النوافذ الذكية

إعداد : د. ناصر بن عبدالله الرشيد

تؤدي النوافذ دورا هاما في المنازل والبنايات التجارية، ليس لأنها تسمح بدخول الضوء، فتؤدي إلى خفض استهلاك الكهرباء اللازم للإنارة، ولكن لأن دخول ضوء الشمس من خلال النوافذ يعمل على تدفئة المكان فيؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة، فمثلاً يشير الباحثون في الولايات المتحدة إلى أن حوالي ٢٪ من الطاقة المستخدمة فيها تفقد من خلال شبابيك المباني.

تواجه كثير من الاقطار العالمية المتقدمة وعلى رأسها الولايات المتحدة الامريكية مشكلة تزايد الطلب على الطاقة، حيث من المتوقع زيادة استهلاك الطاقة في امريكا خلال العقدين القادمين حوالي ٤٥٪ من الكهرباء و ٦٢٪ من إستهلاك الغاز الخفيف و ٣٣٪ من البترول حسب إحصائيات قسم الطاقة.

وفي خضم البحث عن مصادر أخرى للطاقة هناك من يبحث عن تقنيات تؤدي الى خفض إستهلاكها في المباني. من بين تلك التقنيات مايعرف بالنوافذ الذكية (Smart Windows) التي تسمح بحجز كل الضوء أو جزء منه، عن طريق إدارة مفتاح أو ضغطة زر فقط. يوفر هذا النوع من التقنية ـ عن طريق التحكم بالضوء المار من خلال الشباك ـ ملايين الدولارات التي تنفق على التدفئة والتبريد والإضاءة.

تعد النوافذ الذكية البديل السهل للنوافذ التقليدية، حيث يؤدي استخدامها إلى توفيرقيمة أقمشة الستائر غالية الثمن التي تغطي النوافذ التقليدية، والتي يحتاج تنظيفها إلى عناية خاصة، ويستهلك قدراً من الطاقة. ومع ذلك فإن استخدام النوافذ الذكية لا يؤدي فقط إلى خفض فاتورة التنظيف، ولكن يؤدي إلى خفض فاتورة استهلاك الطاقة بشكل عام، لأن شمس الصيف عندما ترسل أشعتها الحارة الى داخل المنزل فإنها ترفع درجة حرارته، مما يعني زيادة عمل مكيفات الهواء، كما أنها تحمي المفروشات والدهان في المنزل والمكتب.

تحاول إحدى الشركات المتقدمة في مجال النوافذ الذكية توفير اختراع تقني يمكن بواسطته تحويل النوافذ بسرعة من شفافة إلى معتمة وأي درجة فيما بينهما وبالعكس بواسطة ضغط المفتاح.

ويسعدنا في هذا العدد أن نستعرض بعض التقنيات المستخدمة بالنوافذ الذكية وكيف تعمل؟ وكيف تقوم بخفض إستهلاك الطاقة، ومن أهمها ما يلي.

تقنية التغير الحراري والضوئي

يمكن استحدام المواد التي تتغير من شفافة إلى معتمة عند تعرضها للضوء (Photochromic) ـ غالباً تستخدم في النظارات الشمسية ـ في النوافذ الذكية، إلا أنها لا تعد تقنية فعالة بدرجة عالية لتوفير الطاقة، لأنها لايمكن التحكم بها يدويا، حيث تتحول إلى مادة معتمة عندما تتعرض مباشرة إلى ضوء الشمس. إضافة إلى عدم كفاءتها العالية في أشهر الشتاء الباردة، لأنها لاتسمح لضوء الشمس بالمرور إلى داخل المنزل لتدفئته.

من جانب آخر يمكن استخدام المواد التي تستجيب لحرارة الشمس (Thermotropic) في النوافذ الذكية إلا أنها غير فعالة ـ لعدم إمكانية التحكم بها يدوياً ـ لأنها تتحول فى أيام الصيف الجميلة المشمسة إلى معتمة، مما يخفي المنظر الجميل خارج المنزل بغير رغبة الساكن، وبشكل لا يمكن تلافيه.

