاك الطاقة بالمباني الي ١٩٪ من إجمالي استهلاك الطاقه المولدة طبقاً لوكالة الطاقة الدولية لعام ٢٠٠٦(IEA 2006) {٧}.

فكانت هناك حاجة لاكتشاف أساليب جديدة تساعد علي تقليل كمية الطاقة المستهلكة في الإضاءة ، و قد قدمت تكنولوجيا النانو العديد من التطبيقات في مجالات الاضاءة لترشيد الطاقة المستهلكة في الاضاءات بالمباني .

٢-٢-١ الصمام الثنائي الباعث للضوء light-emitting diode(LED)

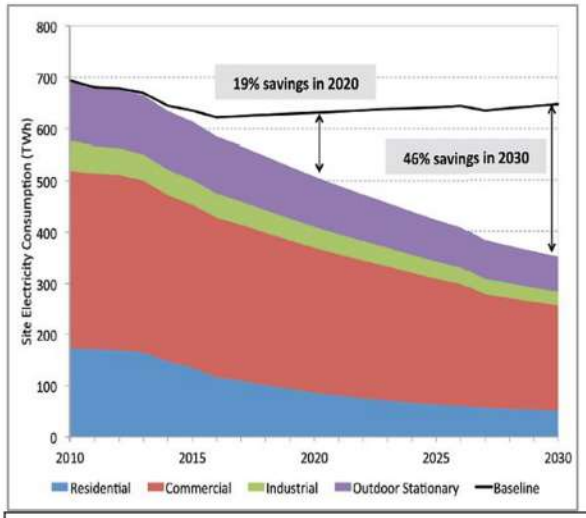
الصمام الثنائي الباعث للضوء عبارة عن لمبة ضوء الكترونية اي لا تحتوي على فتيلة ولا تسخن كما في المصابيح الكهربية. فهي تصدر الضوء من خلال حركة الالكترونات في داخل مواد من اشباه الموصلات والتي يمكن أن تكون مصنوعة من العديد من المواد، وهو ما يعني أن الفوتونات يمكن أن تنتج في مجموعة متنوعة من الألوان{٢٢} .

والشكل (١٢) يوضح تركيب الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) .



شكل(١٢) تركيب الصمام الثنائي الباعث للضوء{٣٦}.

وقد بين تقرير وزارة الطاقة بالولايات المتحدة لتوفير الطاقة المحتملة من استخدام إضاءات الحالة الصلبة (Solid-State Lighting) أن هناك إمكانية توفير الطاقة من الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) كما بالشكل (١٣) فمن المتوقع ان يصل التوفير في الطاقة نتيجة استخدام الصمامات الثنائية الباعثة للضوء الي ١٩% في عام (٢٠٢٠)،٤٦% في عام (٢٠٣٠) {٢٠}.



شكل(١٣) توفير الطاقة من استخدام الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) منذ عام (٢٠١٠) حتي عام (٢٠٣٠) {٢٠}.

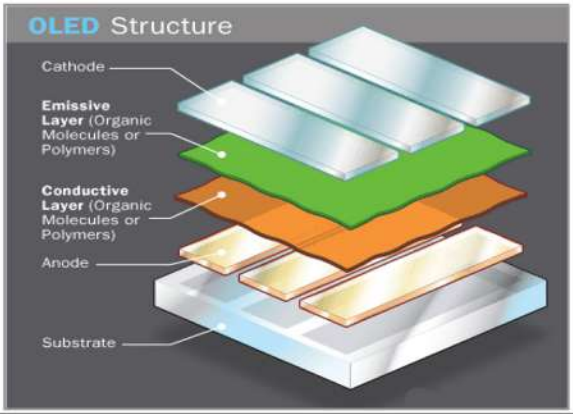
مبني المركز المائي الوطني (مكعب بكين المائي)	
المصمم	الشركة الصينية للهندسة و الانشاءات (CSCEC)، أروب المجموعة الهندسية الدولية(Arup) ،المكتب الهندسي الأسترالي (PTW Architects)
الوظيفة	مبني رياضـــي
المـــوقع	بكين –الصين
تـــاريخ الإنجاز	بداية الانشاء ٢٠٠٣ و الانتهاء ٢٠٠٨
المواد النانوية المستخدمة	(Nano LED) الصمام الثنائي الباعث للضوء

شكل(١٤) اضاءات مختلفة للواجهه مبني مكعب الماء باستخدام الصمامات الثنائية الباعثة للضوء النانوية {٢٧}.

مبني المركز الوطني المعروف باسم مكعب المياه هو مركز العاب مائيةويلقب "بالمكعب المائي" نظرا لان هيكله متوازي مستطيلات. يبلغ ارتفاعه ٣٠ متر و مساحتة ٧٠ ألف متر مربع ووزنة ٦٥٠٠ كجم ، ويعكس الشكل الخارجي للمبني وظيفتة حيث يشكل واجهات المبني شكل فقاعات الصابون فيتكون من٤٠٠٠ فقاعه مصنوعة من مادة بلاستيكية قوية تسمى إيثيل تترا فلورو الإيثيلين (ETFE) ، كل وحدة تحتوي علي وحدات ثنائية باعثة للضوء لعرض لملايين من الألوان المختلفة من خلال احتوائها علي صمامات باعثة للضوء (Cree XLamp) والتي توفر ما يصل إلى ٦٠٪ من الطاقة التي يستهلكها اضاءة الفلورسنت التقليدية، فيحتوي المبني علي ما يقرب من ٤٤٠,٠٠٠ من الصمامات الباعثة للضوءوقد صممها المصمم تشنغ جيان وى (Zheng Jianwei) و يتم التحكم بها من خلال الحاسب الآلي {٢٧} {٣٥}.

