JAUES

Journal of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 13, No. 47, April 2018, 597- 604

استخدام التقنيات الحديثة في تطوير الإضاءة الطبيعية بالفراغات الداخلية

نشوى يوسف عبدالحافظ

قسم الهندسة المعمارية بمعهد أكتوبر العالي للهندسة و التكنولوجيا بالسادس من أكتوبر

ABSTRACT :

The designer recognizes the effective role of environmental elements - especially natural lighting - in reaching a successful design that achieves the best performance. Natural lighting goes to the core of the architect's thinking; it could also inspire Architects different forms of spaces, colors and textures. There are many modern styles that help the architect to make his own decisions for design of building and how to take advantage of natural light inside buildings. These styles aim to increase certain consideration of the environment and propose different improvements in ecosystems such as thermal insulation, exploitation of natural energy sources and attention to natural lighting systems and building materials. Many Changes had been made to the external openings, to achieve better performance of the quality of glass and to increase the transmission of the light level with the efficiency of protection from solar radiation. There are many solutions that provide different levels of natural lighting. Hence the role of research in showing some of these modern styles and its role in helping to reach the suitable environmental design for natural lighting

Key words: Natural lighting - Modern styles

ملخص البحث :

يدرك المصمم ما للعناصر البيئية ولا سيما الإضاءة الطبيعية من دور فاعل في الوصول إلى تصميم ناجح يحقق أفضل أداء إستخدامي، فالإضاءة الطبيعية تذهب إلى صميم عمل المعماري فيستعين بها للإيحاء بشكل الفراغات ولونها وملمس سطوحها.

وهناك العديد من الأساليب الحديثة التي تساعد المعماري علي إتخاذ قراراته التصميمية الخاصة بتصميم المبنى وكيفية الإستفادة من الإضاءة الطبيعية داخل المباني، وهذه الأساليب تهدف إلى زيادة إحترام البيئة وتفترض تحسينات في النظم البيئية من العزل الحراري وإستغلال مصادر الطاقة الطبيعية والإهتمام بنظم الإضاءة الطبيعية والمواد البنائية.

وقد مر التطور في تصميم الفتحات الخارجية بالعديد من التطورات وصولاً إلي تحسين نوعية الزجاج وزيادة إنتقال مستوي الضوء مع الكفاءة في الحماية من الإشعاعات الشمسية وهناك العديد من الحلول التي توفر مستويات مختلفة من الإضاءة الطبيعية. ومن هنا يبرز دور البحث في إظهار بعض هذه الأساليب الحديثة و دورها في مساعدة المعماري علي التصميم البيئي المناسب للإضاءة الطبيعية .

الكلمات الدالة : الإضاءة الطبيعية – التقنيات الحديثة.

1- تقديم :

تحقق الإضاءة الطبيعية الراحة النفسية والبصرية لدى الكثيرين خلال اليوم، فهى توفر قدر معقول من الظلال و حداً أدنى للإنعكاسات المزعجة وإضاءة ممتازة للأسطح الرأسية، ونجد أن تنوعها التدريجي على مدى ساعات النهار يؤدي إلى تأقلم العين لكمية الضوء دون مجهود.

وفي ظل التقنيات الحديثة الموجودة حالياً فلابد من التكامل بين النظم الضوئية الطبيعية والتقنيات الحديثة لها وذلك من خلال إبتداع بعض الأساليب التصميمية المبتكرة و الحديثة والتي تساعد علي الإعتماد علي الإضاءة الطبيعية مع إستخدامها للنظم البنائية الحديثة سواء عن طريق الأشكال الهندسية أو مواد البناء. فيما يشكل ذلك مدخلاً أساسياً للطرح البحثي المعني بتدقيق العلاقة بين نظم الإضاءة الطبيعية والتقنيات الحديثة لإستخدامها وذلك بما يرتبط بإشكالية أساسية تأتي من أنه لا يوجد إهتمام كبير بالترابط والتكامل بينهما.

2- هدف البحث :

يمكن صياغة الهدف الرئيسي للبحث في تركيز طبيعة العلاقة بين نظم الإضاءة الطبيعيه والتقنيات التكنولوجية الحديثة ودورها في دعم وتأكيد الترابط والأخذ بنهج شامل بيئي وتكنولوجي لتصميم المبني.

3- محددات البحث :

يتعرض البحث لطرح فكرة الترابط بين نظم الإضاءة الطبيعية و التقنيات الحديثة في المباني و ذلك من خلال بعض الأفكار الموجودة لتصميم الواجهات والأسقف وإستغلالهم للإضاءة الطبيعيه من خلال التصميميات والتشكيلات الخاصه بالوحدات التي ينتقل من خلالها الضوء إلى الفراغات الداخليه في المباني .

