

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication : **3 136 461**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **22 05564**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **C 03 C 17/23** (2022.01), C 03 C 17/34, B 32 B 17/06,  
B 60 Q 3/208

⑫

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Vitrage lumineux feuilleté comprenant un revêtement fonctionnel.

②2 Date de dépôt : 09.06.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 15.12.23 Bulletin 23/50.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 18.10.24 Bulletin 24/42.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE  
Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : *MONMEYRAN Corentin, BERARD  
Mathieu et RUFF Julie.*

⑦3 Titulaire(s) : *SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE  
Société par actions simplifiée.*

⑦4 Mandataire(s) : *SAINT-GOBAIN RECHERCHE.*

FR 3 136 461 - B1



## Description

### **Titre de l'invention : Vitrage lumineux feuilleté comprenant un revêtement fonctionnel**

- [0001] L'invention concerne le domaine des vitrages lumineux. Un vitrage lumineux est un vitrage qui émet de la lumière. Il comprend une source de lumière et un substrat comprenant sur une de ses faces principales une couche extractrice de lumière telle qu'une couche diffusante formant un motif. La source de lumière est couplée optiquement au substrat, par exemple par la tranche. La lumière injectée au niveau de la tranche du substrat se propage dans le substrat par réflexion interne totale. Le substrat joue le rôle de guide de lumière.
- [0002] Selon la présente invention, on appelle « mode guidé » le mode de propagation de la lumière dans le substrat par réflexion totale interne. Le mode guidé correspond donc à l'utilisation d'une lumière à incidence rasante à l'intérieur d'un substrat. Le paramètre critique pour le mode guidé est l'angle critique de réflexion total interne. Il correspond à l'angle par rapport à la normal au substrat au-dessus duquel tout rayon lumineux arrivant sur une surface de séparation ou interface, depuis un milieu d'indice optique plus élevé vers un milieu d'indice optique moins élevé, est réfléchi intégralement par ladite surface ou interface. L'angle critique ( $\theta_c$ ) est déterminé en appliquant l'équation de Snell-Descartes. Il correspond à l'angle (dans le substrat) pour lequel le rayon lumineux est réfracté à  $90^\circ$  (dans le milieu d'indice plus faible que le substrat).
- [0003] Pour les vitrages lumineux, le milieu environnant peut être l'air, un autre substrat ou un intercalaire polymérique. Par exemple, l'angle critique de réflexion totale interne à l'interface entre un substrat de verre d'indice de réfraction de 1,51 et l'air est d'environ  $40^\circ$ . Dans le cas d'une interface verre / intercalaire polymère en polyvinylbutyral (PVB), l'angle critique est d'environ  $80^\circ$ .
- [0004] Tous rayons lumineux injectés dans le substrat présentant un angle d'incidence :
- au-dessus de cet angle critique sont réfléchis et continuent à se propager dans le substrat,
  - en dessous de cet l'angle critique sont partiellement réfractés et sortent progressivement du substrat.
- [0005] Dans le cas d'un vitrage lumineux, les sources lumineuses utilisées sont de préférence des diodes électroluminescentes (LED en anglais ou DEL en français). La lumière est extraite au niveau de la couche extractrice ce qui permet d'éclairer le motif.
- [0006] Il existe une demande croissante de vitrage lumineux pour des applications automobiles, notamment pour les toits automobiles. Cependant, cette option n'est pas compatible avec la plupart des vitrages traditionnellement utilisés pour ces ap-

plications. En effet, les vitrages pour l'automobile doivent avoir en outre une fonction bas émissive pour diminuer la quantité d'énergie dissipée vers l'extérieur. La fonction ou propriété « bas émissive » correspond à la capacité d'un vitrage à empêcher la chaleur de sortir en réfléchissant le rayonnement infrarouge.

[0007] A cette fin, des revêtements fonctionnels présentant des propriétés de réflexion des rayonnements infrarouges (IR) sont utilisés. Dans la suite de la description, le terme « fonctionnel » qualifiant un revêtement ou une couche signifie « pouvant agir sur le rayonnement solaire et/ou le rayonnement infrarouge ». On peut citer par exemple les revêtements fonctionnels comprenant une couche d'oxyde conductrice disposée entre deux revêtements diélectriques. On connaît notamment la demande de brevet WO2018/206236. Cette demande divulgue en partant du substrat des revêtements fonctionnels comprenant :

- un revêtement diélectrique comprenant des couches diélectriques telles que des couches de nitrure de silicium et/ou d'oxyde de silicium,
- une couche fonctionnelle à base d'un oxyde conducteur transparent (TCO) telle qu'une couche à base d'oxyde d'indium et d'étain (ITO),
- un revêtement diélectrique comprenant des couches diélectriques telles que des couches de nitrure de silicium et d'oxyde de silicium.

[0008] L'absorption de la lumière visible par les couches fonctionnelles à base d'oxyde conducteur de ces revêtements fonctionnels est non négligeable notamment dans le rouge. Toutefois, l'absorption de la lumière visible à incidence normale demeure faible car la lumière traverse perpendiculairement la couche fonctionnelle à base d'oxyde conducteur. L'interaction entre le rayonnement et la couche fonctionnelle se fait uniquement sur l'épaisseur de la couche fonctionnelle ( $ef$ ).

[0009] La situation est différente pour la lumière du mode guidé. Lorsque les revêtements fonctionnels sont placés à proximité du substrat dans lequel se propage la lumière en mode guidé, la lumière se propageant dans le substrat est susceptible d'interagir avec la couche fonctionnelle. Les angles d'interaction entre la lumière du mode guidé et le substrat sont définis directement dans le substrat dans lequel on injecte de la lumière. Les rayons du mode guidé sont donc en grande partie « rasants » ( $\theta$  supérieur à  $80^\circ$ ) par rapport à la normal au substrat dans lequel il se propage.

[0010] Un rayon du mode guidé traverse donc la couche fonctionnelle sur une distance correspondant à : Epaisseur de la couche fonctionnelle ( $ef$ ) /  $\cos(\theta)$ . Plus l'angle est rasant, plus  $\cos(\theta)$  est faible, plus les rayons du mode guidé interagissent avec la couche fonctionnelle sur une grande distance et donc plus les proportions de rayons absorbés sont aussi importantes.

[0011] En conclusion, lorsque le substrat dans lequel se propage la lumière comprend ou est au contact d'un revêtement fonctionnel, une partie importante de la lumière rentre en

contact avec ce revêtement fonctionnel avec un angle rasant et est donc susceptible d'être absorbée lorsque le revêtement fonctionnel comprend des couches absorbantes.

- [0012] C'est pourquoi on observe, en fonction de la lumière injectée, une altération, un changement chromatique, une diminution voire un effacement du motif au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point d'injection de lumière due à l'absorption élevée en mode guidé aux angles rasants de la couche fonctionnelle.
- [0013] Ce problème est particulièrement marqué aux grandes longueurs d'onde dans le visible car l'absorption des couches d'oxyde conductrices et en particulier de l'ITO va croissant avec la longueur d'onde. Dans le cas des vitrages lumineux, les propriétés optiques en mode guidé du revêtement fonctionnel sont donc déterminantes.
- [0014] Lorsque l'on utilise des sources de lumière émettant de la lumière rouge (LED rouge), l'absorption en mode guidé des longueurs d'ondes correspondant au rouge se traduit par une couleur (ou luminosité) qui s'atténue le long du motif (lorsque l'on s'éloigne de la source lumineuse). Lorsque l'on utilise des sources de lumière émettant de la lumière blanche, l'absorption en mode guidé des longueurs d'ondes correspondant au rouge se traduit par une couleur qui s'altère et une intensité lumineuse qui s'atténue le long du motif.
- [0015] Le demandeur, conscient de ce phénomène, s'est intéressé à contrôler par effet interférentiel la répartition de l'énergie électromagnétique dans l'empilement. L'objectif est de minimiser la densité d'énergie au niveau la couche fonctionnelle et ainsi minimiser l'absorption notamment dans le rouge.
- [0016] En effet, l'absorption d'énergie lumineuse dans un revêtement attribuable à la présence d'une couche dite absorbante, dépend à la fois de l'épaisseur et du matériau la constituant, mais également de la position où cette couche est située dans le revêtement. En particulier, l'amplitude locale du champ électrique au niveau d'une couche du revêtement dépend de sa position dans le revêtement qui fonctionne comme un filtre interférentiel. L'absorption d'énergie lumineuse varie proportionnellement par rapport au carré de l'amplitude de ce champ électrique. Si la couche dite absorbante est placée à un endroit du revêtement où l'amplitude du champ électrique pour une longueur d'onde donnée est faible, l'absorption de cette longueur d'onde sera plus faible par rapport à un revêtement comprenant la même couche absorbante placée à un endroit où l'amplitude du champ électrique est plus élevée.
- [0017] Il est possible d'augmenter ou de réduire sélectivement les propriétés d'absorption d'un revêtement pour certaines longueurs d'ondes. Pour cela, il est possible de sélectionner avantageusement la « position » de la couche absorbante en la plaçant à un endroit du revêtement où l'amplitude du champ électrique pour cette longueur d'onde est grande ou faible. Pour sélectionner la « position » la plus avantageuse du point de vue de l'absorption, il est possible de jouer sur l'épaisseur et la nature des couches di-

