

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 551 229

②1 N° d'enregistrement national :

84 13190

⑤1 Int Cl⁴ : G 03 G 5/085.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24 août 1984.

③0 Priorité : JP, 26 août 1983, n° 156682/1983; 20 décembre 1983, n° 240022/1983 et 240023/1983; 22 décembre 1983, n° 242654/1983.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 1^{er} mars 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : CANON KABUSHIKI KAISHA. — JP.

⑦2 Inventeur(s) : Keishi Saitoh, Yukihiko Ohnuki et Shigeru Ohno.

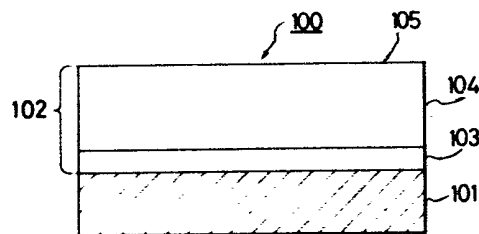
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Rinuy, Santarelli.

⑤4 Élément photoconducteur pour électrophotographie.

⑤7 L'invention concerne un élément photoconducteur destiné notamment à des appareils de copie par électrophotographie. Il comporte un substrat 101 sur lequel est appliquée une couche 102 de réception de la lumière ayant une constitution stratifiée constituée d'une première région 103 en matière amorphe contenant des atomes de germanium et d'une seconde région 104 photoconductrice, en matière amorphe contenant des atomes de silicium. La couche 102 contient une substance déterminant la conductivité et répartie de façon que la teneur maximale de cette substance, dans la direction de l'épaisseur, soit présente dans la seconde région 104 ou à l'interface avec la première région 103, cette substance étant répartie de façon à se trouver en plus grande quantité sur le côté du substrat 101.

Domaine d'application : machines de tirage, de copie, etc.



FR 2 551 229 - A1

D

L'invention concerne un élément photoconducteur sensible aux ondes électromagnétiques telles que la lumière [ce terme étant utilisé ici au sens large englobant les rayons ultraviolets, la lumière visible, les rayons infrarouges, les rayons X, les rayons gamma et autres].

Des matières photoconductrices, qui constituent des couches photoconductrices dans des dispositifs analyseurs d'image à semi-conducteur, des éléments de formation d'image pour électrophotographie dans le domaine de la formation des images, ou des dispositifs de lecture de manuscrits et autres doivent avoir une sensibilité élevée, un rapport signal/bruit élevé [courant-photoélectrique (I_p)/courant d'obscurité (I_d)], des caractéristiques spectrales correspondant à celles des ondes électromagnétiques à irradier, une réponse rapide à la lumière, une valeur de résistance d'obscurité souhaitée ainsi qu'une innocuité envers le corps humain pendant l'utilisation. En outre, dans un dispositif analyseur d'image à semi-conducteur, il faut également que l'image résiduelle puisse être aisément traitée en un temps prédéterminé. En particulier dans le cas d'un élément de formation d'image pour électrophotographie devant être monté dans un dispositif électrophotographique à utiliser dans une machine de bureau, la caractéristique précitée d'innocuité est très importante.

Du point de vue mentionné ci-dessus, le silicium amorphe [désigné ci-après a-Si] a récemment attiré l'attention en tant que matière photoconductrice. Par exemple, les demandes allemandes DOS n° 2 746 967 et n° 2 855 718 décrivent des applications du a-Si à une utilisation dans des éléments de formation d'image pour électrophotographie, et la demande allemande DOS n° 2 933 411 décrit une application du a-Si à une utilisation dans un dispositif de lecture à transducteurs photoélectriques.

Cependant, dans la situation présente, les éléments photoconducteurs de l'art antérieur comportant des couches photoconductrices constituées de a-Si doivent encore être améliorés en ce qui concerne le bilan des caractéristiques globales comprenant les caractéristiques électriques, optiques, photoconductrices telles que la valeur de résistance d'obscurité, la photosensibilité et la réponse à la lumière, etc., et les caractéristiques vis-à-vis du milieu ambiant pendant l'utilisation telle que la résistance à l'humidité, ainsi que la stabilité dans le temps.

Par exemple, lorsque l'élément photoconducteur ci-dessus est utilisé comme élément de formation d'image pour électrophotographie, on observe souvent un potentiel résiduel qui subsiste pendant son utilisation si l'on prévoit des perfectionnements ayant pour résultat d'accroître la photosensibilité en même temps que la résistance d'obscurité. Lorsqu'un tel élément photoconducteur est utilisé de façon répétée pendant une longue durée, divers inconvénients apparaissent tels que l'accumulation de fatigues par des utilisations répétées ou un phénomène dit de formation d'images fantômes ou secondaires, selon lequel des images résiduelles sont formées.

En outre, le a-Si possède un coefficient d'absorption de la lumière, sur le côté des plus grandes longueurs d'onde de la bande de la lumière visible, plus faible que celui qu'il présente sur le côté des longueurs d'onde plus courtes. Par conséquent, lors d'une association avec le laser à semi-conducteur actuellement utilisé en pratique, la lumière du côté des longueurs d'onde les plus grandes ne peut être utilisée efficacement lorsque l'on met en oeuvre une lampe à halogène ou une lampe fluorescente comme source de lumière. Par conséquent, divers points restent à améliorer.

Par ailleurs, lorsque la lumière irradiant l'élément n'est pas suffisamment absorbée dans la couche

photoconductrice, mais que la quantité de lumière atteignant le substrat augmente, une interférence due à des réflexions multiples peut se produire dans la couche photoconductrice et peut causer une image "non au point" dans le cas où le substrat lui-même possède une réflectance élevée vis-à-vis de la lumière transmise à travers la couche photoconductrice.

Cet effet est accru si l'on diminue la dimension du point irradié pour accroître la résolution, ce qui pose un problème grave dans le cas de l'utilisation d'un laser à semi-conducteur comme source de lumière.

En outre, les matières du type a-Si devant être utilisées pour la constitution de la couche photoconductrice peuvent contenir, comme atomes constitutifs, des atomes d'hydrogène ou des atomes d'halogène tels que des atomes de fluor, des atomes de chlore, etc., pour améliorer leurs caractéristiques électriques et photoconductrices, des atomes de bore, des atomes de phosphore, etc. pour déterminer ou établir le type de conduction électrique, ainsi que d'autres atomes destinés à améliorer d'autres caractéristiques. Suivant la façon dont ces atomes constitutifs sont contenus, il peut parfois apparaître des problèmes en ce qui concerne les caractéristiques électriques ou photoconductrices de la couche formée.

Ainsi, par exemple, dans de nombreux cas, la durée de vie des photoporteurs générés par l'irradiation de la lumière dans la couche photoconductrice formée est insuffisante, ou bien, sur la partie sombre, les charges injectées à partir du côté du substrat ne peuvent être suffisamment arrêtées.

Par conséquent, lorsque l'on tente, d'une part, d'améliorer les caractéristiques d'une matière du type a-Si proprement dite, il faut également, d'autre part, tenter de résoudre tous les problèmes mentionnés ci-dessus lors de la conception de l'élément photoconducteur.

Compte tenu des points précédents, la présente invention est le résultat d'études étendues portant à la fois sur les possibilités d'utilisation et sur l'utilité du a-Si en tant qu'élément photoconducteur pour des éléments de formation d'image pour électrophotographie, des dispositifs analyseurs d'image à semi-conducteur, des dispositifs de lecture, etc. Il est à présent apparu qu'un élément photoconducteur ayant une constitution stratifiée comprenant une couche de réception de la lumière qui est photoconductrice et qui comprend une matière amorphe contenant au moins un atome d'hydrogène (H) et un atome d'halogène (X) dans une matrice d'atomes de silicium, telle qu'une matière appelée composé hydrogéné de silicium amorphe, composé halogéné de silicium amorphe ou composé hydrogéné de silicium amorphe contenant un halogène [cette matière étant désignée ci-après globalement par l'expression a-Si(H,X)], ledit élément photoconducteur étant préparé, de par sa conception, de façon à posséder une structure particulière telle que décrite ci-après, non seulement présente, en pratique, des caractéristiques tout à fait excellentes, mais surpasse également les éléments photoconducteurs de l'art antérieur, pratiquement en tous points, en particulier par des caractéristiques particulièrement excellentes en tant qu'élément photoconducteur pour électrophotographie, ainsi que par d'excellentes caractéristiques de spectre d'absorption sur le côté des grandes longueurs d'onde.

L'invention a pour objet principal un élément photoconducteur présentant des caractéristiques électriques, optiques et photoconductrices qui restent constamment stables et qui convient à tous les environnements, sans dépendre, pratiquement, des milieux ambiants dans lesquels il est utilisé, lequel élément est particulièrement excellent en ce qui concerne les caractéristiques de résistance à la fatigue par la lumière et de

photosensibilité sur le côté des plus grandes longueurs d'onde, cet élément ayant également une excellente longévité sans présenter de phénomène de détérioration lors d'utilisations répétées, ledit élément ne présentant pas
5 non plus ou pratiquement pas de potentiel résiduel observé.

L'invention a pour autre objet un élément photoconducteur à haute photosensibilité sur la totalité du spectre de la lumière visible, cet élément étant
10 particulièrement excellent dans son adaptation à un laser à semi-conducteur et étant également rapide dans sa réponse à la lumière.

L'invention a pour autre objet un élément photoconducteur possédant une possibilité de retenue de charges suffisante, pendant un traitement par charges pour la formation d'images électrostatiques, pour qu'un procédé électrophotographique classique puisse être mis en oeuvre efficacement lorsque ledit élément est utilisé
15 en tant qu'élément de formation d'image pour électrophotographie.
20

L'invention a également pour objet un élément photoconducteur pour électrophotographie, pouvant produire aisément une image de qualité élevée, de haute densité, claire dans les demi-teintes et de résolution
25 élevée et exempte du défaut de "non-mise au point".

L'invention a pour autre objet un élément photoconducteur de photosensibilité élevée et d'un rapport signal/bruit élevé.

Conformément à l'invention, il est prévu un
30 élément photoconducteur comprenant un substrat destiné à cet élément et une couche de réception de la lumière appliquée sur le substrat et ayant une constitution dans laquelle une première région (G) de la couche, comprenant une matière amorphe contenant des atomes
35 de germanium et une seconde région (S) de la couche, qui est photoconductrice et qui comprend une matière

amorphe contenant des atomes de silicium, sont prévues à la suite l'une de l'autre à partir du côté du substrat, ladite couche de réception de la lumière contenant une substance destinée à déterminer ou établir la conductivité (C) dans un état distribué tel que, dans ladite 5 couche de réception de la lumière, la valeur maximale de la teneur de ladite substance (C) dans la direction de l'épaisseur de la couche se situe dans ladite seconde région (S) de la couche, ou à l'interface avec ladite 10 première région (G) de la couche et, dans ladite seconde région (S), ladite substance (C) est distribuée en quantité supérieure sur le côté dudit substrat.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement 15 limitatifs et sur lesquels:

. les figures 1 et 25 sont des coupes schématiques illustrant chacune la constitution stratifiée d'une forme préférée de réalisation de l'élément photoconducteur selon l'invention;

20 . les figures 2 à 10 sont des graphiques illustrant chacun schématiquement les profils de profondeur d'atomes de germanium dans la première région (G) de la couche;

25 . les figures 11 à 24 sont des graphiques illustrant chacun schématiquement des profils de profondeur d'atomes d'impuretés dans la première couche (I);

. la figure 26 est une illustration schématique du dispositif utilisé dans la présente invention; et

30 . les figures 27 à 29 sont des graphiques illustrant schématiquement les profils de profondeur des atomes respectifs dans des exemples de la présente invention.

35 La figure 1 est une coupe schématique illustrant la constitution stratifiée d'une première forme de l'élément photoconducteur selon l'invention.

L'élément photoconducteur 100 montré sur la

figure 1 est constitué d'une couche 102 de réception de la lumière formée sur un substrat 101 destiné à un élément photoconducteur, ladite couche 102 de réception de la lumière présentant une surface libre 105 à une première extrémité.

La couche 102 de réception de la lumière possède une structure stratifiée constituée d'une première région (G) 103 consistant en atomes de germanium et, si cela est souhaité, au moins en l'un des atomes de silicium (Si), des atomes d'hydrogène (H) et des atomes d'halogène (X) (cette matière étant désignée ci-après par la forme abrégée " $a\text{-Ge}(\text{Si},\text{H},\text{X})$ "), et d'une seconde région (S) 104 qui est photoconductrice et qui est constituée de $a\text{-Si}(\text{H},\text{X})$, ces deux régions étant appliquées l'une à la suite de l'autre à partir du côté du substrat 101.

La couche 102 de réception de la lumière contient une substance (C) destinée à déterminer ou établir le conductivité, cette substance (C) étant contenue dans un état distribué tel que, dans la couche 102 de réception de la lumière, la valeur maximale de la teneur de ladite substance (C), dans la direction de l'épaisseur de la couche, se trouve dans la seconde région (S) et, à l'intérieur de la seconde région (S), cette substance est distribuée de façon à se trouver en plus grande quantité vers le côté du substrat 101.

Les atomes de germanium contenus dans la première région (G) de la couche sont présents dans un état uniforme dans la direction interfaciale, parallèle à la surface du substrat, mais ils peuvent être répartis de façon uniforme ou non uniforme dans la direction de l'épaisseur de la couche.

De plus, lorsque la distribution des atomes de germanium contenus dans la première région (G) n'est pas uniforme, il est souhaitable que la teneur $C(G)$ dans la direction de l'épaisseur de la couche puisse être

modifiée vers le côté du substrat ou vers le côté de la seconde région (S), progressivement ou par gradins, ou encore linéairement.

5 En particulier, dans le cas où la distribution des atomes de germanium dans la première région (G) est modifiée de façon que les atomes de germanium soient distribués en continu sur toute la région de la couche, la teneur C(G) en atomes de germanium, dans la direction de l'épaisseur de la couche, étant réduite depuis le
10 côté du substrat vers la seconde région (S) de la couche, l'affinité entre les première et seconde régions (G) et (S) est excellente. De plus, comme décrit ci-après, en augmentant la teneur C(G) des atomes de germanium à la partie extrême du côté du substrat afin de lui donner
15 une valeur extrêmement grande, la lumière du côté des plus grandes longueurs d'onde, qui ne peut pratiquement pas être absorbée par la seconde région (S), peut être absorbée dans la première région (G), à peu près totalement, lorsque l'on utilise un laser à semi-conducteur,
20 ce qui permet d'éviter toute interférence par réflexion sur la surface du substrat et de supprimer suffisamment la réflexion à l'interface entre la région (G) et la région (S) de la couche.

25 De plus, dans l'élément photoconducteur de la présente invention, les matières amorphes respectives constituant la première région (G) de la seconde région (S) ont pour constituant commun des atomes de silicium et, par conséquent, une stabilité chimique suffisante est assurée à l'interface de la stratification.

30 L'élément photoconducteur, conçu de façon à présenter la constitution stratifiée conforme à la présente invention et telle que décrite ci-dessus, permet de résoudre tous les problèmes mentionnés précédemment et présente d'excellentes caractéristiques
35 électriques, optiques et photoconductrices, une excellente rigidité diélectrique ainsi que de bonnes

caractéristiques vis-à-vis du milieu ambiant lors de l'utilisation.

En particulier, lorsqu'il est appliqué à un élément de formation d'image pour électrophotographie, il est possible d'éviter suffisamment les interférences ou parasites, ou même lorsque l'on utilise une lumière pouvant produire des parasites, sans aucun effet sur le potentiel résiduel lors de la formation d'une image, ses propriétés électriques étant stables, avec une sensibilité élevée, et l'élément photoconducteur ayant un rapport signal/bruit élevé ainsi qu'une excellente résistance à la fatigue par la lumière et d'excellentes caractéristiques lors d'utilisations répétées, de sorte qu'il est possible d'obtenir de façon répétée et stable des images de qualité élevée, d'une haute densité, claires dans les demi-teintes et d'une résolution élevée.

En outre, l'élément photoconducteur de la présente invention est hautement photosensible sur toutes les régions du spectre de la lumière visible, il excelle notamment dans son adaptation à un laser à semi-conducteur, et il présente également une réponse rapide à la lumière.

Les figures 2 à 10 représentent des exemples typiques d'une distribution non uniforme, dans la direction de l'épaisseur de la couche, des atomes de germanium contenus dans la première région (G) de la couche de l'élément photoconducteur selon l'invention.

Sur les figures 2 à 10, on indique en abscisses la teneur C des atomes de germanium et en ordonnées l'épaisseur des la première région (G) de la couche, la position sur la surface extrême de la première région (G) de la couche, sur le côté du substrat, étant indiquée en t_B et la position de la surface extrême de la première région (G) de la couche, sur le côté opposé à celui du substrat, étant indiquée en t_T . Autrement dit, la formation de la première région (G) de la couche,

contenant des atomes de germanium, s'effectue du côté t_B vers le côté t_T .

La figure 2 représente une première forme typique du profil de profondeur, dans la direction de l'épaisseur de la couche, des atomes de germanium contenus dans la première région (G).

Dans la forme de réalisation montrée sur la figure 2, à partir de la position de l'interface t_B où la surface, sur laquelle la première région (G) contenant des atomes de germanium doit être formée, est en contact avec la surface de la première région (G) jusqu'à la position t_1 , les atomes de germanium sont contenus dans la première région (G) formée, alors que la teneur $C(G)$ des atomes de germanium prend une valeur constante de C_1 , la teneur diminuant progressivement à partir de la valeur C_2 , en continu de la position t_1 jusqu'à la position t_T d'interface. A la position d'interface t_T , la teneur $C(G)$ des atomes de germanium devient égale à C_3 .

Dans la forme de réalisation de la figure 3, la teneur $C(G)$ des atomes de germanium contenus est abaissée progressivement et en continu de la position t_B vers la position t_T pour passer de la valeur C_4 jusqu'à la valeur C_5 atteinte à la position t_T .

Dans le cas de la figure 4, la teneur $C(G)$ des atomes de germanium est établie à la valeur constante C_6 , puis abaissée progressivement et en continu de la position t_2 à la position t_T , et la teneur $C(G)$ est établie à zéro à la position t_T (pratiquement à zéro signifiant ici une teneur inférieure à la limite détectable).

Dans le cas de la figure 5, la teneur $C(G)$ des atomes de germanium est diminuée progressivement et en continu de la position t_B vers la position t_T , à partir de la valeur C_8 , jusqu'à ce qu'elle soit pratiquement égale à zéro à la position t_T .

Dans la forme de réalisation de la figure 6,

la teneur $C(G)$ des atomes de germanium reste constamment à C_9 entre la position t_B et la position t_3 , et elle est rendue égale à C_{10} à la position t_T . Entre la position t_3 et la position t_T , la teneur est réduite suivant la

5 pente d'une fonction du premier degré, de la position t_3 à la position t_T .

Dans la forme de réalisation montrée sur la figure 7, il est établi un profil de profondeur tel que la teneur $C(G)$ prend une valeur constante C_{11} de la

10 position t_B à la position t_4 , et est diminuée, conformément à la pente d'une fonction du premier degré, pour passer de la teneur C_{12} à la teneur C_{13} , de la position t_4 à la position t_T .

Dans la forme de réalisation montrée sur la figure 8, la teneur $C(G)$ des atomes de germanium est

15 abaissée conformément à la pente d'une fonction du premier degré, pour passer de la valeur C_{14} à zéro, de la position t_B à la position t_T .

Sur la figure 9, il est représenté une forme de réalisation dans laquelle la teneur $C(G)$ des atomes

20 de germanium est abaissée conformément à la pente d'une fonction du premier degré, de la teneur C_{15} à la teneur C_{16} , de la position t_B à la position t_5 , et est établie à une valeur constante C_{16} entre la position t_5 et la

25 position t_T .

Dans la forme de réalisation de la figure 10, la teneur $C(G)$ des atomes de germanium est établie à la

valeur C_{17} à la position t_B , la teneur C_{17} est diminuée initialement progressivement, puis brusquement vers la

30 position t_6 jusqu'à la position t_6 et jusqu'à ce qu'elle prenne la valeur C_{18} à la position t_6 .

Entre la position t_6 et la position t_7 , la teneur $C(G)$ est initialement diminuée brusquement, puis progressivement jusqu'à ce qu'elle prenne la valeur C_{19}

35 à la position t_7 . Entre la position t_7 et la position t_8 , la teneur est abaissée très progressivement jusqu'à

la valeur C_{20} atteinte à la position t_8 . Entre la position t_8 et la position t_T , la teneur est abaissée suivant une courbe ayant une forme telle que montrée sur la figure, pour passer de la valeur C_{20} à pratiquement zéro.

Comme décrit précédemment, en ce qui concerne certains exemples typiques de profils de profondeur des atomes de germanium contenus dans la première région (G) de la couche, dans la direction de l'épaisseur de la couche, en référence aux figures 2 à 10, dans la forme préférée de réalisation de l'invention, la première région (G) est avantageusement réalisée suivant un profil de profondeur tel qu'elle comporte une partie ayant une forte teneur $C(G)$ en atomes de germanium vers le côté du substrat et une partie appauvrie, sur le côté de l'interface t_T , dont la teneur $C(G)$ en atomes de germanium est très inférieure à celle présente sur le côté du substrat.

La première région (G) entrant dans la constitution de la couche de réception de la lumière de l'élément photoconducteur selon l'invention comporte avantageusement une région localisée (A) contenant des atomes de germanium dont la teneur est de préférence relativement supérieure sur le côté du substrat, comme décrit ci-dessus.

La région localisée (A), telle que décrite à l'aide des symboles montrés sur les figures 2 à 10, peut avantageusement être réalisée dans un intervalle de $5 \mu\text{m}$ à partir de la position d'interface t_B .