4- أنظمة الإضاءة الطبيعية :

يكون إعتماد وسائل الإضاءة الطبيعية من خلال :

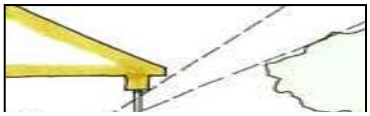
أ – تطبيق أساليب الإضاءة التقليدية :

- الإضاءة الجانبية : ويتوقف التوزيع الفعلي لشدة الإضاءة داخل الفراغ علي :

1- قوة عكس الأسطح : عن طريق عكس الإضاءة الطبيعية إلي عمق كبير داخل الفراغ للحصول علي إضاءة أفضل عند نهو السقف بمادة ذات قوة عكس عالية .

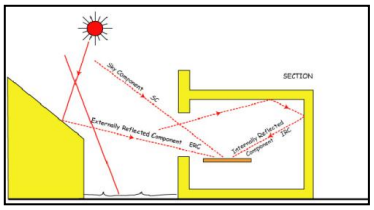
2- عمق الفراغ : فتقل شدة الإستضاءة كلما بعدت المسافة عن الشباك ويمكن الإعتماد علي الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ حتي مسافة من 6 إلي 7.5 متر من مصدر الضوء، وهذا يتوقف علي شكل الفتحات ومسطحها .

3- موضع الفتحات : يسمح الشباك كبير الإرتفاع بدخول الضوء إلي عمق أكبر من الشباك صغير الإرتفاع مع ثبات الحجم، لذا ينصح بإستخدام العواكس في إسقاط الأشعه الضوئية إلي مسافات أعمق داخل الفراغ وذلك بعكسها علي السقف الأرضية الخارجيه.



شكل (3) تعتمد الإضاءة الطبيعية علي مقدار الإنفتاح علي السماء الخارجية (نفس المرجع السابق)

4- نوع الزجاج المستخدم في الفتحات : فيؤثر نوع الزجاج المستخدم في الفتحات علي الإضاءة الداخلية للغرف وينصح في الأدوار تحت منسوب سطح الأرض أو العميقة بإستخدام الزجاج الشفاف ذي النفاذيه العالية 100%، أما في الفراغات التي تطلب الخصوصية يمكن إستخدام زجاج مصنفر عالي الجودة ذو النفاذية العالية. وبالنسبة للفراغات التي تطلب الحماية فيمكن إستخدام زجاج مصقول مسلح.



شكل (4) تأثير مواد النهو والتشطيب علي كمية الإضاءة (نفس المرجع السابق)

5- نهو الأسطح الداخلية والخارجية : وهو من أهم العوامل التي تساعد علي التحكم في الضوء، فالأسطح ذات الألوان الفاتحة تعكس الضوء وتوزعه بإنتظام كما تقلل من شدة اللمعان الذي قد يكون متعباً للعين. ويشكل السقف أهم عنصر مؤثر في توزيع الإضاءة المنعكسة، ومن المفضل أن يكون فاتح اللون ويفضل الأبيض، أما الأرضية فهي ليست ذات تأثير كبير وهي بذلك تعطي حرية للمصمم في إستعمال الألوان مع مراعاة تجنب التباين الشديد المرهق للعين.

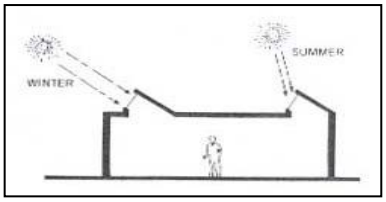
وكلما زادت إنعكاسية الأسطح الداخلية لمواد النهو الداخلية كلما قل إمتصاص الضوء مما يؤدي إلي إنخفاض الكمية المطلوبة لإضاءة الفراغ، ومن الأسطح ما يعكس الأشعة موزعة مثل الورق المصقول ومنها ما يعكس الأشعة دون توزيع مثل المرآه.

