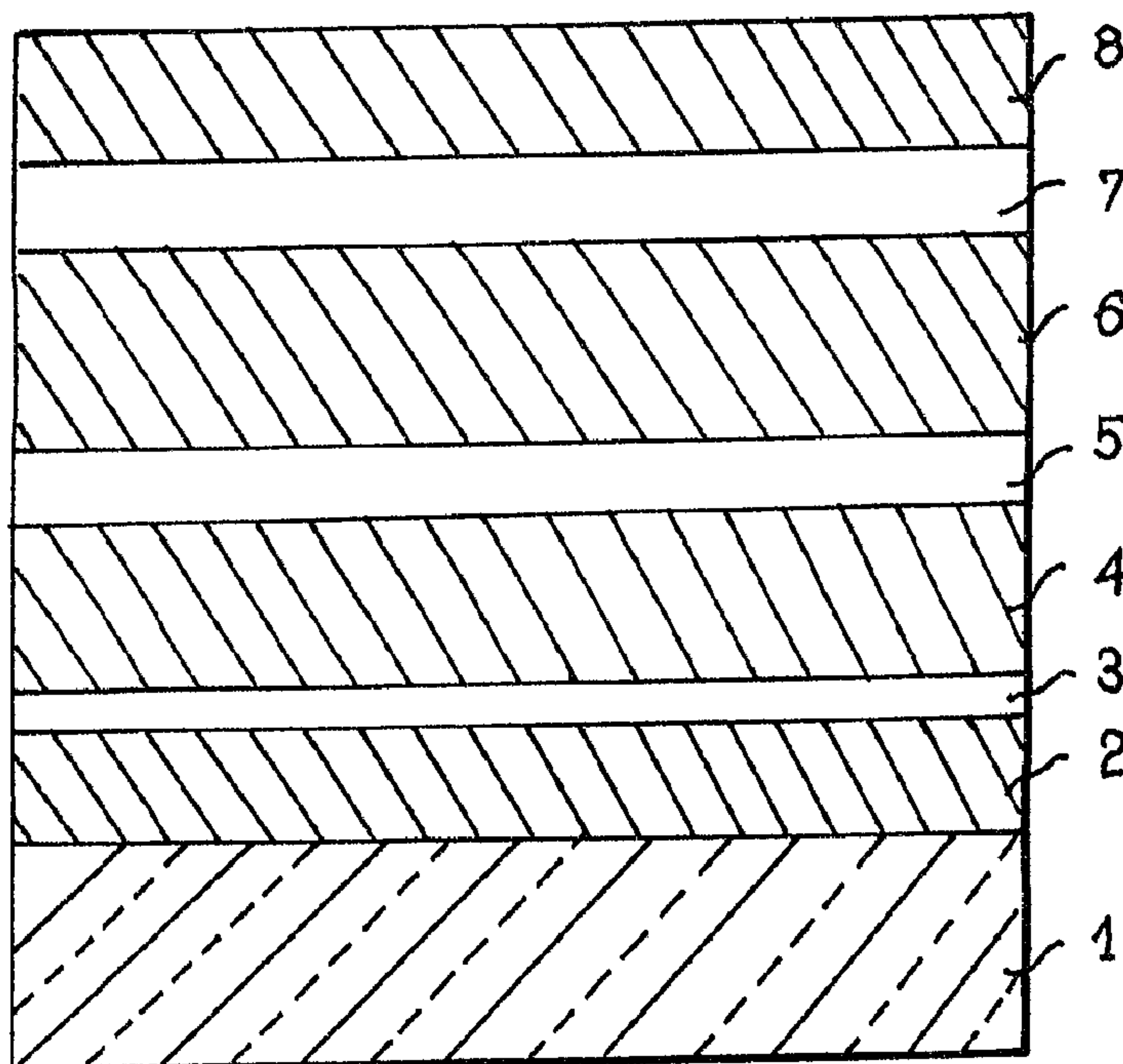




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1994/09/16
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1995/03/24
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/12/23
 (30) Priorité/Priority: 1993/09/23 (93/11339) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ G02B 5/26
 (72) Inventeur/Inventor:
 GUISELIN, OLIVIER, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
 SAINT-GOBAIN VITRAGE, FR
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES AGISSANT SUR LE RAYONNEMENT SOLAIRE ET/OU INFRA-ROUGE
 (54) Title: TRANSPARENT SUBSTRATE WITH SUPERIMPOSED THIN LAYERS REFLECTING SOLAR AND/OR INFRA-RED RADIATIONS



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention a pour objet un substrat transparent (1), notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant essentiellement et successivement à partir du substrat: · une première couche de matériau diélectrique (2) · une première couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (3) · une seconde couche de matériau diélectrique (4) · une seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (5) · une troisième couche de matériau diélectrique (6) · une troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (7) · une quatrième couche de matériau diélectrique (8). L'épaisseur de la troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (7) est supérieure à celle de la seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (5), elle-même supérieure à celle de la première couche à propriétés dans l'infra-rouge (3).