électriques des revêtements diélectriques encadrant la couche fonctionnelle.

- [0018] Le demandeur a donc mis en évidence qu'en sélectionnant la nature et les épaisseurs des couches diélectriques constituant les revêtements diélectriques des revêtements fonctionnels, il est possible de sélectivement diminuer l'absorption dans le rouge en mode guidé sans nuire aux autres propriétés et fonction notamment bas émissivité et esthétiques.
- [0019] Pour atteindre ce but, il a été nécessaire de caractériser l'absorption par le revêtement fonctionnel de la lumière en mode guidé. Il n'est pas possible de déterminer expérimentalement des paramètres colorimétriques puisque le mode guidé existe seulement dans le substrat. Les inventeurs ont déterminé un modèle optique spécifique permettant d'évaluer par simulation des valeurs de  $a^*$  et  $b^*$  en réflexion en mode guidé à l'interface substrat/revêtement fonctionnel. Cette réflexion correspond à un angle d'incidence de  $80^\circ$  dans le substrat de verre. Ces paramètres colorimétriques en mode guidé sont appelés  $R_{gm}$ ,  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$ .  $R_{gm}$  correspond à la quantité totale de lumière réfléchi à chaque réflexion sur l'interface à couches. Une plus faible absorption dans le rouge en mode guidé se traduit par des valeurs élevées de  $R_{gm}$  et des valeurs de  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  moins négatives, voire neutre. Un paramètre  $R_{gm}$  élevé dénote une faible absorption et donc une meilleure préservation du mode guidé au sens de son intensité totale.
- [0020] Grâce à ce modèle, le demandeur a ainsi réussi à développer des familles de solutions répondant à ces critères sous forme de combinaisons particulières de couches diélectriques dans les revêtements diélectriques présentant des épaisseurs et des indices optiques spécifiques.
- [0021] La présente invention concerne donc un matériau comprenant un substrat revêtu d'un revêtement fonctionnel, destiné à être mise en œuvre dans un vitrage lumineux, présentant une faible absorption en mode guidé dans le visible notamment dans le rouge lorsque le vitrage est éclairé et ainsi permettre d'éviter tout dérive colorimétrique sur la longueur du motif.
- [0022] L'amélioration découle du contrôle précis des effets d'interférences optiques entre les différentes couches composant le revêtement. Ce contrôle est obtenu par le choix de la nature, de l'épaisseur et des séquences de couches diélectriques constituant les revêtements diélectriques. Cela permet de rendre compatible les revêtements fonctionnels avec une utilisation dans des vitrages lumineux.
- [0023] L'invention concerne un matériau comprenant un substrat revêtu d'un revêtement fonctionnel comprenant en partant du substrat :
- éventuellement un premier revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprenant :
  - une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 0 et

110 nm et

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 170 nm,

la couche d'indice de réfraction supérieur, si elle est présente, a un indice de réfraction supérieur à celui de la couche de réfraction inférieur, si elle est présente, et la variation d'indice de réfraction à 550 nm entre ces deux couches est supérieure à 0,25, supérieure à 0,30, ou supérieure à 0,40,

- une couche fonctionnelle à base d'un oxyde conducteur transparent (TCO),

- un second revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprenant :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 170 nm et

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 190 nm,

la couche d'indice de réfraction supérieur a un indice de réfraction supérieur à celui de la couche de réfraction inférieur et la variation d'indice de réfraction à 550 nm entre ces deux couches est supérieure à 0,25, supérieure à 0,30, ou supérieure à 0,40,

la somme des épaisseurs optiques du premier et du second revêtement diélectrique est supérieure à 200 nm.

[0024] De manière surprenante, les meilleurs résultats en terme de basse absorption dans le rouge en mode guidé, basse émissivité et/ou esthétique neutre en transmission sont obtenus avec un revêtement fonctionnel présentant la ou les caractéristiques suivantes :

- la couche fonctionnelle est choisie parmi l'oxyde d'étain dopé au fluor, l'oxyde d'étain dopé à l'antimoine et/ou l'oxyde d'indium et d'étain,

- la couche fonctionnelle a une épaisseur géométrique comprise entre 70 et 200 nm, entre 75 et 150 nm, entre 80 et 130 ou entre 90 et 110 nm,

- les couches diélectriques d'indice de réfraction inférieur des revêtements diélectriques ont un indice de réfraction inférieur à 1,7, inférieur à 1,6, ou inférieur à 1,5,

- les couches d'indice de réfraction inférieur sont des couches à base d'oxyde de silicium,

- les couches diélectriques d'indice de réfraction supérieur des revêtements diélectriques ont un indice de réfraction supérieur à 1,9, ou supérieur à 2,0,

- les couches diélectriques d'indice de réfraction supérieur de chaque revêtement diélectrique sont choisies parmi :

- les couches à base de nitrure d'un ou plusieurs éléments choisis parmi le silicium, l'aluminium ou le zirconium, de préférence à base de nitrure de silicium,

- les couches à base d'oxyde de zinc et d'étain,

- les couches à base d'oxyde de zinc ou

- les couches à base d'oxyde de titane,
- les couches diélectrique d'indice de réfraction inférieur des revêtements diélectriques sont identiques ou différentes et sont choisies parmi les couches à base d'oxyde de silicium,
- les couches diélectrique d'indice de réfraction supérieur des revêtements diélectriques sont identiques ou différentes et sont choisis parmi les couches à base de nitrure de silicium ou d'oxyde de zinc et d'étain.

[0025] Le demandeur a notamment mis en évidence deux combinaisons particulièrement avantageuse présentant des gammes particulières d'épaisseur optique pour chaque couche diélectrique des revêtements diélectriques. Cela signifie qu'un choisissant un revêtement fonctionnel satisfaisant l'une de ces combinaisons de gammes, il est possible d'obtenir un certain nombre des propriétés avantageuses recherchées par l'invention. Toutefois, toute sélection au sein de ces combinaisons ne permet pas d'obtenir toutes les propriétés préférentielles de l'invention.

[0026] Selon une première combinaison préférentielle, l'invention concerne un matériau dont :

le revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 20 nm,

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 25 nm, de préférence 10 et 20 nm,

le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 100 nm et 140 nm,

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 140 nm.

[0027] Selon l'invention, la borne inférieure dans les gammes « comprise entre 0 nm » signifie que la couche puisse être absente. La borne est donc incluse.

[0028] Selon une autre combinaison préférentielle, l'invention concerne un matériau dont :

le revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 40 nm et 110 nm ou entre 60 nm et 80 nm,

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 20 nm et 145 nm ou entre 75 nm et 105 nm,

le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 80 nm et 170 nm ou entre 90 nm et 130 nm,

- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 125

et 190 nm ou entre 150 et 165 nm.