تقنية الدقائق المعلقة

طورت البحوث المتقدمة طرازاً جديداً من النوافذ الذكية تستخدم جزئيات دقيقة لها القدرة على امتصاص الضوء، تعرف باسم أجهزة الدقائق المعلقة (Suspended Particles Devices-SPD) أو الصمامات الضوئية (Light Valves) يمكنها تحويل المواد المنفذة للضوء الى مواد معتمة خلال ثوان .

● المكونات

تتكون النوافذ الذكية المصنوعة من الدقائق المعلقة من الأجزاء التالية :

١-لوحين من الزجاج أو البلاستيك الشفاف.

٢- مواد موصلة للتيار الكهربائي تستخدم لطلاء لوحي الزجاج.

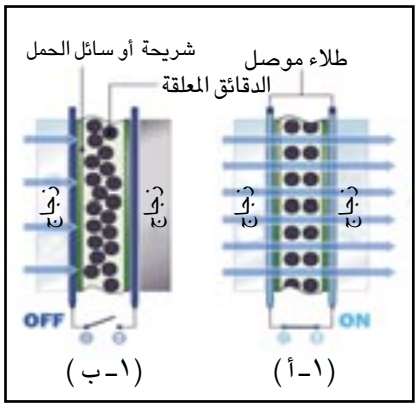
٣- الدقائق المعلقة، وتتكون من ملايين الجزئيات المعلقة بين اللوحين.

٤- سائل التعليق، وهو عبارة عن سائل تسبح فيه الدقائق بحرية تامة بين لوحي الزجاج.

٥- جهاز التحكم، ويكون يدويا أو آليا.

● **طريقة العمل**

تعمل هذه النوافذ ببساطة تامة، حيث يوجد الملايين من الدقائق المعلقة في السائل بين شريحتي الزجاج أو البلاستيك الشفاف، والتي يكون كل منها مطلي بمادة شفافة موصلة للكهرباء، وعندما يمر التيار الكهربائي خلال المادة الموصلة فإن تلك الدقائق تترتب على هيئة صفوف منتظمة، مما يسمح للضوء بالمرور من خلال الألواح الزجاجية، شكل (١-أ). وحالما ينقطع التيار الكهربائي فإن تلك الدقائق تتوزع داخل السائل بشكل عشوائي فتحجب الضوء، وبالتالي تصبح الألواح الزجاجية معتمة وغير منفذة للضوء، شكل (١- ب)، وحينما يقل الجهد الكهربائي المار بالطبقات الموصلة فإن النوافذ تتدرج نحو الاعتام إلى أن تصبح معتمة كليا بعد أن يتم التخلص كليا من الكهرباء.



● شكل (١) تقنية الدقائق المعلقة.

يمكن التحكم بكمية الجهد الكهربائي المؤثرة على الطبقة الموصلة الشفافة على لوحي النافذة، وبالتالي التحكم بكمية الضوء التي تمر من خلالهما بواسطة أجهزة التحكم المختلفة، مثل أجهزة التحكم عن بعد، وأجهزة التحكم الآلي. كما يمكن التحكم بها يدوياً بواسطة المقاومات المتغيرة(Rheostat) وأجهزة التحكم عن بعد. إضافة إلى إمكانية استخدام الخلايا الضوئية (Photo cells)، أو أجهزة الاستشعار للتحكم الآلي بمستوى الضوء.

يمكن استخدام أجهزة الدقائق المعلقة في العديد من المواد الاستهلاكية بما فيها السقوف الشمسية، و خوذات الرأس، ومرايا السيارات الخلفية، وشاشات الحاسب الآلي المسطحة.

من مميزات هذه التقنية أنه يمكن اعادة تأهيل نوافذ المنزل القديمة لكي تتلاءم معها دون الحاجة الى إزالتها وتركيب بديلاً لها.

ومن الجدير بالذكر أن الطاقة المستهلكة في التشغيل لا تكاد تذكر، إذ يمكن تشغيل ١٥ نافذة كبيرة في المنزل بطاقة أقل من الطاقة اللازمة لاضاءة لمبة ليل بسيطة (Simple Night-Light).