٢-٢-٢الصمام الثنائي العضوي الباعث للضوء Organic Light Emitting Diodes (OLED)

هذه التقنية عبارة عن وحدات إضاءة مسطحة رقيقة جدا بسمك لايزيد عن ١ ميكرومتر تتميز بخفة وزنها حيث تحتاج إلى عدد أقل من مواد التصنيع ولاتصدر حرارة عند تشغيلها و تسمى هذه الثنائيات الباعثة للضوء بجيل الإنارة الباردة حيث تحول الطاقة الكهربائية مباشرة الى ضوء وذلك باستخدام جزئيات صغيرة من البلورات حيث يتفرق الضوء على سطح الوحدة وينتج عنها ضوء اكثر وهذا يزيد من فعالية هذه الثنائيات وحفاظها على الطاقة لعدم إهدارها للطاقة في اصدار حرارة وإنما تحويل القسم الأكبر منها إلى ضوء، كما تمتاز بحياة أطول من حياة المصابيح التقليدية. تتكون الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء من طبقة واحدة علي الاقل ينبعث منها الضوء (طبقة باعثة) مصنوعة من مواد أشباه الموصلات العضوية وهي عبارة عن عدة طبقات كل منها بسماكة تصل إلى ١٠٠ نانومتر و تتواجد بين قطبين كما بالشكل (١٥) {٦}.



شكل(١٥) مكونات الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء{٣٤} .

يمكن للضوء ان يشع في اتجاه واحد أو كلا الاتجاهين، و كذلك يمكن استخدامها على أسطح مرنة وقابلة للطي كما بالشكل(١٦) {٩}.

شكل(١٦) مرونة و رقة سماكة الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء {٢٦}.

٣- تخزين الطاقة باستخدام تكنولوجيا النانو

تخزين الطاقة هو آلية للاحتفاظ بالطاقة بحيث يمكن استخدامها لاحقاً، فتقنيات تخزين الطاقة تقوم بإمتصاص الطاقة وتخزينها لفترة من الوقت لحين احتياجها. فتكنولوجيا النانو لديها الكثير لتقدمه في مجال تخزين الطاقة، فبفضل تكنولوجيا النانو تمكن من زيادة كفاءة تخزين الطاقات بأشكال مختلفة مثل تخزين الطاقة الكهربائية من خلال البطاريات و المكثفات النانوية المتقدمة كذلك تخزين الطاقة الكيميائية من خلال تخزين الهيدروجين بالإضافة إلي تخزين الطاقة الحرارية، والتي تلعب دوراً هاما للتقليل من الحاجة إلى التدفئة والتبريد في المباني {١٧}.

٣-١ مواد متغيرة الطور Phase change materials (PCMs)

من المعروف ان هناك فرقا كبيرا في درجات الحرارة بين الليل والنهار أو فصول السنة في الكثير من البلاد، انتج هذا الفرق تفاوتا كبيرا في الطلب على الطاقة الكهربائية مما ادى الى العجز في تلبية الطلب على الكهرباء ولاسيما عند ساعات الذروة .وقد بذل المهتمون في هذا المجال جهدا لايجاد افضل الطرق لتخزين الطاقة لحل مشكله زيادة الطلب على الكهرباء . لذلك اتجه الباحثون الى مواد متغيرة الطور ؛ وذلك بسبب امتلاكها محتوى حراري مرتفع فمن خلال التحول الطوري لها التي يمكن استعمالها مع مواد البناء لتعمل كخازنات للطاقة وتقوم بمعالجة الطلب غير المنتظم على الكهرباء ومن ثم يمكن عدها احد المصادر للطاقة المتجددة{٢}.

المواد متغيرة الطور (PCMS) هي المواد التي لها القدرة علي تغيير السعة الحرارية الخاصة بها تبعاً لدرجات الحرارة المحيطة. ويتم تحقيق هذه الميزة عن طريق تخزين الطاقة في شكل حرارة كامنة في المواد، حيث يتغير طور المادة من الحالة الصلبة الي الحالة السائلة والعكس بالعكس مثل تحويل الثلج إلى الماء ،وتصنع هذه المواد من مواد ذات سعة حرارية كبيرة مثل البارافين و الهيدرات الملحية ويبلغ قطر كريات البارافين ٢٠:٢نانومتر ،و طبقا للحرارة النوعية لهذة المواد فإن مرحلة التحول للمواد متغيرة الطور بين ٢١ : ٢٣ درجة مئوية خلال الشتاء ، وفي أثناء الربيع والخريف يكون اكتساب الطاقة الشمسية خلال النهار اثناء ذروة درجات الحرارة المحيطة تكون كافية لإذابة (PCM) خلال النهار ، و أثناء المساء يمكن أن تكون درجة الحرارة المحيطة منخفضة بما يكفي لتصريف الطاقة المخزونة لتحقيق وفورات في تكلفة الكهرباء للتبريد او تدفئة الفراغات و يمكن دمج المواد متغيرة الطور مع الخرسانة و الحوائط دون زيادة وزن وحجم الحوائط، كذلك يمكن دمجها مع الاسقف و الارضيات و الزجاج{١٣}.