- [0029] Selon cette combinaison avantageuse, la somme des épaisseurs optiques du premier et du second revêtement diélectrique est supérieure à 300 nm, 350 nm, 380 nm ou 400 nm.
- [0030] L'invention présente avantageusement des couleurs en réflexion à 60° peu intense.
- [0031] L'invention concerne également un vitrage feuilleté comprenant un matériau selon l'invention et au moins un second substrat, le matériau et le second substrat sont liés entre eux par l'intermédiaire d'un intercalaire de feuilletage.
- [0032] De manière conventionnelle, les faces d'un vitrage sont désignées à partir de l'extérieur en numérotant les faces des substrats de l'extérieur vers l'intérieur de l'habitacle ou du local qu'il équipe. Cela signifie que la lumière solaire incidente traverse les faces dans l'ordre croissant de leur numéro.
- [0033] Dans le cas d'un vitrage feuilleté, on numérote toutes les faces des substrats mais on ne numérote pas les faces des intercalaires de feuilletage.
- [0034] Le vitrage feuilleté selon l'invention comporte une face 1 située à l'extérieur du bâtiment ou du véhicule qu'il équipe, des faces 2 et 3 au contact de l'intercalaire de feuilletage et une face 4 à l'intérieur du bâtiment ou du véhicule. Le revêtement fonctionnel est de préférence positionné en face 4.
- [0035] L'invention concerne également :
- un vitrage feuilleté selon l'invention monté sur un véhicule ou sur un bâtiment, et
  - l'utilisation d'un vitrage feuilleté selon l'invention en tant que vitrage de bas émissif pour le bâtiment ou les véhicules,
  - un bâtiment, un véhicule comprenant un vitrage selon l'invention.
- [0036] Le vitrage feuilleté selon l'invention est de préférence un vitrage automobile tel qu'un vitrage de toit automobile.
- [0037] Le vitrage feuilleté selon l'invention peut comporter des substrats bombés.
- [0038] Le vitrage feuilleté peut présenter une transmission lumineuse inférieure à 50 %, inférieure à 30 %, inférieure à 20 % ou inférieure à 10 %.
- [0039] Le vitrage feuilleté peut également présenter une transmission lumineuse supérieure à 60 %, supérieure à 70 %, ou supérieure à 80 %.
- [0040] L'invention concerne également un vitrage lumineux comprenant un vitrage feuilleté selon l'invention, une source de lumière couplée optiquement pour former un guide de lumière et un élément extracteur de lumière pour extraire la lumière guidée.
- [0041] La source de lumière est de préférence périphérique.
- [0042] La source de lumière est de préférence couplée optiquement au substrat du matériau selon l'invention. Le couplage optique peut se faire :
- par la tranche du substrat du matériau de l'invention,
  - par une paroi délimitant un trou, de préférence traversant, du substrat du matériau,

ou

- par redirection de la lumière par exemple, la source peut se trouver côté F4 (décalé ou en face de la face F4) et un élément de redirection de lumière tel qu'un film prismatique réflecteur est positionné face F3.

[0043] L'élément extracteur de lumières de préférence un élément diffusant notamment un élément diffusant en couche formant un motif.

[0044] Le vitrage lumineux de l'invention peut être choisi parmi une vitre latérale, une vitre arrière, une vitre de toit ou un parebrise.

[0045] Les caractéristiques préférées qui figurent dans la suite de la description sont applicables aussi bien au matériau selon l'invention que, le cas échéant, au vitrage, au procédé, à l'utilisation, au bâtiment ou au véhicule selon l'invention.

[0046] Toutes les caractéristiques lumineuses décrites sont obtenues selon les principes et méthodes de la norme ISO 9050 se rapportant à la détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages utilisés dans le verre pour la construction.

[0047] De manière conventionnelle, les indices de réfraction sont mesurés à une longueur d'onde de 550 nm.

[0048] Selon l'invention, deux éléments tels que des couches ou des substrats ont des indices de réfraction sensiblement égaux, lorsque la valeur absolue de la différence entre les indices de réfraction des deux matériaux constituant lesdites couches ou substrats à 550 nm est inférieure ou égale à 0,15.

[0049] Les couches d'indice de réfraction supérieur et les couches d'indice de réfraction inférieur ont des indices de réfraction différents. Selon l'invention, deux éléments tels que des couches ou des substrats ont des indices de réfraction différents, lorsque la valeur absolue de la différence entre les indices de réfraction des deux matériaux constituant lesdites couches ou substrats à 550 nm est supérieure ou égale à 0,25, supérieure à 0,30, supérieure à 0,40, supérieure à 0,50, supérieure à 0,60, supérieure à 0,70 ou supérieure à 0,80.

[0050] Les indices de réfractons sont définis à la longueur d'onde de 550 nm.

[0051] Sauf mention contraire, les épaisseurs évoquées dans le présent document sans autres précisions sont des épaisseurs physiques, réelles ou géométriques dénommées  $E_p$  et sont exprimées en nanomètres (et non pas des épaisseurs optiques). L'épaisseur optique  $E_o$  est définie comme l'épaisseur physique de la couche considérée multipliée par son indice de réfraction à la longueur d'onde de 550 nm :  $E_o = n * E_p$ . L'indice de réfraction étant une valeur adimensionnelle, on peut considérer que l'unité de l'épaisseur optique est celle choisie pour l'épaisseur physique.

[0052] Selon l'invention, un revêtement diélectrique correspond à une séquence de couches diélectrique, située entre le substrat et la couche fonctionnelle, ou au-dessus de la couche fonctionnelle.

- [0053] Si un revêtement diélectrique est composé de plusieurs couches diélectriques, l'épaisseur optique du revêtement diélectrique correspond à la somme des épaisseurs optiques des différentes couches diélectriques constituant le revêtement diélectrique.
- [0054] Le revêtement fonctionnel est déposé par pulvérisation cathodique assistée par un champ magnétique (procédé magnétron). Selon ce mode de réalisation avantageux, toutes les couches des revêtements sont déposées par pulvérisation cathodique assistée par un champ magnétique. A défaut de stipulation spécifique, les expressions « au-dessus » et « en-dessous » ne signifient pas nécessairement que deux couches et/ou revêtements sont disposés au contact l'un de l'autre. Lorsqu'il est précisé qu'une couche est déposée « au contact » d'une autre couche ou d'un revêtement, cela signifie qu'il ne peut y avoir une (ou plusieurs) couche(s) intercalée(s) entre ces deux couches (ou couche et revêtement).
- [0055] Dans la présente description, sauf autre indication, l'expression « à base de », utilisée pour qualifier un matériau ou une couche quant à ce qu'il ou elle contient, signifie que la fraction massique du constituant qu'il ou elle comprend est d'au moins 50%, en particulier au moins 70%, de préférence au moins 90%.
- [0056] Selon l'invention :
- la réflexion lumineuse correspond à la réflexion du rayonnement solaire dans la partie visible du spectre,
  - la transmission lumineuse correspond à la transmission du rayonnement solaire dans la partie visible du spectre,
  - l'absorption lumineuse correspond à l'absorption du rayonnement solaire dans la partie visible du spectre.
- [0057] Les caractéristiques lumineuses sont mesurées selon l'illuminant D65 à 2° perpendiculairement au matériau monté dans un simple vitrage (sauf indications contraires) :
- TL correspond à la transmission lumineuse dans le visible en %,
  - Rc correspond à la réflexion lumineuse extérieure dans le visible en %, observateur côté revêtement fonctionnel, ,
  - Rs correspond à la réflexion lumineuse intérieure dans le visible en %, observateur côté opposé à celui comprenant le revêtement fonctionnel, ,
  - a\*T et b\*T correspondent aux couleurs en transmission a\* et b\* dans le système L\*a\*b\*,
  - a\*Rc et b\*c correspondent aux couleurs en réflexion a\* et b\* dans le système L\*a\*b\*, observateur côté revêtement fonctionnel, ,
  - a\*Rs et b\*Rs correspondent aux couleurs en réflexion a\* et b\* dans le système L\*a\*b\*, observateur côté opposé à celui comprenant le revêtement fonctionnel.
- [0058] Les paramètres a\*60° et b\*60° correspondent aux couleurs a\* et b\* dans le système L\*a\*b\* à un angle de 60° par rapport à la normale au plan du vitrage mesurés selon

l'illuminant D65 à 2° perpendiculairement au matériau monté en simple vitrage avec le revêtement fonctionnel positionné en face 1, observateur côté revêtement fonctionnel.