Dans la présente invention, la région localisée (A) précitée peut être réalisée de façon à être identique à la totalité de la région (L_T) jusqu'à la profondeur de $5 \mu\text{m}$ à partir de la position d'interface t_B , ou bien à une partie de la région (L_T) de la couche.

On peut convenablement déterminer, suivant les caractéristiques demandées pour la couche amorphe

à former, si la région localisée (A) doit être réalisée en tant que partie ou totalité de la région (L_T) de la couche.

5 La région localisée (A) peut avantageusement être formée par un processus tel que la valeur maximale C_{max} de la teneur des atomes de germanium, dans une distribution dans la direction de l'épaisseur de la couche, puisse être avantageusement de 8 ppm ou plus, plus avantageusement de 5 ppm ou plus, et de préférence
10 de 1×10^4 ppm ou plus, sur la base de la somme des atomes de germanium et des atomes de silicium.

Autrement dit, conformément à l'invention, la région (G) de la couche contenant des atomes de germanium est formée de façon que la valeur maximale C_{max} de la
15 teneur $C(G)$ puisse être présente dans une épaisseur de couche de $5 \mu m$ à partir du côté du substrat (la région de la couche située à une épaisseur de $5 \mu m$ à partir de t_B).

Dans la présente invention, la teneur en
20 atomes de germanium de la première région (G) contenant des atomes de germanium, qui peut convenablement être déterminée comme souhaité afin de parvenir efficacement aux objectifs de la présente invention, peut avantageusement être de 1 à 10×10^5 ppm, plus avantageusement
25 de 100 à $9,5 \times 10^5$ ppm, et de préférence de 500 à 8×10^5 ppm.

Dans l'élément photoconducteur de la présente invention, l'épaisseur de la première région (G) de la couche et l'épaisseur de la seconde région (S) de la
30 couche constituent l'un des facteurs importants pour réaliser efficacement l'objet de la présente invention et il faut donc prendre suffisamment de soin, lors de la conception de l'élément photoconducteur, pour que des caractéristiques souhaitables puissent être confé-
35 rées à l'élément photoconducteur formé.

Dans la présente invention, l'épaisseur T_B de

la première région (G) de la couche peut avantageusement être comprise entre 3,0 nanomètres et 50 μm , plus avantageusement entre 4,0 nanomètres et 40 μm , et de préférence entre 5,0 nanomètres et 30 μm .

5 Par ailleurs, l'épaisseur T de la seconde région (S) de la couche peut avantageusement être comprise entre 0,5 et 90 μm , plus avantageusement entre 1 à 80 μm , et de préférence entre 2 et 50 μm .

10 La somme de l'épaisseur T_B de la première région (G) et de l'épaisseur T de la seconde région (S) de la couche, à savoir ($T_B + T$) peut être convenablement déterminée comme souhaité, de par la conception des couches de l'élément photoconducteur, sur la base de la relation organique mutuelle entre les caractéristiques demandées pour les deux régions de la couche et
15 les caractéristiques demandées pour l'ensemble de la couche de réception de la lumière.

Dans l'élément photoconducteur de la présente invention, la plage de valeurs numériques pour la somme
20 ci-dessus ($T_B + T$) peut être avantageusement comprise entre 1 et 100 μm , plus avantageusement entre 1 et 80 μm , et de préférence entre 2 et 50 μm .

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, il est avantageux de choisir les valeurs numériques, pour les épaisseurs respectives T_B et T mentionnées
25 ci-dessus, de façon que la relation $T_B/T \leq 1$ puisse être satisfaite.

Dans le choix des valeurs numériques pour les épaisseurs T_B et T dans le cas ci-dessus, les valeurs de
30 T_B et T doivent être avantageusement déterminées de façon que la relation $T_B/T \leq 0,9$, et plus avantageusement la relation $T_B/T \leq 0,8$, puisse être satisfaite.

Dans la présente invention, lorsque la teneur des atomes de germanium de la première région (G) est
35 de 1×10^5 ppm ou plus, il est souhaitable que l'épaisseur T_B de cette première région (G) de la couche soit

aussi faible que possible, avantageusement de 30 μm ou moins, plus avantageusement de 25 μm ou moins, et de préférence de 20 μm ou moins.

5 Dans la présente invention, à titre illustratif d'atomes d'halogène (X) qui peuvent être incorporés facultativement dans la première région (G) et/ou dans la seconde région (S) constitutives de la couche de réception de la lumière, on peut citer le fluor, le chlore, le brome et l'iode, le fluor et le chlore étant
10 particulièrement avantageux.

Dans la présente invention, la formation de la première région (G) constituée de a-Ge(Si,H,X) peut être conduite par le procédé de déposition sous vide utilisant un phénomène de décharge, tel qu'un procédé à décharge
15 d'effluves, un procédé de pulvérisation ou un procédé d'implantation ionique. Par exemple, pour la formation de la première région (G) constituée de a-Ge(Si,H,X) par le procédé à décharge d'effluves, l'opération fondamentale consiste à introduire un gaz de départ pour
20 l'apport de Ge, capable de fournir des atomes de germanium (Ge), facultativement avec un gaz de départ pour l'apport de Si, capable de fournir des atomes de silicium (Si), et un gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'hydrogène (H) et/ou un gaz de départ pour l'introduc-
25 tion d'atomes d'halogène (X) dans une chambre de déposition dont l'intérieur peut être amené à une pression réduite, et par déclenchement d'une décharge d'effluves dans ladite chambre de déposition afin de former une couche sur la surface d'un substrat placé dans une posi-
30 tion prédéterminée. Pour répartir non uniformément les atomes de germanium, une couche constituée de a-Ge(Si,H,X) peut être formée tandis que le profil de profondeur des atomes de germanium est réglé conformément à une courbe souhaitée de rythme de variation. En variante, pour une
35 formation par le procédé de pulvérisation, lorsque l'on procède à une pulvérisation à l'aide d'une cible constituée de Si ou de deux feuilles, et d'une cible constituée

de Ge, ou encore d'une cible constituée d'un mélange de Si et de Ge, dans une atmosphère constituée d'un gaz inerte tel que Ar, He, etc., ou un mélange basé sur ces gaz, un gaz de départ pour l'apport de Ge ainsi que, facultativement, si cela est souhaité, un gaz pour l'introduction d'atomes d'hydrogène (H) et/ou un gaz pour l'introduction d'atomes d'halogène (X) peuvent être introduits dans une chambre de déposition pour la pulvérisation, de façon à former une atmosphère constituée d'un plasma d'un gaz souhaité, et une pulvérisation de la cible précitée peut être effectuée tandis que l'on règle les débits d'écoulement du gaz de départ pour l'apport de Ge et/ou du gaz de départ pour l'apport du Si, conformément à une courbe souhaitée de rythme de variation.

Dans le cas du procédé d'implantation ionique, par exemple, une source de vaporisation telle qu'un silicium polycristallin ou un silicium monocristallin et un germanium polycristallin, ou un germanium monocristallin, peut être placée en tant que source de vaporisation dans une nacelle d'évaporation, et peut être chauffée par le procédé de chauffage par résistance ou le procédé à faisceau d'électrons de façon à être vaporisée, et on permet au produit vaporisé dégagé de traverser une atmosphère constituée d'un plasma gazeux souhaité, le même processus que dans le cas de la pulvérisation étant par ailleurs suivi.

Le gaz de départ pour l'apport de Si et utilisé dans la présente invention peut comprendre des composés hydrogénés de silicium gazeux ou gazéifiables (silanes) tels que SiH_4 , Si_2H_6 , Si_3H_8 , Si_4H_{10} et autres, en tant que matières efficaces. En particulier, SiH_4 et Si_2H_6 sont avantageux pour leur facilité de manipulation pendant la formation des couches et pour l'efficacité avec laquelle ils fournissent du Si.

Comme substances pouvant être utilisées comme gaz de départ pour l'apport de Ge, on peut employer

efficacement des composés hydrogénés gazeux ou gazéifiables de germanium tels que GeH_4 , Ge_2H_6 , Ge_3H_8 , Ge_4H_{10} , Ge_5H_{12} , Ge_6H_{14} , Ge_7H_{16} , Ge_8H_{18} , Ge_9H_{20} , etc. En particulier, GeH_4 , Ge_2H_6 et Ge_3H_8 sont préférés pour leur facilité de manipulation pendant la formation des couches et pour l'efficacité avec laquelle ils apportent du germanium.

Des gaz de départ efficaces pour l'introduction d'atomes d'halogène à utiliser dans la présente invention peuvent comprendre un grand nombre de composés halogénés dont des exemples avantageux sont des composés halogénés gazeux ou gazéifiables, des halogènes gazeux, des halogénures, des composés interhalogénés, des dérivés de silanes substitués par des halogènes, et autres.

En outre, on peut également utiliser des composés de silicium gazeux ou gazéifiables contenant des atomes d'halogène, constitués d'atomes de silicium et d'atomes d'halogène en tant qu'éléments constitutifs, d'une façon efficace dans la présente invention.

Des exemples typiques de composés halogénés avantageusement utilisés dans la présente invention peuvent comprendre des halogènes gazeux tels que le fluor, le chlore, le brome ou l'iode, des composés interhalogénés tels que BrF , ClF_3 , BrF_5 , BrF_3 , IF_3 , IF_7 , ICl , IBr , etc.

Comme composés de silicium contenant des atomes d'halogène, à savoir des composés appelés dérivés de silanes substitués par des halogènes, on peut utiliser avantageusement des halogénures de silicium tels que SiF_4 , Si_2F_6 , SiCl_4 , SiBr_4 et autres.

Lorsque l'élément photoconducteur caractéristique de la présente invention est formé par le procédé de décharge d'effluves au moyen d'un tel composé de silicium contenant des atomes d'halogène, il est possible de former la première région (G) de la couche, comprenant du a-SiGe contenant des atomes d'halogène

sur un substrat souhaité, sans utiliser un composé hydrogéné gazeux de silicium comme gaz de départ pouvant fournir du Si en même temps que le gaz de départ pour l'apport de Ge.

5 Dans le cas de la formation de la première région (G) de la couche contenant des atomes d'halogène par le procédé à décharge d'effluves, l'opération fondamentale consiste à introduire, par exemple, un halogénure de silicium en tant que gaz de départ pour l'apport de
10 Si, un composé de germanium hydrogéné en tant que gaz de départ pour l'apport de Ge et un gaz tel que Ar, H₂, He, etc., dans des proportions de mélange prédéterminées, dans la chambre de déposition afin de former la première région (G) de la couche, et à déclencher une décharge
15 d'effluves pour former une atmosphère constituée d'un plasma de ces gaz afin que la première région (G) puisse être formée sur un substrat souhaité. Pour régler plus aisément la proportion d'atomes d'hydrogène introduits, de l'hydrogène gazeux ou un gaz d'un composé de silicium
20 contenant des atomes d'hydrogène peut également être mélangé à ces gaz en quantité souhaitée pour former la couche.

De plus, aucun gaz n'est limité à une espèce unique, mais des espèces multiples peuvent être utilisées
25 dans toute proportion souhaitée.

Que ce soit dans le cas du procédé de pulvérisation ou du procédé d'implantation ionique, l'introduction d'atomes d'halogène dans la couche formée peut être effectuée par l'introduction du gaz du composé halogéné
30 ci-dessus ou du composé de silicium ci-dessus, contenant des atomes d'halogène, dans une chambre de déposition, et formation d'une atmosphère constituée d'un plasma de ce gaz.

Par ailleurs, pour l'introduction d'atomes
35 d'hydrogène, un gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'hydrogène, par exemple H₂ ou des gaz tels

que des silanes et/ou un composé de germanium hydrogéné, comme mentionné précédemment, peuvent être introduits dans une chambre de déposition pour pulvérisation, cette opération étant suivie de la formation de l'atmosphère constituée d'un plasma desdits gaz.

Dans la présente invention, comme gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'hydrogène, des halogénures ou composés de silicium contenant des halogènes tels que mentionnés précédemment peuvent être utilisés efficacement. Autrement, il est également possible d'utiliser efficacement, comme matière de départ pour la formation de la première région (G) de la couche, des substances gazeuses ou gazéifiables, comprenant des halogénures contenant un atome d'hydrogène en tant que l'un des constituants, par exemple un halogénure d'hydrogène tel que HF, HCl, HBr, HI, etc.; un composé de silicium hydrogéné substitué par un halogène tel que SiH_2 , SiH_2I_2 , SiH_2Cl_2 , SiHCl_3 , SiH_2Br_2 , SiHBr_3 , etc.; des halogénures de germanium hydrogénés tels que GeHF_3 , GeH_2F_2 , GeH_3F , GeHCl_3 , GeH_2Cl_2 , GeH_3Cl , GeHBr_3 , GeH_2Br_2 , GeH_3Br , GeHI_3 , GeH_2I_2 , GeH_3I , etc.; des halogénures de germanium tels que GeF_4 , GeCl_4 , GeBr_4 , GeI_4 , GeF_2 , GeCl_2 , GeBr_2 , GeI_2 , etc.

Parmi ces substances, des halogénures contenant des atomes d'hydrogène peuvent être avantageusement utilisés comme matière de départ pour l'introduction d'atomes d'halogène, car les atomes d'hydrogène, qui sont très efficaces pour déterminer ou établir les caractéristiques électriques ou photoélectriques, peuvent être introduits dans la couche en même temps que l'introduction des atomes d'halogène pendant la formation de la première région (G) de la couche.

Pour l'introduction d'atomes d'hydrogène dans la structure de la première région (G) de la couche, hormis les composés mentionnés précédemment, du H_2 ou un composé de silicium hydrogéné tel que SiH_4 , Si_2H_6 , Si_3H_8 , Si_4H_{10} , etc., ainsi que du germanium ou un

composé de germanium pour l'apport de Ge, ou encore un composé de germanium hydrogéné tel que GeH_4 , Ge_2H_6 , Ge_3H_8 , Ge_4H_{10} , Ge_5H_{12} , Ge_6H_{14} , Ge_7H_{16} , Ge_8H_{18} , Ge_9H_{20} , etc., peuvent coexister, avec du silicium ou un composé de silicium pour l'apport de Si, dans une chambre de déposition, une décharge étant ensuite déclenchée.

Conformément à une forme préférée de réalisation de l'invention, la quantité d'atomes d'hydrogène (H) ou la quantité d'atomes d'halogène (X) ou la somme des quantités d'atomes d'hydrogène et d'atomes d'halogène (H + X) devant être contenues dans la première région (G) constituant la couche photoconductrice à former doit être avantagement comprise entre 0,01 et 40%, plus avantagement entre 0,05 et 30%, et de préférence entre 0,1 et 25%.

Pour régler la quantité d'atomes d'hydrogène (H) et/ou d'atomes d'halogène (X) devant être contenus dans la première région (G) de la couche, par exemple, on peut régler la température du substrat et/ou la quantité de matières de départ utilisées pour l'incorporation d'atomes d'hydrogène (H) et/ou d'atomes d'halogène (X), devant être introduits dans le dispositif de déposition, la puissance de décharge, etc.

Dans l'élément photoconducteur selon l'invention, en incorporant une substance (C) déterminant ou établissant la conductivité dans la seconde région (S) de la couche ne contenant pas d'atomes de germanium et dans la première région (G) de la couche contenant des atomes de germanium, on peut établir librement comme souhaité les conductivités des deux régions (S) et (G).

La substance (C) ci-dessus contenue dans la seconde région (S) peut être contenue dans la totalité de cette région ou dans une partie de ladite région (S), mais il est nécessaire qu'elle soit répartie de façon à être plus abondante vers le côté du substrat.

Plus particulièrement, la région (SPN) de la

couche, contenant la substance (C), établie dans la seconde région (S), est réalisée dans la totalité de cette seconde région (S), ou dans une région de la partie extrême (SE), sur le côté du substrat, en tant que partie de la seconde région (S). Dans le premier cas où elle constitue la totalité de la région, il est prévu que sa teneur C(s) puisse être augmentée vers le côté du substrat, de manière linéaire, par gradins ou suivant une courbe.

10 Lorsque la teneur C(s) est augmentée suivant une courbe, il est souhaitable que la substance (C) déterminant la conductivité soit introduite dans la région (S) de la couche de façon à pouvoir croître de manière monotone vers le côté du substrat.

15 Dans le cas de la réalisation de la région (SPN) en tant que partie de la seconde région de la couche, l'état de distribution de la substance (C) dans cette région (SPN) est rendu uniforme dans la direction interfaciale, parallèle à la surface du substrat, mais elle peut être uniforme ou non uniforme dans la direction de l'épaisseur de la couche. Dans ce cas, dans la région (SPN), pour que la substance (C) soit distribuée de façon non uniforme dans la direction de l'épaisseur de la couche, il est souhaitable que le profil de profondeur de la substance (C) soit similaire à celui obtenu dans le cas où elle constitue la totalité de la seconde région (S).

25 La présence d'une région (GPN) contenant une substance déterminant la conductivité (C) dans la première région (G) de la couche peut également être obtenue de la même manière que la présence de la région (SPN) dans la seconde région (S) de la couche.

30 Dans la présente invention, lorsque la substance (C) déterminant ou établissant la conductivité est contenue à la fois dans la première région (G) et dans la seconde région (S), les substances (C) devant

être contenues dans les deux régions peuvent être du même type ou de types différents.

Cependant, lorsque le même type de substance (C) est contenu dans les deux régions de la couche, il est avantageux que la teneur maximale de ladite substance (C) dans la direction de l'épaisseur de la couche se trouve dans la seconde région (S), c'est-à-dire à l'intérieur de cette seconde région (S) ou à l'interface avec la première région (G).

En particulier, il est souhaitable que la teneur maximale précitée soit établie à l'interface de contact avec la première région (G) ou à proximité de cette interface.

Dans la présente invention, en incorporant une substance (C) déterminant la conductivité dans la couche de réception de la lumière, comme décrit ci-dessus, la région (PN) contenant ladite substance (C) est réalisée de façon à occuper au moins une partie de la seconde région (S), avantageusement en tant que région de la partie extrême (SE) sur le côté du substrat de la seconde région (S) de la couche.

Lorsque la région (PN) est réalisée de façon à s'étendre à la fois sur la première région (G) et sur la seconde région (S) de la couche, la substance (C) est incorporée dans la couche de réception de la lumière de façon que la teneur maximale $C_{(G)\max}$ de la substance (C) déterminant la conductivité dans la région (GPN) et la teneur maximale $C_{(S)\max}$ dans la région (SPN) puissent satisfaire la relation

$$C_{(G)\max} < C_{(S)\max}$$

Comme substance (C) déterminant ou établissant les caractéristiques de conductivité, on peut mentionner des substances appelées impuretés dans le domaine des semi-conducteurs. Dans la présente invention, on peut utiliser des impuretés du type P donnant des caractéristiques de conductivité du type P et des

impuretés du type N donnant des caractéristiques de conductivité du type N au Si ou Ge.

Plus particulièrement, on peut mentionner, comme impuretés du type P, des atomes appartenant au groupe III du tableau périodique (atomes du groupe III), tels que le bore (B), l'aluminium (Al), le gallium (Ga), l'indium (In), le thallium (Tl), etc., le bore et le gallium étant particulièrement avantageux.

Comme impuretés du type N, on peut utiliser les atomes appartenant au groupe V du tableau périodique (atomes du groupe V), tels que le phosphore (P), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le bismuth (Bi), etc., le phosphore et l'arsenic étant particulièrement avantageux.

Dans la présente invention, la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité dans la région (PN) réalisée dans la couche de réception de la lumière peut être convenablement choisie suivant la conductivité demandée pour ladite région (PN) ou suivant les caractéristiques demandées à l'interface de contact par laquelle ladite région (PN) est en contact direct avec une autre région de la couche ou avec le substrat, etc. De plus, la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité est déterminée convenablement en tenant compte de la relation avec les caractéristiques d'autres régions de la couche en contact direct avec ladite région de la couche ou des caractéristiques présentes à l'interface de contact avec lesdites autres régions de la couche.

Dans la présente invention, la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité et contenue dans la région (PN) de la couche est avantageusement comprise entre 0,01 et 5×10^{-4} ppm, plus avantageusement entre 0,5 et 1×10^4 ppm, et de préférence entre 1 et 5×10^3 ppm, en valeurs atomiques.

Dans la présente invention, en réalisant la

région (PN), contenant la substance (C) déterminant la conductivité, de façon qu'elle soit en contact avec l'interface de contact entre la première région (G) et la seconde région (S), ou de façon qu'une partie de la région (PN) puisse occuper au moins une partie de la première région (G) de la couche, et en donnant à la teneur en atomes de la substance (C), dans la région (PN) de la couche, avantageusement une valeur de 30 ppm ou plus, plus avantageusement de 50 ppm ou plus et de préférence de 100 ppm ou plus, par exemple, dans le cas où ladite substance (C) à incorporer est une impureté du type P comme mentionné précédemment, on peut empêcher efficacement une migration des électrons injectés depuis le côté du support vers l'intérieur de la seconde région (S) de la couche en soumettant la surface de la couche de réception de la lumière à un traitement de charge à la polarité positive. Par ailleurs, lorsque la substance (C) à incorporer est une impureté du type N, on peut empêcher efficacement une migration des trous positifs injectés depuis le côté du substrat vers l'intérieur de la seconde région de la couche en soumettant la surface libre de la couche de réception de la lumière à un traitement de charge à la polarité négative.

Dans le cas mentionné ci-dessus, la région (Z) de la couche, située dans la partie excluant la région (PN) précitée, dans la constitution fondamentale de la présente invention telle que décrite ci-dessus, peut contenir une substance destinée à établir ou déterminer une conductivité de l'autre polarité, ou une substance destinée à établir ou déterminer les caractéristiques de conductivité de même polarité peut y être contenue en quantité très inférieure à celle contenue en pratique dans la région (PN) de la couche.