مساكن رعاية المسنين Sur Falveng	
المعماري	ديتريش شوارتز Dietrich Schwarz
وظيفة المبني	دار مسنين
الموقع	مدينة زيورخ ، سويسرا
تاريخ الإنجاز	٢٠٠٥
المساحة	١٤٠ م ٢ زجاج بالواجهات
المواد النانوية المستخدمة	مواد نانوية متغيرة الطور (الزجاج مخزن الحرارة GlassXcrystal glazing)

شكل(١٧) واجهة مبني "Sur Falveng " حيث تظهر تغطية الواجهه بالزجاج متغير الطور{١١} .

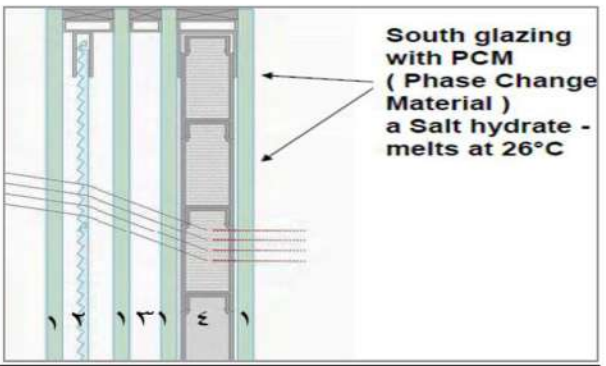
يتكون المبني من ٢٨ شقة مطلة علي مجموعة من الحدائق ويتميز المبني بضبط درجات الحرارة الداخلية ذاتياً ويرجع ذلك إلي استخدام مواد متغيرة الطور (PCM) في الواجهة الجنوبية للمبني والتي تمتص الحرارة خلال النهار و تطلقها خلال ساعات الليل في دوامة لا نهاية لها. حيث يُستخدم الزجاج (GlassXcrystal) فهو يمثل جدار زجاجي غير عادي، حيث يتميز بالعزل و الشفافية، و الحماية ضد ارتفاع درجة حرارة الصيف، والتخزين الحراري. وهذا الجمع بين خصائص الزجاج في الواجهة مع تلك الجدارن التي تحتوي على مادة متغيرة الطور في حاويات مغلقة فيكون الوح الزجاجي شفاف عندما يذاب مواد التعبئة أثناء ارتفاع درجة حرارة الصيف وبالتالي تخزين الحرارة و حليبي أبيض عندما تكون مجمدة حيث تتصلب في فصل الشتاء ، مما يوفر الوظيفة الجمالية و توفير الاتصال بالخارج. وتنظيم درجة الحرارة في الفراغات الداخلية باستخدام نظم سلبية من خلال تخزين الحرارة الكامنة؛ مما أدى إلى تحقيق وفورات كبيرة في الطاقة الناتجة عن التدفئة والتبريد. و يتكون الزجاج من عدة طبقات كما بالشكل(١٨) كما يلي:

١) أربعة الواح من زجاج الأمان، كل منها ٦ مم.

٢)لوح منشور ٦ مم في تجويف الزجاج المزدوج (٢٠ ملم) مليء بغاز.

٣)تجويف زجاج مزدوج (١٢ ملم) مملوءة بغاز خامل.

٤)تجويف (٢٢ملم) من مادة متغيرة الطور (PCM) بسعة تخزينية تبلغ ١١٨٥كيلو واط ساعة / متر مربع {١١}.



شكل(١٨) مكونات الجدار الزجاجي المخزن للطاقة بالمبني{١١} .

٤- إنتاج الطاقه باستخدام تكنولوجيا النانو

إن تحديات و مشكلات الطاقة لن يتم حلها الا من خلال البحث المستمر والاستثمار في تطوير العديد من التقنيات الجديدة، فالتقنيات المستخدمة في هذا المجال بدائية جداً و مكلفة .وقد ساعدت تكنولوجيا النانو في تقديم العديد من التطبيقات المتقدمة التي تعمل علي انتاج الطاقة اعتماداً علي مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية، طاقة الرياح) وكذلك من الصوت و الحركة .

٤-١ تطبيقات النانو لتوليد الطاقة بإستخدام الطاقة الشمسية

تُعد الطاقة الشمسية مصدراً للطاقة المتجددة الأكثر وفرة للطاقة ، فهي قادرة على تلبية احتياجتنا من الطاقة ، حيث توفر وسيلة فعالة واقتصادية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية. وقد تم تطوير العديد من التطبيقات التي تعتمد علي تكنولوجيا النانو لإستفادة من الطاقة الشمسية لسد احتياجات الطاقة.

٤-١-١ خلايا الأغشية الرقيقة النانوية الشمسية

حتى الآن فان المشكلة الأكبر في الخلايا الشمسية التقليدية هي التكلفة العالية لإنتاجها، حيث تتطلب طبقة سميكة من السليكون المطعم بالشوائب ليمتلك معدل امتصاص للفوتونات مقبولاً، وعملية تصنيع السليكون مكلفة جداً. وقد وجد الكثير من الطرق المختلفة لتقليل التكلفة بإستخدام تقنيات إنتاج خلايا الأغشية الرقيقة و التي تتميز بالعديد من المزايا منها:

١) قلة التكلفة : فتعتمد هذه الخلايا علي الجسيمات و البوليمرات النانوية فتتميز بانخفاض تكلفة التصنيع و التركيب .