BREVET D'INVENTION**SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES
AGISSANT SUR LE RAYONNEMENT SOLAIRE ET/OU INFRA-ROUGE.**

Déposant : SAINT-GOBAIN VITRAGE

Inventeur : GUISELIN Olivier

ABREGE DESCRIPTIF

L'invention a pour objet un substrat transparent (1), notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant essentiellement et successivement à partir du substrat :

- une première couche de matériau diélectrique (2)
- une première couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (3)
- une seconde couche de matériau diélectrique (4)
- une seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (5)
- une troisième couche de matériau diélectrique (6)
- une troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (7)
- une quatrième couche de matériau diélectrique (8).

L'épaisseur de la troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (7) est supérieure à celle de la seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (5), elle-même supérieure à celle de la première couche à propriétés dans l'infra-rouge (3).

Fig. 1

5

SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES**AGISSANT SUR LE RAYONNEMENT SOLAIRE ET/OU INFRA-ROUGE.**

10

L'invention concerne les substrats transparents, notamment en verre, qui sont revêtus d'un empilement de couches minces comprenant au moins une couche, notamment métallique, pouvant agir sur le rayonnement solaire et/ou sur le rayonnement infra-rouge.

L'invention concerne également l'utilisation de substrats ainsi revêtus pour fabriquer des vitrages, tout particulièrement adaptés à l'isolation thermique et/ou la protection solaire. Ces vitrages sont destinés aussi bien à équiper des bâtiments que des véhicules, en vue notamment de diminuer l'effort de climatisation et/ou de réduire toute surchauffe excessive entraînée par l'importance toujours grandissante des surfaces vitrées dans locaux ou habitacles.

Un type d'empilement de couches minces connu pour conférer aux substrats de telles propriétés est constitué d'une ou plusieurs couches métalliques comme des couches d'argent, intercalées par des couches en matériau diélectrique comme des couches d'oxyde métallique. Cet empilement est généralement obtenu par une succession de dépôts effectués par une technique utilisant le vide du type pulvérisation cathodique assistée par champ magnétique.

Augmenter le nombre des couches métalliques dans l'empilement permet d'optimiser la protection solaire, ce qui peut se traduire par une diminution du facteur solaire du vitrage. (On rappelle que le facteur solaire d'un vitrage est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers le vitrage et l'énergie solaire incidente). Mais cela entraîne également, en parallèle, une diminution de la transparence du vitrage, traduite par une chute de la valeur de la transmission lumineuse T_L dudit vitrage.

Un compromis est donc à trouver entre performances anti-solaires et transparence, sans oublier la faisabilité industrielle d'un tel empilement.

Le brevet US-5 071 206 propose notamment un substrat sur lequel est déposé un empilement constitué de trois couches à base d'argent alternées avec quatre couches d'oxyde métallique comme de l'oxyde d'indium, les trois couches d'argent étant sensiblement d'épaisseurs égales bien que la couche "centrale" soit légèrement plus épaisse que les deux autres. Cependant, tant qu'un tel substrat n'est pas incorporé dans un vitrage feuilleté, la face du substrat revêtue de l'empilement se trouvant au contact du film intercalaire thermoplastique type polyvinylbutyral PVB, l'aspect en réflexion dudit substrat est peu esthétique : il apparaît, en réflexion, rougeâtre, couleur peu appréciée des architectes, et ce d'autant plus que la couleur est relativement intense.

Le but de l'invention est donc de pallier cet inconvénient en mettant au point un substrat revêtu d'un empilement comprenant au moins trois couches à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment métalliques, et qui présente une haute sélectivité, c'est-à-dire un rapport T_L/FS le plus élevé possible pour une valeur de T_L donnée, tout en garantissant un aspect, notamment en réflexion extérieure, qui soit agréable à l'oeil, ceci que le substrat soit utilisé en tant que vitrage monolithique, incorporé dans un vitrage multiple isolant du type double-vitrage, ou même dans un vitrage feuilleté.