Dans ce cas, la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité et contenue dans la région (Z) ci-dessus peut être déterminée convenablement comme

souhaité, suivant la polarité ou la teneur de la substance contenue dans la région (PN) de la couche, mais elle est avantageusement, en valeur atomique, comprise entre 0,001 et 1000 ppm, plus avantageusement entre 5 0,05 et 500 ppm, et de préférence entre 0,1 et 200 ppm.

Dans la présente invention, lorsque le même type d'une substance déterminant la conductivité est contenu dans la région (PN) et dans la région (Z) de la couche, la teneur en atomes de la région (Z) de la 10 couche doit avantageusement être de 30 ppm ou moins.

A la différence des cas mentionnés ci-dessus, dans la présente invention, il est également possible de former une région de la couche contenant une substance destinée à déterminer une conductivité d'une polarité et 15 une région contenant une substance destinée à déterminer une conductivité de l'autre polarité, en contact direct l'une avec l'autre à l'intérieur de la couche de réception de la lumière, formant ainsi une couche dite d'appauvrissement dans ladite région de contact. En bref, 20 par exemple, une région de la couche contenant l'impureté précitée du type P et une région de la couche contenant l'impureté précitée du type N sont formées dans la couche de réception de la lumière, en contact direct l'une avec l'autre, afin de constituer une jonction dite P-N, ce qui permet de réaliser une couche d'appau- 25 vrissement.

Les figures 11 à 24 représentent des exemples typiques de profils de profondeur, dans la direction de l'épaisseur de la couche, de la substance (C) destinée 30 à établir ou déterminer la conductivité et devant être contenue dans la couche de réception de la lumière.

Sur ces figures, on indique en abscisses la teneur $C_{(PN)}$ de la substance (C) dans la direction de l'épaisseur de la couche et, en ordonnées, l'épaisseur 35 t de la couche de réception de la lumière à partir du côté du substrat. t_0 indique l'interface de contact

entre la région (G) et la région (S) de la couche.

De plus, les symboles utilisés en abscisses et en ordonnées ont les mêmes significations que ceux utilisés sur les figures 2 à 10, sauf indication contraire.

5 La figure 11 représente une forme typique du profil de profondeur, dans la direction de l'épaisseur de la couche, de la substance (C) déterminant la conductivité et contenue dans la couche de réception de la lumière.

10 Dans la forme de réalisation montrée sur la figure 11, la substance (C) n'est pas contenue dans la région (G) de la couche, mais seulement dans la région (S), à une teneur constante de C_1 . En bref, dans la région (S) de la couche à la partie extrême comprise entre t_0 et t_1 , la substance (C) est contenue à une concentration constante de C_1 .

20 Dans la forme de réalisation de la figure 12, bien que la substance (C) ne soit pas contenue de façon régulière dans la région (S) de la couche, aucune substance (C) n'est contenue dans la région (G).

25 De plus, la substance (C) est contenue dans la région de la couche comprise entre t_0 et t_2 , à une teneur constante de C_2 alors qu'elle est contenue, dans la région comprise entre t_2 et t_T , à une teneur constante de C_3 qui est très inférieure à C_2 .

30 La substance (C) introduite à une telle teneur $C_{(PN)}$ dans la région (S) de la couche empêche effectivement la migration de charges injectées depuis la région (G) vers la région (S) de la couche, dans la direction de la surface libre et, dans le même temps, il est possible d'améliorer la photosensibilité et la résistance d'obscurité.

35 Dans la forme de réalisation de la figure 13, la substance (C) est contenue régulièrement dans la région (S) de la couche, mais elle est contenue dans un

état tel que la teneur $C_{(PN)}$ est modifiée en étant réduite de façon monotone de la teneur C_4 à t_0 jusqu'à la teneur 0 à t_T . Aucune substance (C) n'est contenue dans la région (G) de la couche.

5 Dans le cas des formes de réalisation montrées sur les figures 14 et 15, la substance (C) est contenue localement dans la partie extrême inférieure de la région (S) de la couche. Ainsi, dans le cas des formes de réalisation des figures 14 et 15, la région (S) de la couche
10 présente une structure stratifiée dans laquelle la région contenant la substance (C) et la région ne contenant pas de substance (C) sont appliquées l'une sur l'autre, dans cet ordre, à partir du côté du substrat.

15 La différence entre les formes de réalisation des figures 14 et 15 est que la teneur $C_{(PN)}$ est réduite de la valeur C_5 , à la position t_0 , à la valeur 0 à la position t_3 , de façon monotone, suivant une courbe entre t_0 et t_3 dans le cas de la figure 14, tandis que, dans le cas de la figure 15, entre t_0 et t_4 , la teneur est
20 réduite en continu et linéairement de la valeur C_6 , à la position t_0 , à la valeur 0 à la position t_4 . Dans les deux formes de réalisation des figures 14 et 15, la région (G) de la couche ne contient aucune substance (C).

25 Dans les formes de réalisation montrées sur les figures 16 à 24, les deux régions (G) et (S) de la couche contiennent la substance (C) déterminant la conductivité.

30 Dans le cas des figures 16 à 22, les régions (S) de la couche présentent en commun la structure à deux couches, dans laquelle la région contenant la substance (C) et la région ne la contenant pas sont appliquées l'une sur l'autre, dans cet ordre, à partir du côté du substrat. Parmi ces formes de réalisation, dans celles montrées sur les figures 17 à 21 et 23, le profil de profondeur de substance (C) dans la région (G) de la couche
35 est modifié dans la teneur $C_{(PN)}$ de manière que la teneur soit réduite à partir de la position t_0 d'interface

avec la seconde région (S) de la couche vers le côté du substrat.

5 Dans les formes de réalisation des figures 23 et 24, la substance (C) est contenue de façon régulière dans la direction de l'épaisseur de la couche, sur la totalité de la couche de réception de la lumière.

De plus, dans le cas de la figure 23, dans la région (G) de la couche, la teneur est augmentée linéairement de t_B à t_0 pour passer de la valeur C_{23} à t_B jusqu'à la valeur C_{22} à t_0 , tandis que dans la 10 région (S) de la couche, elle est réduite en continu et de façon monotone, suivant une courbe, de la teneur C_{22} à t_0 à la teneur 0 à t_T .

Dans le cas de la figure 24, la substance 15 (C) est contenue dans la région de la couche, entre t_B et t_{13} , à une teneur constante C_{24} , et la teneur est réduite linéairement à partir de C_{25} , à t_{13} , jusqu'à ce qu'elle atteigne 0 à t_T .

Comme décrit pour des exemples typiques de 20 variations de la teneur $C_{(PN)}$ de la substance (C) déterminant la conductivité dans la couche de réception de la lumière, en regard des figures 11 à 24, dans chacune des formes de réalisation, la substance (C) est contenue dans la couche de réception de la lumière 25 de façon que la teneur maximale puisse être présente dans la seconde région (S) de la couche ou à l'interface de cette région avec la première région (G).

Dans la présente invention, pour la formation de la seconde région (S) constituée de a-Si(H,X), les 30 matières de départ (I) pour la formation de la première région (G), desquelles est éliminée la matière de départ pour le gaz de départ pour l'apport de Ge, sont utilisées comme matières de départ (II) pour la formation de la seconde région (S) de la couche, et la formation de la 35 couche peut être effectuée par le même procédé et dans les mêmes conditions que pour la formation de la première région (G).

Plus particulièrement, dans la présente invention, la formation de la seconde région (S), constituée de a-Si(H,X), peut être menée par le procédé de déposition sous vide utilisant un phénomène de décharge tel que le procédé à décharge d'effluves, le procédé de pulvérisation ou le procédé d'implantation ionique. Par exemple, pour la formation de la seconde région (S) de la couche, constituée de a-Si(H,X), l'opération fondamentale consiste à introduire un gaz de départ pour l'apport de Si, capable de fournir des atomes de silicium, comme décrit précédemment, facultativement avec des gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'hydrogène (H) et/ou d'atomes d'halogène (X), dans une chambre de déposition dont l'intérieur peut être amené à une pression réduite, et à déclencher une décharge d'effluves dans ladite chambre de déposition de façon à former une couche comprenant du a-Si(H,X) sur un substrat souhaité placé dans une position prédéterminée. En variante, pour une formation par le procédé de pulvérisation, des gaz pour l'introduction d'atomes d'hydrogène (H) et/ou d'atomes d'halogène (X) peuvent être introduits dans une chambre de déposition lorsque l'on effectue une pulvérisation d'une cible constituée de Si dans un gaz inerte tel que Ar, He, etc., ou dans un mélange basé sur ces gaz.

Dans la présente invention, la quantité d'atomes d'hydrogène (H) ou la quantité d'atomes d'halogène (X), ou la somme des quantités d'atomes d'hydrogène et d'atomes d'halogène (H + X) devant être contenue dans la seconde région (S) constituant la couche de réception de la lumière à former doit avantageusement être comprise entre 1 et 40%, plus avantageusement entre 5 et 30% et de préférence entre 5 et 25%.

Pour la formation de la région (PN) contenant la substance précitée (C) par incorporation d'une substance (C) pour déterminer la conductivité, telle que des atomes du groupe III ou des atomes du groupe V,

dans la structure de la couche de réception de la lumière, une matière de départ pour l'introduction des atomes du groupe III ou une matière de départ pour l'introduction des atomes du groupe V peut être introduite à l'état gazeux dans une chambre de déposition en même temps que les matières de départ pour la formation de la région de la couche, pendant la formation de cette couche. Comme matière de départ pouvant être utilisée pour l'introduction des atomes du groupe III, il est souhaitable d'utiliser celles qui sont gazeuses à la température ambiante et à la pression atmosphérique ou qui peuvent être aisément gazéifiées, au moins dans les conditions de formation de la couche. Des exemples typiques de telles matières de départ pour l'introduction des atomes du groupe III peuvent comprendre, comme composés pour l'introduction d'atomes de bore, des hydrures de bore tels que B_2H_6 , B_4H_{10} , B_5H_9 , B_5H_{11} , B_6H_{10} , B_6H_{12} , B_6H_{14} , etc. et des halogénures de bore tels que BF_3 , BCl_3 , BBr_3 , etc. Par ailleurs, il est également possible d'utiliser $AlCl_3$, $GaCl_3$, $Ga(CH_3)_3$, $InCl_3$, $TlCl_3$ et autres.

Les matières de départ pouvant être efficacement utilisées dans la présente invention pour l'introduction des atomes du groupe V peuvent comprendre, pour l'introduction d'atomes de phosphore, un hydrure de phosphore tel que PH_3 , P_2H_4 , etc., des halogénures de phosphore tels que PH_4I , PF_3 , PF_5 , PCl_3 , PCl_5 , PBr_3 , PBr_5 , PI_3 et autres. Par ailleurs, il est également possible d'utiliser AsH_3 , AsF_3 , $AsCl_3$, $AsBr_3$, AsF_5 , SbH_3 , SbF_3 , SbF_5 , $SbCl_5$, BiH_3 , $BiCl_3$, $BiBr_3$ et autres comme matière de départ pour l'introduction efficace des atomes du groupe V.

Le substrat à utiliser dans la présente invention peut être une matière conductrice du courant électrique ou une matière isolante. Comme matière électroconductrice, on peut mentionner les métaux tels que

l'alliage NiCr, l'acier inoxydable, Al, Cr, Mo, Au, Nb, Ta, V, Ti, Pt, Pd, etc., ou des alliages de ces métaux.

Comme matière isolante, on peut utiliser classiquement des films ou des feuilles de résines synthétiques, comprenant du polyester, du polyéthylène, du polycarbonate, de l'acétate de cellulose, du polypropylène, du polychlorure de vinyle, du polychlorure de vinylidène, du polystyrène, un polyamide, etc., des verres, des céramiques, des papiers et ainsi de suite. Au moins une surface de ces substrats isolants est avantageusement soumise à un traitement d'électroconduction et il est souhaitable d'appliquer d'autres couches sur la face à laquelle le traitement d'électroconduction a été appliqué.

Par exemple, un traitement rendant un verre conducteur du courant électrique peut être effectué par l'application d'une mince pellicule de NiCr, Al, Cr, Mo, Au, Ir, Nb, Ta, V, Ti, Pt, Pd, In_2O_3 , SnO_2 , ITO ($\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$) sur le verre. En variante, un film de résine synthétique tel qu'un film de polyester peut être soumis, en surface, au traitement d'électroconduction par déposition de vapeur sous vide, déposition par faisceau d'électrons ou pulvérisation d'un métal tel que NiCr, Al, Ag, Pb, Zn, Ni, Au, Cr, Mo, Ir, Nb, Ta, V, Ti, Pt, etc., ou encore par un traitement de stratification à l'aide dudit métal, rendant ainsi la surface conductrice du courant électrique. Le substrat peut être configuré suivant toute forme, par exemple en forme de cylindres, de courroies, de plaques ou autres, et sa forme peut être déterminée comme souhaité. Par exemple, lorsque l'élément photoconducteur 100 de la figure 1 doit être utilisé en tant qu'élément de formation d'image pour électrophotographie, il peut avantageusement être réalisé sous la forme d'une bande sans fin ou d'un cylindre à utiliser dans des opérations de copie continue à grande vitesse. Le substrat peut avoir une

épaisseur qui est convenablement déterminée de manière qu'un élément photoconducteur tel que souhaité puisse être formé. Lorsque l'élément photoconducteur doit avoir une certaine flexibilité, le substrat est réalisé de façon à être aussi mince que possible dans la mesure où la fonction de substrat peut être suffisamment assurée. Cependant, dans ce cas, l'épaisseur est avantageusement de 10 μm ou plus pour des raisons de fabrication et de manipulation du substrat, ainsi que pour assurer le maintien de sa résistance mécanique.

La figure 25 est une représentation schématique détaillant la structure stratifiée de la seconde forme de réalisation de l'élément photoconducteur selon l'invention.

L'élément photoconducteur 2500 montré sur la figure 25 comporte une couche 2507 de réception de la lumière constituée d'une première couche (I) 2502 et d'une seconde couche (II) 2505 appliquées sur un substrat 2501 pour l'élément photoconducteur, ladite couche 2507 de réception de la lumière présentant une surface libre 2506 à une extrémité.

L'élément photoconducteur 2500 représenté sur la figure 25 est identique à l'élément photoconducteur 100 montré sur la figure 1, sauf qu'il comporte une seconde couche (II) 2505 appliquée sur la première couche (I) 2502. Autrement dit, la première région (G) 2503 et la seconde région (S) 2504 constituant la première couche (I) 2502 correspondent respectivement à la première région (G) 103 et à la seconde région (S) 104 montrées sur la figure 1, et la totalité de la description concernant les première et seconde régions (G) et (S) peuts'appliquer à la région 2503 et à la région 2504 de la couche, respectivement. Il en est de même en ce qui concerne le substrat 2501.

La seconde région (II) 2505 formée sur la première couche (I) 2502 présente une surface libre et

est destinée à assurer les caractéristiques de la présente invention principalement en ce qui concerne la résistance à l'humidité, les caractéristiques d'utilisation répétée continue, la rigidité diélectrique, les caractéristiques vis-à-vis du milieu ambiant en cours d'utilisation et la longévité.

La seconde couche (II) 2505 est constituée d'une matière amorphe contenant des atomes de silicium (Si) et au moins l'un des atomes de carbone (C), des atomes d'azote (N) et des atomes d'oxygène (O), ainsi que, facultativement, au moins un des atomes d'hydrogène (H) et des atomes d'halogène (X).

La matière amorphe ci-dessus constituant la seconde couche (II) peut comprendre une matière amorphe contenant des atomes de silicium (Si) et des atomes de carbone (C), ainsi que, facultativement, des atomes d'hydrogène (H) et/ou des atomes d'halogène (X) (cette matière étant désignée ci-après " $a-(Si_xC_{1-x})_y(H,X)_{1-y}$ ", où $0 < x, y < 1$), une matière amorphe contenant des atomes de silicium (Si) et des atomes d'oxygène (O), ainsi que, facultativement, des atomes d'hydrogène (H) et/ou des atomes d'halogène (X) (cette matière étant désignée ci-après " $a-(Si_xO_{1-x})_y(H,X)_{1-y}$ ", où $0 < x, y < 1$), et une matière amorphe contenant des atomes de silicium (Si) et des atomes d'azote (N) ainsi que, facultativement, des atomes d'hydrogène (H) et/ou des atomes d'halogène (X) (cette matière étant désignée ci-après " $a-(Si_xN_{1-x})_y(H,X)_{1-y}$ ", où $0 < x, y < 1$).

Dans la présente invention, les matières amorphes respectives constituant la première couche (I) et la seconde couche (II) ont pour constituant commun des atomes de silicium et, par conséquent, une stabilité chimique suffisante est assurée à l'interface de la stratification.

La formation de la seconde couche amorphe (II) peut être effectuée par le procédé à décharge d'effluves,

le procédé de pulvérisation, le procédé d'implantation ionique, le procédé de déposition ionique, le procédé à faisceau d'électrons, etc. Ces procédés de préparation peuvent être convenablement choisis suivant divers

5 facteurs tels que les conditions de préparation, l'importance de la charge constituée par les investissements en capitaux pour les installations, l'échelle de production, les caractéristiques souhaitables demandées pour l'élément photoconducteur à préparer, etc. On peut uti-

10 liser avantageusement le procédé à décharge d'effluves ou le procédé de pulvérisation pour leurs avantages d'une maîtrise relativement aisée des conditions de préparation d'éléments photoconducteurs ayant des

15 caractéristiques souhaitées et d'une introduction aisée d'autres atomes avec les atomes de silicium (Si) dans la seconde couche amorphe (II) à préparer.

En outre, dans la présente invention, le procédé à décharge d'effluves et le procédé de pulvérisation peuvent être utilisés en association dans le même

20 dispositif pour former la seconde couche (II).

Pour la formation de la seconde couche (II) par le procédé à décharge d'effluves, des gaz de départ pour la formation de cette seconde couche (II), qui peuvent être facultativement mélangés à un gaz de dilution dans une proportion de mélange prédéterminée,

25 peuvent être introduits dans une chambre de déposition sous vide dans laquelle un substrat est placé, et une décharge d'effluves est déclenchée dans cette chambre afin que les gaz qui y sont introduits forment un plasma,

30 une matière amorphe pour la formation de la seconde couche (II) se déposant alors sur la première couche (I) déjà formée sur le substrat.

Dans la présente invention, des atomes d'halogène convenables (X) contenus dans la seconde couche

35 2505 comprennent F, Cl, Br et I, F et Cl étant particulièrement avantageux.

Dans la présente invention, comme gaz de départ pour la formation de $a-(\text{Si}_x\text{C}_{1-x})_y(\text{H},\text{X})_{1-y}$, on peut utiliser la plupart des substances contenant au moins l'un des atomes de silicium (Si), des atomes de carbone (C), des atomes d'hydrogène (H) et des atomes d'halogène (X) en tant qu'atomes constitutifs, qui sont des substances gazeuses ou gazéifiées ou aisément gazéifiables.

Par exemple, il est possible d'utiliser un mélange d'un gaz de départ contenant du Si en tant qu'atome constitutif, d'un gaz de départ contenant C en tant qu'atome constitutif, et, facultativement d'un gaz de départ contenant H comme atome constitutif et/ou d'un gaz de départ contenant X comme atome constitutif, dans des proportions de mélange souhaitées, ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome constitutif et d'un gaz de départ contenant C et H comme atomes constitutifs, et/ou d'un gaz de départ contenant C et X comme atomes constitutifs, également dans les proportions souhaitées, ou encore un mélange d'un gaz de départ contenant Si comme atome constitutif et d'un gaz de départ contenant Si, C et H en tant que trois atomes constitutifs, ou d'un gaz de départ contenant Si, C et X en tant que trois atomes constitutifs.

En variante, il est également possible d'utiliser un mélange d'un gaz de départ contenant Si et H en tant qu'atomes constitutifs et d'un gaz de départ contenant C en tant qu'atome constitutif, ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si et X en tant qu'atomes constitutifs et d'un gaz de départ contenant C en tant qu'atome constitutif.

Dans la présente invention, comme gaz de départ pour la formation de $a-(\text{Si}_x\text{O}_{1-x})_y(\text{H},\text{X})_{1-y}$, on peut utiliser la plupart des substances contenant au moins l'un des atomes de silicium (Si), d'oxygène (O), d'hydrogène (H) et d'un halogène (X) en tant qu'atomes constitutifs, qui sont des substances gazeuses ou

gazéifiées de matières aisément gazéifiables.

Par exemple, il est possible d'utiliser un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome constitutif, d'un gaz de départ contenant O en tant qu'atome constitutif et, facultativement, d'un gaz de départ contenant H en tant qu'atome constitutif et/ou d'un gaz de départ contenant X en tant qu'atome constitutif, dans des proportions de mélange souhaitées, ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome constitutif et d'un gaz de départ contenant O et H en tant qu'atomes constitutifs et/ou d'un gaz de départ contenant O et X en tant qu'atomes constitutifs, également dans des proportions souhaitées, ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome constitutif et d'un gaz de départ contenant Si, O et H en tant que trois atomes constitutifs, ou d'un gaz de départ contenant Si, O et X en tant que trois atomes constitutifs.

Il est également possible, en variante, d'utiliser un mélange d'un gaz de départ contenant Si et H en tant qu'atome constitutif et d'un gaz de départ contenant O en tant qu'atome constitutif, ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si et X en tant qu'atomes constitutifs et d'un gaz de départ contenant O en tant qu'atome constitutif.