- [0059] Les matériaux selon l'invention permettent d'obtenir sur un substrat de verre clair (simple vitrage) :
- une émissivité inférieure à 30%, voire inférieure à 20%, et/ou,
  - une réflexion Rs faible, notamment inférieure à 7%, et,
  - des couleurs neutres en réflexion et,
  - des faibles couleurs en réflexion angulaire se traduisant par une réflexion à 60° inférieure à 17 % et des couleurs neutres.
- [0060] De préférence, le matériau confère aux vitrages l'incorporant des couleurs en transmission et en réflexion extérieure ou en réflexion intérieure (simple vitrage) telles que définies ci-après :
- des valeurs de  $a \cdot R_c$  comprises entre -8 et 4, entre -2 et 2, entre -2 et 1,5, et/ou,
  - des valeurs de  $b \cdot R_c$  comprises entre -5 et +5, entre -2 et 2, et/ou,
  - des valeurs de  $a \cdot R_c$  60° comprises entre -8 et 6, entre -2 et 1,5, et/ou
  - des valeurs de  $b \cdot R_c$  60° comprises entre -8 et 8, entre -2 et 2.
- [0061] Ces propriétés sont mesurées sur verre clair ordinaire. Un verre clair ordinaire de 4 à 6 mm d'épaisseur présente les caractéristiques lumineuses suivantes :
- une transmission lumineuse comprise entre 87 et 91,5 %,
  - une réflexion lumineuse comprise entre 7 et 9,5 %,
  - une absorption lumineuse comprise entre 0,3 et 5 %.
- [0062] Les paramètres  $R_{gm}$ ,  $a \cdot gm$  et  $b \cdot gm$  correspondent au réflexion et aux couleurs  $a^*$  et  $b^*$  en réflexion en mode guidé à l'interface substrat/revêtement fonctionnel à un angle de 80° dans le substrat de verre.
- [0063] Dans les configurations sous forme de vitrage feuilleté, les propriétés colorimétriques sont calculées avec :
- [0064] - des matériaux comprenant un substrat revêtu d'un revêtement fonctionnel montés dans un vitrage feuilleté, ,
- le vitrage feuilleté comprend un matériau comprenant un substrat de type verre sodocalcique ordinaire de 2mm et un autre substrat de verre de type verre sodocalcique de 2 mm, les deux substrats sont séparés par un intercalaire de feuilletage en Polyvinyl Butyral (PVB) de 0,76 mm, ,
  - le revêtement fonctionnel est de préférence positionné en face 4.
- [0065] Le revêtement fonctionnel comprend de préférence une seule couche fonctionnelle.
- [0066] De préférence, le revêtement fonctionnel est déposé sur un verre plan et l'ensemble est bombé trempé. Cela permet d'améliorer l'émissivité d'un TCO comme l'ITO notamment. On peut aussi chauffer le revêtement fonctionnel pendant le dépôt.
- [0067] Les couches diélectriques sont classiquement choisies parmi les couches à base

d'oxyde, à base de nitrure ou à base d'oxynitrure. Les couches à base d'oxyde d'un ou plusieurs éléments comprennent essentiellement de l'oxygène et très peu d'azote. Les couches à base d'oxyde comprennent notamment au moins 90 % en pourcentage atomique d'oxygène par rapport à l'oxygène et l'azote dans ladite couche. Les couches à base de nitrure comprennent essentiellement de l'azote et très peu d'oxygène. Les couches à base nitrure comprennent au moins 90 % en pourcentage atomique d'azote par rapport à l'oxygène et l'azote dans ladite. Les couches à base d'oxynitrure comprennent un mélange d'oxygène et d'azote. Les couches à base d'oxynitrure comprennent 10 à 90 % (bornes exclues) en pourcentage atomique d'azote par rapport à l'oxygène et l'azote dans ladite couche.

[0068] Les quantités d'oxygène et d'azote dans une couche sont déterminées en pourcentages atomiques par rapport aux quantités totales d'oxygène et d'azote dans la couche considérée.

[0069] Les couches diélectriques sont classiquement choisies parmi:

- les couches comprenant du silicium, de l'aluminium et/ou du zirconium, éventuellement dopé à l'aide d'au moins un autre élément,
- les couches à base d'oxyde de zinc et d'étain,
- les couches à base d'oxyde de titane,
- les couches à base d'oxyde de zinc.

[0070] Les couches comprenant du silicium comprennent au moins 50 % en masse de silicium par rapport à la masse de tous les éléments constituant la couche comprenant du silicium autres que de l'azote et de l'oxygène.

[0071] Les couches comprenant du silicium peuvent être choisies parmi les couches à base d'oxyde, à base de nitrure ou à base d'oxynitrure telles que les couche à base d'oxyde de silicium, les couches à base de nitrure de silicium et les couches à base d'oxynitrure de silicium.

[0072] Les couches à base d'oxyde de silicium comprennent au moins 90 % en pourcentage atomique d'oxygène par rapport à l'oxygène et l'azote dans la couche à base d'oxyde de silicium. Les couches à base nitrure de silicium comprennent au moins 90 % en pourcentage atomique d'azote par rapport à l'oxygène et l'azote dans la couche à base de nitrure de silicium. Les couches à base d'oxynitrure de silicium comprennent 10 à 90 % (bornes exclues) en pourcentage atomique d'azote par rapport à l'oxygène et l'azote dans la couche à base d'oxyde de silicium. De préférence, les couches à base d'oxyde de silicium sont caractérisées par un indice de réfraction à 550 nm, inférieur ou égale à 1,55. De préférence, les couches à base de nitrure de silicium sont caractérisées par un indice de réfraction à 550 nm, supérieur ou égale à 1,95.

[0073] Les couches comprenant du silicium peuvent comprendre ou être constituées d'éléments autres que le silicium, l'oxygène et l'azote. Ces éléments peuvent être

choisis parmi l'aluminium, le bore, le titane, et le zirconium. Les couches comprenant du silicium peuvent comprendre au moins 2 %, au moins 5 % ou au moins 8 % en masse d'aluminium par rapport à la masse de tous les éléments constituant la couche comprenant du silicium autres que de l'oxygène et l'azote.