L'invention a pour objet un substrat transparent, notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant essentiellement successivement, en comptant à partir du substrat, une première couche de matériau diélectrique, une première couche à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment métallique, une seconde couche de matériau diélectrique, une seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment métallique, une troisième couche de matériau diélectrique, puis enfin une troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment métallique surmontée d'une quatrième couche de matériau diélectrique. Les épaisseurs des trois couches à propriétés dans l'infrarouge sont choisies, conformément à l'invention, de manière à ce que l'épaisseur de la troisième couche soit supérieure à celle de la seconde couche, elle-même supérieure à celle de la première couche.

Cette dissymétrie dans les épaisseurs des trois couches à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment métalliques, est de

préférence ajustée de manière à ce que les rapports d'une part de l'épaisseur de la troisième couche sur celle de la seconde, d'autre part de l'épaisseur de la seconde couche sur celle de la première, soient compris entre 1,40 et 1,05 et de préférence entre 1,30 et 1,10.

5 Le fait que les couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge se trouvent d'autant plus épaisses qu'elles se trouvent éloignées du substrat permet d'obtenir des vitrages à sélectivité très élevée, soit présentant un rapport T_L/FS d'au moins 1,8 voire 2 et plus. En modulant les épaisseurs des couches, on peut contrôler la transparence du vitrage, et
10 obtenir des valeurs de T_L de l'ordre de 58 à 68 %, gamme adaptée tout particulièrement pour les vitrages destinés au bâtiment. De même, des facteurs solaires FS de l'ordre de 28 à 36 % peuvent être atteints.

Mais l'avantage majeur de l'invention est que ces bonnes performances en termes de protection solaire ne s'opèrent pas au
15 détriment de l'aspect visuel du substrat.

En effet, qu'il soit utilisé comme vitrage monolithique ou incorporé dans un vitrage multiple type double-vitrage, le substrat revêtu de l'empilement de couches selon l'invention présente une coloration en réflexion extérieure agréable et douce, dans la gamme des bleus ou
20 bleus-verts (valeurs de longueur d'onde dominante de l'ordre de 470 à 500 nanomètres). En outre, cette coloration paraît neutre, "lavée de blanc" et non brillante, ce qui est confirmé par notamment des valeurs de pureté en réflexion inférieures à 6 % et de réflexion extérieure R_L inférieures à 10 %.

25 Un dernier point : cet aspect visuel reste quasiment inchangé quel que soit l'angle d'incidence avec lequel le vitrage est observé. Cela signifie qu'un spectateur extérieur, au vu d'une façade d'un bâtiment entièrement équipée de tels vitrages, n'a pas l'impression d'une inhomogénéité significative de teinte, ou d'aspect, ce qui est très recherché des architectes actuellement.
30

Il est à noter qu'en réflexion intérieure les substrats montés en vitrages présentent également une couleur dans les bleus ou dans les bleus-verts, neutre et non brillante. Cela implique que, lorsqu'il fait sombre à l'extérieur d'un local éclairé et équipé avec de tels vitrages,
35 une personne à l'intérieur du local voit ces vitrages colorés de manière agréable.

On optimise encore la colorimétrie des substrats selon l'invention si l'épaisseur des trois couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge augmente progressivement et régulièrement, c'est-à-dire si le rapport de

l'épaisseur de la troisième couche sur celle de la seconde et le rapport de l'épaisseur de la seconde couche sur celle de la première sont sensiblement égaux. On choisit de préférence ces rapports voisins de 1,13 à 1,15.

5 Le mode de réalisation préféré de l'invention consiste ainsi à choisir la première couche d'épaisseur 8 à 12 nanomètres, notamment 9,5, la seconde couche d'épaisseur 10 à 13 nanomètres, notamment 11, et enfin la troisième couche d'épaisseur environ 11 à 15 nanomètres, notamment 12,5.

10 Le choix des épaisseurs des quatre couches de matériau diélectrique n'est pas non plus indifférent. Ainsi, il est préférable que l'épaisseur de la quatrième couche de matériau diélectrique soit égale à celle de la première et éventuellement un peu plus importante, et ce dans un rapport compris entre 1 et 1,20.