تقنية البلورات السائلة

ليست تقنية الدقائق المعلقة هي التقنية الوحيدة المستخدمة في النوافذ الذكية، فقد استخدمت تقنية البلورات السائلة (Liquid Particle Devices) منذ عدة سنوات، وقد كانت تؤدي نفس الوظائف التي تؤديها تقنية الدقائق المعلقة.

تتعرض النوافذ في وقتنا الحاضر لتغيرات وتطورات لم تشهدها منذ ظهرت الستائر الأفقية قبل خمسين عاما، والتي قد ينتهي استخدامها في وقت قريب. ومن المؤكد أن تقنية الدقائق المعلقة تعد أحد الاسباب في حدوث ثورة في عالم النوافذ، مع عدم إغفال دور التقنيات المنافسة مثل البلورات السائلة في ذلك.

تعد مادة البلورات السائلة مألوفة لكثير من الناس حيث تستخدم في شاشات العرض لكثير من الأجهزة المستخدمة في الحياة اليومية، مثل أجهزة الحاسب المحمول، والحاسبات الآلية، والساعات الرقمية، والساعات اليدوية، وأفران الميكروويف، حيث تشترك جميع هذه الأجهزة في استخدام التيار الكهربائي لتغيير وضع وترتيب البلورات السائلة لكي تسمح للضوء بالمرور من خلالها، وبهذا تتكون الأشكال والأرقام على شاشة العرض.

تستجيب البلورات السائلة في هذا النوع من النوافذ للشحنات الكهربائية فتنتظم في صفوف متوازية، مما يسمح للضوء بالمرور من خلالها، وعندما ينقطع التيار الكهربائي تتوزع بشكل عشوائي مما يعيق مرور الضوء، ولكن من عيوب هذه التقنية وجود حالتين فقط. فهي إما ان تكون النوافذ فيها شفافة أو معتمة، ولايوجد أي حالات وسطية بينهما.

تقنية تشتيت الضوء

يستخدم في هذه التقنية بوليمر يعمل على تشتيت الضوء ويمنع مروره من

خلال النافذة يطلق عليه (Polymer Dispresed Liquid Crystal-PDLC)، شكل (٢). يعمل هذا النوع من النوافذ بوجود جهد كهربائي يغير من صفات البوليمر اللونية، وتعد هذه التقنية مناسبة للمنازل والمكاتب لأنها يمكن التحكم بدرجة الإعتام والشفافية حسب رغبة المستخدم، وبالتالي يمكن الحصول على الخصوصية دون التضحية بجميع الضوء.

تقنية تغير اللون

يختلف هذا النوع من النوافذ الذكية عن ما سبقه في أن النوافذ في الأصل تكون شفافة، كما أنها تحتاج إلى جهد كهربائي، ولكن عندما تتعرض للجهد الكهربائي فإنها تتحول من شفافة إلى معتمة، كما تحتوي على مادة لها خاصية تغير اللون عندما يمر بها تيار كهربائي، حيث يعمل التيار الكهربائي على إحداث تفاعل كيميائي فيها يغير من خواصها. وبالتالي يغير من الطريقة التي تمتص بها الضوء أوتعكسه. يحدث في بعض المواد التي تتغير خواصها بمرور التيار الكهربائي من خلالها التغير في ألوانها حسب شدة التيار.

● المكونات

تتكون النوافذ الذكية التي تعمل بتقنية التغير اللوني كغيرها من النوافذ الذكية من طبقة من مادة خاصة تحاط بطبقتين من الزجاج أو أي مادة شفافة، ويكون تركيب طبقاتها كالتالي:

١- لوح من الزجاج أو البلاستيك الشفاف.

٢- طبقة من أكسيد موصل للكهرباء.