- [0074] Les couches comprenant de l'aluminium peuvent être choisies parmi les couches à base d'oxyde, à base de nitrure ou à base d'oxynitrure telles que les couches à base d'oxyde de d'aluminium tels que  $Al_2O_3$ , les couches à base de nitrure d'aluminium tels que AlN et les couches à base d'oxynitrure d'aluminium tels  $AlO_xNy$ .
- [0075] Parmi les couches diélectriques, on distingue, en fonction de leur indice de réfraction à 550 nm, les couches à bas indice de réfraction, les couches d'indice de réfraction intermédiaire et les couches à haut indice de réfraction. Les couches à bas à bas indice de réfraction présentent un indice de réfraction inférieure à 1,70. Les couches d'indice de réfraction intermédiaire présentent un indice de réfraction compris entre 1,70 et 2,2. Les couches à haut indice de réfraction présentent un indice de réfraction supérieur à 2,2.
- [0076] Les couche à bas indice peuvent présenter un indice de réfraction inférieur à 1,70, inférieur à 1,6 ou inférieur à 1,5. Les couches à bas indice bas indice de réfraction sont de préférence des couches à base d'oxyde de silicium.
- [0077] Les couches d'indice de réfraction intermédiaire peuvent être choisies parmi :
- les couches à base d'oxyde de zinc ( $n_{550} = 2,0$ ),
  - les couches à base d'oxyde d'étain ( $n_{550} = 2,0$ ),
  - les couches à base d'oxyde de zinc et d'étain ( $n_{550} = 2,0$ ),
  - les couches à base de nitrure de silicium et/ou d'aluminium ( $n_{550} = 2,1$ ),
  - les couches à base d'oxynitrure de silicium et/ou d'aluminium.
- [0078] Les couches à haut indice de réfraction peuvent présenter un indice de réfraction :
- supérieur à 2,30, supérieur à 2,35 ou supérieur à 2,40.
  - inférieur à 2,60, inférieur à 2,50, inférieur à 2,40.
- Les couches à haut indice de réfraction peuvent être choisies parmi :
- les couches à base d'oxyde de titane ( $n_{550}=2,4$ ),
  - les couches à base d'oxyde mixte de titane et d'un autre composant choisi dans le groupe constitué par Zn, Zr et Sn,
  - les couches à base une couche de nitrure de zirconium,
  - les couches à base de nitrure de silicium et de zirconium ( $n_{550\text{ nm}} = 2,20 - 2,40$ ),
  - les couches à base une couche d'oxyde de zirconium,
  - les couches à base d'oxyde de manganèse  $MnO$  ( $n_{550} = 2,16$ ),
  - les couches à base une couche d'oxyde de tungstène ( $n_{550} = 2,15$ ),
  - les couches à base une couche d'oxyde de niobium ( $n_{550} = 2,30$ ),
  - les couches à base une couche d'oxyde de bismuth ( $n_{550} = 2,60$ ).

- [0079] La couche d'indice de réfraction inférieur peut être choisie parmi les couches à bas indice de réfraction. Dans ce cas, les couches d'indice de réfraction supérieur sont choisies parmi les couches présentant un indice de réfraction supérieur à 1,7. Elles sont donc choisies parmi les couches de réfraction intermédiaire et les couche à haut indice de réfraction.
- [0080] La couche d'indice de réfraction inférieur peut être choisie parmi les couches d'indice de réfraction intermédiaire. Dans ce cas, les couches d'indice de réfraction supérieur sont choisies parmi les couches à haut indice de réfraction.
- [0081] La somme des épaisseurs physiques de toutes les couches comprenant du silicium de chaque revêtement diélectrique est supérieure à 50 %, 60 % ou 70 % de l'épaisseur totale du revêtement diélectrique considéré.
- [0082] Les substrats peuvent être des substrats en verre minéral ou en matériau polymère transparent. Les substrats sont de préférence en verre minérale.
- [0083] Les substrats de verre minéral qui constituent le vitrage peuvent être en verre sodocalcique, aluminosilicate ou borosilicate.
- [0084] Les substrats peuvent être en matériau polymère transparent qui comprennent les substrats en poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA), en polycarbonate (PC), en polyuréthane ou en polyurée (PU)
- [0085] De préférence, les intercalaires de feuillette comprennent une ou plusieurs feuilles de polymères organiques. Les polymères organiques sont choisis parmi le butyral de polyvinyl (PVB), les polyuréthanes (PU), les polyurées, l'éthylène acétate de vinyle (EVA), les polyoléfine (dont polyéthylène (PE), polypropylène (PP) ou polyisobutylène (P-IB)), le polychlorure de vinyle et ses dérivés (par exemple poly(dichlorure de vinyle) (PVDC)), les polymères styréniques (par exemple polystyrène (PS), acrylostyrène butadiène (ABS), styrène acrylonitrile (SAN)), les polyacryliques (dont polyacrylonitrile (PAN) et le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) ), les polyester (dont poly(téréphtalate d'éthylène) (PET) et poly(téréphtalate de butylène) (PBT)), le polyoxyméthylène (POM), les polyamides (PA), les polymères fluorés tel que polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE), les polycarbonates (PC), les polysulfones aromatiques dont polysulfone (PSU), les polyphénylène éther (PPE), les époxy (EP) seuls ou en mélange et/ou copolymère de plusieurs d'entre eux. L'intercalaire de feuillette peut être teinté.
- [0086] De préférence le matériau du substrat est clair et mieux extraclair pour limiter l'absorption.
- [0087] Le substrat peut être un verre ultrafin par exemple d'épaisseur inférieur à 0,7 mm.
- [0088] Le substrat peut être un verre trempé (thermiquement).
- [0089] L'invention concerne également un vitrage lumineux comprenant un vitrage feuillette selon l'invention, un élément extracteur de lumière, de préférence un élément diffusant en couche et des sources de lumière.

- [0090] L'élément diffusant en couche peut être en contact ou formé sur la face d'un substrat du vitrage feuilleté par un traitement superficiel du type sablage, par une attaque acide, par dépôt de couche diffusante.
- [0091] On peut citer comme élément en couche diffusant le verre acidé, le verre Satinovo® de SAINT-GOBAIN GLASS et le verre avec la couche diffusante Smoothlite® de SAINT-GOBAIN GLASS.
- [0092] L'élément diffusant en couche peut être formé dans la masse d'un substrat ou intercalaire par exemple par un traitement de type gravure laser. L'élément diffusant en couche sous forme d'un substrat ou intercalaire est ensuite rapporté à la surface du substrat du matériau selon l'invention, par exemple par feuilletage.
- [0093] L'élément diffusant en couche peut être placé sur le substrat du matériau selon l'invention, notamment sur la face opposée à celle du revêtement fonctionnel.
- [0094] L'élément diffusant en couche peut être un film diffusant autoportant, de préférence collé à un substrat du vitrage.
- [0095] L'élément diffusant en couche peut être une couche déposée sur un substrat. La couche peut être à base d'un émail diffusant. Il peut être déposé de manière discontinue sur une face d'un substrat de façon à former un motif. La couche peut être une encre diffusante imprimée sur un substrat ou un intercalaire.
- [0096] La couche diffusante peut comprendre un matrice organique ou minérale et des particules diffusantes par exemple d'oxyde métallique tel que du dioxyde de titane. Comme exemple de couche diffusante transparente minérale on peut citer l'émail transparent tel que décrit dans la demande FR3084355. Comme exemple de couche diffusante transparente organique on peut citer la couche transparente telle que décrit dans la demande WO2022023638
- [0097] Les éléments diffusants sont disposés aux endroits souhaités d'extraction de la lumière. Il est ainsi possible de dessiner le cheminement de la lumière sur la surface du vitrage en la diffusant par le biais de surfaces diffusantes aux aires et contours bien définis, selon par exemple des motifs géométriques ou même de texte.
- [0098] L'élément diffusant en couche peut être opaque ou transparent.
- [0099] La couche diffusante peut comprendre un matrice (organique ou minérale) et des particules diffusantes par exemple d'oxyde métallique (TiO<sub>2</sub> etc).
- [0100] Comme exemple de couche diffusante transparente minérale on peut citer l'émail transparent tel que décrit dans la demande FR3084355
- [0101] Comme exemple de couche diffusante transparente organique on peut citer la couche transparente telle que décrit dans la demande WO2022023638
- [0102] Le vitrage feuilleté peut comporter une couche de masquage en matériau opaque (notamment noir) de préférence sur la face principale interne (côté intercalaire) du second substrat (face 2). Cette couche périphérique et forme un cadre et définit un clair

de vue. De préférence, la source de lumière est masquée de l'extérieur notamment par la couche de masquage. Cette couche peut être un émail situé sur le second substrat de verre ou une encre situé sur l'intercalaire.