Dans la présente invention, comme gaz de départ pour la formation de $a\text{-Si}_x\text{N}_{1-x})_y(\text{H},\text{X})_{1-y}$, on peut utiliser la plupart des substances contenant l'un au moins des atomes de silicium (Si), d'azote (N), d'hydrogène (H) et d'un halogène (X) en tant qu'atomes constitutifs, qui sont des substances gazeuses ou gazéifiées de matières aisément gazéifiables.

Par exemple, il est possible d'utiliser un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome constitutif, d'un gaz de départ contenant N en tant qu'atome constitutif et, facultativement, d'un gaz de départ contenant H en tant qu'atome constitutif

et/ou d'un gaz de départ contenant X en tant qu'atome
constitutif, dans des proportions de mélange souhaitées,
ou un mélange d'un gaz de départ contenant Si en tant
qu'atome constitutif et d'un gaz de départ contenant N
5 et H en tant qu'atomes constitutifs et/ou d'un gaz de
départ contenant N et X en tant qu'atomes constitutifs,
également dans des proportions souhaitées, ou un mélange
d'un gaz de départ contenant Si en tant qu'atome consti-
tutif et d'un gaz de départ contenant Si, N et H en tant
10 que trois atomes constitutifs, ou d'un gaz de départ
contenant Si, N et X en tant que trois atomes constitutifs.

En variante, il est également possible d'utili-
ser un mélange d'un gaz de départ contenant Si et H en
tant qu'atomes constitutifs et d'un gaz de départ conte-
nant N en tant qu'atome constitutif, ou un mélange d'un
15 gaz de départ contenant Si et X en tant qu'atomes consti-
tutifs et d'un gaz de départ contenant N en tant qu'atome
constitutif.

Dans la présente invention, les gaz de départ
20 qui peuvent être utilisés efficacement pour la formation
de la seconde couche (II) peuvent comprendre des subs-
tances qui sont gazeuses dans les conditions de tempéra-
ture ambiante et de pression atmosphérique ou qui peuvent
être aisément gazéifiées.

Dans la présente invention, les gaz de départ
utilisés efficacement pour la formation de la seconde
couche amorphe (II) doivent comprendre des composés de
silicium hydrogénés contenant Si et H en tant qu'atomes
constitutifs, tels que des silanes (par exemple SiH_4 ,
30 Si_2H_6 , Si_3H_8 , Si_4H_{10} , etc.), des composés contenant C et
H en tant qu'atomes constitutifs tels que des hydrocar-
bures saturés ayant 1 à 4 atomes de carbone, des
hydrocarbures éthyléniques ayant 2 à 4 atomes de
carbone et des hydrocarbures acétyléniques ayant
35 2 ou 3 atomes de carbone, des substances simples d'un
halogène, d'halogénures d'hydrogène, de composés

interhalogénés, d'un halogénure de silicium, d'un composé de silicium hydrogéné substitué par un halogène, etc.

Plus particulièrement, on peut utiliser, comme hydrocarbures saturés, les méthane (CH_4), éthane (C_2H_6), propane (C_3H_8), n-butane ($\text{n-C}_4\text{H}_{10}$), pentane (C_5H_{12});
 5 comme hydrocarbures éthyléniques, les éthylène (C_2H_4), propylène (C_3H_6), butène-1 (C_4H_8), butène-2 (C_4H_8), isobutylène (C_4H_8), pentène (C_5H_{10}); comme hydrocarbures acéthyléniques, les acétylène (C_2H_2), méthyl-acétylène
 10 (C_3H_4), butyne (C_4H_6); comme substances simples d'halogène, du fluor, du chlore, du brome ou de l'iode; comme halogénures d'hydrogène, HF, HI, HCl et HBr; comme composés interhalogénés, BrF, ClF, ClF_3 , ClF_5 , BrF_5 , BrF_3 , IF_5 , IF_7 , ICl, IBr; comme halogénures de
 15 silicium, SiF_4 , Si_2F_6 , SiCl_4 , SiCl_3Br , SiCl_2Br_2 , SiClBr_3 , SiCl_3I , SiBr_4 ; comme composés hydrogénéés de silicium substitués par un halogène, SiH_2 , SiH_2Cl_2 , SiHCl_3 , SiH_3Cl , SiH_3Br , SiH_2Br_2 , SiHBr_3 , et ainsi de suite.

20 Autrement, il est également possible d'utiliser des hydrocarbures paraffiniques substitués par un halogène tels que CF_4 , CCl_4 , CBr_4 , CHF_3 , CH_2F_2 , CH_3F , CH_3Cl , CH_3Br , CH_3I , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, etc.; des composés de soufre fluorés tels que SF_4 , SF_6 , etc.; des dérivés
 25 de silanes, comprenant des alkyl-silanes tels que $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$, $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, etc. et des alkyl-silanes contenant un halogène tels que $\text{SiCl}(\text{CH}_3)_3$, $\text{SiCl}_2(\text{CH}_5)_2$, SiCl_3CH_3 , etc. en tant que substances efficaces.

30 Comme matière de départ utilisée efficacement en tant que gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'hydrogène (O) pendant la formation de la seconde couche (II), il est possible d'utiliser des composés contenant O en tant qu'atome constitutif ou
 des composés contenant N et O en tant qu'atomes constitutifs, tels que l'oxygène (O_2), l'ozone (O_3),
 35 le monoxyde d'azote (NO), le bioxyde d'azote (NO_2),

le protoxyde d'azote (N_2O), l'anhydride azoteux (N_2O_3),
le peroxyde d'azote (N_2O_4), l'anhydride azotique (N_2O_5),
le trioxyde d'azote et des siloxanes inférieurs conte-
nant des atomes de silicium (Si), des atomes d'oxygène
5 (O) et des atomes d'hydrogène (H) en tant qu'atomes
constitutifs, tels que le disiloxane ($H_3SiOSiH_3$), le
trisiloxane ($H_3SiOSiH_2OSiH_3$) et autres.

Comme matière de départ utilisée efficacement
en tant que gaz de départ pour l'introduction d'atomes
10 d'azote (N) pendant la formation de la seconde couche (II),
il est possible d'utiliser des composés contenant N en
tant qu'atome constitutif ou des composés contenant N et
H en tant qu'atomes constitutifs, tels que des composés
d'azote gazeux ou gazéifiables, des nitrures et des
15 azothydrures comprenant, par exemple, l'azote (N_2),
l'ammoniac (NH_3), l'hydrazine (H_2NNH_2), l'azothydrure
d'hydrogène (HN_3), l'azothydrure d'ammonium (NH_4N_3) et
ainsi de suite. En variante, pour introduire avantageuse-
ment des atomes d'halogène (X) en plus des atomes d'azote
20 (N), on peut également utiliser un halogénure d'azote tel
que le triflorure d'azote (F_3N), un fluorure d'azote
de formule (F_4N_2) et autres.

Les matières de départ pour la formation de la
seconde couche (II) ci-dessus peuvent être choisies et
25 utilisées comme souhaité pour la formation de ladite
seconde couche (II) de manière que des atomes de silicium
et d'autres atomes choisis parmi les atomes de carbone,
d'oxygène, d'azote, d'hydrogène ou d'halogène puissent
être contenus, dans une proportion de composition prédé-
30 terminée, dans la seconde couche (II) à former.

Par exemple, on peut mélanger, dans une propor-
tion prédéterminée, du $Si(CH_3)_4$ en tant que matière
capable d'introduire aisément des atomes de silicium,
des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène et de
35 former une couche ayant des caractéristiques souhaitées,
et du $SiHCl_3$, $SiCl_4$, SiH_2Cl_2 ou SiH_3Cl en tant que

matière pour l'introduction d'atomes d'halogène, et on peut les introduire à l'état gazeux dans un dispositif pour la formation d'une seconde couche (II), après quoi une décharge d'effluves est déclenchée afin qu'une
5 seconde couche (II), comprenant $a-(Si_xC_{1-x})_y(Cl+H)_{1-x}$ puisse être formée.

Pour la formation de la seconde couche (II) par le procédé de pulvérisation, une tranche de Si monocristallin ou polycristallin, une tranche de C, une tranche
10 de SiO_2 ou une tranche de Si_3N_4 , ou une tranche contenant Si et au moins l'un des C, SiO_2 et Si_3N_4 , en mélange, est utilisée comme cible et soumise à une pulvérisation dans une atmosphère constituée de divers gaz contenant,
15 facultativement, des atomes d'halogène et/ou des atomes d'hydrogène en tant que constituants.

Par exemple, lorsqu'une tranche de Si est utilisée comme cible, des gaz de départ pour l'introduction d'au moins l'un des C, O et N, ainsi qu'un gaz de départ pour l'introduction de H et/ou X, qui peuvent être dilués
20 avec un gaz de dilution, si cela est souhaité, sont introduits dans une chambre de déposition pour pulvérisation afin qu'un plasma soit formé de ces gaz, et qu'une pulvérisation de ladite tranche de Si soit effectuée.

En variante, Si et l'un des C, SiO_2 et Si_3N_4 ,
25 sous forme de cibles séparées ou d'une feuille cible constituée d'un mélange de Si et de l'un des C, SiO_2 , Si_3N_4 , peuvent être utilisés et une pulvérisation est effectuée dans une atmosphère gazeuse contenant, facultativement, des atomes d'hydrogène et/ou des atomes d'halogène. Comme gaz de départ pour l'introduction de C, O,
30 N, H et X, on peut utiliser ceux mentionnés pour le procédé à décharge d'effluves tel que décrit ci-dessus, en tant que gaz efficaces également dans le cas d'une pulvérisation.

35 Dans la présente invention, comme gaz de dilution à utiliser pour la formation de la seconde couche (II)

par le procédé à décharge d'effluves ou le procédé de pulvérisation, on peut utiliser les gaz dits rares tels que He, Ne et Ar, comme gaz avantageux.

La seconde couche (II) de la présente invention
5 doit être formée avec soin afin qu'elle puisse acquérir les caractéristiques demandées, exactement comme souhaité. Autrement dit, la matière ci-dessus contenant Si et au moins l'un de C, N et O, ainsi que, facultativement, H et/ou X en tant qu'atomes constitutifs, peut prendre
10 diverses formes allant de la forme cristalline à la forme amorphe et peut présenter des propriétés électriques allant du conducteur à l'isolant en passant par le semi-conducteur, et des propriétés photoconductrices allant de l'état photoconducteur à l'état non photo-
15 conducteur, suivant les conditions de préparation. Par conséquent, dans la présente invention, les conditions de préparation sont choisies de façon stricte, comme souhaité, afin que l'on puisse donner à la matière amorphe devant constituer la seconde couche (II) des
20 caractéristiques souhaitées suivant la fonction prévue. Par exemple, lorsque la seconde couche (II) est destinée principalement à améliorer la rigidité diélectrique, la matière amorphe devant la constituer est préparée sous forme d'une matière amorphe présentant, du point de vue
25 électrique, un comportement isolant marqué dans le milieu d'utilisation.

En variante, lorsque la fonction principale prévue pour la seconde couche (II) est d'améliorer les caractéristiques d'utilisation répétée et continue ou
30 les caractéristiques d'utilisation du milieu ambiant, le degré de la propriété d'isolant électrique, indiquée ci-dessus, peut être atténuée dans une certaine mesure et la matière amorphe peut être préparée de façon à avoir un certain degré de sensibilité à la lumière
35 l'irradiant.

Lors de la formation de la seconde couche (II) 105 sur la surface de la première couche (I) 102, la température du substrat, pendant la formation de la couche, est un facteur important influant sur la structure et sur les caractéristiques de la couche à former, et il est souhaitable, dans la présente invention, de maîtriser étroitement la température du substrat, pendant la formation de la couche, afin que la seconde couche (II) ayant des caractéristiques prévues puisse être préparée comme souhaité.

En ce qui concerne la température du substrat utilisée pendant la formation de la seconde couche (II) pour atteindre efficacement les objectifs de la présente invention, on peut choisir convenablement la plage de températures optimale en conformité avec le procédé de formation de la seconde couche (II) mis en oeuvre pour réaliser cette seconde couche (II), cette plage de températures étant avantageusement comprise entre 20 et 400°C, plus avantageusement entre 50 et 350°C et de préférence entre 100 et 300°C. Pour la formation de la seconde couche (II), le procédé à décharge d'effluves ou le procédé de pulvérisation peut être avantageusement adopté, car il permet de maîtriser étroitement le rapport de la composition des atomes constituant la couche ou de maîtriser l'épaisseur de la couche, d'une façon relativement aisée par rapport à d'autres procédés. Dans le cas où la seconde couche (II) doit être formée par ces procédés, la puissance de décharge, pendant la formation de la couche, constitue l'un des facteurs importants influant sur les caractéristiques de la matière amorphe précitée à préparer, de même que la température du substrat indiquée précédemment.

La puissance de décharge utilisée pour préparer efficacement la matière amorphe ayant des caractéristiques permettant d'atteindre les objectifs de la présente invention, avec une bonne productivité, peut être avantageusement comprise entre 10 et 300 W, plus avantageusement entre 20 et 250 W et de préférence entre 50 et 200 W.

La pression gazeuse dans une chambre de
déposition peut avantageusement être comprise entre 1,33
et 133 Pa et plus avantageusement entre 13,3 et 66,6 Pa.

Dans la présente invention, les plages de
5 valeurs numériques indiquées ci-dessus peuvent être
mentionnées en tant que plages avantageuses pour la
température du substrat et la puissance de décharge pour
la préparation de la seconde couche (II). Cependant, ces
facteurs entrant dans la formation de la couche ne doivent
10 pas être déterminés séparément et indépendamment l'un de
l'autre, mais il est souhaitable que les valeurs optimales
des facteurs respectifs entrant dans la formation de la
couche soient déterminées sur la base de relations orga-
niques mutuelles afin que la seconde couche (II) aux
15 caractéristiques souhaitées puisse être formée.

Les teneurs respectives en atomes de carbone,
en atomes d'oxygène et en atomes d'azote de la seconde
couche (II) de l'élément photoconducteur selon l'invention
sont des facteurs importants pour obtenir les caractéris-
20 tiques souhaitées permettant d'atteindre les objectifs de
la présente invention, au même titre que les conditions
de préparation de la seconde couche (II). Les teneurs
respectives en atomes de carbone, en atomes d'oxygène
et en atomes d'azote contenus dans la seconde couche (II)
25 de la présente invention sont déterminées comme souhaité
suivant la matière amorphe constituant la seconde couche
(II) et ses caractéristiques.

Plus particulièrement, la matière amorphe
représentée par la formule ci-dessus $a-(Si_xC_{1-x})_y(H,X)_{1-y}$
30 peut être considérée, d'une façon générale, comme une matière
amorphe constituée d'atomes de silicium et d'atomes
de carbone (désignée ci-après " $a-Si_aC_{1-a}$ ", où $0 < a < 1$),
comme une matière amorphe constituée d'atomes de silicium,
d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène, désignée
35 ci-après $a-(Si_cC_{1-b})_cH_{1-c}$, où $0 < b, c < 1$) et comme une
matière amorphe constituée d'atomes silicium, d'atomes de
carbone, d'atomes d'halogène et, facultativement, d'atomes

d'hydrogène (désignée ci-après " $a-(Si_dC_{1-d})_e(H,X)_{1-e}$ " où $0 < d, e < 1$).

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-Si_aC_{1-a}$, la teneur
 5 en atomes de carbone de cette seconde couche (II) peut être généralement comprise entre 1×10^{-3} et 90 %, plus avantageusement entre 1 et 80 % et de préférence entre 10 et 75 %, ce qui, en utilisant la lettre a de la formule $a-Si_aC_{1-a}$ ci-dessus, donne a avantageusement compris
 10 entre 0,1 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,2 et 0,99, de préférence entre 0,25 et 0,9.

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(Si_bC_{1-b})_cH_{1-c}$, la teneur des atomes de carbone de cette seconde couche (II)
 15 peut être avantageusement comprise entre 1×10^{-3} et 90 %, plus avantageusement entre 1 et 90 % et de préférence entre 10 et 80 % ; la teneur en atomes d'hydrogène peut avantageusement être comprise entre 1 et 40 %, plus avantageusement entre 2 et 35 % et de préférence entre
 20 5 et 30 % ; et l'élément photoconducteur formé lorsque la teneur en hydrogène est comprise dans ces plages s'avère d'un comportement excellent, en pratique.

Autrement dit, en utilisant les termes de la représentation $a-(Si_bC_{1-b})_cH_{1-c}$, ci-dessus, b doit
 25 avantageusement être compris entre 0,1 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,1 et 0,99, et de préférence entre 0,2 et 0,9, et c doit avantageusement être compris entre 0,6 et 0,99, plus avantageusement entre 0,65 et 0,98 et de préférence entre 0,7 et 0,95.

Lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(Si_dC_{1-d})_e(H,X)_{1-e}$, la teneur en atomes
 30 de carbone de cette seconde couche (II) peut avantageusement être comprise entre 1×10^{-3} et 90 %, plus avantageusement entre 1 et 90 % et de préférence entre 10 et 85 % ; la teneur en atomes d'halogène peut avantageusement être
 35 comprise entre 1 et 20 %, plus avantageusement entre 1 et 18 % et de préférence entre 2 et 15 %. Lorsque la teneur en

atomes d'halogène est comprise dans ces plages, l'élément photoconducteur préparé s'avère suffisamment intéressant en pratique. La teneur en atomes d'hydrogène contenus facultativement peut être avantageusement de 19 % ou moins
5 et plus avantageusement de 13 % ou moins.

Autrement dit, en utilisant les termes \underline{d} et \underline{e} de la représentation ci-dessus $a-(\text{Si}_c\text{C}_{1-d})_e(\text{H},\text{X})_{1-e}$, \underline{d} doit avantageusement être compris entre 0,1 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,1 et 0,99 et de préférence
10 entre 0,15 et 0,9, \underline{e} doit avantageusement être compris entre 0,8 et 0,99, plus avantageusement entre 0,82 et 0,99 et de préférence entre 0,85 et 0,98.

Par ailleurs, la matière amorphe représentée par la formule ci-dessus $a-(\text{Si}_x\text{O}_{1-x})_y(\text{H},\text{X})_{1-y}$ peut être
15 classée, d'une façon générale, en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium et d'atomes de d'oxygène (désignée ci-après " $a\text{-Si}_a\text{O}_{1-a}$ ", où $0 < a < 1$) en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium, d'atomes d'oxygène et d'atomes d'hydrogène
20 (désignée ci-après $a-(\text{Si}_b\text{O}_{1-b})_c\text{H}_{1-c}$, où $0 < b, c < 1$) et en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium, d'atomes d'oxygène, d'atomes d'halogène et, facultativement, d'atomes d'hydrogène (désignée ci-après
25 " $a-(\text{Si}_d\text{O}_{1-d})_e(\text{H},\text{X})_{1-e}$ " où $0 < d, e < 1$).

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a\text{-Si}_a\text{O}_{1-a}$, la teneur en atomes d'oxygène de cette seconde couche (II) peut être avantageusement comprise entre 0,33 et 0,99999, plus
30 avantageusement entre 0,5 et 0,99 et de préférence entre 0,6 et 0,9, en ce qui concerne \underline{a} dans la formule ci-dessus $a\text{-Si}_a\text{O}_{1-a}$.

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(\text{Si}_b\text{O}_{1-b})_c\text{H}_{1-c}$, la teneur en atomes d'oxygène peut être avantageusement telle
35 que \underline{b} , dans la formule ci-dessus $a-(\text{Si}_b\text{O}_{1-b})_c\text{H}_{1-c}$, puisse être avantageusement compris entre 0,33 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,5 et 0,9 et de préférence entre 0,6 et 0,9, et que \underline{c} puisse être compris avantageusement

entre 0,6 et 0,99, plus avantageusement entre 0,65 et 0,98 et de préférence entre 0,7 et 0,95.

Lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(\text{Si}_d\text{O}_{1-d})_e(\text{H},\text{X})_{1-e}$, la teneur des atomes d'oxygène peut être avantageusement telle que \underline{d} , dans la formule ci-dessus $a-(\text{Si}_d\text{O}_{1-d})_e(\text{H},\text{X})_{1-e}$ puisse être compris avantageusement entre 0,33 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,5 et 0,99 et de préférence entre 0,6 et 0,9, et que \underline{e} puisse être compris avantageusement entre 0,8 et 0,99, plus avantageusement entre 0,82 et 0,99 et de préférence entre 0,85 et 0,98.

De plus, la matière amorphe représentée par la formule ci-dessus $a-(\text{Si}_x\text{N}_{1-x})_y(\text{H},\text{X})_{1-y}$ peut être classée, d'une façon générale, en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium et d'atomes d'azote (désignée ci-après " $a\text{-Si}_a\text{N}_{1-a}$ ", où $0 < a < 1$), en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium, d'atomes d'azote et d'atomes d'hydrogène (désignée ci-après $a-(\text{Si}_b\text{N}_{1-b})_c\text{H}_{1-c}$, où $0 < b, c < 1$) et en tant que matière amorphe constituée d'atomes de silicium, d'atomes d'azote, d'atomes d'halogène et, facultativement, d'atomes d'hydrogène (désignée ci-après " $a-(\text{Si}_c\text{N}_{1-d})_e(\text{H},\text{X})_{1-e}$ ", où $0 < d, e < 1$).

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a\text{-Si}_a\text{N}_{1-a}$, la teneur en atomes d'azote de cette seconde couche (II) peut être comprise avantageusement entre 1×10^{-3} et 60 %, plus avantageusement entre 1 et 50 % et de préférence entre 10 et 45 %, à savoir, en utilisant la représentation par \underline{a} dans la formule ci-dessus $a\text{-Si}_a\text{N}_{1-a}$, \underline{a} étant compris avantageusement entre 0,4 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,5 et 0,99 et de préférence entre 0,55 et 0,9.

