JAUES

Journal Of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 11, No. 39, April 2016, 894-903

العمارة والنانو تكنولوجي

رزان إبراهيم أحمد عرفه

قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة – جامعة الزقازيق

ABSTRACT

The "Nanotechnology" caused a revolution in interior design and architecture field , To know the extent of development and the amount of changes happened ,we have to know the role of the "nanotechnology" in developing material which produced in the developing of construction methods , finishing materials and the building`s internal and external form that gives the designer solutions and effects that weren't be existed before , and this surely is like a starting point which its massive effect will appear through the next two decades .

The following we will review the effect of "Nanotechnology" in changing and developing the characteristics of materials used in architecture and interior design, with some mentions of nanotechnology applications.

1 -المقدمة:

أحدثت تكنولوجيا النانو ثورة في مجال العمارة والتصميم الداخلي ولمعرفة مدى التطور ومقدار التحولات الحادثة كان لابد لنا من معرفة الدور الذي تلعبه **"النانوتكنولوجي"** في تطوير تكنولوجيا المواد والذي أدى بدورة إلى تطوير أسلوب الإنشاء ومواد النهو وشكل البناء خارجيا وداخليا مما منح المصمم حلول وتأثيرات لم تكن مطروحة قبلا. وهذا بالطبع هو بمثابة بداية سيظهر أثرها الضخم خلال العقدين القادمين.

وفيما يلي سنستعرض أثر **"النانوتكنولوجي"** في تغيير وتطوير خصائص بعض المواد المستخدمة في مجال العمارة والتصميم الداخلي، مع ذكر بعض تطبيقات النانوتكنولوجي.

1 1 -موضوع البحث والهدف منه:

هناك انجازات ضخمة في مجال تكنولوجيا النانو في جميع المجالات الصحية والالكترونية وغيرها، ولكنها حتى الان غير مترجمة الي انعكاسات تصميمية واضحة في مجال العمارة.

نعاني من مشكلات كثيرة من تلوث هواء وقله في الموارد ونقص في الطاقة، والمباني المشيدة تسهم بنسبة كبيرة في تلك المشكلات.

الهدف من البحث استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير الأداء التصميمي للمباني، من خلال مواد النانو تكنولوجي المختلفة، وتأثيرها المختلف على خصائص المواد التقليدية وتحسينها.

وضع مفاهيم تصميمة قائمة علي أسس عمارة النانو تساهم في إنشاء مباني توفر بيئة صحية داخلية وتعزز من أساليب خفض استهلاك الطاقة والموارد وتراعي سلامة البيئة مع تحاشي المخاطر التي تتوالد في المستقبل.

1 2 -الثورة الرقمية:

بدأت الثورة الرقمية في أواخر الستينات ^{7}من القرن العشرين لتشهد تحولات جذرية عميقة زادت من سرعة عملية الحسابات والاتصالات بحيث لم تعد العوائق التقنية والاعتبارات السياسية والحدود الجغرافية حائلا امام المد التطوري لهذه الخدمة.

1 3 -تأثير الثورة الرقمية وتقنية المواد على الشكل المعماري: -

اختيار مادة البناء مكملة لعملية التصميم المعماري، لان المادة تحقق هدف الشكل المعماري، ولقد أحدثت الثورة الرقمية طفرة في مواد البناء. فأفرزت العديد من مواد البناء الحديثة والمطورة -سواء كانت مواد بناء أساسية أو مواد بناء تكميلية، والتي يؤدى الحاسب الألى فيها دورا مباشرا من خلال البرمجيات المختلفة.

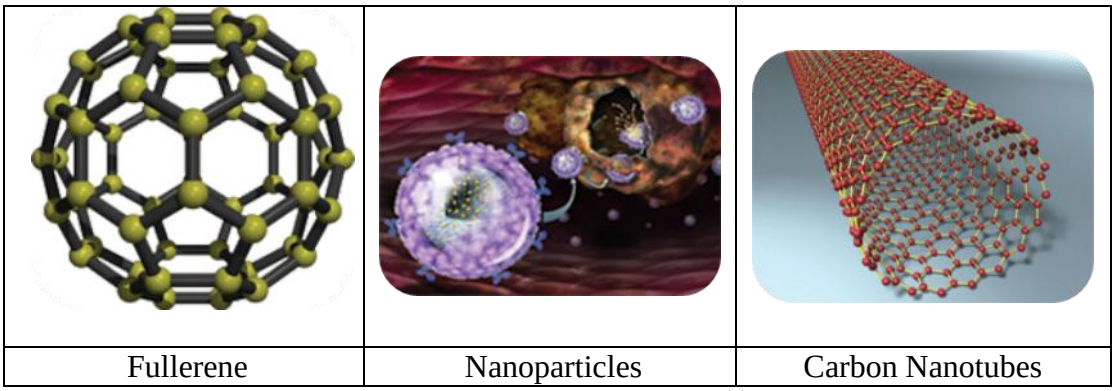
1 4 -النانوتكنولوجي وأثره في تغيير وتطوير المباني:-

