



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 622 364

51 Int. Cl.:

E06B 9/264 (2006.01) H01L 31/052 (2014.01) E06B 9/24 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 07.08.2013 PCT/IB2013/056459

(87) Fecha y número de publicación internacional: 13.02.2014 WO14024146

96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 07.08.2013 E 13779919 (3)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 18.01.2017 EP 2882921

(54) Título: Acristalamientos con microestructuras embebidas para la iluminación natural y control térmico estacional

(30) Prioridad:

07.08.2012 EP 12179596

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: **06.07.2017**

(73) Titular/es:

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE (EPFL) (100.0%) EPFL-TTO EPFL Innovation Park J 1015 Lausanne, CH

(72) Inventor/es:

KOSTRO, ANDRÉ y SCHÜLER, ANDREAS

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

DESCRIPCIÓN

Acristalamientos con microestructuras embebidas para la iluminación natural y control térmico estacional

Campo de la invención

La invención se refiere a un acristalamiento de microestructuras para la iluminación natural y el control térmico.

5 Antecedentes de la técnica

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Varios diseños utilizan diferentes estructuras prismáticas para crear transmitancia dependiente del ángulo. El más antiguo podría ser el descrito en el documento de patente francesa de 1980 número 8017364, número de publicación 2463254. La superficie de entrada es plana y la superficie de salida está hecha de prismas. Con este diseño, la radiación electromagnética entrante en el dispositivo cerca de la normal incide en la superficie de salida a un ángulo mayor. Debido a la diferencia en los índices de refracción, se produce la reflexión interna total. La simetría del prisma garantiza que la radiación electromagnética en este intervalo angular se refleje luego de vuelta fuera del sistema. Tales dispositivos transmiten la radiación electromagnética sólo fuera de este intervalo angular. Para aplicaciones de abertura de ventanas, el principal inconveniente de este diseño es que los paneles no son transparentes debido a las estructuras prismáticas. Distorsionan la imagen y no se puede ver a través de ellos. También la transmitancia total no es muy alta, es distribuida de forma simétrica y el rayo de luz solar directo se transmite como un rayo paralelo brillante y no se difunde.

Otro dispositivo fue descrito por Edmonds IR en "Performances of laser cut light deflecting panels in daylighting applications" en Solar Energy Materials and Solar Cells 29 en 1993. Se utiliza la reflexión interna total para reflejar la luz por encima de un cierto ángulo. En lugar de la incrustación de espejos, cortes horizontales finos en un panel acrílico crean una interfaz con el aire. La luz que llega a esta interfaz por encima del ángulo crítico se refleja. Este dispositivo protege contra el deslumbramiento y redirige la luz al fondo de la sala. Para una mejor redirección, los cortes se pueden inclinar. Los principales inconvenientes de este diseño son que sólo redirige la luz y que debido al grosor de los cortes, la transparencia es limitada.

Lorenz W. divulga en los documentos de patente europea EP 1 072 752 A1 y EP 0 823 645 B1 un sistema de protección solar, iluminación natural y ahorro de energía con una visión clara. Este diseño utiliza dos estructuras prismáticas asimétricas de 90° complementarias para preservar la translucidez. Se basa en espejos depositados en la pequeña cara del prisma para redirigir la luz para la iluminación natural. La reflexión interna total se utiliza para introducir la transmitancia dependiente del ángulo. Por encima de un cierto ángulo, la bolsa de aire entre los dos paneles prismáticos induce una reflexión interna total que bloquea un rango seleccionado de ángulos. El principal inconveniente de esto es que se requieren componentes relativamente grandes y un montaje complicado para preservar una bolsa de aire en paralelo entre los dos componentes.

Koster H. propuso en la solicitud de patente alemana DE 10 2009 056 362 Al nuevos tipos de persianas que tienen un perfil complejo que combina una parte en forma de W y una parte parabólica. La tercera y quinta caras del bloque W dirigen la luz del sol mientras que la parte parabólica la redirige. El efecto de bloqueo de la W se incrementa para mayores ángulos de incidencia (50°-90°) a medida que la superficie proyectada de las dos caras aumenta. Para ángulos más horizontales (30°-50°), la superficie parabólica es dominante y la luz es en su mayoría redirigida. Finalmente, para ángulos horizontales, la altura proyectada del perfil relativamente plano de las persianas representa sólo aproximadamente 25% del período. Esto proporciona una buena translucidez. Este diseño proporciona tanto la redirección como la transmitancia dependiente del ángulo, pero el perfil complejo aumenta el coste de fabricación de este tipo de persianas y para ser protegidas del viento y del polvo tales persianas idealmente deberían ser colocadas dentro de un doble acristalamiento. Esto crea ventanas muy gruesas y caras. Finalmente las partes mecánicas están sujetas a daños evitando que el sistema funcione.

En el Instituto Fraunhofer, estructuras prismáticas utilizan la refracción y la reflexión interna total para cambiar la transmisión en función del ángulo de entrada. Propusieron una nueva geometría, tamaños reducidos y combinaron la geometría con recubrimientos. Los inconvenientes son los mismos que con todas las estructura prismáticas mencionadas anteriormente.

S. Klammt y A. Neyer proponen una microestructura asimétrica solamente para la iluminación natural. Esta estructura utiliza una sucesión de cuartos de círculo en la primera cara para capturar un máximo de la luz, incluso a altos ángulos de incidencia. La parte horizontal en la parte inferior de la cuarta parte del círculo refleja la luz sobre la base de la reflexión interna total. Esta lente también redistribuye un haz paralelo sobre una gama de ángulos. En el lado interno, la superficie inclinada de las estructuras prismáticas doblan la luz en una dirección más horizontal y la superficie plana horizontal aumenta aún más la proporción de luz redirigida hacia arriba por la reflexión interna total. Este diseño es muy eficiente en la reorientación de gran parte de la luz que llega desde todos los ángulos a lo largo de una dirección horizontal. Esta estructura no alcanza ni un efecto dependiente del ángulo o dependiente de la estación ni la transparencia.