ب- الإضاءة السماوية :

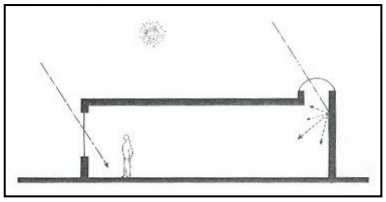
لتوزيع الإضاءة توزيعاً منتظماً علي فتحة الإضاءة السماوية تكون كالتالي :

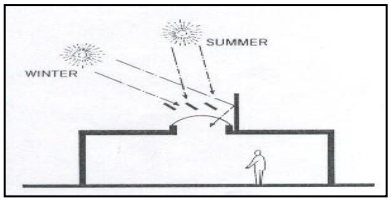
إذا كانت الفتحة أعلي الحائط توضع أعلي الحائط الشمالي وذلك حتي يعكس الحائط الضوء ويعطي إحساس بوضوح كبر الفراغ ، شكل (أ)، ولتحسين وإتزان الإضاءة تستخدم درجة ميل في الصيف والشتاء (ب)،

وإستخدام المظلات والعاكسات لتحسين الإضاءة الطبيعية شكل (ج) .



شكل (5) إستخدام الميول للحصول علي أكبر كمية إضاءة e.a.kandeel-2012

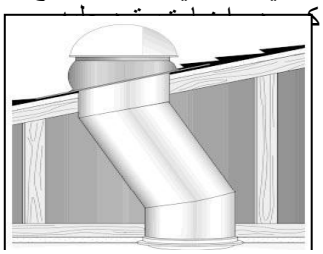


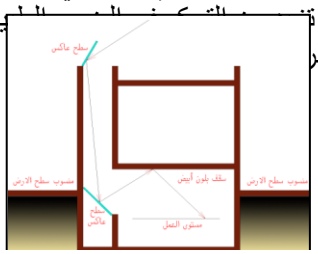


شكل (6) إستخدام العاكسات لتحسين كمية الإضاءة الداخلة ، (نفس المرجع السابق)

جـ - أنظمة الإضاءة الطبيعية المدمجة :

تعتمد الأنظمة المدمجة لجلب الضوء الطبيعي للفراغات العميقة علي هدفين وهما : إدخال الضوء الطبيعي إلي الفراغ، والتحكم والتوزيع لضوء الشمس المباشر لتستخدم كمصدر ذو كفاءة في الإضاءة.. ويمكن أن تستغل تكنولوجيا إستخدام الضوء الطبيعي في زيادة مستوى الضوء الطبيعي في الأماكن البعيدة عن مصدر الضوء (العمق في الإتجاه الرأسي و الأفقي أو تحت سطح الأرض) وتحسين إنتظام توزيع الضوء داخل الفراغ كما ت
ويصلح لنشاط معين مع التقليل من الإبهار ومشاكل عدم الر





شكل (7) إستخدام الأنبوب الضوئي و المواد العاكسة e.a.kandeel-2012

1- الإستخدام السلبي :

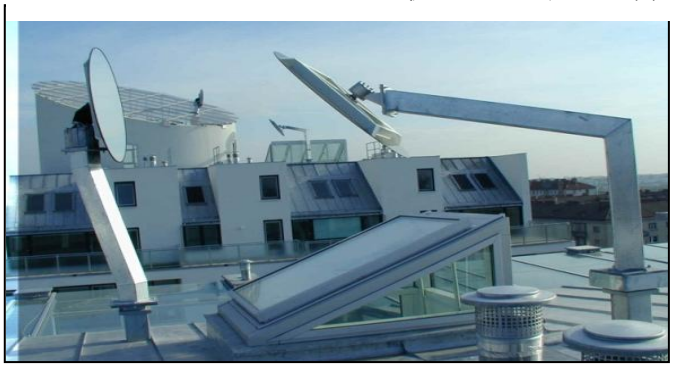
ويعتمد أساساً علي البصريات الشمسيه في إستقبال أكبر قدر من الضوء من قبة السماء لتعويض الفقد في إنتقال الضوء.

2- الإستخدام الإيجابي :

يعتمد هذا النظام علي تتبع مسار حركة الشمس للحصول علي أكبر قدر من ضوء الشمس الطبيعي المباشر، ويتحكم في طريقة التتبع لحركة الشمس أتوماتيكياً بواسطة بعض الحساسات مع ساعة داخلية.