15 De même, les épaisseurs des couches de matériaux diélectrique "intermédiaires", c'est-à-dire les seconde et troisième couches sont choisies de préférence voisines, notamment dans un rapport compris entre 0,9 et 1,1. Ces couches sont en outre choisies nettement plus épaisses que les première et quatrième couches.

20 Avantageusement, on choisit l'épaisseur de chacune des deuxième et troisième couches supérieure ou égale à la somme S des épaisseurs des première et quatrième couches, et notamment d'une valeur comprise entre le produit $S \times 1,1$ et le produit $S \times 1,2$.

25 Pour vérifier ces conditions, l'épaisseur de la première couche peut être choisie entre 27 et 34 nanomètres, et notamment égale à environ 27 ou 32 nanomètres. L'épaisseur de la seconde et de la troisième couche peut être choisie entre 70 et 80 nanomètres, et notamment égale à 72, 73 ou 77 nanomètres. L'épaisseur de la quatrième couche peut être choisie entre 32 et 37 nanomètres et être
30 égale à 34 ou 35 nanomètres.

35 En termes de choix de matériaux, il est recommandé d'utiliser des couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge qui soient en métal, tout particulièrement à base d'argent. Quant aux couches de matériau diélectrique, elles peuvent être en oxyde métallique comme l'oxyde de tantale, de zinc, ou d'étain, ou un mélange d'au moins deux de ces oxydes, chacun de ces oxydes présente ses avantages propres. Ainsi, l'oxyde d'étain ou de zinc peut être déposé avec des vitesses élevées quand est utilisée une technique de pulvérisation cathodique réactive, ce qui est industriellement très intéressant. Par contre, l'oxyde de tantale

permet d'obtenir une durabilité accrue face aux agressions mécaniques ou chimiques. Il n'est pas non plus obligatoire de choisir le même oxyde pour toutes les couches de matériau diélectrique. Ainsi les deux ou trois premières couches peuvent être en oxyde d'étain, pour augmenter les cadences de fabrication, la dernière couche étant en oxyde de tantale pour protéger au mieux l'empilement. En outre, ce choix consistant à ce que les quatre couches de matériau diélectrique ne soient pas toutes du même oxyde permet avantageusement d'ajuster plus ou moins certains valeurs photométriques de l'empilement, notamment la valeur de T_L et/ou le facteur solaire F.S. et de moduler éventuellement sa colorimétrie.

Les couches en matériau diélectrique peuvent également être de nature différente, et notamment à base de sulfure tel que le sulfure de zinc Zns, qui se prête aisément à un dépôt en couche mince par des techniques d'évaporation sous vide. On peut ainsi déposer l'ensemble des couches de l'empilement soit par évaporation, soit par pulvérisation cathodique.

Il est à noter, par ailleurs, qu'il est préférable de surmonter chacune des couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, tout particulièrement lorsqu'elles sont métalliques, d'une fine couche "barrière" métallique, d'un métal autre que l'argent comme un alliage nickel-chrome, du tantale ou du titane et ceci notamment quand les couches de matériau diélectrique sont déposées par pulvérisation cathodique réactive en présence d'oxygène. Ces couches barrières protègent ainsi les couches sous-jacentes, en particulier métalliques, du contact avec l'oxygène en s'oxydant elles-mêmes partiellement.

On peut également prévoir de déposer sous chacune des couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, une fine couche dite "d'accrochage" notamment destinée à en améliorer l'adhérence à la couche sous-jacente en matériau diélectrique. Ces couches d'accrochage sont notamment de même nature que les couches "barrière" ci-dessus évoquées, c'est-à-dire métallique et en un métal autre que l'argent et par exemple à base d'alliages du type nickel-chrome, ou à base de tantale ou de titane.

On note par ailleurs que la présence de ces couches "barrière" et/ou de ces couches "d'accrochage" peut permettre à l'empilement de couches dans son ensemble de mieux résister à des traitements thermiques ultérieurs que pourrait avoir à subir le substrat porteur, traitements du type recuit, bombage ou trempe.

Les détails et caractéristiques avantageuses de l'invention ressortent des exemples suivants non limitatifs, illustrés à l'aide de la figure 1.

On précise que dans les deux exemples qui suivent, les dépôts successifs s'effectuent par pulvérisation cathodique assistée par champ magnétique, mais que toute autre technique de dépôt peut être envisagée dès lors qu'elle permet un bon contrôle des épaisseurs des couches à déposer. Les substrats sur lesquels sont déposés les empilements sont des substrats silico-sodo-calciques de 4 millimètres d'épaisseur. Ils sont ensuite assemblés en double-vitrage à un substrat identique mais nu par l'intermédiaire d'une lame de gaz de 10 millimètres.