Dans la présente invention, lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(\text{Si}_b\text{N}_{1-b})_c\text{H}_{1-c}$, la teneur en atomes d'azote peut être comprise avantageusement entre 1×10^{-3} et 55 %, plus avantageusement entre 1 à 55 % et de préférence entre 10 et 55 % ; la teneur en

atomes d'hydrogène peut être comprise avantageusement entre 1 et 40 %, plus avantageusement entre 2 et 35 % et de préférence entre 5 et 30 %; et l'élément photoconducteur formé, lorsque la teneur en hydrogène est comprise dans ces plages, est d'une qualité suffisante pour être d'une excellente application en pratique.

Autrement dit, en utilisant les termes de la représentation par la formule ci-dessus $a-(Si_bN_{1-b})_cH_{1-c}$, b doit être compris avantageusement entre 0,45 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,45 et 0,99 et de préférence entre 0,45 et 0,9, et c doit être compris avantageusement entre 0,6 et 0,99, plus avantageusement entre 0,65 et 0,98 et de préférence entre 0,7 et 0,95.

Lorsque la seconde couche (II) doit être constituée de $a-(Si_dN_{1-d})_e(H,X)_{1-e}$, la teneur en atomes d'azote peut être comprise avantageusement entre 1×10^{-3} et 60 %, plus avantageusement entre 1 et 60 % et de préférence entre 10 à 55 %; la teneur en atomes d'halogène peut être comprise avantageusement entre 1 et 20 %, plus avantageusement entre 1 et 18 % et de préférence entre 2 et 15 %. Lorsque la teneur en atomes d'halogène est comprise dans ces plages, l'élément photoconducteur préparé est d'une qualité suffisante pour être appliqué en pratique. La teneur en atomes d'hydrogène contenus facultativement peut être avantageusement de 19 % ou moins, et de préférence de 13 % ou moins.

Autrement dit, en utilisant les termes d et e de la représentation par la formule ci-dessus $a-(Si_dN_{1-d})_e(H,X)_{1-e}$, d doit être compris avantageusement entre 0,4 et 0,99999, plus avantageusement entre 0,4 et 0,99 et de préférence entre 0,45 et 0,9, et e doit être compris avantageusement entre 0,8 et 0,99, plus avantageusement entre 0,82 et 0,99 et de préférence entre 0,85 et 0,98.

La plage des valeurs numériques de l'épaisseur de la seconde couche (II) doit avantageusement être déterminée suivant la fonction prévue pour atteindre efficacement les objectifs de la présente invention.

L'épaisseur de la seconde couche (II) doit également être déterminée comme souhaité et convenablement en tenant compte des relations avec les teneurs en atomes de carbone, en atomes d'oxygène et/ou en atomes d'azote, de la relation avec l'épaisseur de la première couche (I) ainsi que de la relation organique avec les caractéristiques demandées pour les régions respectives de la couche.

De plus, il est également souhaitable de prendre en considération, du point de vue économique, des critères tels que la productivité ou les possibilités de production en grande série.

Il est souhaitable que la seconde couche (II) de la présente invention ait une épaisseur avantageusement comprise entre 0,003 et 30 μm , plus avantageusement entre 0,004 et 20 μm et de préférence entre 0,005 et 10 μm .

Un exemple du procédé de production de l'élément photoconducteur selon l'invention sera à présent brièvement décrit.

La figure 26 représente un exemple d'un dispositif d'un élément photoconducteur.

Des bouteilles ou bombes de gaz 202 à 206 contiennent hermétiquement des gaz de départ pour la formation de l'élément photosensible selon l'invention. Par exemple, la bouteille 202 contient du SiH_4 gazeux dilué avec He (pureté : 99,999 %, désigné ci-après par la forme abrégée SiH_4/He) ; la bouteille 203 contient du GeH_4 gazeux dilué avec He (pureté : 99,999 %, désigné ci-après par la forme abrégée GeH_4/He) ; la bouteille 204 contient du SiH_4 gazeux dilué avec He (pureté : 99,999 %, désigné brièvement ci-après SiF_4/He) ; la bouteille 205 contient du B_2H_6 gazeux dilué avec He (pureté : 99,999 %, désigné ci-après d'une façon abrégée $\text{B}_2\text{H}_6/\text{He}$) et la bouteille 206 contient du H_2 gazeux (pureté : 99,999 %).

Pour permettre à ces gaz de pénétrer dans une chambre 201 de réaction, après confirmation de la fermeture des robinets ou valves 222 à 226 des bouteilles de gaz 202 à 206 et du robinet de fuite 235, et confirmation de l'ouverture des robinets d'entrée 212 à 216, des robinets

de sortie 217 à 221 et des robinets auxiliaires 232 et 233, on ouvre d'abord le robinet principal 234 afin de faire le vide dans la chambre 201 de réaction et dans les conduites de gaz. Lors de l'étape suivante, lorsque l'indicateur de vide 236 affiche $666,6 \cdot 10^{-6}$ Pa, on ferme les valves auxiliaires 232, 233 et les valves de sortie 217 à 221.

En se référant à présent à un exemple de formation d'une couche de réception de la lumière sur un substrat cylindrique 237, on permet à du SiH_4/He gazeux provenant de la bouteille de gaz 202 et à du GeH_4/He gazeux provenant de la bouteille 203 de pénétrer dans des régulateurs 207, 208 de débit d'écoulement massique, respectivement, en ouvrant les robinets 222 et 223 et en réglant à 100 kPa les pressions affichées par des manomètres de sortie 227 et 228, et en ouvrant progressivement les robinets d'entrée 212 et 213, respectivement. Puis on ouvre progressivement les robinets de sortie 217 et 218 et le robinet auxiliaire 232 pour permettre aux gaz respectifs de pénétrer dans la chambre 201 de réaction. On règle les robinets de sortie 217 et 218 de façon que le rapport du débit d'écoulement du SiH_4/He et du GeH_4/He puisse prendre une valeur souhaitée et on règle également l'ouverture du robinet principal 234 tout en surveillant la valeur affichée par l'indicateur de vide 236 afin que la pression régnant dans la chambre de réaction puisse atteindre une valeur souhaitée. Après confirmation que la température du substrat 237 s'est établie à une valeur comprise entre 50 et 400°C, à l'aide d'un dispositif chauffant 238, on règle la source 240 d'alimentation en énergie à une puissance souhaitée afin de déclencher une décharge d'effluves dans la chambre 201 de réaction, de façon à former une première région (G) 103 de la couche sur le substrat 237. Lorsque la première région (G) 103 est formée à une épaisseur souhaitée, en suivant les mêmes conditions et le même processus, sauf que l'on ferme complètement le robinet 218 de sortie, que l'on fait passer du $\text{B}_2\text{H}_6/\text{He}$ gazeux de la bouteille 205 dans la

chambre 201 de réaction, par les mêmes manoeuvres de robinets que celles effectuées dans le cas du SiH_4/He gazeux précité, que l'on règle le régulateur 210 de débit d'écoulement massique conformément à une courbe
5 de dopage souhaitée et que l'on modifie les conditions de décharge, si cela est souhaité, on maintient une décharge d'effluves pendant une période de temps souhaitée afin que la seconde région (S) 104 de la couche, ne contenant pratiquement pas d'atomes de germanium, puisse
10 être formée sur la première région (G) 103.

Ainsi, une première couche (I) 102 constituée de la première région (G) 103 et de la seconde région (S) 104 est formée sur le substrat 237.

La formation d'une seconde couche (II) 105 sur
15 la première couche (I) 102 peut être effectuée à l'aide, par exemple, de SiH_4 gazeux et d'au moins l'un des C_2H_4 , NO et NH_3 gazeux dilués, facultativement avec un gaz de dilution tel que He , par les mêmes manoeuvres de robinets que pour la formation de la première couche (I) 102, et
20 par déclenchement d'une décharge d'effluves en suivant les conditions souhaitables.

Pour l'introduction d'atomes d'halogène dans la seconde couche (II) 105, du SiF_4 gazeux, par exemple, et l'un des C_2H_4 , NO et NH_3 gazeux, ou un mélange gazeux
25 auquel est en outre ajouté du SiH_4 gazeux, peuvent être utilisés pour former la seconde couche (II) par le même procédé que celui décrit ci-dessus.

Pendant la formation des couches respectives, les robinets de sortie, autres que ceux associés aux gaz
30 nécessaires, doivent évidemment être fermés. De plus, pendant la formation des couches respectives, pour éviter que le gaz utilisé pour la formation de la couche précédente reste dans la chambre 201 de réaction et dans les conduites de gaz entre les robinets 217 et 221 de
35 sortie et la chambre 201 de réaction, on procède, si cela est nécessaire, à l'établissement d'un vide poussé dans l'appareil en fermant les robinets de sortie 217 à 221, en

ouvrant les robinets auxiliaires 232 et 233 et en ouvrant complètement le robinet principal 234.

Chacune des quantités d'atomes de carbone, d'oxygène et d'azote contenues dans la seconde couche (II) 5 105 peut être réglée comme souhaité, par exemple, dans le cas d'une décharge d'effluves, en modifiant le rapport de débit d'écoulement du SiH_4 gazeux et du gaz tel que C_2H_4 , NO ou NH_3 à introduire dans la chambre 201 de réaction, comme souhaité ou, dans le cas de la formation d'une 10 couche par pulvérisation, en modifiant le rapport de la surface de pulvérisation de la tranche de silicium à la surface de pulvérisation d'une tranche choisie parmi une tranche de graphite, une tranche de SiO_2 et une tranche de Si_3N_4 , ou bien en moulant une cible à l'aide d'un mélange 15 de silicium en poudre et d'une poudre choisie parmi les poudres de graphite, de SiO_2 et de Si_3N_4 . La teneur en atomes d'halogène (X) contenus dans la seconde couche (II) peut être déterminée par un réglage du débit d'écoulement du gaz de départ pour l'introduction d'atomes d'halogène 20 tels que le SiF_4 gazeux, lorsqu'il est introduit dans la chambre de réaction.

De plus, pour uniformiser la formation des couches, il est souhaitable de faire tourner le substrat 237 au moyen d'un moteur 239, à une vitesse constante 25 pendant la formation des couches.

L'invention sera décrite plus en détail en référence aux exemples suivants.

Exemple 1

A l'aide de l'appareil montré sur la figure 26, 30 on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IIA) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IA.

Pendant la formation de la région (S) de la 35 couche, en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient,

pour les échantillons respectifs, les profils de profondeur tels que montré sur la figure 27.

T A B L E A U I I A

| 5 | Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----|----------------------|--|
| | 1 - 1A | 2601 |
| | 1 - 2A | 2602 |
| | 1 - 3A | 2603 |
| | 1 - 4A | 2604 |
| 10 | 1 - 5A | 2605 |
| | 1 - 6A | 2606 |

On place chacun des échantillons ainsi obtenus dans un appareil d'essai de charges et d'exposition et on le soumet à une charge d'effluves à + 5,0 kV pendant
 15 0,3 s, suivie immédiatement d'une irradiation par une image lumineuse. Cette dernière est irradiée au moyen d'une source de lumière constituée d'une lampe à filament de tungstène, à une dose de 2 lux.s, à travers une lumière d'essai du type transparent.

20 Immédiatement après, un révélateur pouvant être chargé négativement (contenant un "toner" ou poudre pigmentaire et un support) est appliqué en cascade sur la surface de la couche de réception de la lumière et on obtient une bonne image révélée sur la surface de cette
 25 couche. Lorsque l'image révélée sur la surface de la couche de réception de la lumière est transférée sur un papier à report par charge d'effluves à + 5,0 kV, on obtient, sur chaque échantillon, une image claire, de densité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne
 30 reproductibilité de gradation.

On répète les mêmes essais dans les mêmes conditions de formation d'images révélées que celles indiquées ci-dessus, sauf que l'on utilise un laser à semi-conducteur du type GaAs (puissance de 10 mW) de 810 nm, à
 35 la place de la lampe à filament de tungstène comme source

de lumière, et on procède à une estimation de la qualité de l'image sur chaque échantillon. On peut obtenir, comme résultat, sur chaque échantillon, une image de qualité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

Exemple 2

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IVA) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IIIA.

Pendant la formation des régions (G) et (S) de la couche, en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient, sur les échantillons respectifs, les profils de profondeur tels que montrés sur la figure 28.

Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'évaluation d'image que celui effectué dans l'exemple 1 et l'on obtient ainsi une image reportée et révélée de qualité élevée, sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on procède à un essai d'utilisation répétée 200 000 fois, dans un milieu à $38^\circ C$ et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

T A B L E A U I V A

| Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----------------------|--|
| 30 | 2 - 1A |
| | 2 - 2A |
| | 2 - 3A |
| | 2 - 4A |
| | 2 - 5A |
| 35 | 2 - 6A |

Exemple 3

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (échantillons N° 31-1A à N° 37-12A, voir tableau VIA) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau VA.

Les profils de profondeur des atomes de germanium des échantillons respectifs sont indiqués sur la figure 29 et les profils de profondeur des atomes d'impureté sont indiqués sur les figures 27 et 28.

Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation de l'image que celui de l'exemple 1 et le résultat de cet essai est une image révélée transférée de qualité élevée sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on procède à un essai d'utilisation répété 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité sur aucun échantillon.

Exemple 4

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IIB) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IB).

Pendant la formation de la seconde région (S), en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient, sur les échantillons respectifs, les profils de profondeur montrés sur la figure 27.

T A B L E A U I I B

| Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----------------------|--|
| 35 1 - 1B | 2601 |
| 1 - 2B | 2602 |
| 1 - 3B | 2603 |

T A B L E A U I I B (suite)

| Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----------------------|--|
| 1 - 4B | 2604 |
| 5 1 - 5B | 2605 |
| 1 - 6B | 2606 |

Chacun des échantillons ainsi obtenus est placé dans un dispositif d'essai de charges et d'exposition et il est soumis à une charge d'effluves à + 5,0 kV pendant 0,3 s, suivie immédiatement d'une exposition à une image lumineuse. L'image lumineuse est projetée au moyen d'une source de lumière à lampe à filament de tungstène, à une dose de 2 lux.s, à travers une lumière d'essai du type transparent.

Immédiatement après, un révélateur pouvant être chargé négativement (contenant une poudre pigmentaire ou "toner" et un support) est appliqué en cascade sur la surface de la couche de réception de la lumière et on obtient ainsi une bonne image révélée sur la surface de cette couche. Lorsque l'image révélée est transférée sur un papier à report par une charge d'effluves à + 5,0 kV, on obtient, sur chaque échantillon, une image claire, de densité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

On répète les mêmes essais, dans les mêmes conditions de formation d'image révélée que celles décrites ci-dessus, sauf que l'on utilise un laser à semi-conducteur du type GaAs (10 mW) de 810 nm à la place de la lampe à filament de tungstène, comme source de lumière, et on procède à une estimation de la qualité de l'image sur chaque échantillon. Le résultat obtenu, est, sur chaque échantillon, une image de qualité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

Exemple 5

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IVB) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IIIB.

Pendant la formation de la première région (G) ou de la seconde région (S) de la couche, en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient, pour les échantillons respectifs, les profils de profondeur montrés sur la figure 28.

Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation de l'image que celui de l'exemple 4 et l'on obtient une image révélée transférée de qualité élevée, sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on procède à un essai d'utilisation répété 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

T A B L E A U I V B

| 25 | Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----|----------------------|--|
| | 2 - 1B | 2701 |
| | 2 - 2B | 2702 |
| | 2 - 3B | 2703 |
| | 2 - 4B | 2704 |
| 30 | 2 - 5B | 2705 |
| | 2 - 6B | 2706 |

Exemple 6

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (échantillons N° 31-1B à N° 37-12B, voir tableau VIB), sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau VB.

Les profils de profondeur des atomes de germanium des échantillons respectifs sont indiqués sur la figure 29 et les profils de profondeur des atomes d'impureté sont indiqués sur les figures 27 et 28.

5 Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation d'image que dans l'exemple 4 et l'on obtient ainsi une image révélée transférée de qualité élevée sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on effectue un essai d'utilisation répété
10 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité d'image sur aucun échantillon.

Exemple 7

Dans les mêmes conditions et par le même
15 procédé que pour les échantillons N° 1-1B, 1-2B et 1-3B de l'exemple 4, sauf que l'on modifie les conditions de préparation de la seconde couche (II) 105 conformément aux conditions respectives montrées sur la figure 7B, on prépare des éléments de formation d'image pour
20 électrophotographie, comme indiqué dans le tableau VIIIB (24 échantillons N° 1-1-1B à 1-1-8B, 2-1-1B à 2-1-8B, 3-1-1B à 3-1-8B.

Les éléments respectifs de formation d'image pour électrophotographie ainsi préparés sont placés
25 individuellement sur un dispositif de copie et, pour les éléments de formation d'image respectifs pour électrophotographie, correspondant aux exemples respectifs, dans les mêmes conditions que celles indiquées dans ces exemples respectifs, on procède à une estimation de la qualité
30 globale de l'image reportée et à une estimation de la longévité lors d'utilisations répétées continues.

Les résultats de l'estimation de la qualité globale de l'image et de l'estimation de la longévité en utilisation continue répétée, obtenus sur les échantillons
35 respectifs, sont indiqués dans le tableau VIIIB.

Exemple 8

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que pour l'échantillon N° 2-1B de l'exemple 5, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur d'atomes de carbone dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport de la surface de cible de la tranche de silicium à la surface de cible de la tranche de graphite pendant la formation de la seconde couche (II). Pour chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, on répète environ 50 000 fois les opérations de formation d'image, de développement et de nettoyage, telles que décrites dans l'exemple 4, puis on procède à des estimations de l'image pour lesquelles on maintient les résultats indiqués dans le tableau IXB.

Exemple 9

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que celui utilisé pour l'échantillon N° 2-1B de l'exemple 5, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes de carbone dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport du débit d'écoulement du SiH_4 gazeux au débit d'écoulement du C_2H_4 gazeux pendant la formation de la seconde couche (II). Sur chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, les opérations allant jusqu'au report sont répétées environ 50 000 fois, conformément aux procédés tels que décrits dans l'exemple 4, puis on procède à des estimations de l'image qui donnent les résultats indiqués dans le tableau XB.

Exemple 10

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que celui utilisé pour l'échantillon N° 31-1B de l'exemple 6, sauf que l'on fait varier le rapport des atomes de silicium à la teneur des atomes de carbone dans la seconde couche (II) en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du SiH_4 gazeux, du SiF_4 gazeux et du C_2H_4 gazeux pendant la formation de la seconde

couche (II). Sur chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, on répète environ 50 000 fois les opérations de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites dans l'exemple 4, puis on procède à des évaluations de l'image qui donnent les résultats indiqués dans le tableau XIB.

Exemple 11

On prépare des éléments de formation d'image respectifs de la même manière que pour l'échantillon N° 31-1B de l'exemple 6, sauf que l'on modifie l'épaisseur de la seconde couche (II), et l'on répète les étapes de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites dans l'exemple 4 pour obtenir les résultats indiqués dans le tableau XIIB.

Exemple 12

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IIC) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IC.

Pendant la formation de la seconde région (S), en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient les profils de profondeur tels que montrés sur les figures 27 sur les échantillons respectifs.

T A B L E A U I I C

| Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté | |
|----------------------|--|------|
| 30 | 1 - 1C | 2601 |
| | 1 - 2C | 2602 |
| | 1 - 3C | 2603 |
| | 1 - 4C | 2604 |
| | 1 - 5C | 2605 |
| 35 | 1 - 6C | 2606 |

Chacun des échantillon ainsi obtenus est placé dans un dispositif d'essai de charge et d'exposition et il est soumis à une charge d'effluves à + 5,0 kV pendant 0,3 s, suivie immédiatement d'une exposition à une image lumineuse. Cette image est projetée au moyen d'une source de lumière à lampe à filament de tungstène, à une dose de 2 lux.s, à travers une lumière d'essai du type transparent.

Immédiatement après, un révélateur pouvant être chargé négativement (contenant un "toner" ou poudre pigmentaire et un support) est appliqué en cascade sur la surface de la couche de réception de lumière et l'on obtient ainsi, sur la surface de cette couche, une bonne image révélée. Lorsque l'image révélée sur la couche de réception de la lumière est transférée sur un papier à report par une charge d'effluves à + 5,0 kV, on obtient, sur chaque échantillon, une image claire, de densité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

On répète les mêmes essais dans les mêmes conditions de formation d'images révélées que celles indiquées ci-dessus, sauf que l'on utilise un laser à semi-conducteur du type GaAs (10 mW) de 810 nm, à la place de la lampe à filament de tungstène, comme source de lumière et l'on procède à une estimation de la qualité de l'image sur chaque échantillon. On peut obtenir comme résultat une image de qualité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation, sur chacun des échantillons.

Exemple 13

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'élément de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IVC) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau IIIC.

Pendant la formation de la première région (G) et de la seconde région (S) de la couche, en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux

et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient les profils de profondeur tels que montrés sur la figures 28 pour les échantillons respectifs.

5 Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation d'image que dans l'exemple 12 et l'on obtient une image révélée et reportée de qualité élevée, sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on procède à un essai d'utilisation répété
10 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

T A B L E A U I V C

| 15 | Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----|----------------------|--|
| | 2 - 1C | 2701 |
| | 2 - 2C | 2702 |
| | 2 - 3C | 2703 |
| | 2 - 4C | 2704 |
| 20 | 2 - 5C | 2705 |
| | 2 - 6C | 2706 |

Exemple 14

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de
25 formation d'image pour électrophotographie (échantillons N° 31-1C à N° 37-12C, voir tableau VIC) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées dans le tableau VC.

30 Les profils de profondeur des atomes de germanium sur les échantillons respectifs sont indiqués sur la figure 29 et les profils de profondeur des atomes d'impureté sont indiqués sur les figures 27 et 28.

Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation d'image que dans l'exemple 12 et on
35 obtient une image révélée transférée de qualité élevée, sur chaque échantillon. De plus, on effectue, sur chaque

échantillon, un essai d'utilisation répété 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

5 Exemple 15

Dans les mêmes conditions et par le même procédé que ceux utilisés pour les échantillons N° 1-1C, 1-2C et 1-3C de l'exemple 12, sauf que l'on modifie les conditions de préparation de la seconde couche (II) pour obtenir les conditions respectives montrées sur le tableau VIIC, on prépare des éléments de formation d'image pour électrophotographie (24 échantillons N° 1-1-1C à 1-1-8C, 1-2-1C à 1-2-8C, 1-3-1C à 1-3-8C).

Les éléments respectifs de formation d'image pour électrophotographie ainsi préparés sont placés individuellement sur un dispositif de copie, et on effectue une charge d'effluves à - 5 kV pendant 0,2 s, suivie immédiatement d'une exposition à une image lumineuse. Comme source de lumière, on utilise une lampe à filament de tungstène, à une dose de 1,0 lux.s. L'image latente est développée à l'aide d'un révélateur pouvant être chargé positivement (contenant une poudre pigmentaire ou "toner" et un support) et elle est reportée sur un papier uni. L'image reportée est très bonne. La poudre pigmentaire restant sur l'élément de formation d'image pour électrophotographie, qui n'a pas été transférée, est éliminée par nettoyage à l'aide d'une lame en caoutchouc. Après répétition de cette opération 100 000 fois ou plus, on n'observe aucune détérioration de l'image, en aucun cas.

Les résultats de l'estimation globale de la qualité de l'image et de l'estimation de la longévité lors d'utilisations répétées continues des échantillons respectifs sont montrés sur le tableau VIIIC.

Exemple 16

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que pour l'échantillon N° 1-1C de l'exemple 12, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes d'oxygène dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport de Ar à NO dans le mélange gazeux et le rapport de la surface de cible de la tranche de silicium à la surface de SiO₂ pendant la formation de la seconde couche (II). Pour chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, on répète environ 50 000 fois les opérations de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites dans l'exemple 12 et on procède ensuite à des estimations d'image qui donnent les résultats indiqués dans le tableau IXC.

Exemple 17

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que pour l'échantillon N° 1-2C de l'exemple 12, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes d'oxygène dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport d'écoulement du SiH₄ gazeux au NO gazeux pendant la formation de la seconde couche (II). Pour chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenu, on répète environ 50 000 fois les étapes allant jusqu'au report, conformément aux procédés tels que décrits dans l'exemple 12, puis on procède à des estimations de l'image qui donnent les résultats montrés au tableau XC.

Exemple 18

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que dans l'exemple 12, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes d'oxygène dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport des débits d'écoulement du SiH₄ gazeux, du SiF₄ gazeux et du NO gazeux pendant la formation de la seconde couche (II). Pour chacun

des éléments de formation d'image ainsi obtenu, on répète environ 50 000 fois les étapes de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites pour l'échantillon N° 1-3C de l'exemple 12, puis on procède à des estimations d'image qui donnent les résultats indiqués dans le tableau XIC.

Exemple 19

On prépare des éléments respectifs de formation d'image de la même manière que pour l'échantillon N° 1-4C de l'exemple 12, sauf que l'on modifie l'épaisseur de la seconde couche (II), et l'on répète les étapes de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites dans l'exemple 12, ce qui donne les résultats indiqués au tableau XIIC.

Exemple 20

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IID) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées au tableau ID.

Pendant la formation de la région (S) de la couche, en faisant varier le rapport des débits d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux conformément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient, sur les échantillons respectifs, les profils de profondeur montrés sur la figure 27.

T A B L E A U I I D

| Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté | |
|----------------------|--|------|
| 30 | 1 - 1D | 2601 |
| | 1 - 2D | 2602 |
| | 1 - 3D | 2603 |
| | 1 - 4D | 2604 |
| | 1 - 5D | 2605 |
| 35 | 1 - 6D | 2606 |

On place chacun des échantillons ainsi obtenus dans un dispositif d'essai de charge et d'exposition et on le soumet à une charge d'effluves à + 5,0 kV pendant 0,3 s, suivie immédiatement d'une exposition à une image lumineuse. Cette image est projetée au moyen d'une source de lumière à lampe à filament de tungstène, à une dose de 2 lux.s, à travers une lumière d'essai du type transparent.

Immédiatement après, un révélateur pouvant être chargé négativement (contenant une poudre pigmentaire et un support) est appliqué en cascade sur la surface de la couche de réception de la lumière et l'on obtient une bonne image révélée sur la surface de cette couche. Lorsque l'image révélée est transférée sur du papier à report par une charge d'effluves à + 5,0 kV, on obtient, sur chaque échantillon, une image claire, de densité élevée, d'une excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

On répète les mêmes essais, dans les mêmes conditions de formation d'image révélée que celles décrites précédemment, sauf que l'on utilise un laser à semi-conducteur du type GaAs (10 mW) de 810 nm à la place de la lampe à filament de tungstène, comme source de lumière, et on procède à une estimation de la qualité de l'image sur chaque échantillon. On peut obtenir comme résultat, sur chaque échantillon, une image de haute qualité, d'excellente résolution et d'une bonne reproductibilité de gradation.

Exemple 21

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de formation d'image pour électrophotographie (voir tableau IVD) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées au tableau IIID.

Pendant la formation de la région (G) et de la région (S) de la couche, en faisant varier le rapport de débit d'écoulement du B_2H_6 gazeux et du PH_3 gazeux, confor-

mément aux courbes de rythme de variation conçues précédemment, on obtient les profils de profondeur tels que montrés sur la figure 28 pour les échantillons respectifs.

5 Pour chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation d'image que dans l'exemple 20 et l'on obtient ainsi une image révélée reportée de haute qualité sur chaque échantillon. De plus, pour chaque échantillon, on procède à un essai d'utilisation
10 répété 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

T A B L E A U I V D

| 15 | Numéro d'échantillon | Profil de profondeur des atomes d'impureté |
|----|----------------------|--|
| | 2 - 1D | 2701 |
| | 2 - 2D | 2702 |
| | 2 - 3D | 2703 |
| | 2 - 4D | 2704 |
| 20 | 2 - 5D | 2705 |
| | 2 - 6D | 2706 |

Exemple 22

A l'aide du dispositif montré sur la figure 26, on prépare des échantillons respectifs d'éléments de
25 formation d'image pour électrophotographie (échantillons N° 31-1D à N° 37-12D ; voir tableau VID) sur des substrats cylindriques en aluminium, dans les conditions indiquées au tableau VD.

30 Les profils de profondeur des atomes de germanium des échantillons respectifs sont indiqués à la figure 29 et les profils de profondeur des atomes d'impureté sont indiqués aux figures 27 et 28.

35 Sur chacun de ces échantillons, on procède au même essai d'estimation d'image que dans l'exemple 20 et l'on obtient ainsi une image révélée reportée de haute qualité sur chaque échantillon. De plus, pour chaque

échantillon, on procède à un essai d'utilisation répété 200 000 fois dans un milieu à 38°C et 80 % d'humidité relative. On n'observe, comme résultat, aucune diminution de la qualité de l'image sur aucun échantillon.

5 Exemple 23

Dans les mêmes conditions et par le même procédé que pour les échantillons N° 1-1D, 1-2D et 1-3D de l'exemple 20, hormis que l'on fait varier les conditions de préparation de la seconde couche (II) de façon à
10 obtenir les conditions respectives indiquées au tableau VIID, on prépare des éléments de formations d'image pour électrophotographie (24 échantillons N° 1-1-1D à 1-1-8D, 1-2-1D à 1-2-8D, 1-3-1D à 1-3-8D).

Les éléments de formation d'image respectifs
15 pour électrophotographie ainsi préparés sont placés individuellement sur un dispositif de copie, et on procède à une charge d'effluves à - 5 kV pendant 0,2 s, suivie d'une exposition à une image lumineuse. Comme source de lumière, on utilise une lampe à filament de tungstène
20 à une dose de 1,0 lux.s. L'image latente est développée à l'aide d'un révélateur pouvant être chargé positivement (contenant une poudre pigmentaire et un support) et elle est reportée sur un papier uni. L'image reportée est très bonne. La poudre pigmentaire restant sur l'élément de
25 formation d'image pour électrophotographie, qui n'a pas été reportée, est éliminée par nettoyage à l'aide d'une lame de caoutchouc. Après répétition 100 000 fois ou plus de cette opération, on n'observe dans tous les cas aucune détérioration de l'image.

30 Les résultats de l'estimation globale de la qualité de l'image et de l'estimation de la longévité lors d'utilisations répétées continues des échantillons respectifs sont indiqués au tableau VIIID.

Exemple 24

35 On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que pour l'échantillon N° 1-1D de l'exemple 20, sauf que l'on fait varier le rapport de la

teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes d'azote dans la seconde couche (II) (en modifiant le rapport de Ar à NH_3 dans le mélange gazeux et le rapport de la surface de cible de la tranche de silicium à la surface de cible du nitrure de silicium pendant la formation de la seconde couche (II)). On répète environ 50 000 fois sur chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, les étapes de formation d'image, de développement et de nettoyage telles que décrites dans l'exemple 20, puis on procède à des estimations de l'image qui donnent les résultats indiqués au tableau IXD.

Exemple 25

On prépare divers éléments de formation d'image par le même procédé que pour l'échantillon N° 1-2D de l'exemple 12, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium et la teneur des atomes d'azote dans la seconde couche (II) en modifiant le rapport des débits d'écoulement du SiH_4 gazeux au NH_3 gazeux pendant la formation de la seconde couche (II). On répète environ 50 000 fois, sur chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, les opérations allant jusqu'au report, conformément au procédé tel que décrit dans l'exemple 20, puis on procède à des estimations de l'image qui donnent les résultats indiqués au tableau XD.

Exemple 26

On prépare divers éléments de formation d'image conformément au même procédé que celui utilisé pour l'échantillon N° 1-3D de l'exemple 20, sauf que l'on fait varier le rapport de la teneur des atomes de silicium à la teneur des atomes d'azote de la seconde couche (II) en modifiant le rapport des débits d'écoulement des SiH_4 gazeux, SiF_4 gazeux et NH_3 gazeux pendant la formation de la seconde couche (II). On répète environ 50 000 fois, sur chacun des éléments de formation d'image ainsi obtenus, les étapes de formation d'image, de développement et de nettoyage, telles que décrites dans l'exemple 20, puis on procède à des estimations de l'image qui donnent les résultats indiqués au tableau XID.

Exemple 27

5 On prépare des éléments de formation d'image
respectifs de la même manière que pour l'échantillon N° 1-4D
de l'exemple 20, sauf que l'on modifie l'épaisseur de la
seconde couche (II) et l'on répète les étapes de formation
d'image, de développement et de nettoyage telles que
décrites à l'exemple 20 pour obtenir les résultats
10 indiqués au tableau XIID.

Les conditions communes de formation des
couches dans les exemples respectifs de la présente
invention sont données ci-dessous :

Température du substrat :

- 15 - Couche contenant des atomes de germanium (Ge).. environ
200°C
- Couche ne contenant pas d'atomes de germanium (Ge)...
environ
250°C
- Fréquence de décharge : 13,56 MHz
- 20 - Pression interne de la chambre de réaction pendant la
réaction : 40 Pa

1
5
10
15
20
25

T A B L E A U I A

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Epaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|--|---|--|--|---|----------------------------|
| Région (G) | GeF ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 H ₂ | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ = 7/10 $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ = 1/100 | 0,18 | 1,5 | 3 |
| Région (S) | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ *1 (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | SiH ₄ =200 | | 0,18 | 1,5 | 25 |

*1 : Les parenthèses représentent "utilisation de PH₃/He à la place de B₂H₆/He".
Les parenthèses dans les tableaux qui suivent ont la même signification.

1
5
10
15
20
25

T A B L E A U I I I A

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|--|---|--|--|---|----------------------------|
| Région (G) | GeF ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 H ₂ B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ =7/10 GeF ₄ $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ =1/100 | 0,18 | 1,5 | 3 |
| Région (S) | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | SiH ₄ =200 | | 0,18 | 1,5 | 25 |

1

5

10

15

20

25

T A B L E A U V A

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (mm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|--|---|----------------------------|
| Région (G) | GeH ₄ /He=0,5 SiH ₄ /He=0,5 (B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³) H ₂ | SiH ₄ +GeH ₄ =200 | | 0,18 | 1,5 | 3 |
| Région (S) | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | SiH ₄ =200 | | 0,18 | 1,5 | 25 |

T A B L E A U V I A

| Profondeur des atomes d'impureté | Profil de profondeur de Ge | | 2801 | 2802 | 2803 | 2804 | 2805 | 2806 | 2807 |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | N° d'échantillon | | | | | | | | |
| 2601 | | | 31 - 1A | 32 - 1A | 33 - 1A | 34 - 1A | 35 - 1A | 36 - 1A | 37 - 1A |
| 2602 | | | 31 - 2A | 32 - 2A | 33 - 2A | 34 - 2A | 35 - 2A | 36 - 2A | 37 - 2A |
| 2603 | | | 31 - 3A | 32 - 3A | 33 - 3A | 34 - 3A | 35 - 3A | 36 - 3A | 37 - 3A |
| 2604 | | | 31 - 4A | 32 - 4A | 33 - 4A | 34 - 4A | 35 - 4A | 36 - 4A | 37 - 4A |
| 2605 | | | 31 - 5A | 32 - 5A | 33 - 5A | 34 - 5A | 35 - 5A | 36 - 5A | 37 - 5A |
| 2606 | | | 31 - 6A | 32 - 6A | 33 - 6A | 34 - 6A | 35 - 6A | 36 - 6A | 37 - 6A |
| 2701 | | | 31 - 7A | 32 - 7A | 33 - 7A | 34 - 7A | 35 - 7A | 36 - 7A | 37 - 7A |
| 2702 | | | 31 - 8A | 32 - 8A | 33 - 8A | 34 - 8A | 35 - 8A | 36 - 8A | 37 - 8A |
| 2703 | | | 31 - 9A | 32 - 9A | 33 - 9A | 34 - 9A | 35 - 9A | 36 - 9A | 37 - 9A |
| 2704 | | | 31 - 10A | 32 - 10A | 33 - 10A | 34 - 10A | 35 - 10A | 36 - 10A | 37 - 10A |
| 2705 | | | 31 - 11A | 32 - 11A | 33 - 11A | 34 - 11A | 35 - 11A | 36 - 11A | 37 - 11A |
| 2706 | | | 31 - 12A | 32 - 12A | 33 - 12A | 34 - 12A | 35 - 12A | 36 - 12A | 37 - 12A |

25 20 15 10 5 1

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U I B

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|-------------------------------|---|---|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ =7/10 | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | SiF ₄ /He=0,5 | | GeF ₄ | | | |
| | H ₂ | | $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ =1/100 | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4}$ = (*) | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | C ₂ H ₄ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /C ₂ H ₄ =3/7 | | | |

(*) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment

T A B L E A U I I I B

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Epaisseur des couches (µm) |
|----------------------------------|--|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(GeF_4+SiF_4)}{(GeF_4+SiF_4+H_2)} = 7/10$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | SiF ₄ /He=0,5 | | | | | |
| | H ₂ | | | | | |
| Région (C) de la première couche | B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ | | $\frac{GeF_4}{(GeF_4+SiF_4+H_2)} = 1/100$ | | | |
| Couche (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =200 | $\frac{B_2H_6}{(GeF_4+SiF_4)} = (*)$ | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ | | | | | |
| | (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | | | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /C ₂ H ₄ =3/7 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*), (**): Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U V B

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|--|---|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) Région (G) de la première couche | GeH ₄ /He=0,5 SiH ₄ /He=0,5 (B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³) H ₂ | SiH ₄ +GeH ₄ =200 | $\frac{\text{GeH}_4}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4 + \text{H}_2)}$ = (*) | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | | | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4)}$ = (**) | | | |
| Couche (II) Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4}$ = (***) | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | SiH ₄ /He=0,5 C ₂ H ₄ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /C ₂ H ₄ =3/7 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*), (**), (***) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U V I B

| Profil de profondeur de profondeur des atomes d'impureté N° d'échantillon | 2801 | 2802 | 2803 | 2804 | 2805 | 2806 | 2807 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | | |
| 2601 | 31 - 1B | 32 - 1B | 33 - 1B | 34 - 1B | 35 - 1B | 36 - 1B | 37 - 1B |
| 2602 | 31 - 2B | 32 - 2B | 33 - 2B | 34 - 2B | 35 - 2B | 36 - 2B | 37 - 2B |
| 2603 | 31 - 3B | 32 - 3B | 33 - 3B | 34 - 3B | 35 - 3B | 36 - 3B | 37 - 3B |
| 2604 | 31 - 4B | 32 - 4B | 33 - 4B | 34 - 4B | 35 - 4B | 36 - 4B | 37 - 4B |
| 2605 | 31 - 5B | 32 - 5B | 33 - 5B | 34 - 5B | 35 - 5B | 36 - 5B | 37 - 5B |
| 2606 | 31 - 6B | 32 - 6B | 33 - 6B | 34 - 6B | 35 - 6B | 36 - 6B | 37 - 6B |
| 2701 | 31 - 7B | 32 - 7B | 33 - 7B | 34 - 7B | 35 - 7B | 36 - 7B | 37 - 7B |
| 2702 | 31 - 8B | 32 - 8B | 33 - 8B | 34 - 8B | 35 - 8B | 36 - 8B | 37 - 8B |
| 2703 | 31 - 9B | 32 - 9B | 33 - 9B | 34 - 9B | 35 - 9B | 36 - 9B | 37 - 9B |
| 2704 | 31 - 10B | 32 - 10B | 33 - 10B | 34 - 10B | 35 - 10B | 36 - 10B | 37 - 10B |
| 2705 | 31 - 11B | 32 - 11B | 33 - 11B | 34 - 11B | 35 - 11B | 36 - 11B | 37 - 11B |
| 2706 | 31 - 12B | 32 - 12B | 33 - 12B | 34 - 12B | 35 - 12B | 36 - 12B | 37 - 12B |

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U V I I B

| Condition | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement ou rapport des surfaces | Puissance de décharge (W/cm ²) | Épaisseur des couches (µm) |
|-----------|---|---|--|--|----------------------------|
| 7 - 1B | Ar | 200 | Tranche de Si:graphite = 1,5:8,5 | 0,3 | 0,5 |
| 7 - 2B | Ar | 200 | Tranche de Si:graphite = 0,5:9,5 | 0,3 | 0,3 |
| 7 - 3B | Ar | 200 | Tranche de Si:graphite = 6:4 | 0,3 | 1,0 |
| 7 - 4B | SiH ₄ /He=1 C ₂ H ₄ | SiH ₄ =15 | SiH ₄ :C ₂ H ₄ = 0,4:9,6 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 5B | SiH ₄ /He=0,5 C ₂ H ₄ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ :C ₂ H ₄ = 5:5 | 0,18 | 1,5 |
| 7 - 6B | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 C ₂ H ₄ | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :C ₂ H ₄ = 1,5:1,5:7 | 0,18 | 0,5 |
| 7 - 7B | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 C ₂ H ₄ | SiH ₄ +SiF ₄ =15 | SiH ₄ :SiF ₄ :C ₂ H ₄ = 0,3:0,1:9,6 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 8B | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 C ₂ H ₄ | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :C ₂ H ₄ = 3:3:4 | 0,18 | 1,5 |

1

TABLEAU VIII

| Conditions de la formation de la couche (II) | | N° d'échantillon/Estimation | | | | | |
|--|--------|-----------------------------|---|------------|---|------------|---|
| 5 | 7 - 1B | 1 - 1 - 1B | | 2 - 1 - 1B | | 3 - 1 - 1B | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 7 - 2B | 1 - 1 - 2B | | 2 - 1 - 2B | | 3 - 1 - 2B | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 10 | 7 - 3B | 1 - 1 - 3B | | 2 - 1 - 3B | | 3 - 1 - 3B | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 7 - 4B | 1 - 1 - 4B | | 2 - 1 - 4B | | 3 - 1 - 4B | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 7 - 5B | 1 - 1 - 5B | | 2 - 1 - 5B | | 3 - 1 - 5B | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| 15 | 7 - 6B | 1 - 1 - 6B | | 2 - 1 - 6B | | 3 - 1 - 6B | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 7 - 7B | 1 - 1 - 7B | | 2 - 1 - 7B | | 3 - 1 - 7B | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 20 | 7 - 8B | 1 - 1 - 8B | | 2 - 1 - 8B | | 3 - 1 - 8B | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| N° d'échantillon | |
|---|----------------------------|
| Estimation de la qualité globale de l'image | Estimation de la longévité |

Normes d'estimation :

⊙ ... Excellent

○ ... Bon

25

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U I X B

| N° d'échantillon | 901B | 902B | 903B | 904B | 905B | 906B | 907B |
|--|---------|---------|---------|---------|------|---------|---------|
| Si : C (Rapport des surfaces) | 9:1 | 6,5:3,5 | 4:6 | 2:8 | 1:9 | 0,5:9,5 | 0,2:9,8 |
| Si : C (Rapport des teneurs) | 9,7:0,3 | 8,8:1,2 | 7,3:2,7 | 4,8:5,2 | 3:7 | 2:8 | 0,8:9,2 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ○ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | × |

- ⊙ : Très bonne ○ : Bonne
 △ : Suffisante pour être utilisé en pratique
 × : Défaut d'image formé