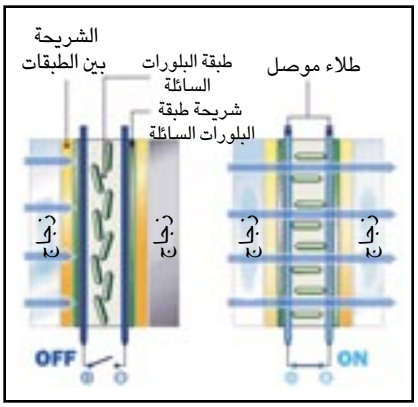
٣- طبقة من مادة يتغير لونها عند مرور التيار فيها مثل أكسيد التنجستون.

٤-طبقة للتوصيل الأيوني.

٥- طبقة لتخزين الأيونات.

٦- طبقة ثانية من الأكسيد الموصل للتيار.

٧- طبقة ثانية من الزجاج أو البلاستيك الشفاف.



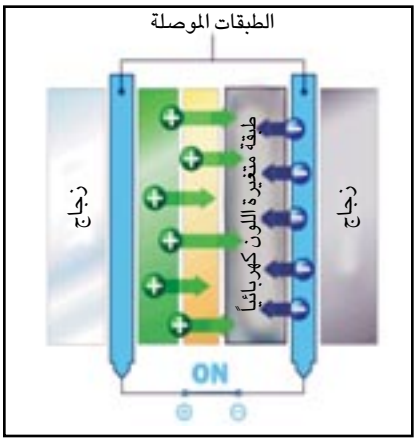
● شكل (٢) تقنية تشتيت الضوء

آلية العمل

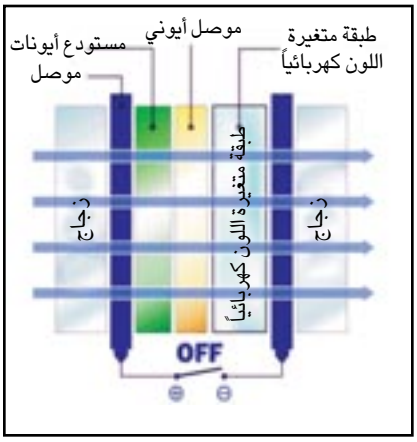
تتمثل آلية عمل هذا النوع من النوافذ في تفاعل تأكسدي، حيث يؤدي توصيل طبقتي الأكسيد بجهد كهربائي إلى دفع الأيونات من طبقة التخزين(تخزين الأيونات) إلى طبقة التغير اللوني (أكسيد التنجستن) عبر طبقة توصيل الأيونات، مما يجعل الزجاج معتماً، شكل (٣). وعندما ينقطع التيار الكهربائي تعود الأيونات أدراجها إلى منطقة تخزين الأيونات فتعود الشفافية إلى النافذة، شكل (٤). ويمكن التحكم بدرجة الإعتام والشفافية عن طريق التحكم بالجهد الكهربائي المؤثر عليها.

تقنية النوافذ العاكسة

تصنف المواد المستخدمة في هذا النوع من النوافذ على أنها من المواد المتغيرة كهربائياً، مثل مركبات الهيدروجين



● شكل (٣) النوافذ الذكية متغيرة اللون بتأثير الكهرباء في وضع التشغيل



● شكل (٤) النوافذ الذكية متغيرة اللون بتأثير الكهرباء في وضع الإقفال

العاكسة (Reflictive Hydride) التي أصبح لها سلوك يختلف ـ بشكل واضح ـ عن سلوك المواد المتغيرة كهربائياً، فهي تعكس الضوء بدلاً من أن تمتصه.

يتميز هذا النوع بوجود طبقة رقيقة من سبيكة المغنيسيوم والنيكل التي يمكنها أن تتبدل من الحالة الشفافة إلى الحالة العاكسة. كما يتميز بإمكانية التحكم في هذا التبدل بواسطة تيار كهربائي منخفض، أو بواسطة حقن غازات الأكسجين والهيدروجين، وفي هذه الحالة يطلق عليها تقنية التغير اللوني بواسطة الغاز (Gas-Chromic Technology).

المراجع

http://static. howstuffworks.com/gif/smart-window 2,3,4,