La figure 1 représente l'empilement selon l'invention et ne respecte pas les proportions quant aux épaisseurs des couches afin que sa lecture soit facilitée. On y voit le substrat 1, les trois couches 3, 5, 7 à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, ici en argent et les quatre couches en matériau diélectrique, ici en oxyde d'étain ou de tantale 2, 4, 6, 8. Ne figurent pas les fines couches barrières en Ni-Cr au dessus de chacune des couches d'argent 3, 5, 7.

L'installation de dépôt comprend au moins une chambre de pulvérisation munie de cathodes équipées de cibles en matériaux appropriés sous lesquels le substrat 1 passe successivement. Ces conditions de dépôt par chacune des couches sont les suivantes :

- les couches 3, 5, 7, à base d'argent sont déposées à l'aide d'une cible en argent, sous une pression de 0,8 Pa dans une atmosphère d'argon,
- les couches 2, 4, 6, 8 lorsqu'elles sont à base de SnO_2 , sont déposées par pulvérisation réactive à l'aide d'une cible d'étain, sous une pression de 0,8 Pa et dans une atmosphère argon/oxygène dont 36 % volumique d'oxygène,
- les couches 2, 4, 6, 8 lorsqu'elles sont à base de Ta_2O_5 , sont déposées par pulvérisation réactive à l'aide d'une cible de tantale, sous une pression de 0,8 Pa et dans une atmosphère argon/oxygène dont environ 10 % en volume d'oxygène,
- les trois couches barrières à base de Ni-Cr sont déposées à l'aide d'une cible en alliage nickel-chrome, toujours sous la même pression et dans une atmosphère d'argon.

Les densités de puissance et les vitesses de défilement du substrat 1 sont ajustées de manière connue pour obtenir les épaisseurs de couche voulues.

L'exemple 1 concerne un tel empilement dont les quatre couches de diélectrique sont en oxyde d'étain, tandis que l'exemple 2 concerne un tel empilement dont les quatre couches de diélectrique sont en oxyde de tantale.

5 Le tableau 1 ci-dessous précise les épaisseurs en nanomètres des couches des deux empilements :

TABLEAU 1

	EXEMPLE 1	EXEMPLE 2
Ta ₂ O ₅ ou SnO ₂ (2)	32	29
Ag (3)	9,5	9,5
Ni-Cr	2	2
Ta ₂ O ₅ ou SnO ₂ (4)	77	73
Ag (5)	11	11
Ni-Cr	2	2
Ta ₂ O ₅ ou SnO ₂ (6)	77	72
Ag (7)	12,5	12,5
Ni-Cr	2	2
Ta ₂ O ₅ ou SnO ₂ (8)	35	34

10 Le tableau 2 ci-dessous indique pour chacun des deux exemples les valeurs de transmission lumineuse T_L en pourcentage, de facteur solaire FS calculé selon la norme DIN 67 507 (Annexe A 233) en pourcentage, de réflexions lumineuses extérieure et intérieure R_{L-ext} et R_{L-int} en pourcentage, ainsi que les longueurs d'onde dominantes en nanomètres λ_{int} et λ_{ext} et les puretés en pourcentage p_{ext} et p_{int} qui y sont associées : (valeurs mesurées sur le substrat
15 monté en double-vitrage et en référence à l'illuminant D₆₅).

TABLEAU 2

	EXEMPLE 1	EXEMPLE 2
T_L	59	62
FS	30	34
R_{L-ext}	8,9	9,8
λ_{ext}	499	485
p_{ext}	1	6
R_{L-int}	10,8	10,7
λ_{int}	501	475
p_{int}	1	3

De ce dernier tableau, peuvent être tirées les conclusions suivantes :

Les vitrages selon l'invention présentent un rapport T_L/FS élevé, voisin de 2, et offrent donc une bonne protection solaire dans une
5 gamme de transmissions lumineuses particulièrement adaptée pour équiper les bâtiments.

Par ailleurs, les teintes en réflexions intérieure et extérieure restent dans la gamme des bleus-verts, couleurs appréciées sur le plan
esthétique. Ces couleurs sont très neutres, puisqu'elles possèdent des
10 puretés au pire de 6 % et des valeurs de réflexion restant inférieures à ou proches de 10 %.