٢) المرونة : تتميز بالمرنة كما بالشكل(١٩) حيث يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات لإدماجها مع المباني و الأسطح المنحنية أو دمجها مع النوافذ حيث تأخذ شكل السطح الذي يتم تثبيتها عليه .

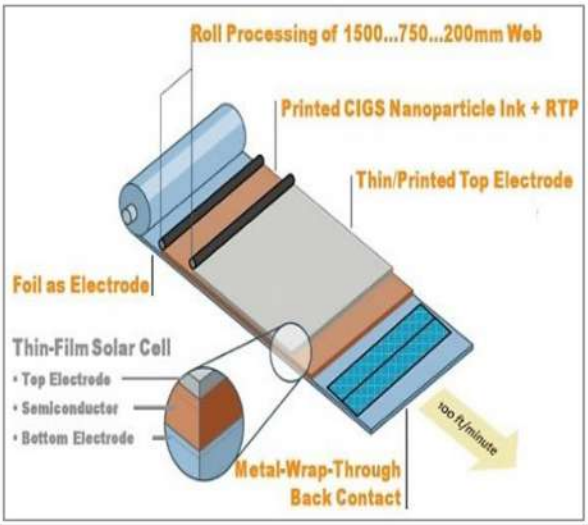
شكل(١٩) مرونة خلايا لأغشية الرقيقة النانوية الشمسية{٢٤}.

٣) توفير الطاقة: تعمل علي توليد الطاقة لتلبية احتياجات المباني من الطاقة ويتم العمل علي تطويرها لزيادة كفائتها بنسبة ٣٠% عن خلايا السيليكون التقليدية .

٤) آمنة بيئياً: تعتبر هذه الخلايا آكثر آماناً بيئياً من خلايا السيليكون التقليدية .

٥) رقة سماكتها:تتميز هذه الخلايا بأن سمكها رقيق فيمكن دمجها مع عناصر المبني لتوليد طاقة من طاقة الشمس{٩}.

وتتكون هذه الخلايا من ٥ طبقات: الطبقة السفلية من الألومنيوم, ثم طبقة رقيقة يتم الطباعة عليها من عنصر الموليبدينوم و يليهم ٣ طبقات من الحبر من مادة شبه موصلة، وطبقة تقاطع P / N، والقطب يكون من طبقة أكسيد الزنك . والشكل (٢٠) يوضح تركيب خلايا الأغشية الرقيقة النانوية{٥}.



شكل(٢٠) مكونات خلايا الأغشية الرقيقة {٥}.

مبني السفينة الشمسية(SOLAR ARK)	
المصمم	Sanyo Electric Co شركة سانيو.
الوظيفة	متحف
المـــوقع	مدينة انباشي – اليابان
تـــاريخ الإنجاز	٢٠٠١
المواد النانوية المستخدمة	خلايا Nano thin film solar cell الأغشية الرقيقة الشمسية النانوية

شكل(٢١) مبني السفينة الشمسية{٢١} .

يعد هذا المبني واحد من أروع مباني محطات توليد الطاقة الشمسية في العالم. فقد شُيد المبنى ليرمز للتحول إلى "مجتمع الطاقة النظيفة"، و يتواجد بداخله متحف الطاقة الشمسية.عند مدخل مبني السفينة الشمسية تظهر الأجنحة الشمسية المصنوعة من خلايا الأغشية الرقيقة الشمسية و التي تعمل علي توليد الكهرباء، يضم المبني أكثر من ٥٠٠٠ لوحاً شمسياً، وتنتج نحو ٦٣٠ كيلو واط من الكهرباء، ما يعني إنتاج ٥٣٠,٠٠٠ كيلو واط من الطاقة النظيفة سنوياً. ويبلغ عرض المبني ٣١٥ متراً و طولة ٣٧ متراً .تم تصميم واجهه المبني بشكل مائل لضمان أكثر استفادة من الأشعة الشمسية{٢١}.

٤-٢تطبيقات النانو لتوليد الطاقة بإستخدام طاقة الرياح

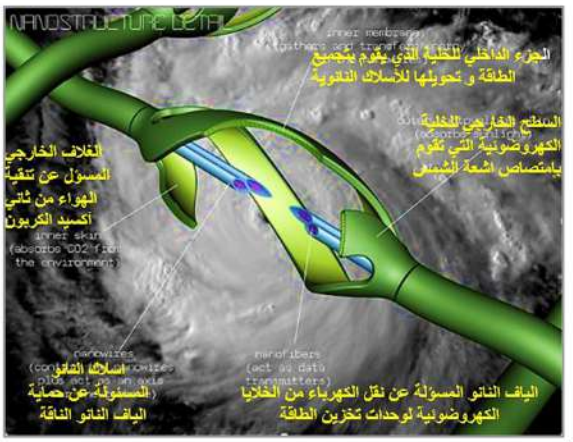
تستخدم توربينات الرياح لتحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية حيث يقوم المولد الكهربائي داخل التوربينات بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية .

ان ادماج تكنولوجيا النانو مع توربينات الرياح يساعد علي تطويرها و تحسين خواصها.