Existen varios tipos de recubrimientos de película delgada para seleccionar el espectro transmitido. Se pueden utilizar para crear un acristalamiento de transmitancia alta en el rango visible del espectro, pero de transmitancia baja en el rango ultravioleta e infrarrojo. Tales recubrimientos tienen una ligera dependencia angular, pero las variaciones no son significativas para los ángulos bajos y la redirección es inexistente. Una dependencia angular más fuerte se puede alcanzar mediante la deposición angular de recubrimientos metálicos como se describe por Smith G.B. y Al. en "Thin film angular selective glazing" en Solar Energy volumen 62. Estas deposiciones pueden crear estructuras de columna en condiciones particulares. Esta estructura crea una selectividad angular pero es muy lisa y la variación de la transmitancia es muy gradual. Con una transmitancia máxima de 70% a 60°, por ejemplo, 10% de transmitancia se alcanza solamente a -60° de una manera muy progresiva.

- Koolshade y KoolGlass son productos que crean una dependencia angular usando persianas delgadas en un ángulo fijo. Estas persianas se pueden colocar en una ventana o laminarse entre dos ventanas. Las persianas son de color negro y bloquean toda la radiación por encima de 40°. Evitan el deslumbramiento y reducen fuertemente la luz solar durante todo el año. El inconveniente es que también se reduce la luz solar en invierno. La transparencia de tales sistemas es aceptable, pero la luz transmitida no es redirigida.
- B. Lamontagne et al en el National Research Council de Ottawa, en Canadá propusieron *micro persianas*. Estas *micro persianas* son electrodos de curling electrostáticamente activados de 100 micrómetros. Las persianas pueden ser cerradas y abiertas por la aplicación de una corriente eléctrica. Sus resultados han sido publicados en la solicitud de patente de Estados Unidos 2006/0196613 A1. Este es un sistema dinámico que se puede utilizar para controlar la luz transmitida. Es similar a una ventana electrocrómica.
- 20 Más recientemente (A. Kostro; A. Schüler; J.L. Scartezzini "Towards microstructured glazing for daylighting and thermal control". CISBAT 2011 Proceedings, páginas 455-460) mencionan espejos planos integrados para la iluminación natural.
 - El documento de patente internacional WO 2010/086720 divulga un sistema de abertura de ventanas que comprende un panel de ventana con un patrón de rayas horizontales de células solares, y persianas de ventanas con lajas operativas para concentrar la luz solar directa sobre dichas células solares y operativas para redirigir iluminación natural difusa y/o luz solar directa a fin de mejorar la distribución de la iluminación natural dentro de un espacio interior.
 - El documento de patente internacional WO2009/002350 se refiere a métodos y dispositivos que permiten la recolección de electricidad calor e iluminación simultáneamente a partir de un convertidor solar, a menudo a un coste menor que con los colectores solares convencionales. Los convertidores utilizan lajas para interceptar la luz del sol. Las superficies de las lajas en la trayectoria directa de la luz pueden ser recubiertas con material fotovoltaico, o pueden formarse para concentrar la luz solar.
 - El documento de patente alemana 3927947 se refiere a un dispositivo para controlar la transmisión de la luz del sol que comprende elementos ópticos que enfocan los rayos de sol sobre un ensamblaje de reflectores y elementos muy transparentes.

Las estructuras existentes de acristalamiento, cuando se utilizan como ventanas en los edificios, ya ofrecen algunas ventajas. Sin embargo, ninguna de ellas ofrece al mismo tiempo las ventajas siguientes:

- Reducción de sobrecalentamiento en verano
- Reducción de los costes de calefacción en invierno
- 40 Buenos niveles de luz a varios metros de la ventana y sin deslumbramiento para los ocupantes
 - Buena translucidez y vista hacia el exterior

Descripción general de la invención

25

30

35

45

Los problemas mencionados en el capítulo anterior se resuelven con la presente invención que se refiere a un acristalamiento como se define en la reivindicación 1, a saber, un acristalamiento para la iluminación natural y de control térmico estacional, dicho acristalamiento está esencialmente hecho de un panel definido entre una interfaz orientada al exterior y una interfaz orientada al interior, dicho panel comprende un primer componente y un segundo componente, en donde dicho primer componente tiene una superficie reflectante parabólica con un punto de enfoque situado en dicho segundo componente.

El acristalamiento según la presente invención ventajosamente se puede fabricar en un proceso de rollo a rollo o de red. La originalidad reside en la estructura de dos componentes descrita, es decir, el primer y segundo conjunto de componentes reflectantes. Este concepto se puede aplicar tanto a escala macroscópica para persianas como a escala microscópica para una visión clara y un acristalamiento que redirige la radiación electromagnética.

ES 2 622 364 T3

Recubrimientos selectivos opcionales pueden funcionalizar adicionalmente este sistema y añadir un comportamiento espectral. Este tipo de diseño también se puede utilizar para componentes de sombreado que sobresalen.

El acristalamiento según la invención se puede adaptar a lugares específicos, por ejemplo, la latitud y/o la orientación de la ventana con respecto a la trayectoria solar.

5 El acristalamiento puede inducir una fuerte variación de la transmisión (reflexión, respectivamente). Dicha variación está relacionada con el ángulo de entrada de la radiación electromagnética.

En el presente documento el término "ángulo de entrada (φ) " tiene que ser entendido como el ángulo definido entre la dirección de la radiación electromagnética entrante y la normal al plano definido por la interfaz orientada hacia afuera.

Las interfaces "orientadas hacia afuera" y "orientadas hacia dentro" son preferentemente interfaces de aire-vidrio. Pero cualquier otra interfaz adecuada se puede considerar, por ejemplo, vidrio-vidrio o gas-vidrio.