3- نظام نقل الضوء :

وهو يقوم بنقل الضوء الخارجي إلي الباعث الداخلي، وله أنواع عديده ولعل النوع الأساسي هو الأنبوب ذو المرايا الداخلية

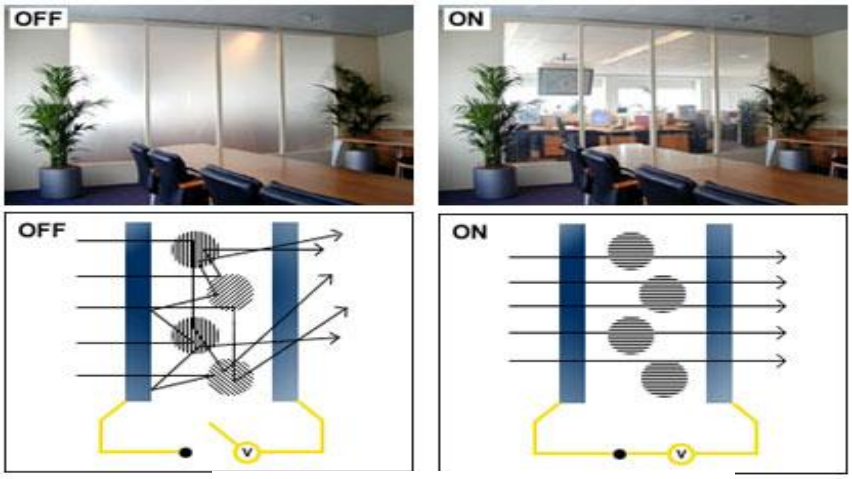


شكل (9) نظام نقل الإضاءة www.google.com

الذي يعكس ويكسر أحزمة الضوء إلي الأماكن المطلوبة، و تعتمد كفاءة هذه العملية للشعاع الساقط علي النسبة بين طول ومقطع الأنبوب، فكلما زاد عدد الإنعكاسات للشعاع الضوئي وقل المقطع وزاد الطول أصبحت نسبة الضوء المفقودة عالية.

شكل (9) نظام نقل الإضاءة www.google.com

5- الزجاج الذكي :
ويسمى أيضاً بالزجاج المتحول أو النوافذ الذكية، وهو زجاج قابل للتحويل كهربائياً ويغير من خصائص نقل الضوء عند تطبيق الجهد. وهذه الأنـــواع المعينة من الزجاج الذكي تتيح

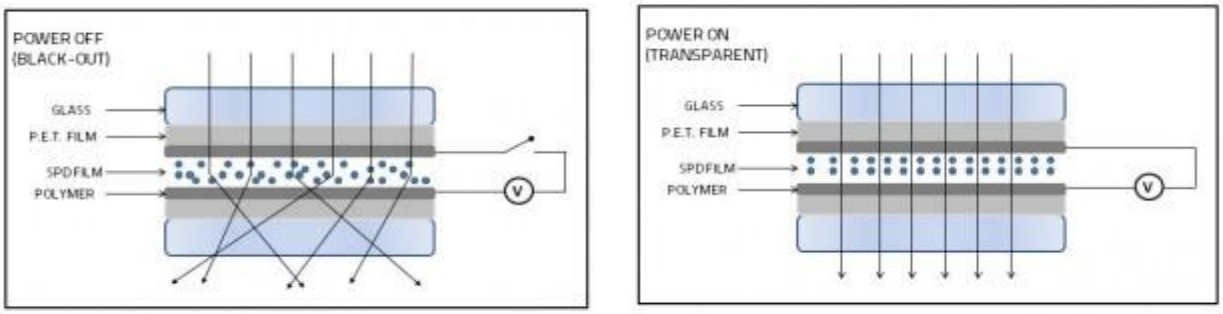


شكل (10) النوافذ المتحولة الذكية

للمستخدمين التحكم في كميــة الضــوء وبالتــالي الحــرارة فيتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف ويمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئي مع الحفاظ على الضوء واضحاً من خلال الزجاج. وهناك نوع آخر من الزجاج الذكي يوفر خصوصية تامة عند تفعيله. وتقنيات الزجاج الذكي تشمل الأجهزة الكهربائية ، وأجهزة الجسيمات المعلقة والستائر الدقيقة وأجهزة البلورات السائلة. وهو أيضاً يساعد على خفض التكاليف .

وتعتمد فكرة عمل النوافذ الذكية في التحكم بمرور الضوء من خلالها علي أحد الظواهر الفيزيائية الكثيرة التي تستجيب للضوء فهي تتحكم بكمية الضوء المطلوب علي وفق الحاجة ويمكن أن تعتمد فكرتها علي العديد من الطرق والوسائل التكنولوجية التي تعتمد علي مواد تتغير خواصها الضوئية من ناحية الإمتصاص أو الإنعكاس مع تغير فرق الجهد المطبق إضافة إلي ذلك فإنها تسهم بشكل كبير في تقليل إستهلاك الطاقة من خلال تأثيرها في تقليل الكسب الحراري المباشر، وبإستهلاك قليل من الطاقة الكهربائية المطلوب تشغيلها ، ومن الملاحظ أن النوافذ الذكية بأنواعها المختلفة تستهلك طاقة كهربائية قليلة جداً مقارنةً بتأثيرها في تقليل أحمال التبريد .www.refr-spd.com

وفيه عندما يعمل التيار الكهربي علي الفيلم يعمل علي تشكيل الجسيمات المعلقة و يمر الضوء من خلاله ويساعد علي الحماية من الأشعة الفوق بنفسجية الضارة ، و عندما يتم تشغيل التيار الكهربائي خارج القضيب أو الفيلم يعمل علي عشوائية الجسيمات والتي تعمل علي حجب الضوء .