مبني غلاف النانو (Nano Vent-Skin)	
المصمم	Agustin Otegu
الوظيفة	برج متعدد الاستخدامات
المـــوقع	مدينة مكسيكو – المكسيك
تـــاريخ الإنجاز	مقترح
المواد النانوية المستخدمة	غلاف النانو الضوئي–الياف النانو الخلايا الشمسية – توربينات الرياح

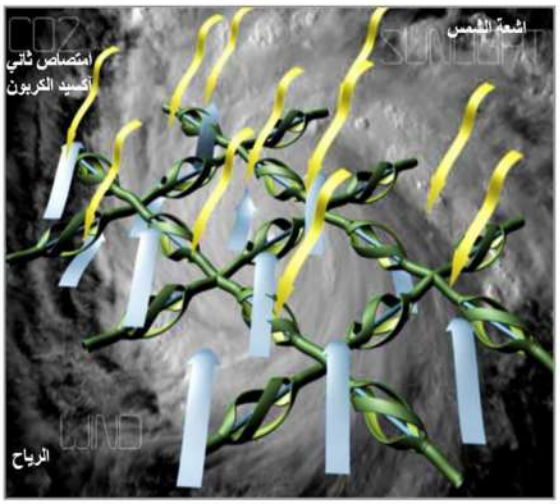
شكل(٢٣) الواجهه الخارجية لمبني غلاف النانو {٣٠}.

استخدم المعماري Agustin Otegu نهج جديد في تصميم هذا المبني فالغلاف الخارجي للمبني يتكون من توربينات الرياح النانوية (NVS) ، وهي عبارة عن مجموعة من التوربينات الصغيرة ابعادها (٢٥مم×١٠,٨مم) و التي تقوم بتوليد الطاقة من الرياح ،و تتكون وحدات (NVS) من مجموعة من الاجزاء كما بالشكل(٢٤)، فيتكون الغلاف الخارجي للوحدات من(خلايا كهروضوئية التي تقوم بإمتصاص اشعة الشمس–الياف النانو– اسلاك النانو–وحدات تخزين الطاقة) {٣٩}.



شكل(٢٤) مكونات خلايا غلاف النانو بالمبني{٣٨}.

الغلاف الخارجي للهيكل يمتص أشعة الشمس من خلال الخلايا الضوئية العضوية ويتم تحويلها إلى الألياف النانوية داخل أسلاك النانو التي يتم بعد ذلك إرسالها إلى وحدة تخزين التي تتواجد عند نهاية كل وحدة. و جميع التوربينات على الوحة تولد الطاقة من خلال التفاعلات الكيميائية في كل نهاية. وتعمل هذة التوربينات عند مرور الرياح فتقوم بالدوران حول محورها كلا علي حدي لتعمل كمنظومة متكاملة لتوليد الطاقة الكهربية من الطاقة الحركية .ولتحقيق أفضل النتائج من الطاقة، فقد تم تصميم ريش التوربينات تستطيع ان تغير اتجاهها مع او عكس عقارب الساعه حسب اتجاة الرياح حول المبني.و تقوم كذلك بإمتصاص ثاني أوكسيد الكربون من الجو باستخدام الهندسة الحيوية النانوية كما بالشكل (٢٥) {٣٨}.



شكل(٢٥) توليد الطاقة بالمبني من خلال الرياح و الشمس و كذلك امتصاص ثاني أكسيد الكربون{٣٨}.

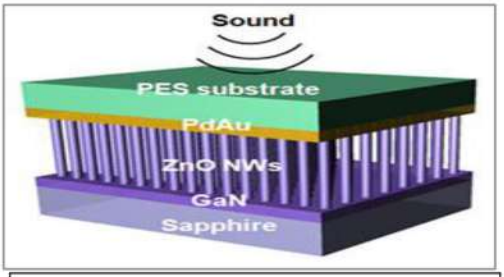
٤-٣ تطبيقات النانو لتوليد الطاقة من الصوت و الحركة

تم استكشاف عدد من النهج لأنظمة توليد الطاقة ذاتياً بإستخدام الظواهر كهرضغطية وقد أجريت بحوث مبتكرة حديثة جدا بشكل مكثف في مجال تحويل المحفزات الميكانيكية الخارجية مثل حركات الجسم ، والموجات الصوتية إلى كهرباء باستخدام تكنولوجيا النانو؛ بهدف الاستفادة من الطاقة المحيطة وتحويلها إلي طاقة قابلة للاستخدام {٣١}.

٤-٣-١اسلاك النانو الكهروضغطية لتوليد الطاقة من الصوت Piezoelectric Nanowires

قام عدد من الباحثين (جونغ مين كيم وزملاؤه Jong MinKim and his collaborators) بتحويل طاقة الصوت من الكلام أو الموسيقى أو الضوضاء الى طاقة كهربائية وذلك باستخدام المولدات النانوية و التي يحركها الصوت من خلال أسلاك أكسيد الزنك الكهرضغطية والتي تعتبر من أكثر المواد حساسة الاستجابة.

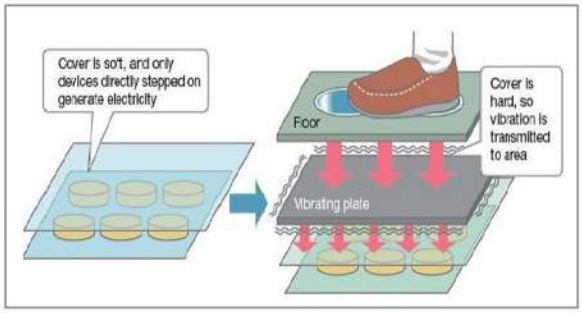
تعمل الموجات الصوتية علي اهتزاز القطب الكهربائي في الاعلي والذي يقوم بتوليد الجهد الكهربائي من خلال أسلاك أكسيد الزنك الرأسية كما بالشكل(٢٦). ويمكن استخدام هذه التقنية في الواجهات المقابلة للطرق السريعة لتولد الكهرباء من صوت السيارات المارة {٨}.