تقنية النانو تعتمد في عملها على إعادة ترتيب ذرات المواد وبالطبع كلما تغير الترتيب الذرى للمادة كلما تغيرت خصائصها الناتجة إلى حد كبير(شكل 2).

1 ـ 4 ـ 1 - المواد Materials:

Nanotechnology in Architecture	Materials	structural materials		Non-structural materials
		Concrete		Glass
		Steel		Plastic
		Wood		Daywall
		New Materials		Roofing
	Protection	Filtration, Air purification Indoor air quality - Outdoor air purification		
		Coatings Self-cleaning – Antibacterial		
		Solar Energy	Reduction of energy consumption	Lighting
				Insulation
				VIPs-Aerogel-Thin-film
				PCMs
			Electronics / Sensors	
		Energy Production		

شكل 1 مجالات تأثير تكنولوجيا النانو في المباني[2]



Fullerene	Nanoparticles	Carbon Nanotubes

شكل 2 يوضح الاشكال المختلفة لمواد النانو [11]

1 ـ 4 ـ 1 ـ 1 - المواد الانشائية:

الخرسانة:

الخرسانة النانونية[5] يتم إضافة بعض المواد النانونية لها ليعطيها خصائص اخري او يحسن من خصائصها.

إضافة ثاني أكسيد السليكا الي الخرسانة تحسن تماسك الخرسانة ويزيد قوة تحملها للضغط (شكل 3) ، وتصبح الخرسانة مقاومة للتأكل، كذلك اضافة أكسيد الزنك للخرسانة يحسن مقاومتها ضد الماء ومضاد للأشعة فوق البنفسجية.

شكل 3 يوضح الخرسانة المعالجة بتكنولوجيا النانو [5]

شكل 4 اسمنت نانوي[3]

الاسمنت والمون:

إضافة كميات صغيرة من [3]انابيب النانو الكربونية (Carbon Nano tubes) (CNT) الي الاسمنت (شكل 4) تحسن من خواصها الميكانيكية.

الحديد Steel:

التقدم التكنولوجي [3]الهائل في خصائص الحديد يقلل من التكلفة النهائية، لقد أظهرت الأبحاث ان إضافة النانو نحاس (مجموعة من ذرات النحاس) يقلل من الاجهاد.

المواد الجديدة New Materials

أنابيب النانو كربونية "Carbon Nano tubes"(CNT):

هو أحد تطبيقات تكنولوجيا النانو [6]ووجد أن جزيئات الكربون تأخذ ترتيبا يشبه الأنابيب داخل بعضها البعض وأنها أقوى من مواد البناء التي تم اكتشافها؛ فهي أقوى مائة مرة من الصلب وأخف منه وزنا حوالي 6 مرات.

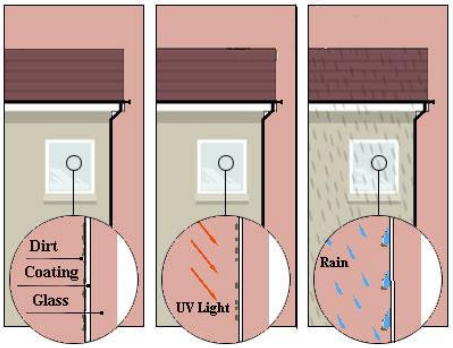
4 ـ 1 ـ 2 - المواد غير الانشائية (التشطيبات):

الزجاج:

1 -ذاتية التنظيف Self-Cleaning

تعود فكرة الأسطح ذاتية التنظيف إلى عام 1970 [10]حيث لاحظ عالم النبات Wilhelm Barthlott تأثير التنظيف الذاتي على أوراق اللوتس (شكل 5و6)، التي يتمتع سطحها بخاصية عدم الامتصاص، وتتشكل عليها المياه على هيئة قطرات وتتدحرج على السطح وتأخذ معها الأتربة الموجودة.