شكل (11) تشكيل وعشوائية الجسيمات ومدي تأثيرها علي تغيير لون الزجاجthewere42.wordpress.com/category/lighting

إذن تمت معالجة الزجاج بواسطة غلاف مكون من طبقات، عندما يتعرض لفولت منخفض يحدث تغير كيميائي يؤدي إلي تحول في درجة شفافية الزجاج .faculty.ksa.edu.sa

شكل (12) الخصائص الثلاثة للتظليل للزجاج الذكي www.smartglassinternational.com

6- تكنولوجيا النوافذ الذكية :

تعتمد فكرة عمل النوافذ الذكية في التحكم في مرور الضوء من خلالها على أحد الظواهر الفيزيائية الكثيرة التي تستجيب للضوء ولكل ظاهرة ميزاتها وعيوبها ومن هذه الظواهر: (البصريات الحرارية - تغيير لون الضوء - البلورات السائلة - شاشة الجسيمات المعلقة - تغير اللون بالكهرباء) .

ومن بين الوسائل التكنولوجية التي تعتمد عليها النوافذ الذكية هي البلورات السائلة وشاشة الجسيمات المعلقة وتغير اللون بالكهرباء. وسيتم شرح هذه الوسائل بشيء من التفصيل.

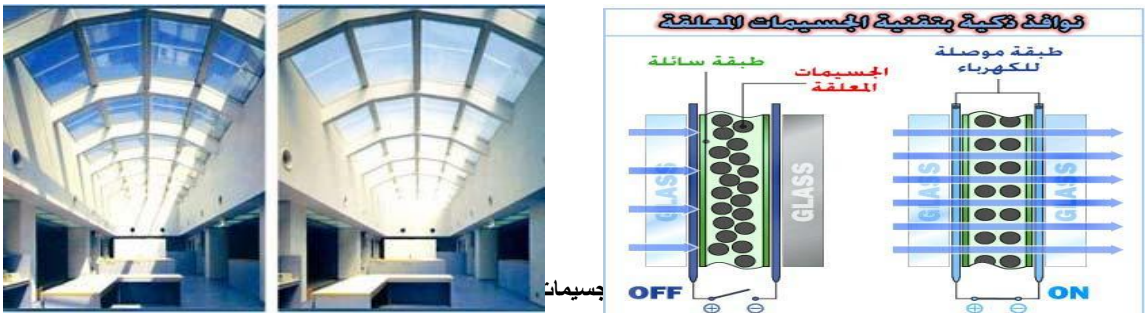
أ- شاشة الجسيمات المعلقةSuspended Particle Display

لا شك أن النوافذ تلعب دوراً هاماً في المنازل والمنشآت التجارية. فهي تسمح لضوء الشمس بالدخول لتقليل الاعتماد على الإضاءة باستخدام المصابيح الكهربائية كما وتلعب النوافذ دوراً هاماً في عملية التدفئة. يسعى العلماء للوصول إلى فكرة لنوافذ ذكية يستطيع المستخدم من جعل النافذة شفافة تماماً أو معتمة بالكامل أو اي درجة بينهما من خلال أزرار تحكم.

تعتمد فكرة النوافذ الذكية على إستخدام جسيمات دقيقة تستطيع امتصاص الضوء وتدعى هذه الطريقة بالجسيمات المعلقةsuspended particle devices (SPD):أو صمامات الضوء التي تتكون من

- لوحان من الزجاج او البلاستيك.
- مواد موصلة للكهرباء تغطي اللوح الزجاجي أو البلاستيكي المستخدم.
- الجسيمات المعلقة وهي ملايين الجسيمات الموضوعة بين اللوحين.
- سائل بين اللوحين لسماح للجسيمات المعلقة بالحركة.
- أداة التحكم.