En una forma de realización preferida de la invención, para una aplicación en latitudes alrededor de 45°, los componentes están dispuestos de una manera como para definir tres trayectorias de la radiación electromagnética diferentes, cada una de ellas en función del ángulo de entrada:

- 15 Trayectoria 1 ángulos de entrada bajos, normalmente entre 0° y 20°
 - Trayectoria 2 ángulos de entrada medianos, normalmente entre 20° y 50°
 - Trayectoria 3 ángulos de entrada grandes, normalmente entre 50° y 70°
 - Trayectoria 4 ángulos de entrada muy grandes, normalmente por encima de 70°

En la práctica, la luz solar directa con ángulos de entrada medianos se produce en invierno mientras que los ángulos de entrada grandes se producen sólo en verano. Los ángulos muy grandes se producen sólo para la luz difusa.

Cuando el ángulo de entrada está entre 0° y 20° la mayor parte de la radiación electromagnética se transmite directamente a través del acristalamiento.

Cuando el ángulo de entrada está entre 20° y 50° una parte creciente de la radiación electromagnética se redirige y se transmite de una manera difusa.

Cuando el ángulo de entrada está entre 50° y 70° la mayor parte de la radiación electromagnética se redirige y se refleja hacia el exterior o se absorbe.

Cuando el ángulo de entrada está por encima de 70° casi toda la radiación electromagnética transmitida se redirige y la proporción reflejada en la primera interfaz se incrementa.

La invención proporciona varias ventajas, en particular:

40

45

- Al redirigir la radiación electromagnética, un rayo directo puede ser difundido y ser extendido sobre una gama seleccionada de ángulos en una dirección opuesta. Esto es particularmente adecuado para un mejor uso de la iluminación natural en los edificios. Redirigida, la radiación electromagnética difusa es muy adecuada para la mayoría de las tareas de trabajo de oficina y contribuye a un ambiente más confortable y saludable.
- Debido a que la elevación solar cambia a lo largo del año, la transmitancia dependiente del ángulo puede 35 producir un comportamiento estacional. Utilizada en una ventana con la transmitancia angular apropiada, la invención protege de sobrecalentamiento en verano y mantiene altas ganancias solares en invierno. En verano, la radiación directa del sol se refleja hacia afuera por la acción combinada de los dos espejos.
 - Las estructuras son periódicas y su altura proyectada es muy pequeña en comparación con la periodicidad. Como están embebidas, para los ángulos cercanos a la normal la trayectoria de la radiación electromagnética se ve influida sólo en parte por las estructuras y atraviesa sólo el medio transparente. Las caras de este medio son planas y paralelas, por lo tanto en incidencia normal, el sistema es de imagen y la transmisión es principalmente directa. La transparencia es alta.
 - El sistema se puede producir como microestructuras embebidas en una película con un espesor total inferior al milímetro. Una película de esta dimensión puede ser laminada con el cristal de una ventana. Dichas películas se pueden producir de manera económica en un proceso de rollo a rollo o de red. La altura de las estructuras individuales puede ser de menos de 50 µm y apenas visible por el ojo humano.

- La segunda superficie puede estar recubierta con una capa selectiva para obtener la transmisión espectral solamente para los ángulos elegidos. Por ejemplo, para transmitir una relación optimizada de la radiación electromagnética visible y la energía.
- Con una alta tasa de concentración en la segunda superficie, esta superficie también se puede utilizar para absorber la energía y transformarla térmicamente o eléctricamente.
- Más en general, las superficies pueden ser de cualquier tipo que es adecuado para manipular la radiación electromagnética. Pueden ser termocrómicas, gazocrómicas, polarizantes, electrocrómicas, selectivas, absorbentes, reflejantes etc.
- El primer componente puede tener diferentes propiedades en sus superficies. La parte superior puede ser muy reflectante para la redirección de la radiación electromagnética, mientras que la parte trasera puede ser difusora o absorbente para reducir las imágenes fantasma.
 - La película se puede combinar con un recubrimiento de baja emisividad para proporcionar una solución completa para que los fabricantes de vidrio la laminen en sus ventanas.

Descripción detallada de la invención

5

20

45

15 La invención se entenderá mejor en este capítulo que, en particular, contiene algunos ejemplos.

Un primer ejemplo de la invención se muestra en la figura 1a. Un panel 25 definido entre una interfaz orientada hacia afuera 26 y una interfaz orientada hacia dentro 27 contiene los componentes primero y segundo 2, 3. Cada componente 2 del primer conjunto tiene una superficie parabólica con un punto de enfoque F localizado en un segundo componente 3. Los primeros componentes 2 están embebidos en un medio transparente 1 y los segundos componentes están dispuestos en la interfaz orientada hacia dentro 27. Para un rango seleccionado de ángulos de entrada, por lo general entre 50° y 70°, cada primer componente 2 concentra la radiación electromagnética en un segundo componente 3. Para otros ángulos, por ejemplo ángulos más bajos, el segundo componente 3 está fuera del foco. Los componentes pueden tener diferentes funciones ópticas en función del objetivo: reflectores, absorbentes, difusores, polarizadores, recubrimientos selectivos o termocrómicos.

Tres situaciones que corresponden a los ángulos de entrada de 0°, 30° y 60° se presentan en las figuras 2a, 2b y 2c. La radiación electromagnética transmitida a través del sistema que no incide en ninguno de los dos componentes será referida como la radiación electromagnética transmitida directamente. La radiación electromagnética reflejada por la parábola pero que pasa por el segundo componente será referida como la radiación electromagnética redirigida. Finalmente la radiación electromagnética enfocada sobre el segundo componente será referida como radiación electromagnética seleccionada.