شكل(٢٦) مولد النانو الكهرضغطية التي يحركها الصوت من خلال أسلاك أكسيد الزنك النانوية{٢٥}.

٤-٣-٢ اسلاك النانو الكهروضغطية لتوليد الطاقة من الحركة

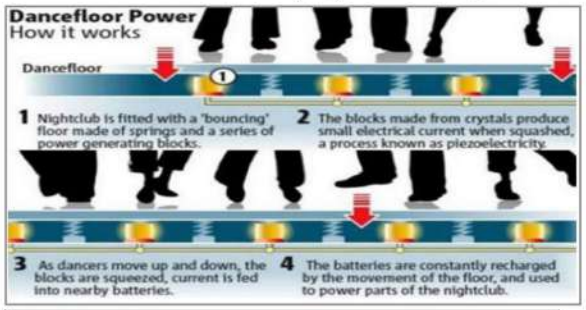
الارضيات الكهرضغطية المصنوعة من الجسيمات النانوية كهرضغطية Piezoelectric ceramic nanoparticles تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية لانهائية حيث يتم توليد الكهرباء من حركة الاقدام داخل المبني. عندما يخطو شخص على هذة الارضيات ، تقوم البلورة كهرضغطية piezoelectric crystal بعمل ضغط ميكانيكي مما يخلق الشحنة الكهربائية كما بالشكل(٢٧) ويمكن جمعها عن طريق استخدام الأقطاب الكهربائية.هذه الطاقة يمكن تخزينها في المكثفات ويمكن أن توجه الطاقة إلى المناطق التي تعاني من نقص الطاقة. و يتم توليد ٠,١ واط من شخص وزنة ٦٠ كجم عند اتخاذ خطوتين علي هذة الارضيات {٨}.



شكل(٢٧) بلاط الأرضيات المصنوعه من الجسيمات النانوية كهرضغطية{١٦}.

نادي واط روتردام Club Watt Rotterdam	
المصمم	Kossmann. dejong , Döll – Atelier voor Bouwkunst
الوظيفة	نادي ليلي
المـــوقع	هولندا
تـــاريخ الإنجاز	٢٠٠٨
المواد النانوية المستخدمة	توليد الطاقة من الحركة باستخدام مواد نانوية – اضاءات LED

في عام ٢٠٠٦، قام المصممين المعماريين بالتفكير في فكرة النادي البيئي. حيث تستهلك النوادي الليلية كميات كبيرة من الكهرباء وقد تم تصميم الارضيات بنادي واط والذي يسع ١٤٠٠ شخص باستخدام نوع جديد من الارضيات بصاله الرقص من خلال تجميع الطاقة المتولدة من القفزات والتحركات و تحويلها إلى كهرباء من خلال الاستفادة من التأثير الكهرضغطي لبعض المواد النانوية كما بالشكل(٢٧).



شكل(٢٧) مولد النانو الكهرضغطية التي يحركها الصوت بناء على أسلاك أكسيد الزنك النانوية{١٦}.

فعندما يرقص ويتحرك الناس يتم ضغط الخلايا بمقدار اقل من نصف بوصة لتضغط علي المواد كهرضغطية تحتها لانتاج الكهرباء؛ مما ادي الي تحقيق وفورات بنسبة ٣٠ في المائة من الطاقة اللازمة لتشغيل المبني وتبلغ تكلفة هذة الارضيات ٢٥٧,٠٠٠ $ وقال المالك السيد تيلمان Mr . Tieleman "ان هذا المبلغ المدفوع استثمار حيث سيتم استردادة من خلال حفظ الطاقة بالمبني" ويستخدم المبني كذلك المصابيح الموفرة للطاقة LED lighting كما بالشكل (٢٨) {١٨}.

شكل(٢٨) الارضيات المولدة للطاقة و المصابيح الموفرة للطاقة LED lighting بالمبني{٢٨}.

٥- النتائـج العامة و التوصيات

تم التوصل من خلال البحث الي العديد من النتائج و التوصيات.

٥-١ النتائـج

ساعدت تكنولوجيا النانو علي تحقيق ادارة استهلاك الطاقة في المباني المختلفة من خلال ما يلي :

- ترشيد استهلاك الطاقة و ذلك من خلال التطبيقات التي قدمتها تكنولوجيا النانو لتوفير العزل الجيد بالمباني لتحقيق الراحة الحرارية مثل:
  - عزل الهلام الهوائي (الايروجيل) حيت تتميز بكفاءة عزل عالية تصل إلي ٢-٨ مرات أكبر من المتاحة في مواد العزل التقليدية. كذلك ساعدت علي توفير الطاقة المستهلكة في الاضاءة نتيجة نفاذيها للضوء فيتم الاعتماد علي الاضاءة الطبيعية .
  - الواح العزل المفرغة والتي تصل كفاءتها أكثر ١٠ مرات من المواد التقليدية بالاضافة الي رقة سماكتها مما يساعد علي زيادة المساحات القابلة للاستخدام بالمباني .