فكرة عمل الجسيمات المعلقة بسيطة، تخيل إن هذه الجسيمات هي بمثابة صمامات للضوء يمكن أن تسمح له بالمرور أو تحجبه، يصل عدد الجسيمات المعلقة عدة ملايين موجودة بين لوحين من الزجاج المغطى من الداخل بمادة شفافة موصلة للكهرباء. عند تطبيق فرق جهد معين على اللوحين الزجاجيين فإن هذه الجسيمات المعلقة تتحرك وتصطف بانتظام لتسمح للضوء بالمرور بينها، وبدون تطبيق فرق جهد كهربي فإن الجسيمات تترتب بطريقة عشوائية مما ينتج عنه حجب الضوء ومنعه من النفاذ. وبهذا فإن بتقليل فرق الجهد المطبق يصبح الزجاج معتماً شيئاً فشيئاً حتي تصبح سوداء عند فرق جهد صفر.



جسيمات

بالتالي يمكن للمستخدم في المنزل التحكم بحجب الضوء أو السماح له من خلال تطبيق استخدام زر تحكم أو حتى ريموت كنترول للتحكم في فرق الجهد على لوحي الزجاج. وتم تجربة هذه التكنولوجيا في عدة منازل في الولايات المتحدة من حيث تم تحويل نوافذ المنزل من النوافذ العادية إلى نوافذ ذكية وكان ذلك له الأثر الكبير في التقليل من قيمة فواتير الكهرباء الشهرية.

ب- البلورات السائلة Liquid Crystals

تدخل البلورات السائلة في العديد من التطبيقات المتقدمة وعلى سبيل المثال شاشات التلفزيون والكمبيوتر الحديثة، وهنا تم استخدام البلورات السائلة كتطبيق عملي لصناعة نوافذ ذكية كبديل أو منافس لتكنولووجيا الجسيمات المعلقة.

تعمل البلورات السائلة في النوافذ الذكية على التحكم في كمية الضوء النافذ منها وذلك من خلال تغيير إستجابة البلورات السائلة للشحنات الكهربية. حيث تعمل الشحنة الكهربية على ترتيب البلورات بشكل منتظم لتسمح للضوء بالمرور وعندما تختفي الشحنة الكهربية تعود البلورات إلى وضعها العشوائي مما يمنع أشعة الضوء بالمرور خلالها.

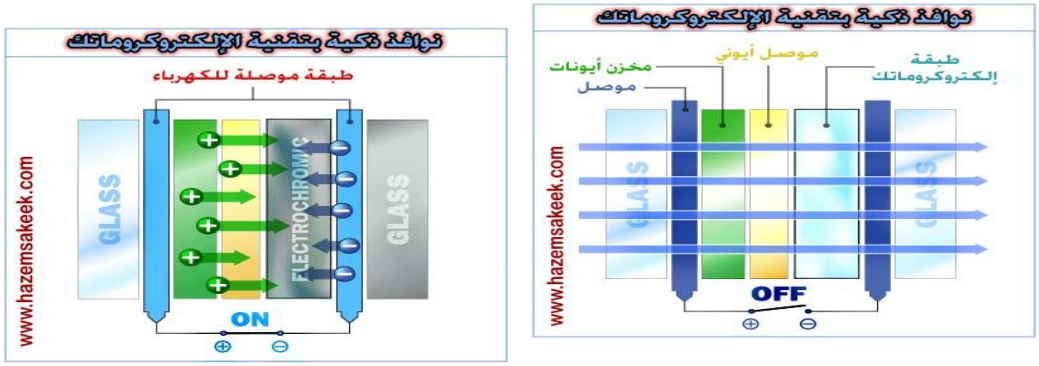
شكل (14) النوافذ الذكية بتقنية البلورات السائلة والتحول من اللوح الشفاف للمعتم www.hazemsakeek.com

جـ - تغير اللون بالكهرباء Electrochromic windows

هذه المواد تصبح معتمة عند تطبيق فرق جهد كهربي ومنفذة للضوء عند اختفاء فرق الجهد، تعتمد هذه التكنولوجيا على مواد تتغير لونها عند تطبيق فرق جهد كهربي عليها وتعرف باسم المواد الكتروكروماتك electrochromic. تعمل الكهرباء على تنشيط تفاعل كيميائي يعمل على تغير خواص المادة من حيث امتصاص المادة للضوء. ولصناعة نوافذ ذكية من هذه المواد يتم وضعها بين شريحتين من الزجاج عل النحو التالي :