Para enfocar la radiación electromagnética de entrada, el primer componente $\mathbf 2$ está provisto de una superficie parabólica. Hay que elegir un ángulo entrante (φ) para el que la radiación electromagnética se centrará más eficientemente en el segundo componente $\mathbf 3$ según la aplicación deseada del sistema. La refracción en la primera interfaz tiene que tenerse en cuenta para calcular el ángulo de inclinación de la parábola:

35 $\Theta = asin (sino (\varphi) / n_r)$

Donde n_r es el índice de refracción del material 1 en el que la parábola está embebida. El punto de enfoque **F** se coloca en la parte trasera del sistema y la parábola se dibuja en consecuencia. La radiación electromagnética de entrada en la elevación elegida φ 4 se reflejará hacia el punto focal por el reflector embebido.

La relación entre la anchura **Pw** y altura **Ph** del primer componente y su periodicidad **P** determinará la gama de ángulos para los que la parábola redirige la radiación electromagnética. En función de esta relación el ángulo de sombreado Θ_S puede ser definido:

 $sin(\Theta_S) = n_r cos(atan(Pw/(P + Ph)))$

Por encima de este ángulo, 100% de la radiación electromagnética transmitida por la primera interfaz llegará a la parábola. Por debajo de este ángulo, la porción de la radiación electromagnética que llega a la parábola declina gradualmente.

Después de la reflexión en una forma parabólica un rayo paralelo se distribuye sobre un rango de ángulos 8. La curvatura del reflector parabólico es lo que rige la magnitud de esta distribución. La curvatura está vinculada con la distancia entre la parábola y el punto de enfoque **F**. Cuanto más se acerque el punto, mayor es la curvatura. Esta distancia se define por la distancia **S** vertical y el desplazamiento **O**.

La superficie superior de esta parábola, en el lado convexo es típicamente reflectante para conseguir el enfoque. El tipo de revestimiento reflectante puede ser modificado y tener una reflectancia espectral específica. La otra superficie, en el lado cóncavo puede ser reflectante, difusora o absorbente en función de los objetivos.

El segundo componente **3** puede tener diferentes funciones dependiendo de la aplicación, se encuentra preferentemente en la superficie posterior del sistema y la radiación electromagnética centrada aquí por la superficie parabólica puede ser reflejada, absorbida o transmitida de forma selectiva.

En cualquier caso, el segundo componente 3 debe estar situado cerca de los focos ${\bf F}$ de un primer componente 2, en la superficie posterior del dispositivo. Su anchura ${\bf Rw}$ influye directamente en la gama de ángulos para los que el sistema está diseñado. La radiación electromagnética de entrada con ángulos inferiores a φ incidirá en la interfaz por debajo del punto focal. Para ángulos cerca de φ , la radiación electromagnética se mantendrá algo enfocada cuando llega a esta interfaz.

Este componente puede ser un reflector, y redirigir la radiación electromagnética de vuelta a través del sistema. Este caso se ilustra en las figuras 1 y 2. En este caso, la radiación electromagnética seleccionada se bloquea y se evita que se transmita mediante la reorientación hacia la salida del sistema 5.

Puede aplicarse un recubrimiento de película delgada aplicada en esta zona para transmitir sólo partes seleccionadas del espectro. Por ejemplo la radiación electromagnética visible en el rango de 380-780 nm se puede transmitir en su mayoría, pero la radiación electromagnética de la gama de luz ultravioleta y de infrarrojo reflejarse en su mayoría para reducir la transmisión de energía.

Por último puede ser algún tipo de absorbente para convertir la radiación en energía térmica o eléctrica.

Los parámetros deben ser elegidos ventajosamente de manera que se eviten las reflexiones múltiples. La trayectoria de la mayoría de los rayos bloqueados debería tener como máximo tres reflexiones. Esto reduce la absorción en el sistema y por lo tanto reduce los riesgos de sobrecalentamiento.

La Figura 2 ilustra la trayectoria de la radiación electromagnética para diferentes situaciones; en este ejemplo el segundo componente 3 es un recubrimiento reflectante. La trayectoria de la radiación electromagnética se muestra para todas las posiciones posibles de un bloqueo.

Como se muestra en la figura 2a, este dispositivo tiene poca influencia en la radiación electromagnética de entrada con incidencia normal. La mayor parte de ella se transmite directamente 6, interactuando sólo con las interfaces frontal y posterior del diseño. La disposición en paralelo y la superficie lisa de estas interfaces preservan la vista a través del sistema. Una pequeña parte es redirigida por la superficie inferior de la superficie embebida 7. Las propiedades físicas de esta superficie determinan la forma en que se distribuye la radiación electromagnética. Se puede reflejar secularmente como en el caso ilustrado, ser difundida o absorbida. Una pequeña parte de la radiación electromagnética interactúa con el segundo componente.

La figura 2b ilustra la redistribución de un rayo que incide a 30°. La mayor parte es redirigida y se transmite de una manera en su mayoría difusa 8. La redirección es en la dirección opuesta con respecto al horizonte y puede ser modificada por la inclinación de toda la parábola. Una pequeña parte de la radiación electromagnética se transmite directamente 9, esta fracción puede reducirse o aumentarse cambiando la relación entre la anchura y la periodicidad de la parábola. Una pequeña fracción también llega al segundo componente. En el caso ilustrado, este componente es un reflector y se evita que esta fracción se transmita 10.

Finalmente, para ángulos dentro del rango seleccionado, toda la radiación electromagnética es enfocada por la parábola embebida sobre el componente posterior. En el caso ilustrado en la figura 2c, la radiación electromagnética es bloqueada **11** después de dos o tres reflexiones. Con el componente posterior comenzando en el punto de enfoque como se ilustra, el rango de bloqueo termina en φ y puede ser más o menos amplio dependiendo de la anchura **Rw** del segundo componente.

Control térmico estacional, iluminación natural y visión clara

10

25

30

35

45 En el siguiente ejemplo, la invención se utiliza para crear un sistema de ventana compleja que combina el control térmico estacional, la iluminación natural y una visión clara.