- [0103] La source de lumière apte à émettre de la lumière est de préférence un élément électroluminescent tels que des diodes électroluminescentes (LED en anglais ou DEL en français). La source de lumière peut être polychromatique (lumière blanche) ou monochromatique notamment rouge.
- [0104] La source de lumière peut être linéaire tel qu'une barrette de diodes.
- [0105] La source de lumière peut être couplée directement au matériau du substrat ou via un guide, une optique de collimation
- [0106] La source de lumière est de préférence couplée optiquement au substrat du matériau selon l'invention. Le couplage optique peut se faire :
- par la tranche du substrat du matériau de l'invention,
  - par une paroi délimitant un trou, de préférence traversant, du substrat du matériau,
- ou
- par redirection de la lumière par exemple, la source peut se trouver côté F4 (décalé ou en face de la face F4) et un élément de redirection de lumière tel qu'un film prismatique réflecteur est positionné face F3.
- [0107] La source de lumière peut être située en regard ou à proximité des bords du substrat pour être couplée par la tranche du substrat. On peut se référer à la demande de brevet WO2010049638.
- [0108] La source de lumière peut également être placée dans un trou fait dans le vitrage (circulaire ou oblong). On peut se référer aux demandes de brevet WO2013110885 et WO2018178591.
- [0109] La source de lumière peut se trouver à proximité, par exemple côté face 4 (décalé ou en face de la face 4) et un élément de redirection de lumière tel qu'un film prismatique réflecteur est positionné pour rediriger la lumière (par exemple en face 3). On peut se référer à la demande de brevet WO2022096365.
- [0110] Plusieurs sources de lumières peuvent être utilisées, par exemple à proximité des bords opposés du substrat.
- [0111] Les diodes peuvent à émission frontale ou latérale. Les diodes sont de préférences des composants montés en surface sur un support avec des pistes électroconductrices comme une carte à circuit imprimé (« printed circuit card » en anglais) par exemple support de forme rectangulaire.
- [0112] Lorsque le vitrage est utilisé comme vitre arrière, la source de lumière émet de préférence dans le rouge. Lorsque le vitrage est utilisé comme vitre arrière ou comme parebrise, le motif peut un pictogramme tel qu'un triangle de secours.

### **Exemple**

## I. Matériaux et revêtements

[0113] Dans ces exemples, les substrats de verre sont des substrats de verre de type aluminosilicate.

Les intercalaires de feuillements sont des intercalaires en Poly(butyracétate de vinyle) (« PVB ») de 0,76 mm.

Les couches fonctionnelles (F) sont des couches d'oxyde d'étain et d'indium.

Les revêtements diélectriques comprennent :

- des couches à base de nitrure de silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $n_{550} = 2,0$ ),
- des couches à base d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ,  $n_{550} = 1,5$ ).

Les conditions de dépôt des couches, qui ont été déposées par pulvérisation (pulvérisation dite « cathodique magnétron »), sont résumées dans le tableau 1.

[0114] [Tableaux1]

| Couche                         | Cible employée                                      | Pression de dépôt        | Gaz                                |
|--------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| ITO                            | $\text{In}_2\text{O}_3$ 90%, $\text{SnO}_2$ 10% pds | $2 \cdot 10^{-3}$ mbar   | Ar/(Ar + O <sub>2</sub> ) à 99 %   |
| SiO <sub>2</sub>               | Si:Al à 92:8 % en pds                               | $2 \cdot 10^{-3}$ mbar   | Ar/(Ar + O <sub>2</sub> ) à 62.5 % |
| Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | Si:Al à 92:8 % en pds                               | $3,2 \cdot 10^{-3}$ mbar | Ar/(Ar + N <sub>2</sub> ) à 55 %   |

[0115] Le tableau 2 liste les matériaux et les épaisseurs physiques en nanomètres (sauf autre indication) de chaque couche ou revêtement qui constitue les revêtements en fonction de leur position vis-à-vis du substrat porteur de l'empilement (dernière ligne en bas du tableau).

[0116] [Tableaux2]

| Tab.2                  |                                | Ex.1 |     | Ex.2 |       | Ex.3 |       | Ex.4 |       | Ex.5 |     | Cp.0 |      | Cp.1 |       |
|------------------------|--------------------------------|------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-----|------|------|------|-------|
|                        |                                | Eg   | Eo  | Eg   | Eo    | Eg   | Eo    | Eg   | Eo    | Eg   | Eo  | Eg   | Eo   | Eg   | Eo    |
| 2 <sup>me</sup><br>RD  | SiO <sub>2</sub>               | 87   | 131 | 62   | 93    | 93   | 139,5 | 99   | 148,5 | 104  | 156 | 50   | 75   | 65   | 97,5  |
|                        | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | 54   | 108 | 55   | 110   | 63   | 126   | 74   | 148   | 57   | 114 | 9    | 18   | 15   | 30    |
| CF                     | ITO                            | 100  | -   | 100  | -     | 100  | -     | 100  | -     | 100  | -   | 72   | -    | 100  | -     |
| 1 <sup>er</sup><br>RD  | SiO <sub>2</sub>               | 0    | 0   | 5    | 7,5   | 26   | 39    | 36   | 54    | 64   | 81  | 17   | 25,5 | 10   | 15    |
|                        | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | 0    | 0   | 0    | 0     | 43   | 66    | 23   | 46    | 36   | 72  | 30   | 60   | 15   | 30    |
| Substrat               |                                |      |     |      |       |      |       |      |       |      |     |      |      |      |       |
| Ep. 1 <sup>er</sup> RD |                                | 0    | 0   | 5    | 7,5   | 69   | 125   | 59   | 100   | 90   | 153 | 47   | 85,5 | 25   | 45    |
| Ep. 2 <sup>me</sup> RD |                                | 141  | 239 | 117  | 203   | 156  | 285,5 | 173  | 296,5 | 161  | 270 | 59   | 93   | 80   | 127,5 |
| Σ Ep. RD               |                                | 141  | 239 | 122  | 210,5 | 225  | 390,5 | 232  | 396,5 | 251  | 423 | 106  | 179  | 105  | 172,5 |

RD : revêtement diélectrique ; CF : Couche fonctionnelle ; Eg : Epaisseur géométrique ; Eo :

Epaisseur optique ; Ep : Epaisseur.

## II. Illustration du phénomène d'atténuation

[0117] Les figures 1 et 2 représentent chacune des photographies de vitrages lumineux éclairés respectivement par le haut par des diodes électroluminescentes bleues ([Fig.1])

et rouges ([Fig.2]). Sur chaque photographie, le vitrage situé à gauche comprend un revêtement fonctionnel de l'art antérieur Cp-2 et le vitrage situé à droite ne comprend pas de revêtement fonctionnel.

Lorsque des diodes bleues sont utilisées, le motif est visualisable sur les deux vitrages. Toutefois, le motif demeure moins lumineux lorsque le vitrage comporte en outre un revêtement fonctionnel.

Lorsque des diodes rouges sont utilisées, le motif devient rapidement invisible sur le vitrage de gauche.

La [Fig.3] représente une photographie d'un vitrage lumineux comprenant un revêtement fonctionnel de l'art antérieur Cp-2 éclairé par le haut et au centre par des diodes électroluminescentes blanches (élément S). Il comprend une couche diffusante sous forme de points. La lumière est injectée par le haut et extraite le long du chemin de propagation par les points de diffusion. Sur cette photographie, on constate que seul les douze points encadrés (élément A) apparaissent blancs. Tous les autres apparaissent de couleur cyan, une couleur qui oscille entre le bleu et le vert, avec une intensité bleu-verte croissante en fonction de l'éloignement du point d'injection.

### [0118] **III. Caractérisation de l'effet l'absorption en mode guidé**

[0119] Les valeurs  $R_{gm}$ ,  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  en réflexion en mode guidé à l'interface substrat/revêtement fonctionnel ont été déterminées. Cette réflexion correspond à un angle d'incidence de  $80^\circ$  dans le substrat de verre.

Par définition du mode guidé, dont l'angle de propagation est plus grand que la valeur de l'angle critique du système, la lumière ne peut pas être transmise au travers le revêtement. Ce qui n'est pas réfléchi est donc absorbé.