- شريحتين من الزجاج او البلاستيك Glass or plastic panel
- طبقة من مادة موصلة على الجزء الداخلي من الشريحة Conducting oxide
- طبقة من مادة الالكتروكروماتك مثل اكسيد التنجستن Electrochromic layer
- موصل ايوني Ion conductor
- مخزن ابونات Ion storage

في هذا التصميم يكون التفاعل الكيميائي من نوع تفاعل الاكسدة حيث تفقد الجزيئات إلكترونات لتصبح أيونات. بين طبقة الالكتروكروماتك تؤثر هذه الأيونات على درجة حجب الضوء في طبقة الالكتروكروماتك. يتم توصيل مصدر الجهد الكهربي على طبقتي التوصيل التي تغطي السطح الداخلي للزجاج يعمل فرق الجهد المطبق على دفع الايونات من طبقة مخزن الايونات الى طبقة الالكتروكروماتك عبر طبقة الايونات الموصلة. عند اغلاق الجعد الكهربي فإن الايونات تعود الى طبقة مخزن الايونات. وتترك الايونات طبقة الالكتروكروماتك لتعود شفافة ومنفذة للضوء.www.hazemsakeek.com



شكل (15) تكون النافذة شفافة ومنفذة للضوء عندما يكون فرق الجهد صفر وتصبح النافذة معتمة عند تطبيق فرق جهد www.hazemsakeek.com

7- مثال تطبيقي :

وذلك عن طريق عمل هذه التقنية في إحدى الفراغات المكتبية .
هناك حساس للضوء يتم تعليقه في سقف الفراغ يقوم بقياس الضوء المتوفر على سطح العمل (سطح المكتب ، أو شاشة الحاسوب) ، ثم يقوم بمقارنتها مع المستوى المطلوب.
إذا كان ضوء النهار كافياً لإنارة فراغ المكتب، تقوم مصابيح الإنارة بعمل تعادل مع الإنارة الطبيعية في الغرفة ، ويتحول لون الزجاج نحو الشفاف ، إذا لم يكن هناك ضوء مباشر على سطح العمل .
بتزايد ضوء النهار يتحول الزجاج تدريجياً نحو حالته الملونة ، والمصابيح تبدأ بالإنطفاء .
عند دخول ضوء الشمس المباشر، وإمكانية حصول الإبهار على سطح العمل، يقوم حساس الضوء بتنبيه الجزء المتحكم في سريان الفولت في الزجاج ليعمل، ويبدأ التظليل، وتقل الإنارة المباشرة في الفراغ.

صورة 20
قبل شروق الشمس ، يكون الضوء الطبيعي 38%، ويكون الصناعي 80%، وفي هذه الحالة يتحول الزجاج إلى أقصى درجات الشفافية

صورة 21
عند دخول ضوء الشمس المباشر ، يبدأ الزجاج بالتحول نحو اللون الغامق، يخف الضوء الكهربائي .

صورة 22
خلال دقائق معدودة ،يقوم الزجاج بتحقيق حالته المعتمة (الشفافية للضوء 11%) ، والإنارة الصناعية تبدأ في الزيادة حتى 42% .

شكل (24) قبل الشروق يكون الضوء الطبيعي 38% والصناعي 80% وفي هذه الحالة يتحول الزجاج إلى أقصي درجات، والشفافية عند دخول ضوء الشمس المباشر يبدأ الزجاج بالتحول للون الأغمق، وخلال دقائق يصل للحالة المعتمة،

عند عدم وجود ضوء مباشر فإن العملية تنعكس، وتزداد شفافية الزجاج مرة أخرى، وعندما يبدأ الليل في الدخول، تبدأ الإنارة الكهربائية في العمل حتى تصبح هي الوحيدة التي تلبي احتياجات إنارة ذلك الفراغ. faculty.ksa.edu.sa
وتتميز التقنية بوجود جهاز التحكم الذكي الذي يستطيع ان يجمع بين الحفاظ على المنظر وتوفير الطاقة والإنارة المناسبة ، و الزجاج الكهروكرومي والذي يتحول من شفاف إلى معتم بصورة تدريجية ، ويمكن للعامل في هذه الفراغ أن يرى المنظر من النافذة وهي في أشد حالات الإعتام ، وهذا يجعل الوضع النفسي للموظف أكثر حيوية نفسياً و وظيفياً، أيضاً نجد أن هذا النظام يوفر الكهرباء ويقوم بتخفيف حمل التكييف ويقلل من عملية الإبهار الناتج عن ضوء الشمس المباشر.
ويعيب هذه التقنية انها ليست متاحة تجارياً بشكل كبير لتكلفتا الزائدة بالإضافة لتكلفة بناء نظام التحكم الإلكتروني في الإنارة الصناعية والطبيعية. إلا إذا تم تطوير هذا النظام فسوف يتم توفير كمية هائلة من معدل الاستهلاك للطاقة الكهربائي المصروفة في الإنارة والتكييف، وخاصة في الدول الشديدة الحرارة.