El objetivo es proporcionar un máximo de luz sin crear reflejos y tener ganancias térmicas máximas en invierno y en verano ganancias mínimas. Los principios para un sistema de ventana compleja que combina el control térmico estacional, la iluminación natural y una visión clara se introducen en las figuras 3a, 3b y 3c.

50 Con la ayuda de la radiación transmitida, las ventanas llevan la luz y el calor dentro de los edificios. La luz es necesaria para realizar las actividades cotidianas, pero también puede ser molesta cuando se crea el deslumbramiento. El deslumbramiento es a menudo creado por la luz solar directa cercana a las ventanas **A**. Los

niveles de luz son a menudo bajos más lejos de la ventana **B**. Debido a que redirige la luz, la invención se puede utilizar para transmitir la luz de una manera adecuada para la iluminación natural mediante su reorientación hacia el interior de la habitación **12** sin crear el deslumbramiento **13**.

La radiación transmitida también transporta calor, el calor adicional es bienvenido en invierno, pero debería mantenerse fuera en verano. Aprovechando la dependencia angular de la transmitancia y la elevación cambiante del sol dependiendo de las estaciones, el diseño propuesto maximiza las ganancias de invierno **14** mientras que minimiza las ganancias del verano **15**.

En este caso, el primer componente es muy reflectante en la superficie superior y puede ser difundible en la superficie inferior para evitar el deslumbramiento. El segundo componente es una superficie reflectante o, finalmente, un recubrimiento selectivo que transmite la radiación electromagnética en su mayoría visible mientras que refleja la radiación infrarroja para reducir las ganancias solares.

Se consigue el enfoque para los ángulos correspondientes a la elevación del sol en verano en la ubicación especificada (por ejemplo, entre 55° y 67° en Lausana). Para esta gama la radiación electromagnética se concentra en la segunda superficie y se refleja de vuelta a través del sistema. Para lograr este intervalo de ángulos, la parábola está diseñado con un $\varphi = 67$ °.

Dado que el efecto del enfoque debería lograrse para los ángulos correspondientes a la elevación del sol en verano y no para elevaciones más bajas en invierno; la región de la superficie útil para el enfoque no incluye la parte de la parábola hacia el interior del acristalamiento. Esta superficie se puede dejar plana o inclinada y servir sólo para la iluminación natural.

- Para ángulos fuera del intervalo de bloqueo seleccionado, el primer componente del sistema refleja la radiación electromagnética en una dirección hacia arriba, pero con un ángulo pequeño para lograr la máxima penetración hacia el fondo de la habitación. Un rayo paralelo se difunde de manera efectiva por la curvatura de la parábola. Esta difusión se ve reforzada por la refracción en la interfaz posterior donde se aumenta la diferencia angular. Tal radiación electromagnética difusa es adecuada para la luz del día.
- Para lograr la visión clara, se maximiza la transmisión directa sin interacción para los ángulos cerca de la normal. Los dos componentes tienen una altura mínima y una superposición máxima. Además, la primera y última interfaces son paralelas para evitar la distorsión de la imagen.

En comparación con las ventanas convencionales, persianas o sistemas complejos de ventanas este diseño tiene varias ventajas:

- Se logra simultáneamente transmitancia dependiente del ángulo y redirección de la radiación electromagnética.
 - Debido a la dimensión pequeña (inferior al milímetro), las estructuras son casi invisibles y el sistema resultante es casi transparente.
 - La radiación electromagnética redirigida se distribuye horizontalmente de manera difusa, de esta forma adecuada para la iluminación natural.
 - El sistema es fino y se puede fabricar en un proceso de rollo a rollo o proceso de red y ser producido como una lámina. Esta lámina se puede colocar fácilmente en el interior de un doble acristalamiento estándar.
 - A diferencia de persianas o cortinas externas, el sistema es estático y protegido de modo que no es sensibles a los fuertes vientos.
- Se puede colocar en el primer cristal de un doble acristalamiento. Esto reduce las ganancias térmicas no deseadas en el período de enfriamiento.
 - Debido a que puede ser una parte del acristalamiento, la integración es fácil.
 - En el caso de rollo a rollo el coste de producción es bajo.
 - No hay partes móviles, por tanto, mayor robustez.

10

15

35

La dimensión de la estructura óptima fue encontrada mediante simulaciones de trazado de rayos de Monte Carlo. El software fue desarrollado en la casa y especialmente diseñado para modelar rápidamente estructuras laminares y dar retroalimentación visual al usuario. Se calcularon las actuaciones de diferentes diseños y se optimizaron los parámetros.

El trazado de rayos es una técnica de la óptica geométrica para modelar la trayectoria tomada por la radiación electromagnética en un entorno siguiendo los rayos de radiación electromagnética. Puede ser usada en el diseño de dispositivos ópticos tales como lentes y juegos de lentes de microscopios, telescopios, etc. Hay una gran cantidad de software existente para el rastreo de rayos, más o menos físicamente precisa, para simular el comportamiento de la radiación electromagnética en un entorno complejo. El software desarrollado está dirigido a la ingeniería de sistemas complejos de ventanas con dos perfiles dimensionales y al análisis de la actuación específica de la ventana.

Los algoritmos de Monte Carlo son estocásticos y son utilizados para resolver problemas físicos o matemáticos complejos. Cuando el número de variables en un sistema es grande y la solución no se puede encontrar analíticamente, el cálculo del resultado mediante muchos eventos aleatorios da una estimación precisa de la solución. En un algoritmo típico de Monte Carlo, tomas al azar definen una cadena de eventos locales que caracterizan el evento global y que conducen a un estado final. Cada toma sigue una distribución dada representativa del evento correspondiente. Mediante la repetición de esta iteración sobre eventos aleatorios numerosas veces, se obtiene una distribución de probabilidad de los estados finales. La exactitud de esta solución depende de lo bien que el problema se modele y el número de tomas que se realicen. En el caso de los sistemas ópticos, cada evento (reflexión, refracción, dispersión, absorción) se produce al azar según la distribución de probabilidad dictada por las leyes físicas correspondientes. Estas leyes fueron implementadas con precisión para el trazado de rayos de los sistemas complejos de ventanas.