Selon l'invention, il est très utile d'avoir un  $R_{gm}$  le plus élevé possible car ce paramètre dénote une faible absorption. En effet, la conservation de l'énergie d'un mode guidé impose  $R_{gm} + A_{gm} = 1$ , avec  $A_{gm}$  l'absorption du mode guidé. Une faible absorption se traduit par des valeurs élevées de  $R_{gm}$ . Une valeur de  $R_{gm}$  élevée traduit à la fois une plus faible absorption notamment dans le rouge en mode guidé et une meilleure préservation du mode guidé au sens de son intensité totale.

Les paramètres  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  indiquent le changement des paramètres colorimétriques de la lumière à la réflexion, pour une lumière incidente blanche, du type de l'illuminant D65.

Un  $a^*_{gm}$  positif signifie que la réflexion devient plus rouge que le rayon incident.

Un  $a^*_{gm}$  négatif signifie que la réflexion devient plus vert que le rayon incident.

Un  $b^*_{gm}$  positif signifie que la réflexion devient plus jaune que le rayon incident.

Un  $b^*_{gm}$  négatif signifie que la réflexion devient plus bleue que le rayon incident.

Une réflexion d'une certaine couleur indique une absorption lumineuse de la couleur complémentaire. Ainsi, par exemple, un  $a^*_{gm}$  négatif est synonyme de réflexion verte

et d'absorption dans le rouge.

Plus les paramètres  $a^*$  et  $b^*$  sont élevés en valeur absolue, plus la couleur des réflexions/absorptions sera elle-même prononcée.

Selon l'invention, on recherche des valeurs de  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  moins négatives, voire neutre.

Un revêtement fonctionnel convient tout particulièrement pour une utilisation dans un vitrage lumineux si :

- les valeurs de  $a^*_{gm}$  sont comprises entre -4 et 2, et
- les valeurs de  $b^*_{gm}$  sont supérieures à -2.

Toutefois, cela est à pondérer avec les valeurs de  $R_{gm}$ . Comme expliqué ci-dessus, un  $R_{gm}$  élevé dénote une faible absorption. C'est pourquoi il peut être intéressant d'avoir des structures présentant de hautes valeurs de  $R_{gm}$  même si les  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  associés sont plus élevés en valeur absolue car ces couleurs seront peu intenses.

[0120] Le tableau 4 résume les propriétés optiques.

[0121] [Tableaux4]

| Tab.4      | Ex.1 | Ex.2 | Ex.3 | Ex.4 | Ex.5 | Cp.1  | Cp.2 |
|------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| TL         | 89,8 | 86,3 | 88,6 | 90,3 | 87,2 | 89,3  | 88,5 |
| $a^*T$     | -0,9 | 0,1  | -0,6 | -0,8 | 0,5  | -0,4  | -0,2 |
| $b^*T$     | 0,0  | -0,2 | 0,1  | 1,1  | 0,7  | 2,7   | 0,6  |
| $RLc$      | 5,4  | 9,1  | 6,1  | 4,7  | 7,4  | 7,1   | 6,9  |
| $a^*c$     | 0,0  | -5,1 | -1,8 | -0,1 | -8,4 | -1,5  | -4,0 |
| $b^*c$     | 2,6  | 2,8  | 2,0  | -5,4 | -2,2 | -11,0 | -0,8 |
| $R_{gm}$   | 96,0 | 95,5 | 91,9 | 94,7 | 91,7 | 90,9  | 90,9 |
| $a^*_{gm}$ | -2,8 | -3,2 | 1,0  | -1,9 | -0,1 | -4,0  | -5,3 |
| $b^*_{gm}$ | 0,4  | -0,2 | 1,8  | 6,2  | 0,7  | -3,4  | -3,5 |

[0122] Les revêtements de l'art antérieur de type Cp.1 et Cp.2 ne peuvent pas être utilisés dans des vitrages lumineux car ils ne présentent pas en mode guidé une couleur suffisamment stable dans le substrat. Les valeurs de  $R_{gm}$  sont plus faibles que les valeurs de  $R_{gm}$  des exemples selon l'invention. De plus, ils présentent des valeurs de  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  trop négatives.

Cela explique pourquoi lorsque la source lumineuse est une lumière rouge, on observe rapidement une extinction de cette lumière rouge plus on s'éloigne des points d'injection de lumière ([Fig.2], photographie de gauche).

Les revêtements fonctionnels de l'invention présentent :

- Ex.1, Ex.2 et Ex.4 : des valeurs de  $R_{gm}$  très élevées et des valeurs  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$

moins négatives que celle de Cp.1 et Cp.2,

- Ex.3 et Ex.5 : des valeurs de Rgm élevées et des valeurs de  $a^*_{gm}$  et  $b^*_{gm}$  neutres.

## **II. Configurations**

- [0123] La [Fig.4] illustre un vitrage feuilleté lumineux selon l'invention. Il comporte :
- un matériau selon l'invention (1) comprenant un revêtement fonctionnel (2) situé sur la face 4 du vitrage feuilleté,
  - un intercalaire de feuilletage de préférence en PVB (3),
  - un second substrat de verre (4),
  - un élément diffusant en couche formant un motif (5),
  - une source de lumière apte à injecter de la lumière dans le substrat.

## Revendications

- [Revendication 1] Matériau comprenant un substrat revêtu d'un revêtement fonctionnel comprenant en partant du substrat :
- éventuellement un premier revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprenant :
  - une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 0 et 110 nm et
  - une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 170 nm,
- la couche d'indice de réfraction supérieur, si elle est présente, a un indice de réfraction supérieur à celui de la couche de réfraction inférieur, si elle est présente, et la variation d'indice de réfraction à 550 nm entre ces deux couches est supérieure à 0,25,
- une couche fonctionnelle à base d'un oxyde conducteur transparent,
  - un second revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprenant :
  - une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 170 nm et
  - une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 190 nm,
- la couche d'indice de réfraction supérieur a un indice de réfraction supérieur à celui de la couche de réfraction inférieur et la variation d'indice de réfraction à 550 nm entre ces deux couches est supérieure à 0,25,
- la somme des épaisseurs optiques du premier et du second revêtement diélectrique est supérieure à 200 nm.
- [Revendication 2] Matériau selon la revendication 1 caractérisée en ce que la couche fonctionnelle est choisie parmi l'oxyde d'étain dopé au fluor, l'oxyde d'étain dopé à l'antimoine et/ou l'oxyde d'indium et d'étain.
- [Revendication 3] 3. Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les couches diélectriques d'indice de réfraction inférieur des revêtements diélectriques ont un indice de réfraction inférieur à 1,7.
- [Revendication 4] Matériau selon la revendication précédente caractérisé en ce que les couches d'indice de réfraction inférieur sont des couches à base d'oxyde de silicium.
- [Revendication 5] 5. Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les couches diélectriques d'indice de réfraction

supérieur des revêtements diélectriques ont un indice de réfraction supérieur à 1,9.

[Revendication 6]

Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les couches diélectriques d'indice de réfraction supérieur de chaque revêtement diélectrique sont choisies parmi :

- les couches à base de nitrure d'un ou plusieurs éléments choisis parmi le silicium, l'aluminium ou le zirconium, de préférence à base de nitrure de silicium,
- les couches à base d'oxyde de zinc et d'étain,
- les couches à base d'oxyde de zinc ou
- les couches à base d'oxyde de titane.

[Revendication 7]

7. Matériau selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé ce que :

le revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 20 nm,
- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 0 nm et 25 nm,

le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 100 nm et 140 nm,
- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 80 et 140 nm.