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U X B

| N° d'échantillon | 1001B | 1002B | 1003B | 1004B | 1005B | 1006B | 1007B | 1008B |
|---|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-----------|---------|
| SiH ₄ : C ₂ H ₄ (Rapport des débits d'écoulement) | 9:1 | 6:4 | 4:6 | 2:8 | 1:9 | 0,5:9,5 | 0,35:9,65 | 0,2:9,8 |
| Si : C (Rapport des teneurs) | 9:1 | 7:3 | 5,5:4,5 | 4:6 | 3:7 | 2:8 | 1,2:8,8 | 0,8:9,2 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ○ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | × |

⊙ : Très bonne ○ : Bonne
 △ : Suffisante pour être utilisée en pratique
 × : Défaut d'image formé

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U X I B

| | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|---------|-------|-----------|-------------|---------------|-------------|
| N° d'échantillon | 1501B | 1502B | 1503B | 1504B | 1505B | 1506B | 1507B | 1508B |
| SiH ₄ :SiF ₄ :C ₂ H ₄ (Rapport des débits d'écoulement) | 5:4:1 | 3:3 5:3,5 | 2:2:6 | 1:1:8 | 0,6:0,4:9 | 0,2:0,3:9,5 | 0,2:0,15:9,65 | 0,1:0,1:9,8 |
| Si : C (Rapport des teneurs) | 9:1 | 7:3 | 5,5:4,5 | 4:6 | 3:7 | 2:8 | 1,2:8,8 | 0,8:9,2 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ○ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | × |

⊙ : Très bonne ○ : Bonne

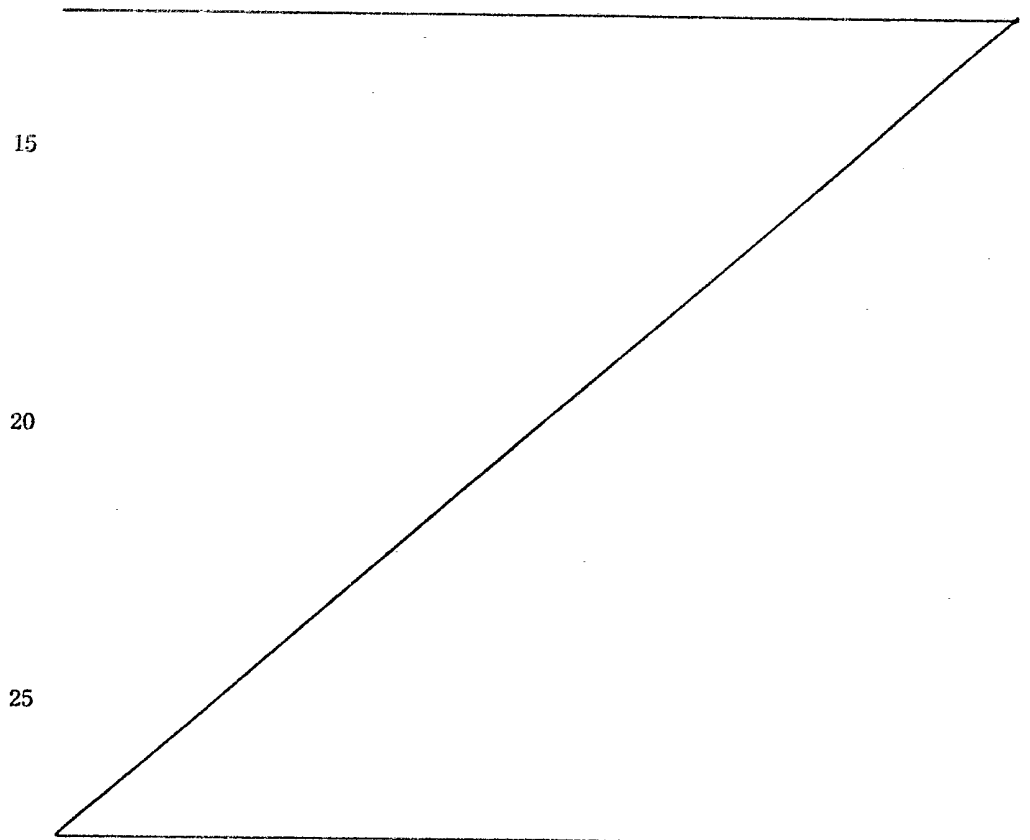
△ : Satisfaisante en pratique

× : défaut d'image formé

1

TABLEAU XII B

| N° d'échantillon | Epaisseur de la couche (II) (μm) | Résultats |
|------------------|---|--|
| 5 1601B | 0,001 | Défaut d'image risquant de se former |
| 1602B | 0,02 | Aucun défaut d'image formé avant 20 000 copies successives |
| 1603B | 0,05 | Stabilité jusqu'à 50 000 copies successives |
| 10 1604B | 1 | Stabilité jusqu'à 200 000 copies successives |



T A B L E A U I C

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | Région (G) de la première couche | SiF ₄ /He=0,5 H ₂ | $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ = 7/10 | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4}$ = (*) | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | $\frac{\text{SiH}_4}{\text{NO}}$ | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NO=1 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

1

5

10

15

20

25

T A B L E A U I I I C

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|----------------------------------|---|---|---|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)} = 7/10$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | SiF ₄ /He=0,5 | | | | | |
| | H ₂ | | | | | |
| Région (G) de la première couche | B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)} = 1/100$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | | | | | | |
| Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4} = (**)$ | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | | | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NO=1 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*), (**): Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment

T A B L E A U V C

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | Région (G) de la première couche | SiH ₄ /He=0,5 SiH ₄ /He=0,5 (B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³) H ₂ | $\frac{\text{GeH}_4}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4 + \text{H}_2)}$ = (*) $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4)}$ = (**) | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4} = (***)$ | 0,18 | 1,5 | 25 |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ =200 SiH ₄ =200 SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NO=1 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*), (**), (***) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

25 20 5 10 5 1

T A B L E A U V I C

| Profil de profondeur de Ge | Profil de profondeur de Ge | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|------|
| | 2801 | 2802 | 2803 | 2804 | 2805 | 2806 | 2807 | 2808 | 2809 | 2810 |
| Profondeur des atomes d'impureté d'échantillon | | | | | | | | | | |
| 2601 | 31 - 1C | 32 - 1C | 33 - 1C | 34 - 1C | 35 - 1C | 36 - 1C | 37 - 1C | | | |
| 2602 | 31 - 2C | 32 - 2C | 33 - 2C | 34 - 2C | 35 - 2C | 36 - 2C | 37 - 2C | | | |
| 2603 | 31 - 3C | 32 - 3C | 33 - 3C | 34 - 3C | 35 - 3C | 36 - 3C | 37 - 3C | | | |
| 2604 | 31 - 4C | 32 - 4C | 33 - 4C | 34 - 4C | 35 - 4C | 36 - 4C | 37 - 4C | | | |
| 2605 | 31 - 5C | 32 - 5C | 33 - 5C | 34 - 5C | 35 - 5C | 36 - 5C | 37 - 5C | | | |
| 2606 | 31 - 6C | 32 - 6C | 33 - 6C | 34 - 6C | 35 - 6C | 36 - 6C | 37 - 6C | | | |
| 2701 | 31 - 7C | 32 - 7C | 33 - 7C | 34 - 7C | 35 - 7C | 36 - 7C | 37 - 7C | | | |
| 2702 | 31 - 8C | 32 - 8C | 33 - 8C | 34 - 8C | 35 - 8C | 36 - 8C | 37 - 8C | | | |
| 2703 | 31 - 9C | 32 - 9C | 33 - 9C | 34 - 9C | 35 - 9C | 36 - 9C | 37 - 9C | | | |
| 2704 | 31 - 10C | 32 - 10C | 33 - 10C | 34 - 10C | 35 - 10C | 36 - 10C | 37 - 10C | | | |
| 2705 | 31 - 11C | 32 - 11C | 33 - 11C | 34 - 11C | 35 - 11C | 36 - 11C | 37 - 11C | | | |
| 2706 | 31 - 12C | 32 - 12C | 33 - 12C | 34 - 12C | 35 - 12C | 36 - 12C | 37 - 12C | | | |

T A B L E A U V I I C

| Condition | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement ou rapport des surfaces | Puissance de décharge (W/cm ²) | Epaisseur de la couche (μm) |
|-----------|--|---|---|--|-----------------------------|
| 7 - 1C | Ar (NO/Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si:SiO ₂ = 1:30 | 0,3 | 0,5 |
| 7 - 2C | Ar (NO/Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si:SiO ₂ = 1:60 | 0,3 | 0,3 |
| 7 - 3C | Ar (NO/Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si:SiO ₂ = 6:4 | 0,3 | 1,0 |
| 7 - 4C | SiH ₄ /He=1 NO | SiH ₄ =15 | SiH ₄ :NO = 5:1 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 5C | SiH ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ =100 | SiH ₄ :NO = 1:1 | 0,18 | 1,5 |
| 7 - 6C | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :NO = 1:1:1 | 0,18 | 0,5 |
| 7 - 7C | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ +SiF ₄ =15 | SiH ₄ :SiF ₄ :NO = 2:1:4 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 8C | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NO | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :NO = 1:1:3 | 0,18 | 1,5 |

1

TABLEAU VIII C

| | Condition de formation de la couche (II) | N° d'échantillon / Estimation | | | | | |
|----|--|-------------------------------|------------|------------|---|------------|---|
| | | 1 - 1 - 1C | | 1 - 2 - 1C | | 1 - 3 - 1C | |
| 5 | 7 - 1C | 1 - 1 - 1C | 1 - 2 - 1C | 1 - 3 - 1C | | | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 7 - 2C | 1 - 1 - 2C | 1 - 2 - 2C | 1 - 3 - 2C | | | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 10 | 7 - 3C | 1 - 1 - 3C | 1 - 2 - 3C | 1 - 3 - 3C | | | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 7 - 4C | 1 - 1 - 4C | 1 - 2 - 4C | 1 - 3 - 4C | | | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 7 - 5C | 1 - 1 - 5C | 1 - 2 - 5C | 1 - 3 - 5C | | | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| 15 | 7 - 6C | 1 - 1 - 6C | 1 - 2 - 6C | 1 - 3 - 6C | | | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 7 - 7C | 1 - 1 - 7C | 1 - 2 - 7C | 1 - 3 - 7C | | | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 20 | 7 - 8C | 1 - 1 - 8C | 1 - 2 - 8C | 1 - 3 - 8C | | | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| N° d'échantillon | |
|---|----------------------------|
| Estimation de la qualité globale de l'image | Estimation de la longévité |

Normes d'estimation :

⊙ : Excellent

○ : Bon

25

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U I X C

| N° d'échantillon | 901C | 902C | 903C | 904C | 905C | 906C | 907C |
|--|--------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Si : SiO_2 | | | | | | | |
| Rapport des surfaces (NO/Ar) | 9:1 (0/1) | 6 5:3,5 (1/1) | 4:10 (1/1) | 2:60 (1/1) | 1:100 (2/1) | 1:100 (3/1) | 1:100 (4/1) |
| Si : O | | | | | | | |
| Rapport des teneurs | 9,7:0,3 | 8,8:1,2 | 7,3:2,7 | 5,0:5,0 | 4,5:5,5 | 4:6 | 3:7 |
| Estimation de la qualité de l'image | Δ | \odot | \odot | \odot | \circ | Δ | \times |

\odot : Très bonne

\circ : bonne

Δ : Suffisante pour être utilisée en pratique

\times : Défaut d'image formé

TABLEAU X C

| N° d'échantillon | 1001C | 1002C | 1003C | 1004C | 1005C | 1006C | 1007C |
|---|-------------------|---------|-------|-------|-------|---------|--------|
| SiH ₄ : NO Rapport des débits d'écoulement | 1000:1 | 99:1 | 5:1 | 1:1 | 1:2 | 3:10 | 1:1000 |
| Si : O Rapport des teneurs | 9,9999 :0,0001 | 9,9:0,1 | 9:1 | 6:4 | 5:5 | 3,3:6,7 | 2:8 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ○ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | × |

⊙ : Très bonne ○ : bonne

△ : Satisfaisante en pratique

× : Défaut d'image formé

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U X I C

| | | | | | | | |
|--|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| N° d'échantillon | 1101C | 1102C | 1103C | 1104C | 1105C | 1106C | 1107C |
| SiH ₄ :SiF ₄ :NO (Rapport des débits d'écoulement) | 500:400:1 | 50:50:1 | 5:5:2 | 5:5:10 | 1:1:4 | 3:3:20 | 1:1:2000 |
| Si : O (Rapport des teneurs) | 9,9998 :0,0002 | 9,8:0,2 | 8,8:1,2 | 6,3:3,7 | 5,1:4,9 | 3,5:6,5 | 2,3:7,7 |
| Estimation de la qualité de l'image | Δ | ○ | ⊙ | ⊙ | ○ | Δ | × |

⊙ : Très bonne ○ : bonne

Δ : Satisfaisante en pratique

× : Défaut d'image formé

1

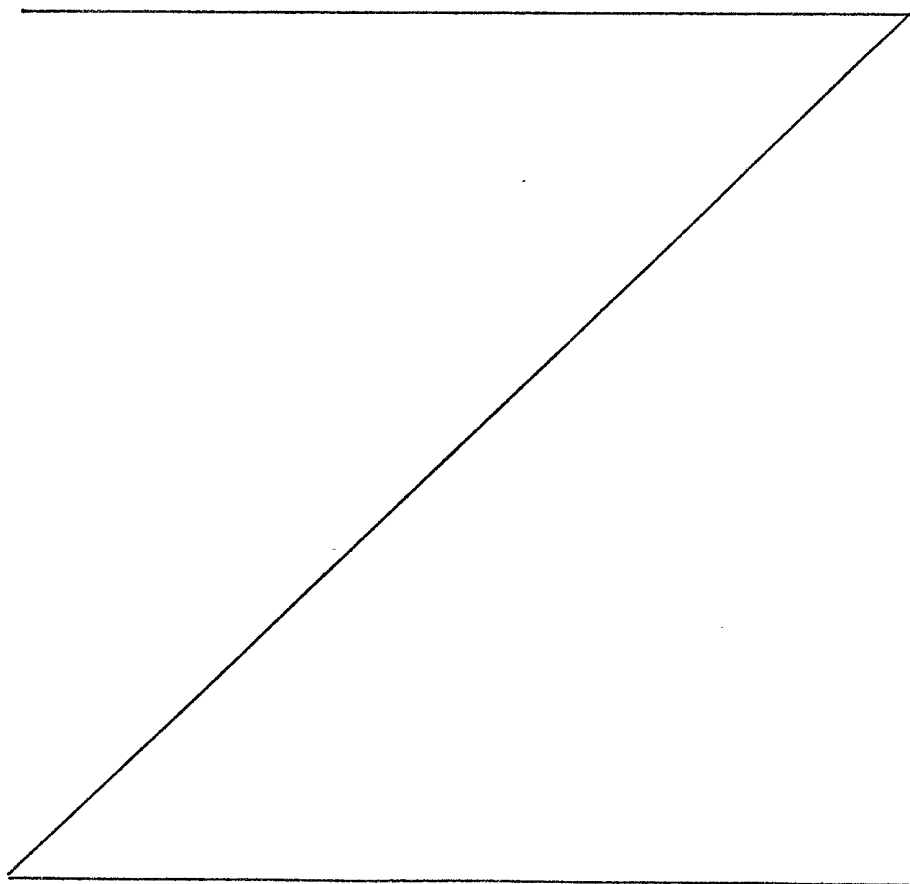
TABLEAU XII C

| N° d'échantillon | Épaisseur de la couche (II) (μm) | Résultats |
|------------------|---|--|
| 5 1201C | 0,001 | Défaut d'image risquant de se former |
| 1202C | 0,02 | Aucun défaut d'image formé avant 20 000 copies successives |
| 1203C | 0,05 | Stabilité jusqu'à 50 000 copies successives |
| 10 1204C | 1 | Stabilité jusqu'à 200 000 copies successives |

15

20

25



T A B L E A U I D

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (μm) |
|-------------------------|--------------------------|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | SiF ₄ /He=0,5 | | = 7/10 | | | |
| | H ₂ | | $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)}$ = 1/100 | | | |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4} = (*)$ | 0,18 | 1,5 | 25 |
| | SiH ₄ /He=0,5 | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NH ₃ =1/30 | | | |

(*) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

T A B L E A U I I I D

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|----------------------------------|---|---|---|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | GeF ₄ /He=0,5 | GeF ₄ +SiF ₄ =200 | $\frac{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)} = 7/10$ | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | SiF ₄ /He=0,5 | | | | | |
| Région (G) de la première couche | H ₂ B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ | | $\frac{\text{GeF}_4}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4 + \text{H}_2)} = 1/100$ | | | |
| Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | SiH ₄ =200 | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{(\text{GeF}_4 + \text{SiF}_4)} = (*)$ | 0,18 | 1,5 | 25 |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5, NH ₃ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NH ₃ =1/30 | 0,18 | 1,0 | 0 5 |

(*), (**): Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

T A B L E A U V D

| Constitution stratifiée | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (Conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement | Puissance de décharge (W/cm ²) | Vitesse de formation des couches (nm/s) | Épaisseur des couches (µm) |
|-------------------------|---|---|--|--|---|----------------------------|
| Couche (I) | Région (G) de la première couche | GeH ₄ /He=0,5 SiH ₄ /He=0,5 (B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³) H ₂ | $\frac{\text{GeH}_4}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4 + \text{H}_2)}$ = (*) $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{(\text{GeH}_4 + \text{SiH}_4)}$ = (**) | 0,18 | 1,5 | 3 |
| | Région (S) de la seconde couche | SiH ₄ /He=0,5 B ₂ H ₆ /He=1x10 ⁻³ (PH ₃ /He=1x10 ⁻³) | $\frac{\text{B}_2\text{H}_6}{\text{SiH}_4}$ = (***) | 0,18 | 1,5 | 25 |
| Couche (II) | SiH ₄ /He=0,5, NH ₃ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ /NH ₃ =1/30 | 0,18 | 1,0 | 0,5 |

(*), (**), (***) : Le rapport des débits d'écoulement est modifié conformément à la courbe de rythme de variation conçue précédemment.

T A B L E A U V I D

| Profil de profondeur de profondeur des atomes d'impureté | Profil de profondeur de Ce | | 2801 | 2802 | 2803 | 2804 | 2805 | 2806 | 2807 |
|--|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|
| | N° d'échantillon | | | | | | | | |
| 2601 | 31 - 1D | 32 - 1D | 33 - 1D | 34 - 1D | 35 - 1D | 36 - 1D | 37 - 1D | | |
| 2602 | 31 - 2D | 32 - 2D | 33 - 2D | 34 - 2D | 35 - 2D | 36 - 2D | 37 - 2D | | |
| 2603 | 31 - 3D | 32 - 3D | 33 - 3D | 34 - 3D | 35 - 3D | 36 - 3D | 37 - 3D | | |
| 2604 | 31 - 4D | 32 - 4D | 33 - 4D | 34 - 4D | 35 - 4D | 36 - 4D | 37 - 4D | | |
| 2605 | 31 - 5D | 32 - 5D | 33 - 5D | 34 - 5D | 35 - 5D | 36 - 5D | 37 - 5D | | |
| 2606 | 31 - 6D | 32 - 6D | 33 - 6D | 34 - 6D | 35 - 6D | 36 - 6D | 37 - 6D | | |
| 2701 | 31 - 7D | 32 - 7D | 33 - 7D | 34 - 7D | 35 - 7D | 36 - 7D | 37 - 7D | | |
| 2702 | 31 - 8D | 32 - 8D | 33 - 8D | 34 - 8D | 35 - 8D | 36 - 8D | 37 - 8D | | |
| 2703 | 31 - 9D | 32 - 9D | 33 - 9D | 34 - 9D | 35 - 9D | 36 - 9D | 37 - 9D | | |
| 2704 | 31 - 10D | 32 - 10D | 33 - 10D | 34 - 10D | 35 - 10D | 36 - 10D | 37 - 10D | | |
| 2705 | 31 - 11D | 32 - 11D | 33 - 11D | 34 - 11D | 35 - 11D | 36 - 11D | 37 - 11D | | |
| 2706 | 31 - 12D | 32 - 12D | 33 - 12D | 34 - 12D | 35 - 12D | 36 - 12D | 37 - 12D | | |

25
20
15
10
5
1

25 20 15 10 5 1

TABLEAU VII D

| Condition | Gaz utilisés | Débit d'écoulement (conditions normales) (cm ³ /min) | Rapport des débits d'écoulement ou rapport des surfaces | Puissance de décharge (W/cm ²) | Épaisseur des couches |
|-----------|---|---|---|--|-----------------------|
| 7 - 1D | Ar(NH ₃ /Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si: Nitruure de silicium = 1 : 30 | 0,3 | 0,5 |
| 7 - 2D | Ar(NH ₃ /Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si: Nitruure de silicium = 1 : 30 | 0,3 | 0,3 |
| 7 - 3D | Ar(NH ₃ /Ar) | 200 (1/1) | Tranche de Si: Nitruure de silicium = 6 : 4 | 0,3 | 1,0 |
| 7 - 4D | SiH ₄ /He=1 NH ₃ | SiH ₄ =15 | SiH ₄ :NH ₃ = 1:100 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 5D | SiH ₄ /He=0,5 NH ₃ | SiH ₄ =100 | SiH ₄ :NH ₃ = 1:30 | 0,18 | 1,5 |
| 7 - 6D | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NH ₃ | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :NH ₃ = 1:1:60 | 0,18 | 0,5 |
| 7 - 7D | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NH ₃ | SiH ₄ +SiF ₄ =15 | SiH ₄ :SiF ₄ :NH ₃ =2:1:90 | 0,18 | 0,3 |
| 7 - 8D | SiH ₄ /He=0,5 SiF ₄ /He=0,5 NH ₃ | SiH ₄ +SiF ₄ =150 | SiH ₄ :SiF ₄ :NH ₃ = 1:1:20 | 0,18 | 1,5 |