De plus, ces vitrages ne voient pas leur aspect en réflexion modifié de manière perceptible si l'angle sous lequel on les observe varie.

REVENDICATIONS

1. Substrat transparent (1), notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant essentiellement successivement à partir du substrat :

- 5 • une première couche de matériau diélectrique (2)
- une première couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (3)
- une seconde couche de matériau diélectrique (4)
- une seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, 10 notamment métallique (5)
- une troisième couche de matériau diélectrique (6)
- une troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge, notamment métallique (7)

15 une quatrième couche de matériau diélectrique (8), **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (7) est supérieure à celle de la seconde couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (5) **et en ce que** l'épaisseur de la seconde couche à propriétés dans l'infra-rouge est supérieure à celle de la première couche à propriétés dans l'infra-rouge (3).

20 2. Substrat selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les rapports de l'épaisseur de la troisième couche à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (7) sur celle de la seconde couche à mêmes propriétés (5) et de l'épaisseur de ladite seconde couche (5) sur celle de la première couche à mêmes propriétés (3) sont compris entre 1,40 et 25 1,05, de préférence entre 1,30 et 1,10.

3. Substrat selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** le rapport de l'épaisseur de la troisième couche à propriétés dans l'infra-rouge (7) sur celle de la seconde couche à propriétés dans l'infra-rouge (5) et le rapport de l'épaisseur de ladite seconde couche (5) 30 sur celle de la première couche à propriétés dans l'infra-rouge (3) sont sensiblement égaux, et notamment d'environ 1,13 à 1,15.

4. Substrat selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la première couche à propriétés dans l'infra-rouge (3) est d'environ 8 à 12 nanomètres, notamment de 9,5 35 nanomètres.

5. Substrat selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la seconde couche à propriétés dans l'infra-rouge (5) est d'environ 10 à 13 nanomètres, notamment de 11 nanomètres.

6. Substrat selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la troisième couche à propriétés dans l'infra-rouge (7) est d'environ 11 à 15 nanomètres, notamment de 12,5 nanomètres.

5 7. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport de l'épaisseur de la quatrième couche de diélectrique (8) sur celle de la première couche de diélectrique (2) est compris entre 1 et 1,20.

10 8. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport de l'épaisseur de la troisième couche de diélectrique (6) sur celle de la seconde couche de diélectrique (4) est compris entre 0,9 et 1,1.

15 9. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de chacune des deuxième (4) et troisième (6) couches de diélectrique est supérieure ou égale à la somme S des épaisseurs des première (2) et quatrième (8) couches de diélectrique, et est notamment comprise entre le produit $S \times 1,1$ et le produit $S \times 1,2$.

20 10. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la première couche de diélectrique (2) est comprise entre 27 et 34 nanomètres, celle de la seconde couche de diélectrique (4) et de la troisième couche de diélectrique (6) entre 70 et 80 nanomètres, et celle de la quatrième couche de diélectrique (8) entre 32 et 37 nanomètres.

25 11. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les couches à propriétés dans l'infra-rouge (3, 5, 7) sont en métal et notamment à base d'argent.

30 12. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les couches en matériau diélectrique (2, 4, 6, 8) sont en oxyde(s) métallique(s) comme l'oxyde d'étain, l'oxyde de tantale, ou l'oxyde de zinc, ou en sulfure métallique comme le sulfure de zinc.

35 13. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chacune des couches à propriétés de réflexion dans l'infra-rouge (3, 5, 7) est surmontée d'une fine couche "barrière" métallique partiellement oxydée, notamment à base d'alliage nickel-chrome, de tantale ou de titane.

14. Substrat selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chacune des couches à propriétés de réflexion

dans l'infra-rouge (3, 5, 7) est disposée sur une fine couche d'"accrochage" métallique, notamment à base d'alliage nickel-chrome, de tantale ou de titane.

5 15. Vitrage, notamment multiple tel qu'un double-vitrage, incorporant le substrat défini conformément aux revendications précédentes.

16. Vitrage selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'il** présente une sélectivité d'au moins 1,8 et notamment d'environ 2.

10 17. Vitrage selon l'une des revendications 15 ou 16, **caractérisé en ce qu'il** présente une transmission lumineuse T_L de 58 à 68 % et un facteur solaire FS de 28 à 36 %.