[Revendication 8]

8. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé ce que

le revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 40 nm et 110 nm,
- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 20 nm et 145 nm,

le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprend :

- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 80 nm et 170 nm,
- une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique

- comprise entre 125 et 190 nm.
- [Revendication 9] Matériau selon la revendication précédente caractérisé ce que la somme des épaisseurs optiques du premier et du second revêtement diélectrique est supérieure à 300 nm.
- [Revendication 10] 10. Matériau selon la revendication 8 ou 9 caractérisé ce que: le revêtement diélectrique situé en-dessous de la couche fonctionnelle comprend :
- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 60 nm et 80 nm,
  - une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 75 nm et 105 nm,
- le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle comprend :
- une couche d'indice de réfraction supérieur d'épaisseur optique comprise entre 90 nm et 130 nm,
  - une couche d'indice de réfraction inférieur d'épaisseur optique comprise entre 150 et 165 nm.
- [Revendication 11] Vitrage feuilleté comprenant un matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 et au moins un second substrat, le matériau et le second substrat sont liés entre eux par l'intermédiaire d'un intercalaire de feuilletage.
- [Revendication 12] Vitrage feuilleté selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comporte une face 1 située à l'extérieur du bâtiment ou du véhicule qu'il équipe, des faces 2 et 3 au contact de l'intercalaire de feuilletage et une face 4 à l'intérieur du bâtiment ou du véhicule, le revêtement fonctionnel est positionné en face 4.
- [Revendication 13] Vitrage lumineux comprenant un vitrage feuilleté selon l'une quelconque des revendications 11 à 12, une source de lumière couplée optiquement pour former un guide de lumière et un élément extracteur de lumière pour extraire la lumière guidée.
- [Revendication 14] Vitrage lumineux selon la revendication précédente caractérisé en ce que l'élément extracteur est un élément diffusant en couche formant un motif.
- [Revendication 15] Vitrage lumineux selon la revendication précédente choisi parmi une vitre latérale, une vitre arrière, une vitre de toit ou un parebrise.

[Fig. 1]

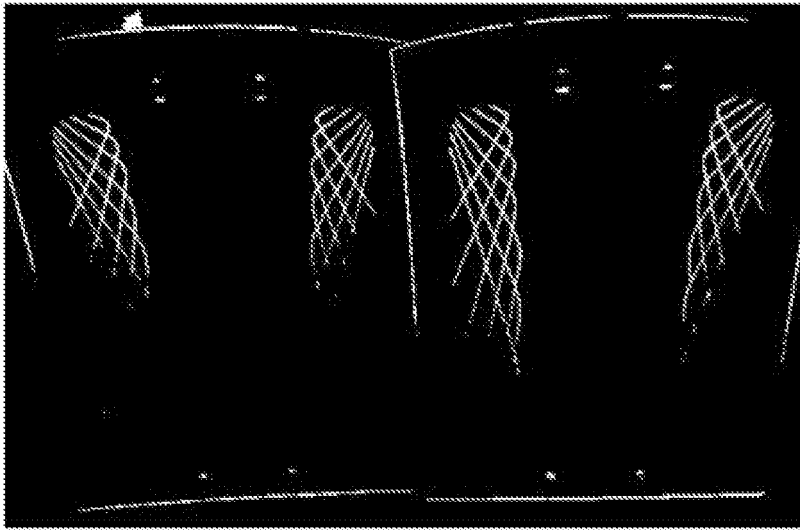


Figure 1g

Figure 1d

[Fig. 2]

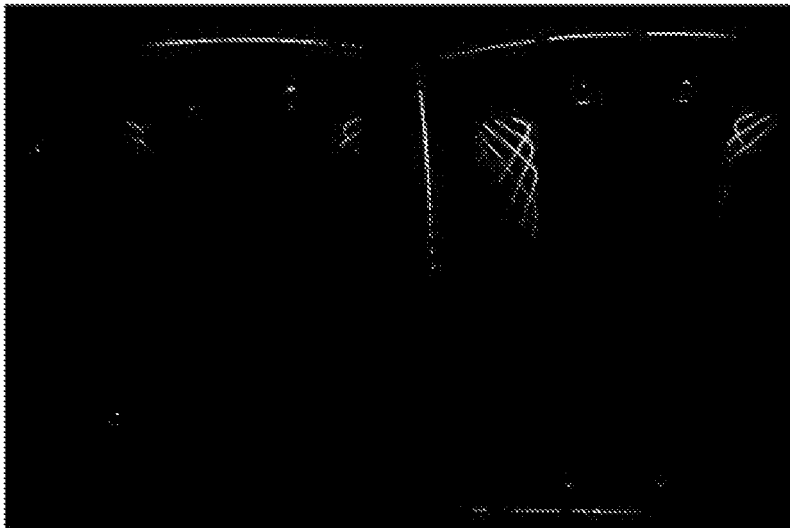
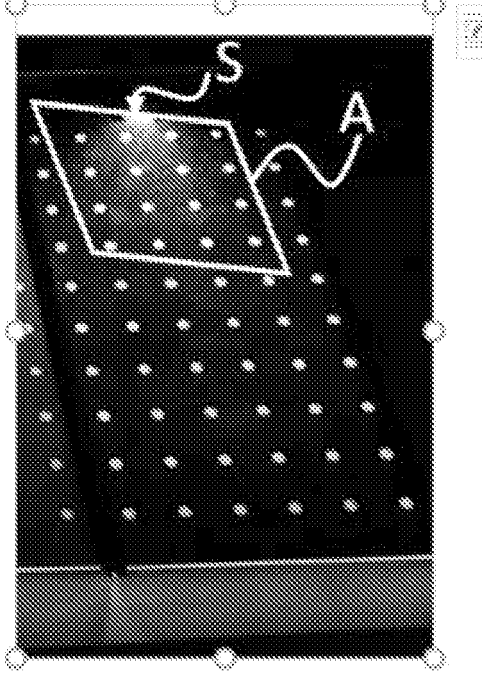


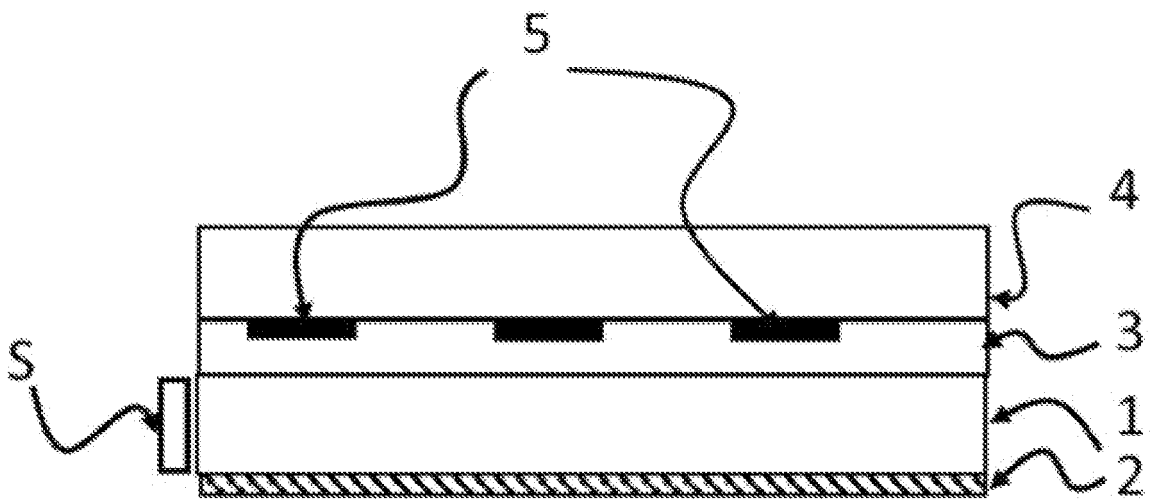
Figure 2g

Figure2d

[Fig. 3]



[Fig. 4]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

WO 2021/156023 A1 (SAINT GOBAIN [FR])  
12 août 2021 (2021-08-12)

WO 2015/055944 A1 (SAINT GOBAIN [FR])  
23 avril 2015 (2015-04-23)

WO 2014/072596 A1 (SAINT GOBAIN [FR])  
15 mai 2014 (2014-05-15)

US 2018/111355 A1 (MANZ FLORIAN [DE] ET  
AL) 26 avril 2018 (2018-04-26)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT