



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1999/10/19

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2000/04/22

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2008/03/25

(30) Priorité/Priority: 1998/10/22 (FR98/13250)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G02F 1/19* (2006.01),
C03C 17/36 (2006.01)

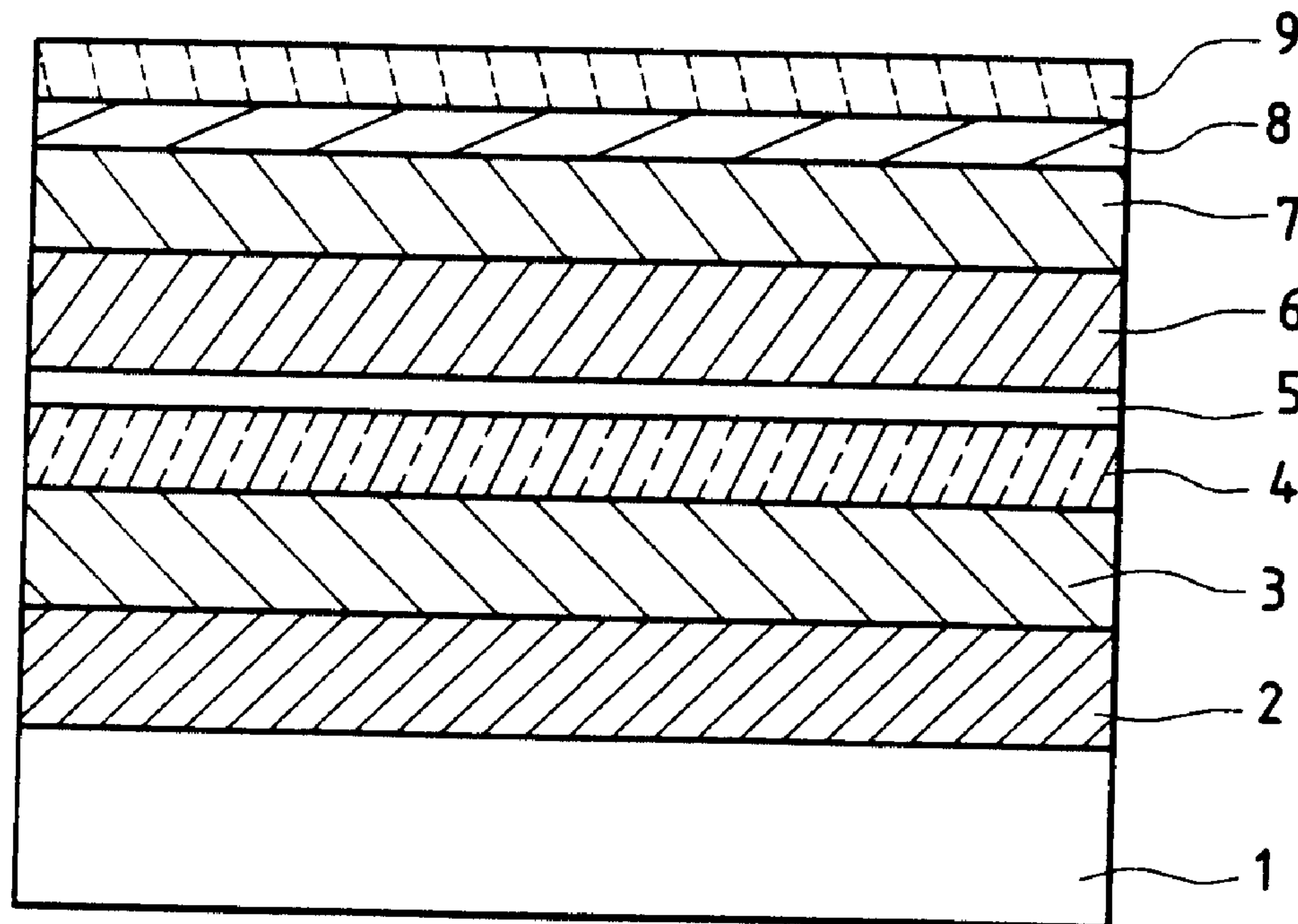
(72) Inventeurs/Inventors:
RONDEAU, VERONIQUE, FR;
DIDIER, FABRICE, DE

(73) Propriétaire/Owner:
SAINT-GOBAIN VITRAGE, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES

(54) Title: TRANSPARENT SUBSTRATE STACKED WITH THIN LAYERS



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un substrat transparent, notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment bas-émissive, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique, le revêtement sous-jacent comportant une couche de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO, éventuellement dopé à l'aluminium ZnO:Al, directement au contact de la couche métallique. Selon l'invention, chacun des deux revêtements à base de matériau diélectrique comprend au moins une couche d'indice de réfraction élevé, supérieur ou égal à 2,2.

BREVET D'INVENTION

SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES

Déposant : SAINT-GOBAIN VITRAGE

**Inventeurs : RONDEAU Véronique
 DIDIER Fabrice**

ABREGE DESCRIPTIF

L'invention concerne un substrat transparent, notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment bas-émissive, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique, le revêtement sous-jacent comportant une couche de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO, éventuellement dopé à l'aluminium ZnO:Al, directement au contact de la couche métallique.

Selon l'invention, chacun des deux revêtements à base de matériau diélectrique comprend au moins une couche d'indice de réfraction élevé, supérieur ou égal à 2,2.

Figure 1.

5

**SUBSTRAT TRANSPARENT MUNI
D'UN EMPILEMENT DE COUCHES MINCES**

10 La présente invention concerne un substrat transparent, notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge notamment bas-émissive, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique.

15 L'application principale visée par l'invention est l'utilisation d'un tel substrat pour la fabrication de vitrages d'isolation thermique et/ou de protection solaire.

 Ceux-ci sont destinés à équiper aussi bien des bâtiments que les véhicules et ce, en particulier dans le but de diminuer l'effort de
20 climatisation et/ou réduire une surchauffe excessive entraînée par l'importance toujours croissante des surfaces vitrées dans les pièces et habitacles.

 Un type d'empilement de couches minces bien connu pour conférer à un substrat transparent des propriétés thermiques,
25 notamment de bas-émissivité, adaptée pour l'application requise précitée, consiste en une couche métallique, notamment en argent, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique du type oxyde métallique. Cet empilement est, de manière usuelle, fabriqué à partir d'une succession de dépôts effectués selon une
30 technique utilisant le vide comme par exemple la pulvérisation cathodique, le cas échéant assistée par un champ magnétique.

 Il peut être également prévu dans cet empilement une couche

ayant un rôle de protection afin d'éviter la dégradation de l'argent.

Dans ce type d'empilement, la couche d'argent détermine essentiellement les performances thermiques, anti-solaires et/ou de bas-émissivité du vitrage final, tandis que les couches de matériau diélectrique agissent avant tout sur l'aspect optique du vitrage obtenu de manière interférentielle. En outre, elles ont un rôle de protection de la couche d'argent contre les agressions chimiques et/ou mécaniques.

Jusqu'à ce jour, les améliorations apportées aux vitrages munis d'empilements du type précité ont permis d'augmenter leur champ d'application, tout en leur permettant de conserver un niveau de performances thermiques et optiques satisfaisant.

Cependant, sur ce dernier point, les performances thermiques pourraient être encore améliorées, en particulier avec l'obtention d'un coefficient K d'isolation diminué.

Le but de l'invention est alors de proposer un substrat muni d'un empilement de couches minces du type précité, aux performances thermiques améliorées, sans que cela se fasse au détriment de ses performances optiques.

Pour ce faire, l'invention a pour objet un substrat transparent, notamment en verre, muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, notamment bas-émissive, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique, le revêtement sous-jacent comportant une couche de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO, éventuellement dopé à l'aluminium ZnO:Al, directement au contact de la couche métallique.

Selon l'invention, chacun des deux revêtements à base de matériau diélectrique comprend au moins une couche d'indice de réfraction élevé, de préférence supérieur ou égal à 2,2.

On précise que, dans le cadre de l'invention, un indice de réfraction élevé signifie strictement supérieur à 2.

2a

Plus spécifiquement, l'invention concerne un substrat transparent, muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique, le revêtement sous-jacent comportant une couche de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO, directement au contact de la couche métallique, chacun des deux revêtements à base de matériau diélectrique comprenant au moins une couche d'indice de réfraction élevé, strictement supérieur à 2 caractérisé en ce que le revêtement à base de matériau diélectrique disposé au-dessus de la couche métallique comporte la séquence de couches déposées dans l'ordre suivant :

- a) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-2} d'au plus 2,2;
- b) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-1} inférieur d'au moins 0,3 à celui n_i de la ou les dernière(s) couche(s);
- 15 c) dernière(s) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_i sensiblement égal à n_{i-2} .

La combinaison selon l'invention permet d'obtenir un substrat à la

fois très bas-émissif et de transmission lumineuse très élevée, performances jamais atteintes selon l'état de l'art.

En outre, l'aspect colorimétrique en réflexion du substrat reste suffisamment neutre.

5 Pour atteindre la solution selon l'invention, les inventeurs ont tout d'abord constaté que, conformément à l'état de l'art, il était nécessaire tout d'abord d'avoir une couche métallique suffisamment épaisse pour pouvoir atteindre une valeur d'émissivité suffisamment basse et que la présence d'oxyde de zinc ZnO comme couche de mouillage directement
10 au contact de la couche métallique permettait justement de limiter l'épaisseur de la couche métallique précitée à une valeur de l'ordre de quelques nanomètres, typiquement de l'ordre de 15 nanomètres. Ils ont su alors mettre en évidence que, malgré la limitation de l'épaisseur de la couche d'argent apportée par la présence de l'oxyde de zinc ZnO, il
15 n'était pas aisé d'obtenir une valeur de réflexion lumineuse R_L basse.

Les inventeurs ont alors pensé avoir recours à l'insertion d'un seul matériau à haut indice, effet connu en soi.

D'une manière surprenante, ils se sont aperçus que l'insertion de ce type de matériau de part et d'autre de la couche métallique
20 optimisait l'effet anti-reflets recherché. De plus, le fait que, selon l'invention, la couche à haut indice du revêtement diélectrique supérieur ne soit pas en contact direct avec le milieu ambiant, tel que l'air, permet d'avoir un meilleur aspect colorimétrique en réflexion du substrat.

25 La couche métallique fonctionnelle est avantageusement à base d'argent. Son épaisseur peut être choisie entre 7 et 20 nanomètres, notamment entre 9 et 15 nanomètres, quand on désire obtenir des vitrages à basse émissivité et haute transmission lumineuse (notamment une T_L d'au moins 70 à 80 %), particulièrement pour ceux
30 destinés à équiper des bâtiments dans des pays froids. Quand on désire des vitrages à fonction anti-solaire, réfléchissants, destinés plutôt à équiper des bâtiments dans des pays chauds, la couche d'argent pe

être plus épaisse, par exemple comprise entre 20 et 25 nm (ce qui a évidemment pour conséquence d'avoir des vitrages à transmission lumineuse nettement plus faible, par exemple inférieure à 60 %).

De manière préférée, il peut être prévu que l'empilement selon l'invention, comporte une couche métallique de protection placée immédiatement au-dessus et au contact de la couche à propriétés de réflexion dans l'infrarouge.

La couche de protection prévue est avantageusement à base d'un métal unique choisi parmi le niobium Nb, le titane Ti, le chrome Cr ou le nickel Ni ou un alliage à partir d'au moins deux de ces métaux, notamment d'un alliage de nickel et de chrome (Ni/Cr) et a une épaisseur géométrique inférieure ou égale à 2 nm. Selon cette variante, le métal ou l'alliage constitutif de la couche de protection peut être dopé au palladium Pd. Elle joue son rôle de couche « sacrificielle » dans le but de protéger la couche fonctionnelle en cas de dépôt de la couche suivante par pulvérisation réactive.

La couche de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO selon l'invention a, de préférence, une épaisseur géométrique comprise entre 5 et 40 nm, notamment entre 15 et 30 nm. Avec de telles épaisseurs, elle peut contribuer, outre sa fonction de mouillage, à ajuster l'aspect optique de l'empilement en association avec le revêtement diélectrique situé au-dessus de la couche fonctionnelle.

Avantageusement, la couche de mouillage est à base d'oxyde de zinc, au moins en partie cristallisé. Une telle couche permet de ne pas pénaliser l'empilement d'un point de vue optique en cas de traitement thermique subi par le substrat porteur tel qu'une trempe ou un bombage.

Chacune des couches à indice de réfraction élevé selon l'invention peut être

avantageusement à base d'un matériau choisi parmi l'oxyde de niobium Nb_2O_5 , l'oxyde de bismuth dopé au manganèse $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{Mn}$, un oxyde mixte de zinc et de titane ZnTiO_x , l'oxyde de titane

TiO₂, un oxyde mixte de tantale et de titane TiTaO_x, un oxyde mixte de zirconium et de titane ZrTiO_x.

Parmi ces matériaux, l'oxyde de titane TiO₂ est particulièrement préféré, notamment en raison de sa compatibilité avec les autres
5 couches de l'empilement conforme à l'invention.

Selon une variante de l'invention, le revêtement en diélectrique au-dessus de la couche métallique réfléchissante comporte une superposition de couches, dont la couche d'indice élevé est supérieur ou égal à 2,2, et au moins couche dont l'indice de réfraction est faible,
10 notamment inférieur ou égal à 1,8, notamment inférieur ou égal à 1,6. Il peut s'agir par exemple d'une couche en SiO₂, SiON, SiOAl.

Selon une autre variante, le revêtement diélectrique au-dessus de la couche métallique réfléchissante peut aussi comporter, alternativement ou cumulativement avec la première variante, une
15 superposition de couches où une couche d'indice supérieur ou égal à 2,2 est surmontée, notamment par contact direct, par une couche d'indice moyen, notamment compris entre 1,9 et 2,1. Il peut s'agir, par exemple, d'une couche en SnO₂, Si₃N₄, AlN, ZnO.

Il est clair que ces deux variantes peuvent aussi s'appliquer
20 similairement au revêtement diélectrique sous-jacent à la couche métallique réfléchissante.

Pour obtenir une couleur en réflexion plus neutre du substrat conforme à l'invention, le revêtement à base de matériau diélectrique disposé au-dessus de la couche métallique comporte la séquence de
25 couches déposées dans l'ordre suivant :

- a) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-2} d'au plus 2,2, notamment inférieur à 2,2, notamment compris entre 1,9 et 2,1 (par exemple SnO₂, Si₃N₄, AlN, ZnO) ;
- b) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-1} inférieur d'au
30 moins 0,3 à celui n_i de la ou les dernière(s) couche(s) ; d'indice notamment inférieur à 1,8 ou 1,6 (par exemple SiO₂, SiON, SiOAl) ;
- c) dernière(s) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_i

6

sensiblement égal à $n_{1,2}$ (à nouveau, notamment, en SnO_2 , Si_3N_4 , AlN).

Dans ce cas de figure, avantageusement, il peut y avoir la couche d'indice élevé du type TiO_2 qui se trouve disposée entre la couche métallique réfléchissante et la séquence de couches a), b), c). Les revêtements diélectriques multicouches sont avantageux, car en jouant sur les différences d'indices entre les couches, en alternant notamment des couches à haut et bas indice, on peut obtenir des propriétés d'isolation thermique excellentes qui ne sont pas obtenues au détriment des propriétés optiques. Ces revêtements multicouches permettent d'améliorer encore l'aspect en réflexion extérieure du vitrage.

A titre d'illustration préférée, un empilement répondant aux critères de l'invention est du type :

Verre/ TiO_2 ou Nb_2O_5 ou ZnTiO_x / $\text{ZnO}/\text{Ag}/\text{Ti}$ ou Nb/TiO_2 ou Nb_2O_5 ou $\text{ZnTiO}_x/\text{SnO}_2$ ou Si_3N_4 ou $(\text{ZnO}/\text{Si}_3\text{N}_4)$ ou $(\text{SnO}_2/\text{SnZnO}_x)$

Le Si_3N_4 peut être remplacé par de l' AlN ou par un nitrure mixte Si-Al.

Le substrat précédemment défini est remarquable en ce qu'il présente une émissivité ε d'au plus 0,025.

L'invention concerne également un vitrage multiple bas-émissif ou anti-solaire, notamment double vitrage, comportant le substrat décrit ci-dessus, l'empilement de couches minces étant en faces 2 et/ou 3, le cas échéant, en face 5.

L'invention concerne enfin un double vitrage bas-émissif comportant au moins un substrat précédemment défini remarquable en ce qu'il présente une transmission lumineuse T_L d'au moins 72 %.

Un tel double vitrage, qui comporte deux feuilles de verre, est caractérisé par un coefficient K inférieur ou égal à $1,4 \text{ W/K.m}^2$ lorsque les deux feuilles de verre sont séparées par une lame d'air ou inférieur ou égal à $1,1 \text{ W/K.m}^2$ lorsque les deux feuilles de verre sont séparées par une lame d'argon.

D'autres détails et caractéristiques avantageuses ressortiront ci-

après à la lecture de la description détaillée des exemples suivants non limitatifs faits en référence aux figures 1 à 4.

L'exemple 2 est réalisé conformément à l'invention.

Les exemples 1, 3 et 4 sont donnés à titre d'exemples comparatifs.

5 Dans tous ces exemples, les dépôts successifs des couches minces ont été réalisés à l'aide d'une technique de pulvérisation cathodique assistée par champ magnétique. Bien évidemment, dans le cadre de l'invention, ils peuvent être réalisés par toute autre technique permettant une bonne maîtrise des épaisseurs de couches obtenues.

10 Les substrats sur lesquels ont été déposés les empilements de couches minces sont des substrats en verre silico-sodo-calcique clair du type de ceux commercialisés par la société SAINT-GOBAIN VITRAGE sous la dénomination « PLANILUX ».