Una descripción de los diseños de dos dimensiones (2D) es suficiente para la mayoría de los productos CFS existentes, ya que pueden ser descritos como perfiles extruidos de 2D. Se introdujo un algoritmo original que usa un enfoque de dimensionalidad mixta para estudiar este tipo de perfiles. En el algoritmo propuesto, todas las intersecciones se calculan en 2D. Si un perfil se define en las coordenadas X e Y, la única pérdida de información es la coordenada Z de la intersección. Esta información es de poca utilidad ya que estamos interesados principalmente en la distribución angular de la transmitancia. Encontrar intersecciones entre líneas en dos dimensiones es muy rápido y se puede hacer de manera eficiente usando un árbol de partición del espacio binario. Para las interacciones sin embargo, se utilizan las tres dimensiones. La reflexión, refracción y absorción son modeladas con precisión utilizando el cálculo vectorial de tres dimensiones y siguiendo las reglas físicas como se describe en las siguientes secciones. También, para el modelado de películas delgadas, se utilizan los vectores 3D en combinación con una aproximación de matriz para el cálculo de la reflexión, refracción y absorciones.

Para desarrollar la estructura con el cambio de transmitancia estacional contando con la elevación solar cambiante, es fácil mirar a la transmitancia en función del ángulo de entrada. Además, para obtener una estimación de las actuaciones de iluminación natural, esta transmitancia se puede subdividir en función de la elevación del ángulo saliente. La radiación electromagnética que incide una ventana desde la mitad superior del hemisferio debería transmitirse normalmente en la mitad inferior del hemisferio que encara a la cara interna de la ventana (en lo sucesivo T_{down}). En los sistemas complejos de ventanas, la redirección puede hacer que la radiación electromagnética salga en la mitad superior de este hemisferio (en adelante T_{up}). T_{up} está contribuyendo a la iluminación natural más significativamente que T_{down} y debería ser maximizada. Para el análisis de CFSs (sistemas complejos de ventanas) tanto con control térmico estacional como con luz del día, el software calcula T_{down} y T_{up} y la transmitancia total en función del ángulo de entrada. T_{up} y T_{down} se muestran en la figura 4a para la estructura ilustrada en las figuras 1 y 2 y se comparan con la transmitancia total de un simple cristal (G).

Para evaluar el control térmico estacional se estudia la dinámica de las ganancias térmicas. Estas deberían ser maximizadas en invierno y reducidas al mínimo en verano. Para cada metro cuadrado de ventana, una parte de la radiación entrante se transmite y esta energía calienta el espacio detrás de la ventana. Para calcular una estimación de este valor, se calculan los factores de transmisión difusa y de transmisión directa con la herramienta de simulación de trazado de rayos usada en combinación con los datos radiométricos meteorológicos. Para la radiación directa se utiliza la posición solar y para la radiación difusa, el hemisferio se divide en parcelas siguiendo la subdivisión del cielo de Tregenza. Los datos climáticos dan valores horarios de temperaturas, así como valores de iluminación global y directa. Un modelo de Pérez utiliza los dos valores de iluminación para proporcionar los valores de iluminancia para todos y cada punto del hemisferio. Usando este modelo, se calculan los valores por hora para las 145 zonas de Tregenza en función de la ubicación, la orientación de la ventana e inclinación de la ventana. Las ganancias térmicas anuales debidas a la radiación directa y difusa, se calcularon entonces utilizando este método. El acristalamiento diseñado mostró una transmitancia de la luz solar directa inferior al 20% durante el período de verano y superior al 70% durante el período de invierno. La radiación incidente A y la radiación transmitida T se muestran en valores semanales en la figura 4b.

Las simulaciones se utilizaron para definir la geometría del sistema y, el sistema fue establecido después como un prototipo utilizando un proceso de 7 pasos:

• fabricación de moldes con la forma final deseada

10

15

20

25

45

50

- fabricación de moldes negativos
- recubrimientos de sustratos con rayas de material reflexivo
- alineación del sustrato y el molde

15

20

25

30

35

- replicación de la forma en un polímero curable por UV sobre el sustrato
- revestimiento de facetas seleccionadas sobre la estructura replicada
 - embebimiento de las estructuras con el mismo polímero curable por UV.

Para fabricar la estructura, se cortó un molde metálico por maquinación por descarga eléctrica. Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria relojera y permite cortar cualquier metal conductor con una precisión por debajo de 1 micrómetro. El molde metálico fabricado tiene una superficie con la forma del espejo embebido.

10 Un material blando es grabado con una forma dada, después se recubre químicamente con una capa conductora y se replica en níquel por galvanoplastia. Por este medio se obtiene un molde metálico.

El molde metálico obtenido anteriormente se replica en una silicona (PDMS) para obtener el "negativo" de la forma. En el proceso de laboratorio, este molde también presenta algunas guías de alineación para la colocación correcta de la estructura sobre el sustrato en los pasos posteriores. Usando este negativo la forma originalmente cortada en el molde metálico puede ser reproducida más adelante.