شكل 6 التنظيف الذاتي لسطح نبات اللوتس[10]



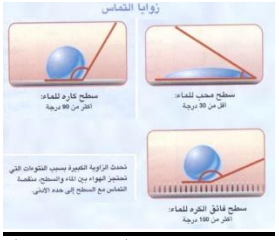
شكل 5 يوضح زجاج ينظف نفسه ذاتيا [10]

2 - سهلة التنظيف Easy-To-Clean

هي أسطح ملساء وانسيابية، نجد أن[10] الأسطح سهلة التنظيف ملساء بحيث يقلل من التصاق قطرات المياه عليها بسبب انخفاض طاقة السطح (شكل 7و8) ولذلك تتحرك المياه بعيدة عن السطح، وتلك الأسطح بالإضافة إلى إنها طاردة للمياه أيضا طاردة للزيوت.

يمكن استخدامها للزجاج والسراميك القريب من غرف الاستحمام وكذلك يمكن طلاء الخشب والمعدن والطوب والخرسانة حتى المنسوجات بطلاء سهل التنظيف.

شكل 8 يوضح الفرق بين الزجاج العادي والزجاج المعالج بتكنولوجيا النانو [9]



شكل 7 يوضح السطح سهل التنظيف لقلة التصاق قطرات المياه عليه [9]

3 - مضادة لآثار البصماتAnti-Fingerprints

عند استخدام الزجاج في [9]الديكور داخل المبني يظهر بهما عيب واضح، وهو ظهور آثار بصمات واضحة جدا وتزيد باللمس المتكرر للسطح، مما يعطي مظهر يدل على إنها قليلة النظافة، يمكن للطلاء المكافح للبصمات (شكل 9) أن يقدم الحل المناسب لهذه المشكلة، سواء كان الهدف لأسباب صحية أو جمالية.

شكل 9 يوضح الفرق بين السطح المعالج ضد البصمات والسطح الذي لم يعالج9

4 - مضادة للانعكاس Anti-Reflective

يستخدم الزجاج[9] المضاد للانعكاس لحل مشاكل الانعكاس، مثل استخدامه في تصميم الصناديق الزجاجية التي تعرض المعروضات في المعارض والمتاحف.

في مقياس النانو نجد أن الأسطح المضادة للانعكاس شفافة، وتتركب من جزيئات أصغر من الطول الموجي للضوء المرئي، لذلك هي شفافة.

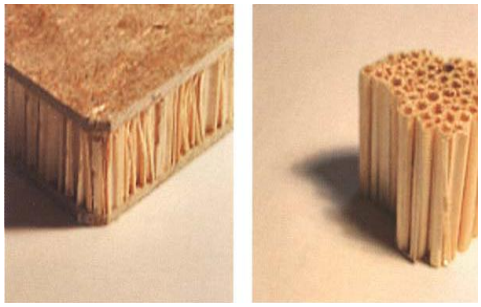
5 - مضاد للضباب Anti-Fogging

ساعدت تكنولوجيا النانو [9]علي جعل الرؤيا واضحة من خلال طلاء رفيع جدا من ثاني أكسيد التيتانيوم Tio2 وبالتالي نجد ان شكل الماء المتكثف على المسطح عبارة عن غشاء أو طبقة رفيعة السمك من المياه بدلا من قطرات الماء ولكنها غير مرئية، مما يعطي مظهر واضح خالي من الضباب.

من أكثر الأسطح التي يمكن تطبيق هذا الطلاء عليها هي مرايا الحمام كذلك الأسطح الزجاجية في الغرف المكيفة، ويمكن ان يطبق على الواح البلاستيك.

6 - مقاومة الحريق Fire-Proof

أنتجت شركة ديغوسا الألمانية [9]مادة Aerosil من المادة الخام Pyrogenic Silicic Acid وهي تستخدم كمادة مالئة لمواد متعددة(شكل 10)، ويتوقف ذلك على المدة المطلوبة لمقاومة الحريق، تتميز المادة بانها خفيفة الوزن وسمكها صغير وتظل بنفس الشكل طول فترة مقاومتها للحريق.



شكل 10 يوضح مادة Aerosil كمادة مالئة لمقاومة الحريق[9]

البلاستيك:-

بتغيير ترتيب الذرات في مواد اللدائن [11]أمكن تحويلها من مادة عازلة للكهرباء إلى مادة موصلة أو شبه موصلة حسب الترتيب الذرى وحسب الغرض من الاستخدام، وبذلك أمكن طلاؤه بالطريقة الكهروكيميائية واستخدامه في العديد من التطبيقات في مجال التصميم الداخلي على سبيل المثال لا الحصر أستخدم فيما يسمى " بالشاشات الثلجية"The snow screen" التي تستخدم في واجهات المحال التجارية.