كذلك ترشيد استهلاك الطاقة من خلال اضاءات الثنائيات الباعثة للضوء و الثنائيات العضوية الباعثة للضوء والتي يمكن تطبيقها علي الأسطح المرنة لقابليتها للطي.

- تخزين الطاقة و ذلك من خلال تخزين الطاقة الحرارية بالمباني باستخدام المواد متغيرة الطور حيث اثبتت نجاحها في تخزين الطاقة الحرارية لحين الاحتياج اليها مما يساعد علي توفير بيئة داخلية مريحة حرارياً للمستخدمين دون الحاجة لاستخدام المكيفات.
- توليد الطاقه من خلال خلايا الأغشية الرقيقة و كذلك من خلال توربينات الرياح النانوية مما يساهم في توفير الطاقة التي يحتاجها المبني من خلال تحويل الطاقة الشمسية لطاقة كهربية فيساعد ذلك علي عدم الاضرار بالبيئة و الاعتماد علي مصادر الطاقة النظيفة و المتجددة ، و بالاضافة لذلك قدمت تكنولوجيا النانو حلولا متطورة لتوليد الطاقة من الصوت و الحركة .

٥-٢ التوصيـات

يوصي البحث بالآتي:

- ضرورة الأهتمام بتكنولوجيا النانو من خلال عمل المزيد من الجهود و الممارسات البحثية لايجاد العديد الحلول التي يمكن ان تساعد في حل ازمات الطاقة بترشيد استخدامها و الأعتماد علي مصادر الطاقة النظيفة و المتجددة لتجنب الأضرار التي لحقت بالبيئة.
- توفير الوعي للمعماريين بتطبيقات تكنولوجيا النانو في المباني للإستفادة منها لتحسين أداء المباني و لتحقيق الإدارة الفعالة للطاقة من خلال ترشيد و تخزين و توليد الطاقة داخل المباني المختلفة من خلال التشجيع علي عقد المؤتمرات و الندوات .
- ضرورة دراسة كيفية و مدي امكانية تخفيض تكاليف المواد النانوية .

المراجـع

المراجع العربية

{١} أسامة بن جاسم الدريهم، تطبيقات تقنية النانو في العزل الحراري، مقال منشور ، مجلة العلوم والتقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، السعودية ، العدد ٨٤ ، ص ٢٧-٢٩، ٢٠٠٧.

{٢} حيدر سلمان محمد ، سميه محمد عباس، سعاد سلمان محمد، طريقة جديدة لتحضير كبسولات مايكروية لمواد متغيرة الطور المستخدمة في تقليل صرف الطاقة اللازمة لتبريد الأبنية، مجلة إبن الهيثم للعلوم الصرفة و التطبيقية، العدد ٣ ،المجلد ٢٥ ، ٢٠١٢.

المراجع الأجنبية

{3} Alam, M., Singh ,H., Limbachiya, M., Vacuum Insulation Panels (VIPs) for building construction industry – A review of the contemporary developments and future directions, Sustainable Technology Research Centre (STRC), Kingston University, Roehampton Vale, Friars Avenue, London.

{4} Alotaibi,S.,Riffat,S.,Vacuum insulated panels for sustainable buildings: a review of research and applications, International journal of energy research,2014.

{5} Ameer ,S.,et al, Nano Solar Cells: Advantages and Applications, International Journal of Electrical Electronics & Computer Science Engineering, Volume 1, Issue 5 ,PP 20-25,October 2014.

{6} Apel, P., Dubbert, W., Nanotechnology-based lighting systems: organic light-emitting diode (OLED) , Federal Environment Agency(Umweltbundesamt),November 2013, Germany.

{7} Bhusal, P , Tetri, E,and Halonen, L. ,Lighting and energy in buildings, Helsinki University of Technology, Department of Electronics, Lighting Unit, Report 47,Espoo, Finland ,2008.

{8} Elraheb, C, NanoArchitecture Generating electric power in buildings using nanotechnology, University of Alexandria, Faculty of Engineering Department of Architecture. https://www.academia.edu/10005938/NanoArchitecture_generating_electricity_in_buildings_using_nanotechnology.

{9} Elvin, G, Nanotechnology for Green Building,Green technology forum , USA,2007.

{10} energy management and audit, Bureau of Energy Efficiency, https://beeindia.gov.in/sites/default/files/1Ch3.pdf .

{11} Heiduk, E, Examples Of Special Features PH and Phase Change Materials ,2009.available online from https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/0812_ph-summerschool_11_04_ph_and_pcms.pdf

{12} Kieran ,S ., Timberlake, J., Yale Sculpture Building and Gallery,2008.available online from: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ad.853/pdf

{13} Kosny , J,PCM-Enhanced building components An Application of phase change Material in Building Enelopes and Internal structures, Fraunhofer Centre For Sustainable Energy,USA ,2015.

{14} Mukhopadhyaya,P.,Molleti,S.,Vacuum insulation panels (VIPS):An historical opportunity for the building construction industry ,paper, National Research Council of Canada, Ottawa,pp11-18 Canada .

{15} Pool ,M., Insulation of a mixed use building with 7 storeys in Munich with VIP, paper, Proceedings of the 9th international vacuum insulation symposium (IVIS 2009), London, UK, Sept 2009.

{16} Pramathesh,T, Ankur,S, Piezoelectric Crystals : Future Source of Electricity International ,Journal of Scientific Engineering and Technology ,Volume 2 Issue 4, April 2013.