Para la deposición del segundo espejo, un material reflexivo tiene que ser depositado en rayas sobre el sustrato. Para una mejor durabilidad, la capa se deposita en el lado donde se hacen las estructuras; a continuación, se atrapa y protege. Para depositar dichas rayas dos técnicas están disponibles. En primer lugar, enmascarar el sustrato con una plantilla y depositar directamente el aluminio. En segundo lugar, usando la fotolitografía: depositar el aluminio sobre el sustrato, y luego cubrirlo con una capa de photoresist. Photoresist es una resina que cambia sus propiedades cuando es expuesta a la luz UV, o bien se descompone o se endurece cuando es expuesta. El photoresist se expone a la luz ultravioleta a través de una plantilla para crear el patrón de rayas deseado. Un proceso de grabado a continuación, elimina el aluminio donde permanece sin protección y sólo deja rayas donde esté protegido por el photoresist endurecido. La litografía también se puede hacer utilizando la técnica de despegue, en este caso, el sustrato se recubre primero con photoresist y después se expone a la luz UV para eliminar el photoresist donde el aluminio debe ser depositado. El aluminio es después evaporado en todas partes y cuando la capa protectora se retira el recubrimiento de aluminio por encima de ella se "despega" y sólo permanecen las rayas.

Para obtener el sistema deseado con transmitancia dependiente del ángulo, es crucial que el reflector posterior sobre el sustrato 17 y el molde para la replicación 19 se coloquen correctamente. Esta colocación puede realizarse bajo un microscopio óptico. Esto se ilustra en la figura 5b.

Replicación de la forma en un polímero curable por UV sobre el sustrato

Una vez que está alineado con las rayas en el sustrato, el molde negativo se utiliza para fabricar estructuras en una resina curable por radiación de ultravioleta 18. Como se ilustra en la figura 5b, una gota de la resina está entre el sustrato y el molde 19. El molde se coloca en un pistón mecánico 20. Se aplica entonces una presión 21 y el pistón empuja el sustrato contra una ventana de cuarzo 16 como se muestra en la figura 5c. Después de que la luz ultravioleta 22 haya curado la resina, se libera la presión y la micro estructura se replica sobre el sustrato (figura 5d). Este proceso se ha realizado en colaboración con el laboratorio de polímeros y conglomerados en EPFL (LTC). Se utiliza una resina transparente para replicar la estructura. La resina se endurece cuando se expone a la luz ultravioleta. Tales procedimientos se adaptan bien a procesos de fabricación de rollo a rollo.

40 Una vez que la estructura se ha replicado, es selectivamente recubierta en facetas inclinando la muestra con la micro estructura y depositando una película fina de aluminio reflexiva o película de plata reflexiva 23, figura 5e.

El mismo curado por UV se utiliza después para rellenar los huecos (figuras 5f, 5g y 5h). Hay que tener cuidado para evitar la formación de burbujas y obtener coincidencia de índice apropiada.

Las muestras producidas se caracterizaron por mediciones ópticas para probar el concepto. Las mediciones mostraron que la radiación electromagnética incidente se redirige de manera efectiva desde su trayectoria y que la transmisión disminuye para ángulos superiores. Tal medición se muestra en la figura 6 con el ángulo de salida Θ_{out} en relación con el ángulo de entrada (Θ_i). Para un rayo entrante a 60° en una muestra con espejos planos integrados, 55,1% de la radiación electromagnética transmitida es redirigida hacia arriba R y 44,5% se transmite en la dirección del rayo D. El límite principal hasta el momento con las muestras es la calidad de la superficie: la rugosidad hace a la radiación electromagnética redirigida muy difusa.

REIVINDICACIONES

- 1. Un acristalamiento para la iluminación natural y control térmico estacional, dicho acristalamiento se hace esencialmente de un panel (25) definido entre una interfaz orientada hacia afuera (26) y una interfaz orientada hacia dentro (27), dicho panel (25) comprende un primer componente (2) y un segundo componente (3), caracterizados porque dicho primer componente (2) comprende una superficie reflectante parabólica con un punto de enfoque (F) situado en dicho segundo componente (3) y donde dicho primer componente (2) está embebido dentro del panel (25).
- 2. El acristalamiento según la reivindicación 1, en donde el segundo componente (3) está hecho de un material que absorbe la radiación electromagnética.
- 10 3. El acristalamiento según la reivindicación 2, en donde el segundo componente (3) está adaptado para convertir la radiación a energía térmica y/o energía eléctrica.
 - 4. El acristalamiento según la reivindicación 1, en donde el segundo componente (3) está hecho de un material que refleja la radiación electromagnética.
- 5. El acristalamiento según la reivindicación 4, en donde el segundo componente (3) en parte refleja la radiación electromagnética.
 - 6. El acristalamiento según la reivindicación 4, en donde el segundo componente (3) refleja la radiación infrarroja y/o la radiación ultravioleta pero transmite la luz visible.
 - 7. El acristalamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer componente (2) comprende la superficie reflexiva parabólica que difunde o absorbe en su lado posterior.
- 20 8. El acristalamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo componente (3) es plano.
 - 9. El acristalamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo componente (3) está dispuesto en la interfaz orientada hacia dentro (27).
- 10. El acristalamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y segundo componente (2, 3) están dispuestos de manera tal que ambos reflejan la radiación electromagnética del sol en verano, es decir, cuando el ángulo de entrada es relativamente grande.
 - 11. El acristalamiento según la reivindicación 10, en donde dichos componentes (2, 3) están dispuestos de manera que se minimicen la reflexión en los segundos componentes (3) en invierno, es decir, cuando el ángulo de entrada es relativamente bajo.
- 30 12. El acristalamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende varios primer y segundo componentes (2, 3).
 - 13. El acristalamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende dicho primer y segundo componente como micro estructuras embebidas en una película con un espesor total por debajo del milímetro, opcionalmente laminadas con el cristal de una ventana.