الاقمشة والمنسوجات:-

إنتاج نسيج ذكي [11]يعتمد هذا النسيج في تصنيعه على النانو تكنولوجي أطلق عليه " Elec – Tex" ويتميز إنه يمكن طيه، غسله أو خياطته ويكمن سر هذا النسيج في الطبقات الخمس الرقيقة التي يتكون منها فالطبقتان الخارجيتان من مادة شبيهة بالنايلون لحماية النسيج والإبقاء علية فترة أطول أما الطبقتان الداخليتان فتحتويان على الكربون وبداخلهما طبقة أخرى موصلة للكهرباء ويمكن دمج أجهزة صغيرة فيه للتحكم في الإضاءة وأجهزة التكييف.

4-1-2 - الحماية

4-1-2-1 - تنقية الهواء Filtration, Air purification

منقي الهواء Air-Purifying

تحلل الملوثات والروائح كيميائيا [4]إلى مكوناتها الأساسية غير الضارة، ولكن لا تحل محل التهوية، بل تحسن نوعية الهواء. أي أن منتجات تقنية الهواء باستخدام تكنولوجيا النانو لا تنقي الهواء بشكل كامل. وتستخدم تكنولوجيا تنقية الهواء على نحو متزايد في المنسوجات والدهانات.

4-1-2-2 - الدهانات

1 -مقاومة الرسوم على الجدران Anti-Graffiti

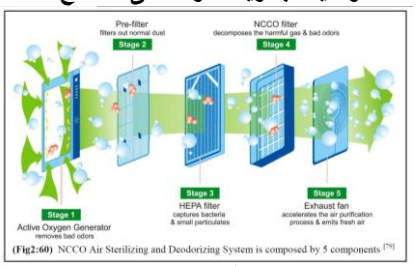
الهدف من المواد المقاومة لثبات الرسم[4] على الجدران هو حماية المباني من الرسومات القبيحة، وقد وفرت تكنولوجيا النانو وسيلة جديدة لحماية المباني القائمة من الرسومات، وهو الطلاء المقاوم للرسم عليه. وهي مادة فعاله ولديها خواص مضادة للمياه، مما يعني انه يمكن إزالة الرسومات بسهولة.

2 -مضادة للبكتريا Anti-Bacterial

شكل 11 يوضح أحد المستشفيات وكمية البكتريا الملوثة على الاسطح[4]

تكنولوجيا (Nano-Confined Catalytic Oxidation) (NCCO) (شكل 12) هي [4]افضل حل لتنقية الهواء من الملوثات من فيروسات وبكتريا دون انبعاث أي نوع من الاكسدة. كذلك تتميز أسطح Photocatalytic بان لها تأثير مضاد للبكتريا نظرا لقدرتها على تحليل المواد العضوية إلى مهملات وأتربة، ويتحقق ذلك بمساعدة جزيئات الفضة في مقياس النانو Silver Nanoparticles والتي لديها خواص مقاومة للميكروبات، ونجد أن التأثير المضاد للبكتريا هو تأثير دائم لا يزول بعد فترة محددة من الزمن.

كما تستخدم [9]فتائل النانو في صناعة اقمشة مقاومة للبقع تقلل من المواد الكيميائية المستخدمة للتنظيف ويستعين عدد كبير من مصانع الغزل والنسيج في جميع انحاء العالم بتكنولوجيا النانو في تصنيع اقمشة وقطع اثاث من خلال استخدام TIO_2 ، كل ذلك ادي الي انخفاض في استخدام المطهرات والمنظفات.



شكل 12 يوضح طريقة عمل طلاء المضاد للبكتريا6

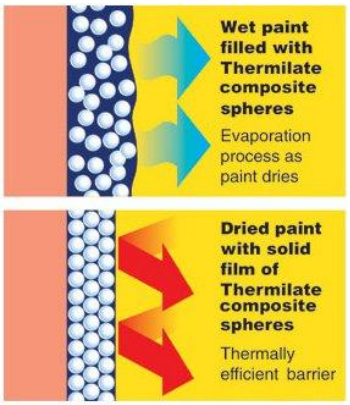
3 -ضد الخدش ومقاومة للتاكل Scratch Proof and Abrasion Resistant

وفرت تكنولوجيا النانو إمكانية تحسين مقاومة الخدش مع [11]الحفاظ على الشفافية، وتطبيقها على مختلف أنواع المواد مثل الخشب والمعادن والسراميك.