15 18. Vitrage selon l'une des revendications 15 à 17, **caractérisé en ce qu'il** présente en réflexions lumineuses intérieure et extérieure une couleur neutre dans la gamme des bleus ou bleus-verts, avec notamment des valeurs de pureté inférieures ou égales à 6 % et des longueurs d'onde dominante de l'ordre de 470 à 500 nanomètres **et en ce que** son aspect visuel reste quasiment inchangé quel que soit l'angle d'incidence avec lequel il est observé.

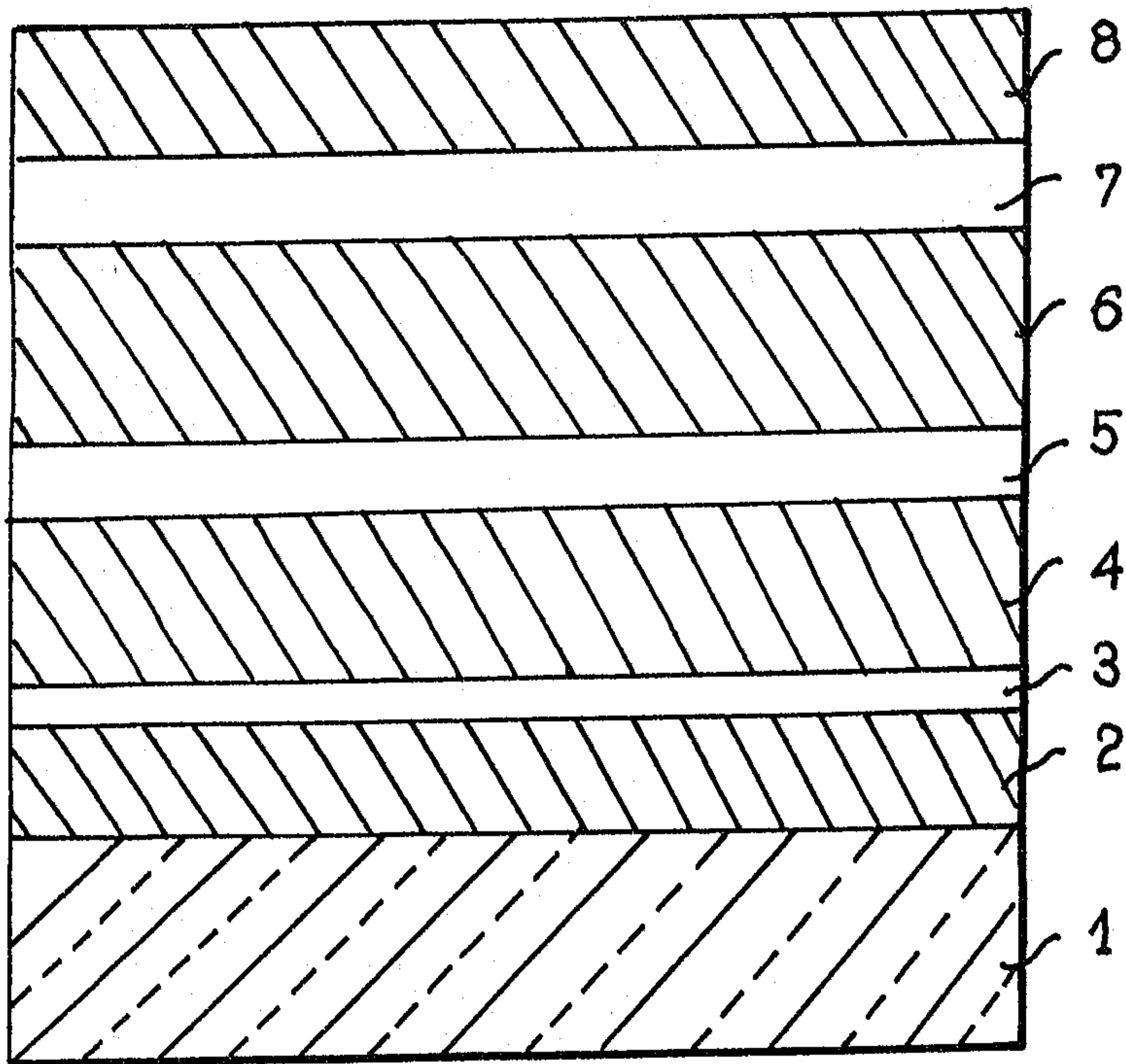


FIG. 1

Andrew Sage Debus & Martin Walker