On précise que, par souci de clarté, les différentes proportions
15 entre les épaisseurs des matériaux n'ont pas été respectées sur les figures.

EXEMPLE 1

Sur la figure 1, on voit que le substrat 1 est surmonté respectivement d'une couche 2 à base d'oxyde de titane TiO_2 , d'une
20 couche 3 de mouillage à base d'oxyde de zinc ZnO , puis d'une couche 4 en argent, d'une couche 5 de protection en titane Ti , d'une couche 6 à base d'oxyde de titane TiO_2 surmontée d'une couche 7 d'oxyde d'étain SnO_2 .

L'empilement est donc du type :

25 Verre/ TiO_2 / ZnO / Ag / Ti / TiO_2 / SnO_2

Le tableau 1 ci-dessous indique l'épaisseur en nanomètres, correspondant à chaque couche de l'empilement, surmontant le substrat de 4 mm d'épaisseur.

TABLEAU 1

TiO ₂	(2)	14
ZnO	(3)	10
Ag	(4)	15
Ti	(5)	1,2
TiO ₂	(6)	8
SnO ₂	(7)	34

Pour réaliser cet empilement, les conditions de dépôt pour chacune des couches préconisées ont été les suivantes :

- les couches 2 et 6 à base de TiO₂ ont été déposées à l'aide d'une cible de titane sous une pression de $3 \cdot 10^{-3}$ mbar, dans une atmosphère de Ar/O₂ ;
- la couche 3 à base de ZnO a été déposée à l'aide d'une cible en zinc, sous une pression de 8×10^{-3} mbar, dans une atmosphère d'argon/oxygène ;
- la couche 4 en argent a été déposée à l'aide d'une cible en argent, sous une pression de 8×10^{-3} mbar, dans une atmosphère d'argon ;
- la couche 5 en Ti a été déposée à l'aide d'une cible en titane, sous une pression de 8×10^{-3} mbar, dans une atmosphère d'argon ;
- la couche 7 en SnO₂ a été déposée à l'aide d'une cible en étain sous une pression de $1,5 \times 10^{-3}$ mbar, dans une atmosphère Ar/O₂.

Les puissances et vitesses de défilement du substrat ont été ajustées de manière connue en soi pour obtenir les épaisseurs désirées ci-dessus.

Le tableau 2 ci-dessous indique respectivement la valeur de transmission lumineuse T_L en pourcentage, la valeur de réflexion lumineuse R_L également en pourcentage, les valeurs $a^*(R)$ et $b^*(R)$, en réflexion dans le système de colorimétrie (L , a^* , b^*), sans unité, ainsi que la valeur d'émissivité ε , sans unité. Toutes ces mesures sont faites en référence à l'illuminant D₆₅.

TABLEAU 2Exemple 1 – (Substrat monolithique)

T_L	79,5
R_L	12,5
$a^*(R)$	2,0
$b^*(R)$	- 11,7
ε	0,023

Le substrat 1 précédemment défini est ensuite monté en double vitrage avec un autre substrat de verre clair nu d'épaisseur géométrique égale à 4 mm avec une lame intercalaire d'argon de 15 mm d'épaisseur, l'empilement de couches minces étant en face 3.

Le tableau 3 ci-dessous reprend les mêmes caractéristiques T_L , R_L , $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε ainsi que la valeur du coefficient K en $W/K.m^2$ du double vitrage.

10

TABLEAU 3Exemple 1 – (Double vitrage)

T_L	72,5
R_L	18,4
$a^*(R)$	0,2
$b^*(R)$	- 7,5
ε	0,023
K	1,0

EXEMPLE 2 – (SELON L'INVENTION)

L'empilement de couches minces représenté sur la figure 2 est identique à celui de l'exemple 1, à ceci près que la couche 7 à base d'oxyde d'étain SnO_2 a été recouverte d'une couche 8 à base de SiO_2 d'indice de réfraction égal à 1,45 et d'une dernière couche de l'empilement 9 à base de nitrure de silicium Si_3N_4 .

L'empilement a donc la séquence suivante :

Verre/ TiO_2 / ZnO / Ag / Ti / TiO_2 / SnO_2 / SiO_2 / Si_3N_4

20

La couche 8 à base de SiO_2 conforme à l'invention a une épaisseur

de 15 nm.

Cette couche 8 à base de SiO_2 a été déposée par pulvérisation réactive assistée par plasma dans une atmosphère d'argon/oxygène à une pression d'environ $1,5 \times 10^{-3}$ mbar.

La couche 7 à base d'oxyde d'étain SnO_2 a une épaisseur de 25 nm. Elle a été déposée de manière identique à celle (3) de l'exemple 1.

La couche 9 à base de nitrure de silicium a une épaisseur de 10 nm et a été déposée à une pression d'environ $8 \cdot 10^{-3}$ mbar dans une atmosphère argon/azote.

L'épaisseur de la couche 6 à base de TiO_2 est de 11 nm, les autres couches ont les mêmes épaisseurs que celles relatives à l'exemple 1.

Le tableau 4 ci-dessous indique respectivement les valeurs T_L , R_L , $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε du substrat monolithique relatif à cet exemple.

TABLEAU 4

Exemple 2 – (Monolithique)

T_L	78,6
R_L	14,8
$a^*(R)$	1,3
$b^*(R)$	- 4,4
ε	0,023

Ce substrat est ensuite monté au double vitrage avec un autre substrat de verre clair de même épaisseur, égale à 4 mm avec une lame intercalaire d'argon de 15 mm, l'empilement suivant l'invention étant en face 3 de ce double vitrage.

Le tableau 5 ci-dessous reprend les mêmes caractéristiques T_L , R_L , $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε ainsi que la valeur du coefficient K en W/K.m^2 du double vitrage.

TABLEAU 5

Exemple 2 – (Double vitrage)

T_L	71,7
R_L	20,2
$a^*(R)$	- 0,2
$b^*(R)$	- 2,6
ε	0,023
K	1,0

EXEMPLE 3 – (COMPARATIF)

5 L'empilement de couches minces représenté sur la figure 3 est identique à celui de l'exemple 1, à ceci près qu'il comporte une seule couche à base de TiO_2 conforme à l'invention.