تتميز هذه الدهانات بتوفير البريق الدائم للأسطح مع المحافظة على الملامح الأصلية للسطح وعلى جماله.

4 -طلاء الطاقة Insulated Paints:

يتركب من كرات [11]مفرغة صغيرة جدا من السراميك (شكل 13)، بحيث تعمل كرات السراميك على توفير الطاقة بالعزل الحراري، يستخدم الطلاء العازل على الجدران الخارجية والداخلية، وتزداد فاعليته على الجدران الخارجية حيث يمنع انتقال واكتساب حرارة الشمس الزائدة.



شكل 13 يوضح طريقة عمل الطلاء العازل [11]

5 -حماية من الترددات المغناطيسية Anti-electronic magnetic field:

استطاع العلماء تصنيع بودرة النانو ألمونيوم" aluminum nano powder [8]من سبيكة الألمونيوم عن طريق عملية تكثيف بخار الألمونيوم بعد تعرضه لطاقة حرارية عالية جدا، فحصلوا بذلك على مسحوق على درجة عالية جدا من النقاء. يستخدم كطلاء سطحي عالي الأداء يتراوح سمكه ما بين 1,5 : 10 نانومتر ولشدة نقاءه فهو يماثل معدن البلاتين ويعتبر بديلا عنه هذا بالإضافة إلى أنه يمثل طبقة حماية من الترددات الكهرومغناطيسية.

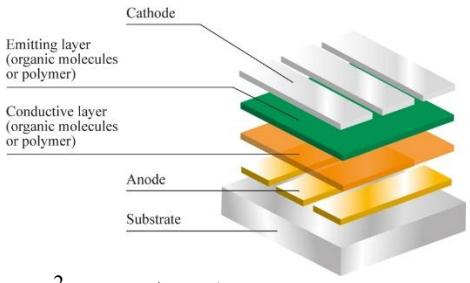
3 2 1 4 - الطاقة الشمسية Solar Energy:

الإضاءة Lighting

يمكن باستخدام تقنيات النانو تقليل استهلاك الطاقة الناتجة من الإضاءة باستخدام Organic light-emitting diode (OLED)، وبذلك يمكن استبدال الإضاءة العادية ب (OLED) ذات الكفاءة العالية والعمر الأطول (شكل 14 و 15).

Light-emitting walls and ceilings

شكل 15 يوضح حوائط وأسقف مشعة [8]

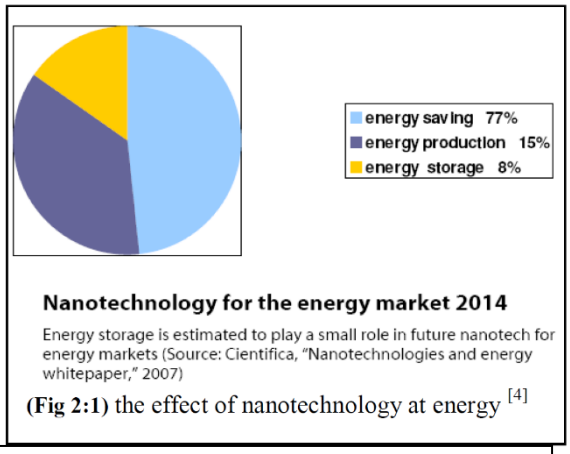


شكل 1 يوضح طبقات (OLED) [2]

العزلInsulation

1. العزل الحراري Thermal Insulation:

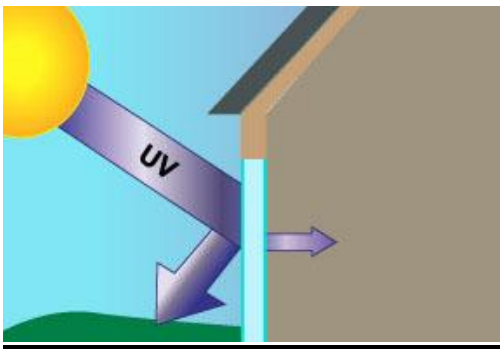
تتميز الواح عزل الفراغ بتوفيرها عزل حراري جيد[9]، وسمك ارفع من مواد العزل التقليدية، وبمقارنتها بالمواد العازلة التقليدية مثل البولي سترين فسنجد أن التوصيل الحراري لديها يقل لأكثر من 8 إلى 10 مرات تقريبا من مواد العزل التقليدية، سمك الواح العزل بتكنولوجيا النانو من 2 مم إلى 4 مم، يمكن استخدام الواح عزل الفراغ في المباني الجديدة وفي أعمال تجديد والتغيير في المباني، عمر الواح العزل الافتراضي يتراوح بين 30 و50 عاما.



(Fig 2:1) the effect of nanotechnology at energy [4]

شكل16 Nanotechnology for Green Building: by Dr. George Elvin (2009)

2. الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV Protection



شكل 17 يوضح ديجرام لتقليل دخول الاشعة فوق البنفسجية لداخل المبني11

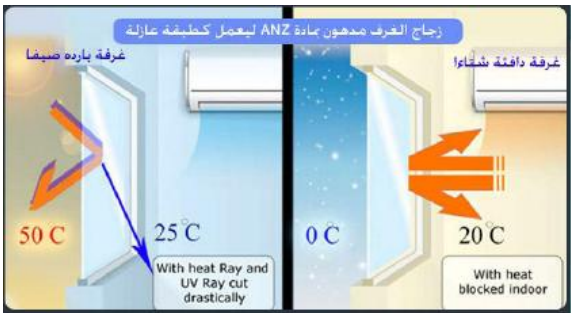
قد تسبب الأشعة فوق البنفسجية [11]الضارة في تلف بعض المواد وتغير لونها مثل الخشب.

بطلاء الحماية من الأشعة فوق البنفسجية المعالج بتكنولوجيا النانو (شكل 17)، يتكون من بلورات وجزيئات بالغة في الدقة كروية الشكل بدون فراغات مرتبة بشكل هندسي دقيق تعمل على تشتيت وعكس اشعة الشمس وحرارتها، وبالتالي تنخفض درجة الحرارة الداخلية للسطح المدهون عن الدرجة الطبيعية بفارق يزيد عن 20 درجة مئوية، ويتميز بالشفافية لذلك يحافظ على لون وشكل المواد.

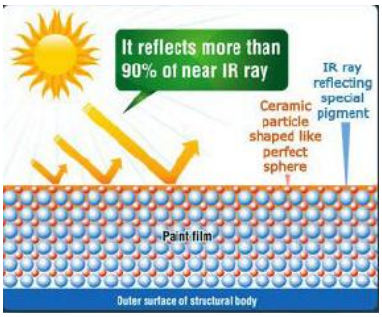
3. الحماية من أشعة الشمس Solar Protection

وفرت تكنولوجيا النانو وسائل جديدة لدمج[11] زجاج الالتروكروميك Electochromatic في المباني، (شكل 18 و 19) يحتاج إلى طاقة شمسية لإحداث التحول من الشفافية إلى الإعتام وبتغيير لونه يتغير مقدار

انتقال الضوء، ومرة أخري يأخذ مقدار صغير من الطاقة الشمسية ليعود لوضعه الأصلي وهو الشفافية، تتطلب عملية تغيير اللون في طلاء النانو اقل قدر من الطاقة الشمسية، وعملية التحول في حد ذاتها لا تتطلب أكثر من بضعة دقائق.



شكل 18 يوضح دهان الزجاج بمادة عازلة للحرارة صيف تنفذ الحرارة شتاء[11]



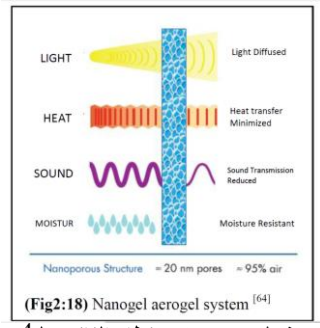
شكل 19 ديجرام يوضح انعكاس أشعة الشمس[11]

4. تنظيم درجة الحرارة (مواد متغيرة الحالة) PCMs

Temperature Regulation: Phase Change Materials

تقوم هذه المواد بتخزين[9] الطاقة بشكل وذلك عند تغير الحالة الفزيائية للمادة من حالة إلى أخرى، سواء من الصلبة إلى السائلة أو السائلة إلى الغازية (شكل 20و21)، وتقوم على نحو فعال بوظيفة العزل، يمكن استخدامها لتنظيم درجات الحرارة في المبني، وذلك بتوفير الدفء أو البرودة، فهي تطلق الحرارة الكامنة عند انخفاض درجة الحرارة.

شكل 21 يوضح استخدام الزجاج المتغير الحالة من المعتم للشفاف [4]



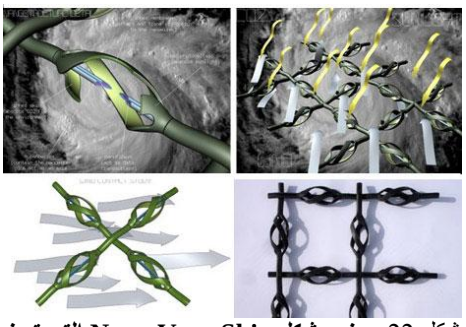
شكل 20 يوضح نظام النانوجيل[4]

Electronics / Sensors

الهيكل الخارجي Nano Vent-Skin:

هو هيكل مثل الجلد [1]في جسم الإنسان (شكل 22)، يتألف من توربينات رياح مصغرة مصنوعة من الكائنات الحية الدقيقة التي تولد الطاقة من الرياح وأشعة الشمس.

الجلد الخارجي يمتص اشعة الشمس من خلال طبقة ضوئية عضوية ويحولها الي الياف نانونية ثم يتم ارسالها الي وحدة تخزين في نهاية كل لوحة.



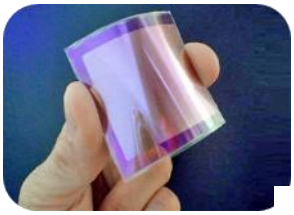
شكل 22 **يوضح شكل Nano Vent-Skin التي توضع على الهيكل الخارجي للمبني[1]**

التوربين يولد طاقة من خلال التفاعلات الكيمائية، والهندسة الحيوية ***Bioengineered organisms*** هي المسئولة عن ذلك.

الطبقة الداخلية للتوربين مصنوعة من طبقة حيوية تعمل كمرشح لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من البيئة من خلال الهواء المار به، وكل توربين يحتوي علي Sensor في حالة العطل يتم ارسال عبر الياف نانوية للمركز حتي يتم التصليح الذاتي لهذا العطل.

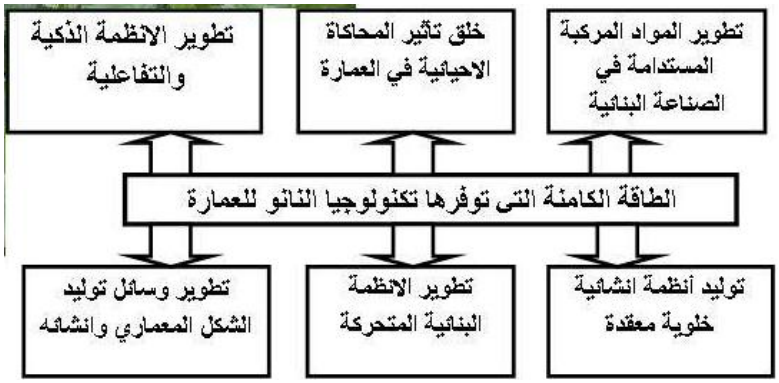
انتاج طاقة Energy Production

الخلايا الشمسية النانونية NanoSolar Cell:



شكل 23 يوضح خلية شمسية نانونية [4]

توليد الكهرباء مباشرة من [4]الأشعة الشمسية (شكل 23) بواسطة الخلايا الشمسية النانونية. تحسين إنتاجية الخلية في نطاق الضوء المرئي للطيف بنسبة 50 في المائة والتقليل من السعر لكل وات بنسبة 33%



شكل 24 الطاقة الكامنة التي توفرها النانوتكنولوجي للعمارة

5 1 -النتائج:

1 -النانو تكنولوجي ليس علما حديثا ولا تكنولوجيا حديثة، هو اتساع لمدي العلوم والتقنيات التي تم تطويرها لعدة سنوات.

2 -تأخذ تكنولوجيا النانو مواد البناء الداخلية الي مستويات جديدة من حيث الأداء في مجالات الطاقة والضوء، نجد ان مواد النانو حققت عدة نقاط هي الجانب الجمالي والوظيفي والاقتصادي والبيئي.

3 -خواص مواد النانو: وهي متعددة وتقسم مواد النانو أيضا وتحدد استخداماتها، وهي تساعد مواد النانو في الحفاظ على البيئة، وهي متعدد منها مواد ذاتية التنظيف والمواد المنقية للهواء وغيرها.

4 -عند استخدام تكنولوجيا النانو يمكن الجمع بين الذكاء والاستدامة في وصف المبني، حيث ان بعض جوانب التكنولوجيا الذكية توفر أفكار وتكنولوجيات تحقق نتائج الاستدامة.