8- النتائج و التوصيات :

8-1- النتائج : مما سبق يمكن التوصل إلى النتائج التالية :
1- أن النوافذ الذكية – بوصفها أحد تطبيقات فكر المباني الذكية – قد قطعت شوطاً كبيرا في التطور في كافة مكونات منظوماتها بشكل مواز للتطورات في مجالات متعددة ؛ مما جعلها تبدو مناسبة بشكل كبير لتسهيل الحياة في المبني .
2- يتم التقليل من إستهلاك الطاقة عن طريق تطوير تكنولوجيا النوافذ الذكية smart windows التي تعمل على إدخال أشعة الشمس اللازمة للمباني ولكن هذه النوافذ لها القدرة على التحكم بكمية الضوء التي تدخل من خلالها. ونجد أن امكانية التحكم في كمية الضوء التي تدخل عبر النوافذ للمبني له الأثر الكبير في التقليل من استهلاك الطاقة.
3- النوافذ الذكية هي تلك التي تتحكم بكمية الضوء المطلوب حسب الحاجة ويمكن أن تعتمد فكرتها على العديد من الطرق والوسائل التكنولوجية التي تعتمد على مواد تتغير خواصها الضوئية من ناحية الامتصاص أو الانعكاس مع تغير فرق الجهد المطبق ولازالت الأبحاث مستمرة لتطوير نوافذ ذكية بكفاءة عالية .
4- أن المستقبل القريب يحمل الكثير من التطورات في منظومة النوافذ الذكية ، بجانب أنه مملوء بكثير من التوقعات المتفائلة حول انخفاض أسعار تجهيزات هذه التقنيات، مما قد يجعلها في متناول الجميع.

8-2-التوصيات : يوصي البحث بما يلي :
1- إيجاد طرق لإنتاج تكنولوجيا في الطرق التي لا تضر أو تستنفذ الموارد الطبيعية للأرض .
2- التوسع في إستخدام التكنولوجيا الذكية لدخول الإضاءة الطبيعية و تحديد كمياتها داخل الفراغات .

3- عدم إغفال الدور الذي يمكن أن تلعبه النوافذ الذكية في الدراسات التي تشمل إشكالية التيسير في المسكن المعاصر، فاليوم قد أصبح المستقبل أقرب بكثير مما كان عليه في الماضي .
4- نشر أفكار ودعم تكنولوجيا الطاقات المتجددة والإستفادة والتركيز علي إستخدام التكنولوجيا النظيفة بما يتوافق مع مبادئ الإدارة البيئية المتكاملة .
5- العمل علي إنشاء صندوق لدعم التكنولوجيا والتسويق العلمي، مع تطوير وتوجية التعليم والبحث العلمي نحو الإهتمام برسم الإستراتيجيات ذات الصلة بالنظم البيئية المتكاملة .
6- توجيه البحث العلمي نحو دراسات شاملة لتجارب واقعية للنوافذ الذكية ومعرفة مدى تأثيرها على الجوانب المختلفة (إقتصادياً وإجتماعياً ونفسياً).

المراجع :

شفق العوضي الوكيل – محمد عبدالله سراج " المناخ و عمارة المناطق الحارة " عالم الكتب ، الطبعة الثالثة ، 1989 .
وائل عواد المعيقلي – إبراهيم جواد آل يوسف " تقليل حمل التبريد بتطبيق منظومة غلاف المبني الذكي " الجامعة التكنولوجية .

B.J.Novitski , high-teck windows could save energy , October 2000
Derek Phillips ," Day lighting - natural light in architecture" , architectural press , 2004
Emad A , Kandeel , " Energy systems and architecture building energy efficiency " ,University of Palestine – college of applied engineering and urban planning – architecture department , 2012
www.ar.wikipedia.org
www.Arabic.alibaba.com/product-gs/smart-glass
www.eoshd.com/content/605/what-smart-glass-means-to-dslr-video-digital-nd-filters
www.faculty.ksa.edu.sa
www.hazemsakeek.com/QandA/SmartWindows/SmartWindows.htm
www.inhabitat.com/super-smart-privacy-glass/
www.laylaky.com/.../297-الإضاءة-المنزلية-الطبيعية-والتكنولوجيا
www.smartglassinternational.com