Cette couche est comprise dans le revêtement diélectrique sous-jacent à la couche à base d'argent Ag.

L'empilement a donc la séquence suivante :

10 Verre/ TiO_2 / ZnO /Ag/Ti/ SnO_2

Le tableau 6 ci-dessous indique respectivement les valeurs T_L , R_L , $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε du substrat monolithique relatif à cet exemple.

TABLEAU 6

Exemple 3 – (Monolithique)

T_L	76,0
R_L	16,9
$a^*(R)$	2,3
$b^*(R)$	- 6,4
ε	0,023

15 Ce substrat est ensuite monté au double vitrage avec un autre substrat de verre clair de même épaisseur, égale à 4 mm avec une lame intercalaire d'argon de 15 mm, l'empilement suivant l'invention étant en face 3 de ce double vitrage.

20 Le tableau 7 ci-dessous reprend les mêmes caractéristiques T_L , R_L , $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε ainsi que la valeur K en $W/K.m^2$ du double vitrage.

TABLEAU 7Exemple 3 – (Double vitrage)

T_L	69,7
R_L	22,5
$a^*(R)$	0,8
$b^*(R)$	- 4,8
ε	0,023
K	1,0

EXEMPLE 4 – (COMPARATIF)

L'empilement de couches minces représenté sur la figure 4 est
 5 identique à celui de l'exemple 1 à ceci près qu'il
 comprend une seule couche à base de TiO_2 présente dans le revêtement
 diélectrique sur la couche d'argent Ag.

L'empilement a donc la séquence suivante :

Verre/ SnO_2 / ZnO /Ag/ Ti / TiO_2 / SnO_2

10 Le tableau 8 ci-dessous indique respectivement les valeurs T_L , R_L ,
 $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε du substrat monolithique relatif à cet exemple.

TABLEAU 8Exemple 4 – (Monolithique)

T_L	71,8
R_L	19,8
$a^*(R)$	2,8
$b^*(R)$	- 9,2
ε	0,023

Ce substrat est ensuite monté au double vitrage avec un autre
 15 substrat de verre clair de même épaisseur, égale à 4 mm avec une
 lame intercalaire d'argon de 15 mm, l'empilement suivant l'invention
 étant en face 3 de ce double vitrage.

Le tableau 9 ci-dessous reprend les mêmes caractéristiques T_L , R_L ,
 $a^*(R)$, $b^*(R)$, ε ainsi que la valeur du coefficient K en $W/K.m^2$ du double
 20 vitrage.

TABLEAU 9Exemple 4 – (Double vitrage)

T_L	66,2
R_L	24,9
$a^*(R)$	1,1
$b^*(R)$	- 7,1
ε	0,023
K	1,0

REVENDICATIONS

1. Substrat transparent (1), muni d'un empilement de couches minces comportant au moins une couche métallique (4) à propriétés de réflexion dans l'infrarouge, disposée entre deux revêtements à base de matériau diélectrique, le revêtement sous-jacent comportant une couche de mouillage (3) à base d'oxyde de zinc ZnO, directement au contact de la couche métallique, chacun des deux revêtements à base de matériau diélectrique comprenant au moins une couche d'indice de réfraction élevé, strictement supérieur à 2 **caractérisé en ce que** le revêtement à base de matériau diélectrique disposé au-dessus de la couche métallique comporte la séquence de couches déposées dans l'ordre suivant :

- a) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-2} d'au plus 2,2;
- b) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_{i-1} inférieur d'au moins 0,3 à celui n_i de la ou les dernière(s) couche(s);
- c) dernière(s) couche(s) à matériau(x) d'indice de réfraction n_i sensiblement égal à n_{i-2} .

2. Substrat selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit substrat est en verre.

3. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que la couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge est bas-émissive.

4. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'oxyde de zinc ZnO de la couche de mouillage est dopé à l'aluminium ZnO:Al.

5. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que ledit indice de réfraction n_{i-2} est inférieur à 2,2.

6. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que ledit indice de réfraction n_{i-2} est compris entre 1,9 et 2,1.

7. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'indice de réfraction n_{i-1} est inférieur à 1,8.

8. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge est à base d'argent.

5 9. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge a une épaisseur géométrique comprise entre 7 et 20 nanomètres, de manière à lui conférer des propriétés de basse-émissivité ou comprise entre 20 et 25 nanomètres de manière à lui conférer des propriétés anti-solaires.

10 10. Substrat selon la revendication 9 caractérisé en ce que la couche métallique à propriétés de réflexion dans l'infrarouge a une épaisseur géométrique comprise entre 9 et 15 nanomètres.

11. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'il** comporte une couche métallique de protection placée immédiatement au-dessus et au contact de la couche à propriétés de réflexion dans l'infrarouge.

12. Substrat selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ladite couche métallique de protection est à base d'un métal unique choisi parmi le niobium Nb, le titane Ti, le chrome Cr ou le nickel Ni ou d'un alliage d'au moins deux de ces métaux.

13. Substrat selon la revendication 12 caractérisé en ce que ladite couche métallique de protection est à base d'un alliage de Nickel et de chrome Ni/Cr.

14. Substrat selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13 caractérisé en ce que ladite couche métallique de protection a une épaisseur géométrique inférieure ou égale à 2 nanomètres.

15. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** la couche de mouillage a une épaisseur géométrique comprise entre 5 et 40 nanomètres.

16. Substrat selon la revendication 15 caractérisé en ce que la couche de mouillage a une épaisseur géométrique comprise entre 15 et 30 nanomètres.

17. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la couche de mouillage est à base d'oxyde de zinc, au moins en partie cristallisé.

18. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 17,
5 **caractérisé en ce que** chacune des couches d'indice de réfraction élevé est à base d'un matériau choisi parmi l'oxyde de niobium Nb_2O_5 , l'oxyde de bismuth dopé au manganèse $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{Mn}$, un oxyde mixte de zinc et de titane ZnTiO_x , l'oxyde de titane TiO_2 , un oxyde mixte de tantale et de titane TaTiO_x , un oxyde mixte de zirconium et de titane
10 ZrTiO_x .

19. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** le revêtement diélectrique au-dessus de la couche métallique réfléchissante comporte une superposition de couches, dont une couche d'indice supérieur ou égal à 2,2 et une
15 couche dont l'indice de réfraction est inférieur ou égal à 1,8.

20. Substrat selon la revendication 19 caractérisé en ce que la couche d'indice de réfraction inférieur ou égal à 1,8 a un indice de réfraction inférieur à 1,6.

21. Substrat selon l'une quelconque des revendications 19 ou 20,
20 **caractérisé en ce que** la couche à indice inférieur ou égal à 1,8 est à base de SiO_2 , SiON , ou SiOAl .

22. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce que** le revêtement diélectrique au-dessus de la couche métallique réfléchissante comporte une superposition de
25 couches dont une couche d'indice supérieur ou égal à 2,2 surmontée d'une couche d'indice inférieur.

23. Substrat selon la revendication 22 caractérisé en ce que ladite couche d'indice inférieur a un indice compris entre 1,9 et 2,1, comme SnO_2 , Si_3N_4 , AlN , ZnO .

30 24. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, **caractérisé en ce qu'une** couche d'indice de réfraction supérieur ou égal à 2,2, du type TiO_2 , est disposée entre la couche métallique réfléchissante et la séquence de couches a), b), c).

25. Substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, **caractérisé en ce qu'il** présente une émissivité d'au plus 0,025.

26. Vitrage multiple bas-émissif ou anti-solaire, comportant le substrat selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'empilement de couches minces étant en faces 2 et/ou 3.

27. Vitrage selon la revendication 26 caractérisé en ce que ledit vitrage est un double vitrage.

28. Vitrage selon l'une quelconque des revendications 26 ou 27 caractérisé en ce que l'empilement de couches minces est en face 5.

29. Double vitrage bas-émissif comportant au moins un substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, **caractérisé en ce qu'il** présente une transmission lumineuse T_L d'au moins 72 %.

30. Double vitrage selon la revendication 29 comportant deux feuilles de verre, **caractérisé en ce qu'il** présente un coefficient K inférieur ou égal à $1,4 \text{ W/K.m}^2$ lorsque les deux feuilles de verre sont séparées par une lame d'air, ou inférieur ou égal à $1,1 \text{ W/K.m}^2$ lorsque les deux feuilles de verre sont séparées par une lame d'argon.