5 -عدم وجود قيود في الفكر التصميمي لاستخدام تقنية النانو والاستفادة من مميزتها، باستخدامها سواء في مباني تراثية او حديثة او مباني عامة او خاصة.

6 -ومازالت التطبيقات تتوالى في مجال النانوتكنولوجي، فنحن على ضفاف بحر واسع من العلم المخزن وغير المكتشف بعد ...اكتشاف جديد يوميا في هذا المجال يفتح أمامنا العديد من الآفاق والدروب من أجل استخدامات واختراعات وتحسينات لانهائية للمواد والصناعات في مختلف المجالات.

6 1 -التوصيات:

1 -الحاجة الي زيادة البحث العلمي في وقتنا الحاضر، حيث أصبح العالم في سباق للوصول الي أكبر قدر ممكن من المعرفة الدقيقة المثمرة التي تكفل الراحة والرفاهية للإنسان.

2 -بناء قاعدة بيانات لتقنيات النانو، تقوم على حصر أبحاث وتقنيات النانو المنجزة والتي قيد التنفيذ، اتفاقات التعاون مع الدول المتقدمة في مجال أبحاث وتطبيقات النانو تكنولوجي، والبرامج الوطنية لتقنيات النانو في الدول العربية.

3 -المناهج التي يتم تدريسها تلعب دورا كبيرا في خلق جيل من المعماريين على دراية بما يحدث في العمارة العالمية، لذا يجب تدريس الأنظمة التكنولوجية الحديثة المستخدمة في المباني كمادة تدرس مثل التصميم والانشاء المعماري علي مستوي الجامعات والكليات المعمارية.

4 -إمكانية استيعاب تكنولوجيا النانو وتطويعها وفقا لمتطلبات برامج التنمية في الدول العربية، وتهيئة التشريعات والإدارات الحكومية في البلدان العربية والقوانين الخاصة بتطبيقات النانو عربيا.

5 -عمل توعية للمعماريين بأهم الأفكار والخطوط العريضة المتعلقة بتكنولوجيا النانو، حتى يعي المعماري في هذا الوقت بأهمية الوعي بتكنولوجيا النانو كأداة مؤثرة على الفكر المعماري.

6 -عرض فكرة استخدام تكنولوجيا النانو على مستوي المشاريع القومية الكبيرة ذات الميزانيات الضخمة وتحت رعاية مؤسسات الدولة.

المراجع:

1- A. Mohamed**, "Zero Carbon Architecture - The Future Challenges & The Nanotechnology Solutions",** Master of Engineering, Faculty of Engineering, University of Alexandria, Egypt, 2010.

2- Abeer, Mohamed, **"Nano-Innovation in Construction, a New Era of sustainability"**, International conference on Evironment and civil engineering, Pattaya, Thailand, 2015.

3- Erikm, Bakker, **"Nanotechnology and human health in the construction industry"**, IVAM BV, Amsterdam, Netherlands, 2008.

4- Faten, Fouad**, "Nanoarchitecture & Sustainability",** Master of Science, Faculty of Engineering, University of Alexandria, Egypt, 2012.

5- M. Fahmy**, "Nanomaterials & Architecture "Sustainable Nanoarchitecture",** Master of Engineering, Faculty of Engineering, University of Alexandria, Egypt, 2010.

6- T.Pradeep, **"Nano The Essentials: Understanding Nanoscience and Technology",** McGrew Hill, Ohio, USA, 2008.

7 - انجي، عرابي، **"الاتجاهات المعاصرة في العمارة – على ضوء العمارة الرقمية"**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2010.

8 - ايمان، شيحه، **"منهجية استغلال أسطح المباني لتحقيق الاستدامة العمرانية بالمناطق المزدحمة – جدوى استخدام النانوتكنولوجي كمدخل متطور للمعالجة"**، رسالة دكتوراه، كلية هندسة المطرية، جامعة حلوان، مصر، 2014.

9 - ايهاب، دابوه، **"المفهوم الشامل للمعمار في ظل التقدم التكنولوجي والعلمي في القرن الواحد والعشرين"**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2010.

10 - حنان، حسين، **"تطبيقات تكنولوجيا النانو – في تصميم مسكن نانو مقترح"**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2012.

11 - محمد، الإسكندراني، **"تكنولوجيا النانو – من اجل غد أفضل"**، عالم المعرفة، الكويت، الكويت، 2010.