{17} Rai, S, Nano Optimization of Existing Energy System, Journal of International Academy of Physical Sciences, Vol. 16 No. 4,pp373-386,2012.

{18} Rosenthal ,E ,Partying Helps Power a Dutch Nightclub The Times, the Rotterdam Journal ,New York, 2008. http://www.mne.psu.edu/cimbala/me345/Lectures/Piezoelectric_dance_floor.pdf

{19} The Nanotechnology Public Engagement Programme (NPEP), Nanotechnology and Energy, the Department of Science and Technology (DST) and implemented ,The South African Agency for Science and Technology Advancement (SAASTA),February 2011,PP54-78. https://www.npep.co.za/wp-content/uploads/2017/04/npep_fact_sheet_nanotechnology_energy.pdf

مواقع الأنترنت

{20} http://clarkledlighting.com/wdp/energy-savings/ last accessed (14/6/2017 at 1:00 am).

{21} http://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/ last accessed (1/7/2017 at 8:00 pm).

{22} http://kawngroup.com/light-emitting-diodes-led/ last accessed (8/8/2017 at 2:00 pm).

{23} http://sciencepenguin.com/ultralight-material-aerogel/ last accessed (13/6/2017 at 1:00 am).

{24} http://sciencing.com/types-solar-photovoltaic-products-3840.html last accessed (1/7/2017 at 6:00 pm).

{25} http://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/piezoelectric-nanowires-enable-energy-generation-through-sound last accessed (20/7/2017 at 11:00 pm).

{26} http://www.andresalyer.com/new-page-1/ last accessed (25/6/2017 at 11:00 pm).

{27} http://www.beijing-tours.cn/beijing-olympic-garden/national-aquatics-center.html (18/6/2017 at 3:00 pm).

{28} http://www.domusweb.it/en/design/2009/02/05/sustainable-dance-club-rotterdam.html last accessed (28/7/2017 at 2:00 pm).

{29} http://www.kierantimberlake.com/posts/view/137%20/ last accessed (15/6/2017 at 2:00 pm) .

{30} http://www.nanowerk.com/news/newsid=6113.php last accessed (5/7/2017 at 6:00 pm).

{31} http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=18171.php last accessed (21/7/2017 at 10:00 pm).

{32} http://www.sofrigam.com/advantages-disadvantages-vip-insulated-shipping-packaging last accessed (13/8/2017 at 6:00 pm).

{33} http://www.vip-bau.de/e_pages/applications/facade_new/ultraniedrig_muenchen_e.htm last accessed (16/6/2017 at 5:00 pm).

{34} https://bhavikbhansali.wordpress.com/tag/working-principle/ last accessed (20/6/2017 at 10:00 pm).

{35} https://en.wikiarquitectura.com/building/beijing-national-aquatics-center/ last accessed (19/6/2017 at 12:00 pm).

{36} https://theislandpond.com/2016/06/ last accessed (14/6/2017 at 9:00 pm).

{37} https://www.beton.org/inspiration/architektur/objekt-details/wohn-und-geschaeftshaus-seitzstrasse-in-muenchen/ last accessed (7/82017 at 4:00 pm).

{38} https://www.dezeen.com/2008/05/19/nano-vent-skin-by-agustin-otegu/ last accessed (10/7/2017 at 2:00 pm).

NANOTECHNOLOGY APPLICATIONS TO ACHIEVE ENERGY EFFICIENT MANAGEMENT IN BUILDINGS

Prof. Akram Farouk Mohamed Abdel Latif
Professor , Architecture Department , Ain Shams University
Egypt.
dl@drakram.com

Associate Prof. Hazem Mohamed Talaat El-Daly
Associate Professor , Architecture Department , Ain Shams University – Egypt.
hazemeldaly@yahoo.com

Dr. Hala Abdel Moez Mohamed El- Amin
lecturer , Architecture Department, The Higher Technological Institute , 6th of October Branch – Egypt
Hala_waheed2004@hotmail.com

Arch.Asmaa Mohammed Ali Mohammed
Research Assistant, Architecture Department, The Higher Technological Institute , 6th of October Branch - Egypt
Arch.asmaamohammed90@gmail.com

Abstract

Nanotechnology is not just ordinary technology. It is a diverse technological field covering many applications in different fields, especially in construction field. Nanotechnology has introduced many applications that have helped to make large development in architecture to provide solutions to many architectural problems by improving the properties of structural materials such as (concrete, steel and wood) and providing new structural materials with high strength ,In addition to improving the properties of non-structural materials such as (Glass - Coatings - Insulation Materials ... etc.).

Nanotechnology has also helped to achieve efficient energy management through the efficient use of energy by providing new solutions in the areas of rationalization, storage and energy production to conserve energy and rely more on clean and renewable energy sources.

The research paper highlighted in the applications of nanotechnology in the field of energy management in buildings through an analytical study of a number of cases in which advanced nanotechnology applications were used to achieve the thermal comfort for users. Nanotechnology provided insulation materials with characteristic properties that helped to isolate the building well In order to achieve a comfortable internal environment for users. Nanotechnology also provided low-energy and high-efficiency lighting which helped to rationalize energy in buildings in addition to nanotechnology applications in energy storage that provide the ability to use stored energy when needed. Finally, presenting the application of nanotechnology in the energy production field from renewable sources such as sun and wind, and the innovative solutions that provided by nanotechnology through the generation of energy from sound and movement.