1/2

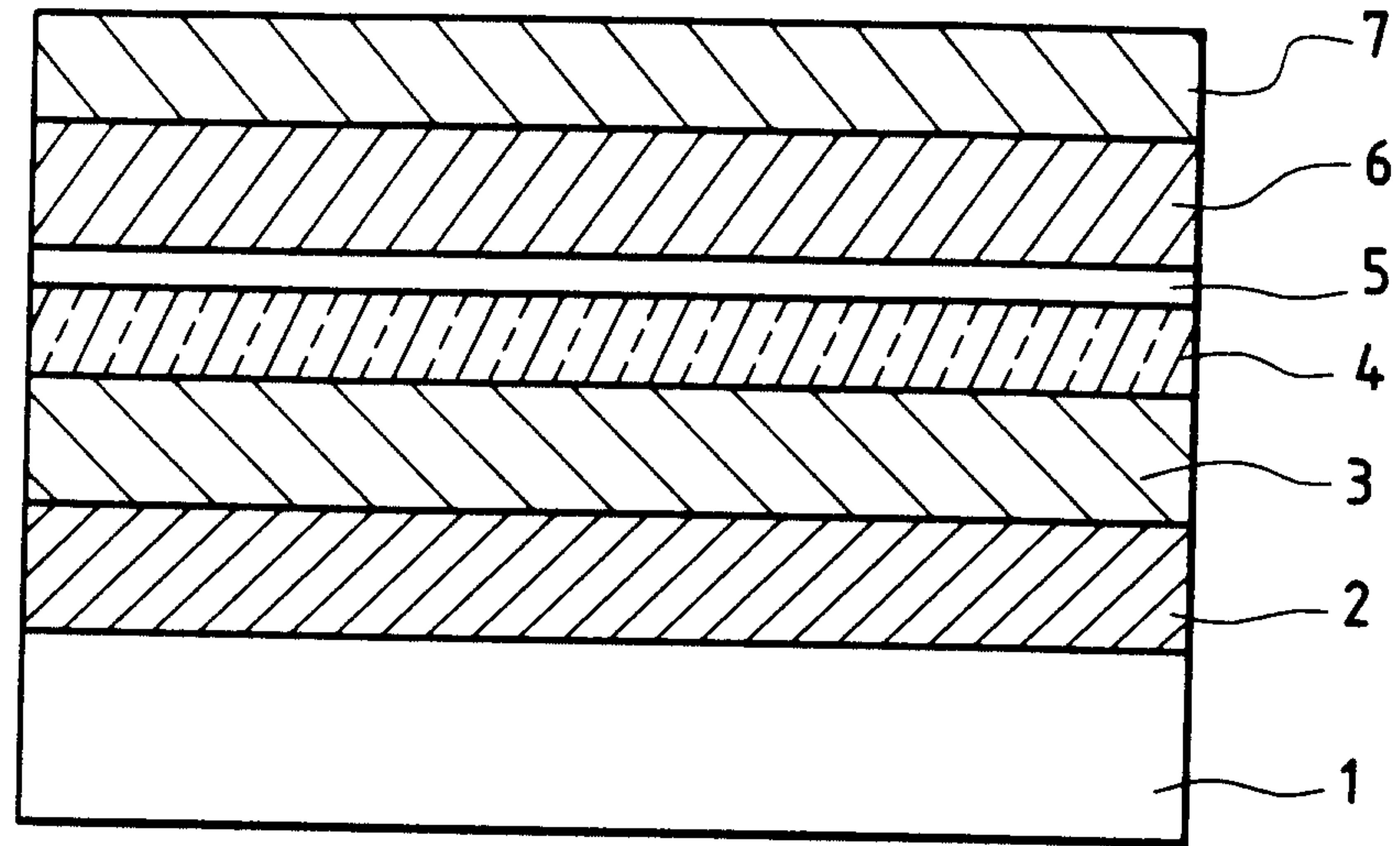


FIG.1

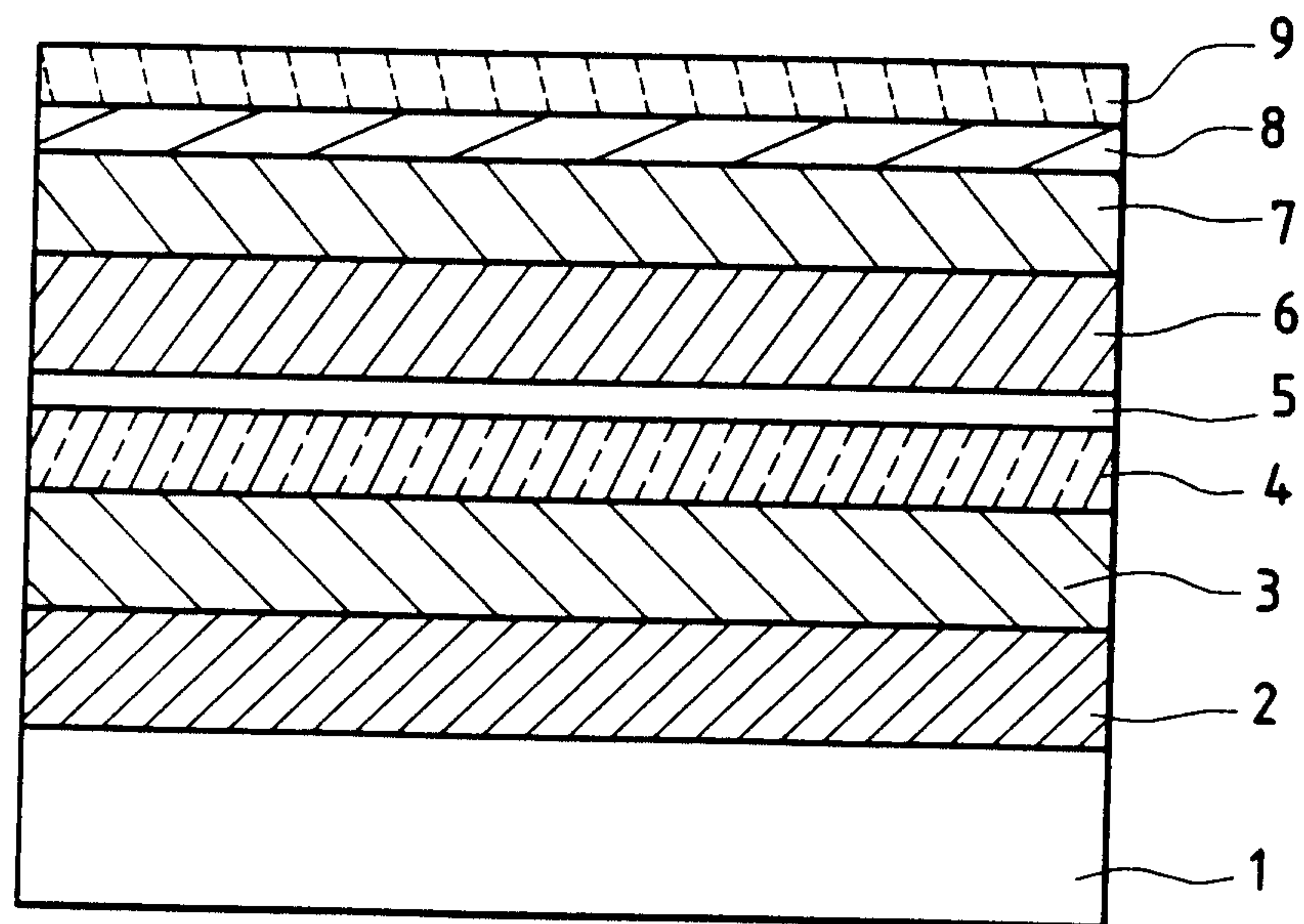


FIG.2

2/2

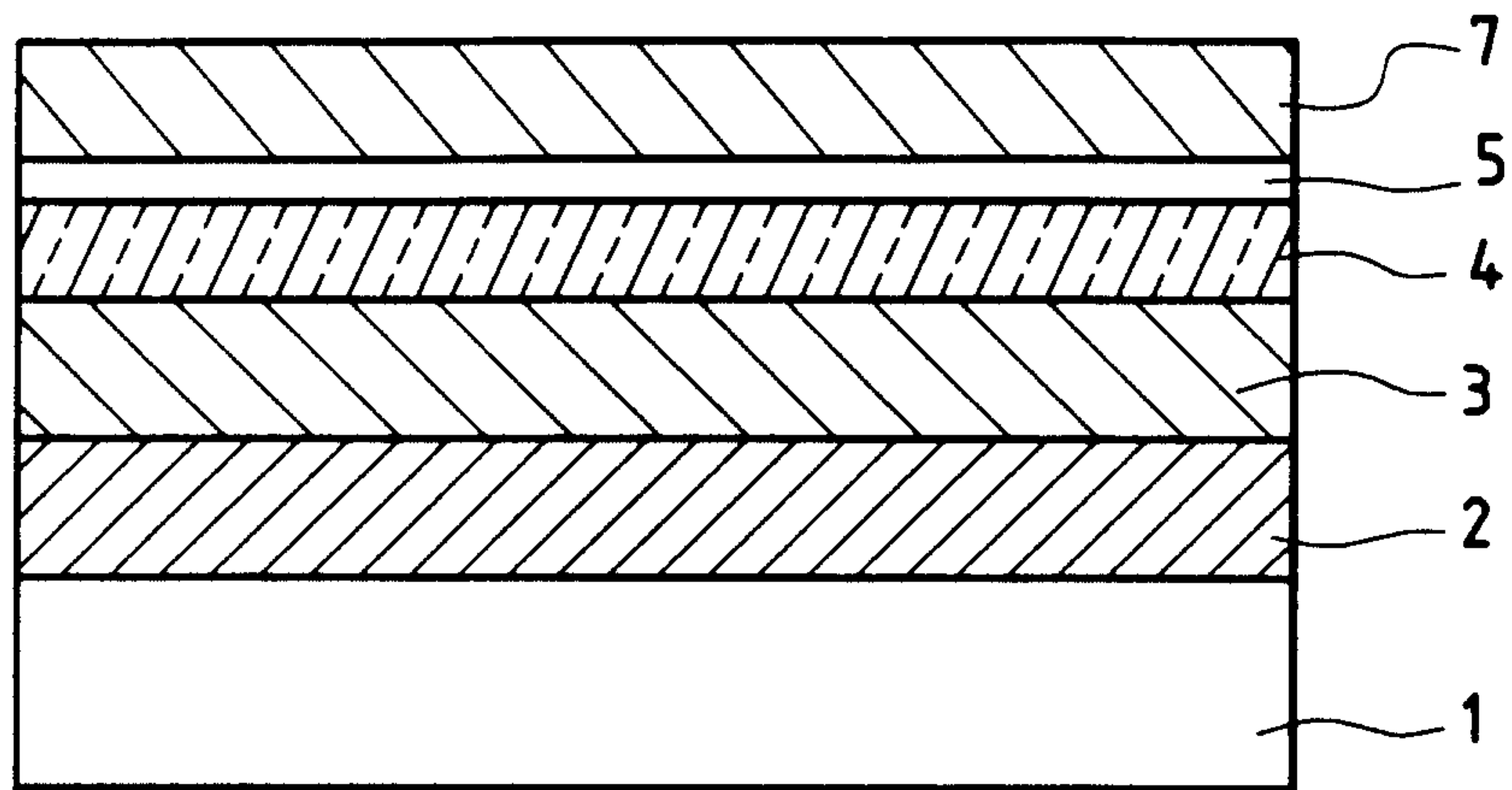


FIG.3

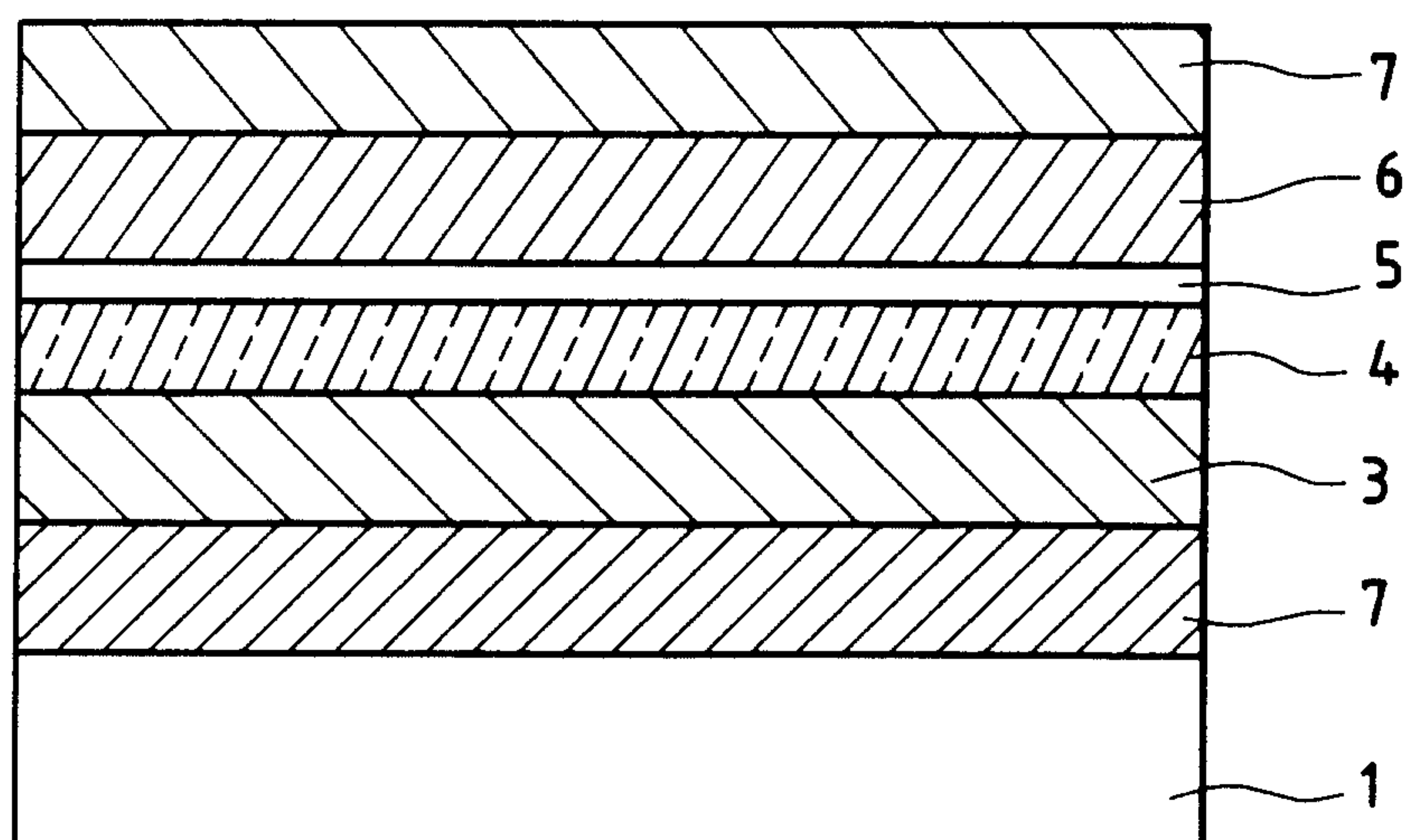


FIG.4