35

5

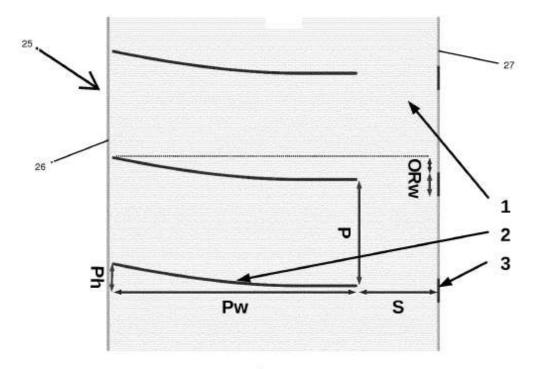
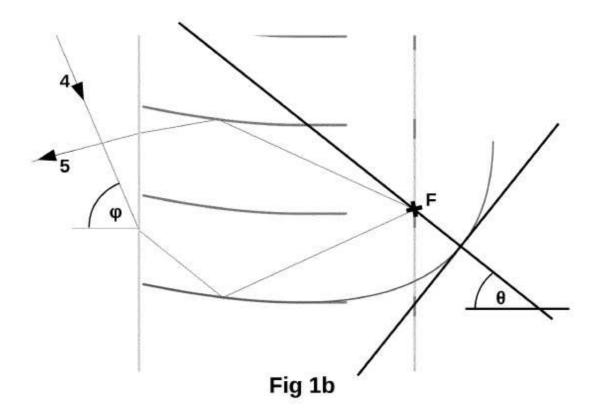
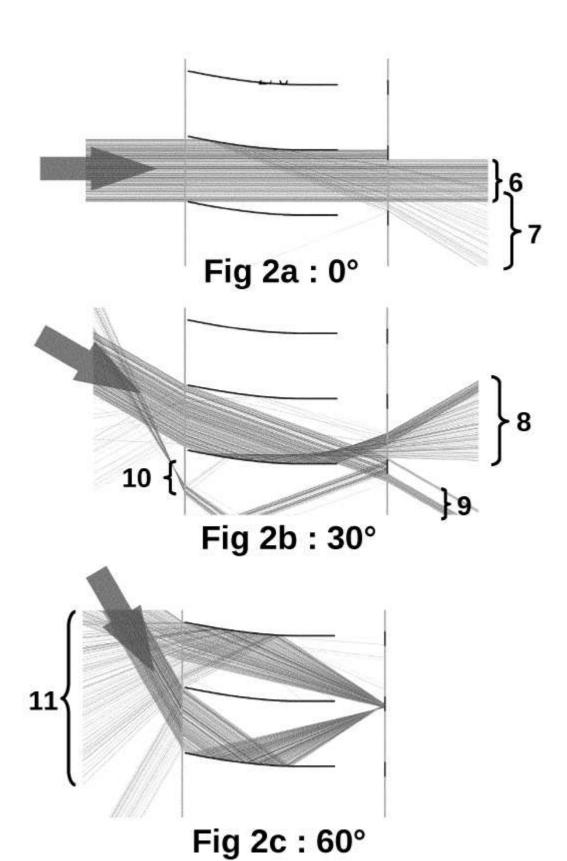
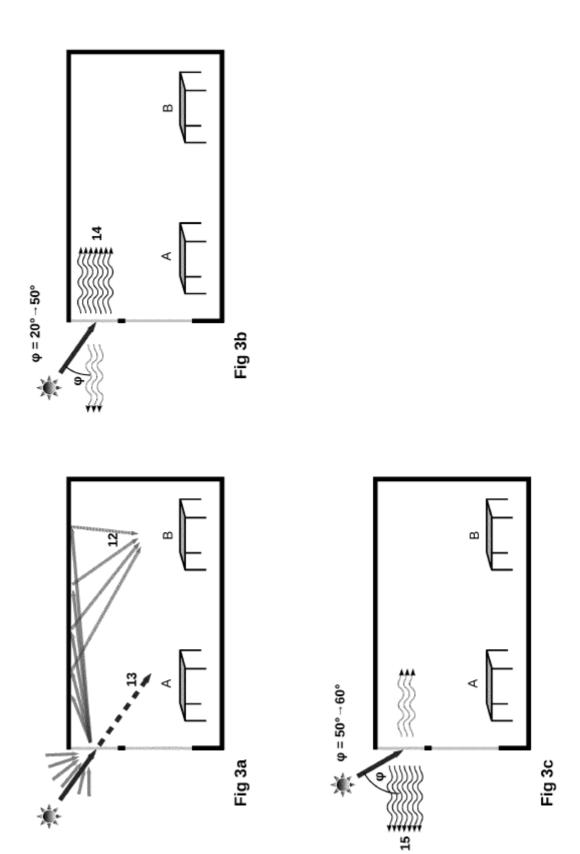
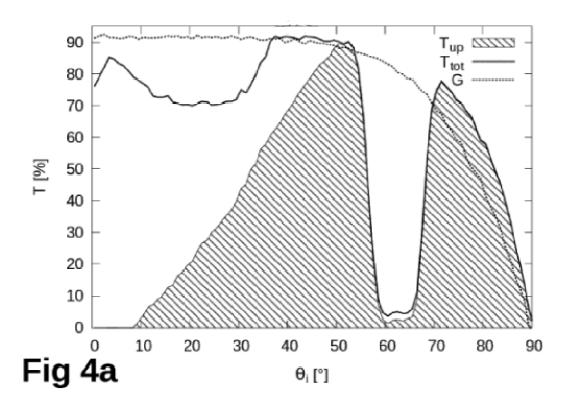


Fig 1a









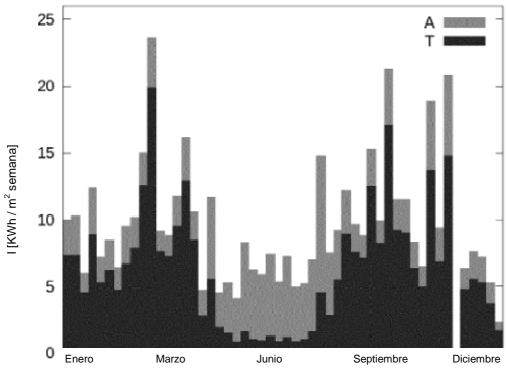


Fig 4b