1

TABLEAU VIII D

| Conditions de formation de la couche (II) | | N° d'échantillon / Estimation | | | | | |
|---|--------|-------------------------------|---|------------|---|------------|---|
| 5 | 8 - 1D | 1 - 1 - 1D | | 1 - 2 - 1D | | 1 - 3 - 1D | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 8 - 2D | 1 - 1 - 2D | | 1 - 2 - 2D | | 1 - 3 - 2D | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 10 | 8 - 3D | 1 - 1 - 3D | | 1 - 2 - 3D | | 1 - 3 - 3D | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 8 - 4D | 1 - 1 - 4D | | 1 - 2 - 4D | | 1 - 3 - 4D | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 8 - 5D | 1 - 1 - 5D | | 1 - 2 - 5D | | 1 - 3 - 5D | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| 15 | 8 - 6D | 1 - 1 - 6D | | 1 - 2 - 6D | | 1 - 3 - 6D | |
| | | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ |
| | 8 - 7D | 1 - 1 - 7D | | 1 - 2 - 7D | | 1 - 3 - 7D | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 20 | 8 - 8D | 1 - 1 - 8D | | 1 - 2 - 8D | | 1 - 3 - 8D | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| N° d'échantillon | |
|---|----------------------------|
| Estimation de la qualité globale de l'image | Estimation de la longévité |

Normes d'estimation :

⊙ : Excellent

○ : Bon

25

25 20 15 10 5 1

T A B L E A U I X D

| N° d'échantillon | 901D | 902D | 903D | 904D | 905D | 906D | 907D |
|--|--------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Cible N4 Si : Si ₃ N ₄ (Rapport des surfaces) (NH ₃ /Ar) | 9:1 (0/1) | 6 5:3 5 (1/1) | 4:10 (1/1) | 2:60 (1/1) | 1:100 (2/1) | 1:100 (3/1) | 1:100 (4/1) |
| Si : N (Rapport des teneurs) | 9,7:0,3 | 8,8:1,2 | 7,3:2,7 | 5,0:5,0 | 4,5:5,5 | 4:6 | 3:7 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | △ | × |

◎ : Très bonne ○ : Bonne
 △ : Suffisante pour être utilisée en pratique
 × : Défaut d'image formé

1

5

10

15

20

25

T A B L E A U X D

| | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------|---------|-------|---------|--------|---------|
| N° d'échantillon | 1001D | 1002D | 1003D | 1004D | 1005D | 1006D | 1007D | 1008D |
| SiH ₄ : NH ₃ (Rapport des débits) d'écoulement | 9:1 | 1:3 | 1:10 | 1:30 | 1:100 | 1:1000 | 1:5000 | 1:10000 |
| Si : N (Rapport des teneurs) | 9,99:0,01 | 9,9:0,1 | 8,5:1,5 | 7,1:2,9 | 5:5 | 4,5:5,5 | 4:6 | 3,5:6,5 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | △ | × |

⊙ : Très bonne ○ : Bonne

△ : Satisfaisante en pratique

× : Défaut d'image formé

1

5

10

15

20

25

T A B L E A U X I I D

| | | | | | | | | |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| N° d'échantillon | 1101D | 1102D | 1103D | 1104D | 1105D | 1106D | 1107D | 1108D |
| $\text{SiH}_4 : \text{SiF}_4 : \text{NH}_3$ (Rapport des débits d'écoulement) | 5:4:1 | 1:1:6 | 1:1:20 | 1:1:60 | 1:2:300 | 2:1:3000 | 1:1:10000 | 1:1:20000 |
| Si : N (Rapport des teneurs) | 9,89:0,11 | 9,8:0,2 | 8,4:1,6 | 7,0:3,0 | 5,1:4,9 | 4,6:5,4 | 4,1:5,9 | 3,6:6,4 |
| Estimation de la qualité de l'image | △ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | △ | △ | × |

⊙ : Très bonne ○ : Bonne

△ : Satisfaisante en pratique

× : Défaut d'image formé

1

TABLEAU XII D

| N° d'échantillon | Épaisseur de la couche (II) (μm) | Résultats |
|---------------------|---|---|
| 5 1201D | 0,001 | Défaut d'image risquant de se former |
| 1202D | 0,02 | Aucun défaut d'image formé avant 200 000 copies successives |
| 1203D | 0,05 | Stabilité jusqu'à 50 000 copies successives |
| 10 1204D | 1 | Stabilité jusqu'à 200 000 copies successives |

15

20

25

REVENDEICATIONS

1. Elément photoconducteur, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat (101) pour cet élément photoconducteur et une couche (102) de réception de la lumière
5 appliqué sur le substrat et présentant une constitution stratifiée dans laquelle une première région (G) (103) de la couche, comprenant une matière amorphe contenant des atomes de germanium, et une seconde région (S) (104) de la couche, qui est photoconductrice et qui comprend une
10 matière amorphe contenant des atomes de silicium, sont appliquées l'une à la suite de l'autre à partir du côté du substrat, la couche de réception de la lumière contenant une substance (C) qui détermine la conductivité et qui est répartie de manière que, dans ladite couche de
15 réception de la lumière, la valeur maximale de la teneur de ladite substance (C), dans la direction de l'épaisseur de la couche, soit présente dans ladite seconde région (S) ou à l'interface avec ladite première région (G) et, dans ladite seconde région (S), ladite substance (C) est
20 répartie de façon à se trouver en plus grande quantité sur le côté du substrat.

2. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient des atomes de silicium.

25 3. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les atomes de germanium sont répartis dans la première région (G) de la couche de façon non uniforme dans la direction de l'épaisseur de la couche.

30 4. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les atomes de germanium sont répartis dans la première région (G) de la couche de façon uniforme dans la direction de l'épaisseur de la couche.

35 5. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins l'une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'hydrogène.

6. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'halogène.

7. Elément photoconducteur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'halogène

5 8. Elément photoconducteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que des atomes de germanium sont répartis dans la première région (G) de la couche de façon à être plus nombreux sur le côté du substrat.

9. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant
10 la conductivité est un atome appartenant au groupe III du tableau périodique.

10. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant la conductivité est un atome appartenant au groupe V du
15 tableau périodique.

11. Elément photoconducteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la valeur maximale C_{max} de la teneur, dans la direction de l'épaisseur de la couche, des atomes de germanium dans la première région (G) est de
20 1000 ppm ou plus sur la base de la somme avec les atomes de silicium dans la première région (G).

12. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la quantité d'atomes de germanium contenus dans la première région (G) de la
25 couche est de 1 à 1×10^6 ppm.

13. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche présente une épaisseur T_B de 3,0 nm à 50 μm .

14. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la seconde région (S) de
30 la couche présente une épaisseur T de 0,5 à 90 μm .

15. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la somme de l'épaisseur T_B de la première région (G) et de l'épaisseur T de la
35 seconde région (S) est de 1 à 100 μm .

16. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur T_B de la

première région (G) et l'épaisseur T de la seconde région (S) satisfont la relation $T_B/T \leq 1$.

5 17. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur T_B de la première région (G) de la couche est de 30 μm ou moins, lorsque la teneur en atomes de germanium contenus dans la première région (G) est de 1×10^5 ppm ou plus.

10 18. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient 0,01 à 40 % d'atomes d'hydrogène.

19. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient 0,01 à 40 % d'atomes d'halogène.

15 20. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient, au total, 0,01 à 40 % d'atomes d'hydrogène et d'atomes d'halogène.

20 21. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la région (PN) de la couche, contenant la substance (C) déterminant la conductivité, constitue la partie extrême, sur le côté du substrat, de la seconde région (S) de la couche.

25 22. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la région (PN) contenant la substance (C) déterminant la conductivité s'étend à la fois sur la première région (G) et sur la seconde région (S) de la couche.

30 23. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant la conductivité est contenue dans la totalité de la seconde région (S) de la couche.

35 24. Elément photoconducteur selon la revendication 22, caractérisé en ce que les teneurs maximales de la substance déterminant la conductivité $C_{(G)\text{max}}$ et $C_{(S)\text{max}}$, dans la direction de l'épaisseur de la couche, des première et seconde régions (G) et (S) de la couche, satisfont respectivement la relation de $C_{(G)\text{max}} < C_{(S)\text{max}}$.

25. Elément photoconducteur selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'atome appartenant au groupe III du tableau périodique est choisi parmi B, Al, Ga, In et Tl.

5 26. Elément photoconducteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'atome appartenant au groupe V du tableau périodique est choisi parmi P, As, Sb et Bi.

10 27. Elément photoconducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité est comprise entre 0,01 et 5×10^4 ppm, en valeur atomique.

15 28. Elément photoconducteur, caractérisé en ce qu'il comporte un substrat (2501) pour élément photoconducteur et une couche (2507) de réception de la lumière appliquée sur le substrat et comprenant une première couche (I) (2502) présentant une constitution stratifiée dans laquelle une première région (G) (2503) comprenant une matière amorphe qui contient des atomes de germanium, et une seconde région (S) (2504), qui est photoconductrice et qui comprend une matière amorphe contenant des atomes de silicium, sont appliquées l'une à la suite de l'autre à partir du côté du substrat, et une seconde couche (II) (2505) comprenant une matière amorphe contenant des atomes de silicium et au moins un atome choisi parmi les atomes de carbone, d'oxygène et d'azote, ladite première couche (I) contenant une substance (C) déterminant la conductivité, dans un état réparti tel que la valeur maximale de la teneur de ladite substance (C), dans la direction de l'épaisseur de la couche, est présente dans la seconde région (S) ou à l'interface avec ladite première région (G) et, dans la seconde région (S), ladite substance (C) est répartie de façon à se trouver en plus grande quantité sur le côté du substrat.

25 30 35 29. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient des atomes de silicium.

30. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que les atomes de germanium sont répartis non uniformément, dans la direction de l'épaisseur de la couche, dans la première région (G) de la couche.
31. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que les atomes de germanium sont répartis uniformément, dans la direction de l'épaisseur de la couche, dans la première région (G) de la couche.
32. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'au moins l'une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'hydrogène.
33. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'au moins l'une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'halogène.
34. Elément photoconducteur selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'au moins l'une des première et seconde régions (G) et (S) de la couche contient des atomes d'halogène.
35. Elément photoconducteur selon la revendication 29, caractérisé en ce que des atomes de germanium sont répartis dans la première région (G) de la couche de façon à être plus nombreux sur le côté du substrat.
36. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant la conductivité est un atome appartenant au groupe III du tableau périodique.
37. Elément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant la conductivité est un atome appartenant au groupe V du tableau périodique.
38. Elément photoconducteur selon la revendication 30, caractérisé en ce que la valeur maximale C_{max} de la teneur, dans la direction de l'épaisseur de la couche, des atomes de germanium dans la première région (G) de la couche est de 1000 ppm ou plus sur la base de la somme avec

les atomes de silicium dans la première région (G) de la couche.

5 39. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la quantité d'atomes de germanium contenus dans la première région (G) de la couche est de 1 à 1×10^6 ppm.

40. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche présente une épaisseur T_B de 3,0 nm à 50 μm .

10 41. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la seconde région (S) de la couche présente une épaisseur T de 0,5 à 90 μm .

42. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la somme de l'épaisseur T_B de la première région (G) et de l'épaisseur T de la seconde région (S) de la couche est de 1 à 100 μm .

43. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que l'épaisseur T_B de la première région (G) et l'épaisseur T de la seconde région (S) de la couche satisfont à la relation $T_B/T \leq 1$.

20 44. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que l'épaisseur T_B de la première région (G) de la couche est de 30 μm ou moins lorsque la teneur en atomes de germanium de la première région (G) de la couche est de 1×10^5 ppm ou plus.

45. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient de 0,01 à 40 % d'atomes d'hydrogène.

30 46. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient de 0,01 à 40 % d'atomes d'halogène.

47. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la première région (G) de la couche contient, au total, 0,01 à 40 % d'atomes d'hydrogène et d'atomes d'halogène.

35 48. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la région (PN) de la couche,

contenant la substance (C) déterminant la conductivité, constitue la partie extrême, sur le côté du substrat, de la seconde région (S) de la couche.

49. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la région (PN) de la couche, contenant la substance (C) déterminant la conductivité, s'étend à la fois sur la première région (G) et sur la seconde région (S) de la couche.

50. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la substance (C) déterminant la conductivité est contenue dans la totalité de la seconde région (S) de la couche.

51. Élément photoconducteur selon la revendication 49, caractérisé en ce que les teneurs maximales de la substance déterminant la conductivité $C_{(G)\max}$ et $C_{(S)\max}$, dans la direction de l'épaisseur de la couche, dans les première et seconde régions (G) et (S) de la couche, respectivement, satisfont la relation

$$C_{(G)\max} < C_{(S)\max}$$

52. Élément photoconducteur selon la revendication 36, caractérisé en ce que l'atome appartenant au groupe III du tableau périodique est choisi parmi B, Al, Ga, In et Tl.

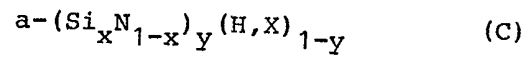
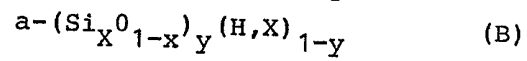
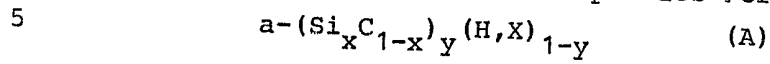
53. Élément photoconducteur selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'atome appartenant au groupe V du tableau périodique est choisi parmi P, As, Sb et Bi.

54. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la teneur de la substance (C) déterminant la conductivité est comprise entre 0,01 et 5×10^4 ppm, en valeur atomique.

55. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la seconde couche (II) contient des atomes d'hydrogène.

56. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la seconde couche (II) contient des atomes d'halogène.

57. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la matière amorphe constituant la seconde région (II) est choisie parmi les matières amorphes représentées par les formules suivantes :



(où $0 < x, u < 1$, X est un atome d'halogène).

10 58. Élément photoconducteur selon la revendication 28, caractérisé en ce que la seconde couche présente une épaisseur de 0,003 à 30 μm .

FIG.1

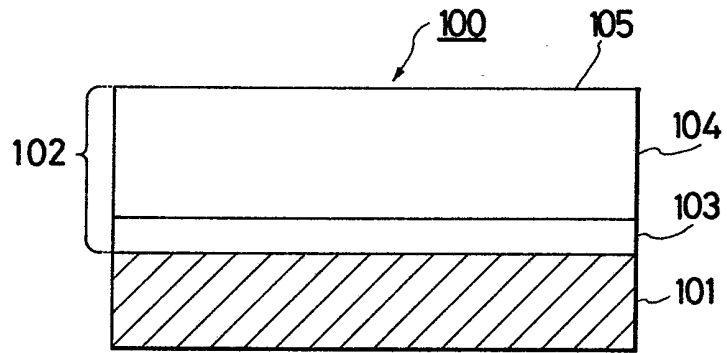


FIG. 2

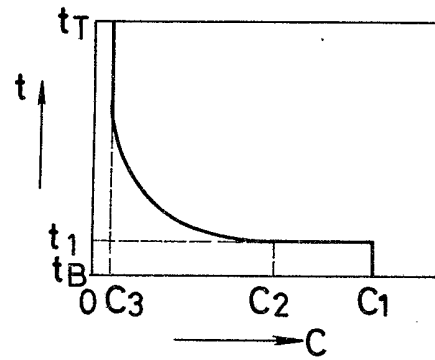


FIG. 3

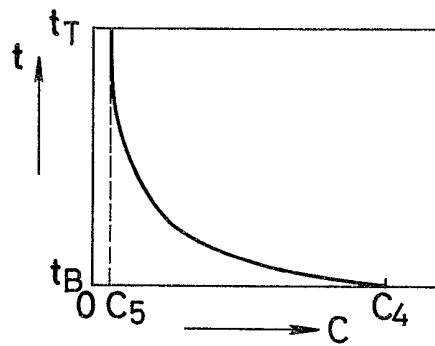


FIG. 4

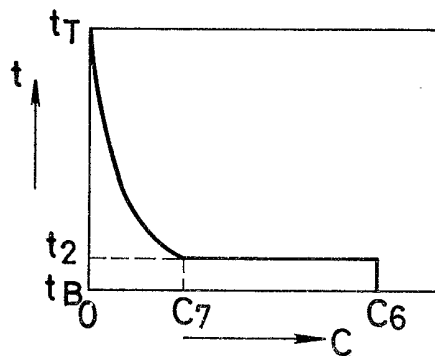


FIG.5

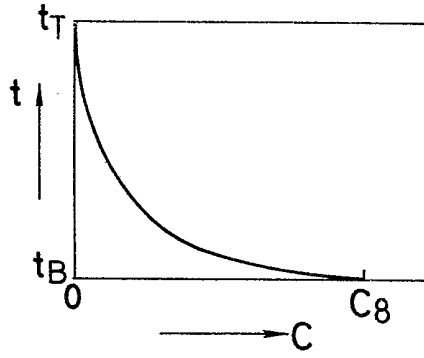


FIG.6

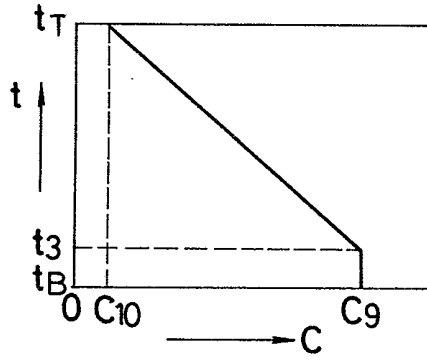


FIG.7

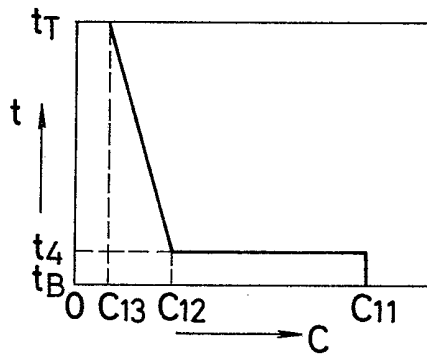


FIG. 8

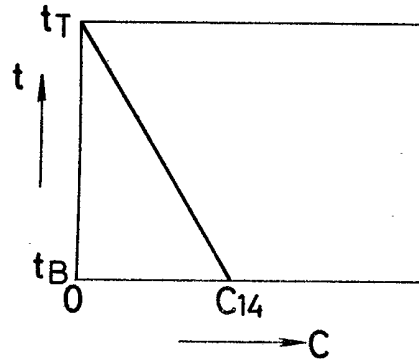


FIG. 9

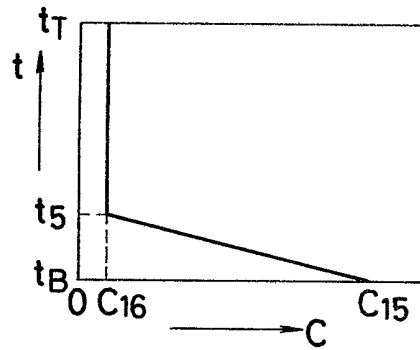


FIG. 10

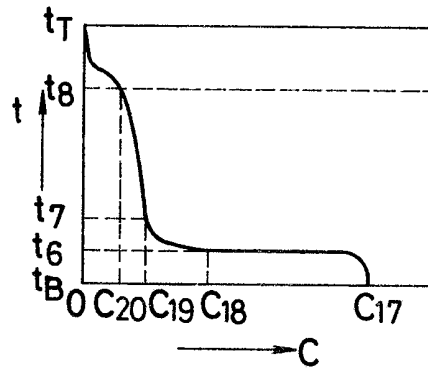


FIG.11

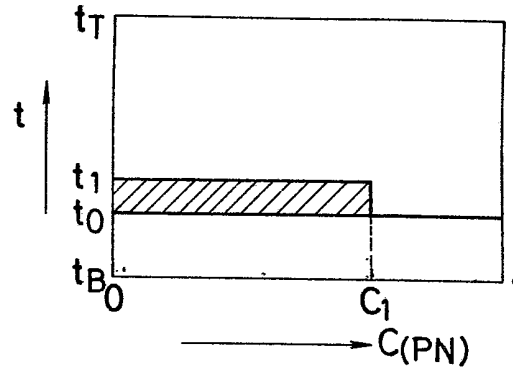


FIG.12

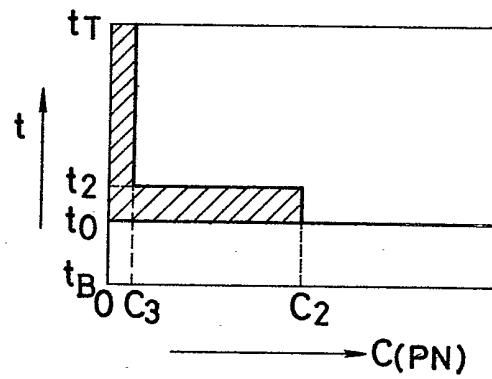


FIG.13

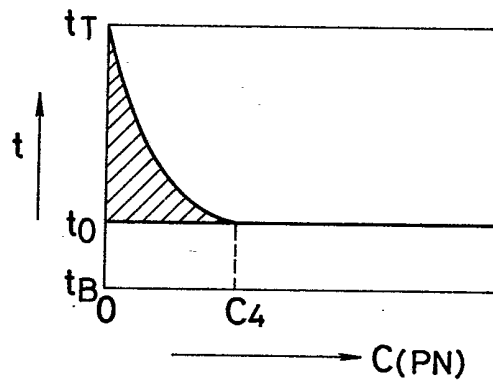


FIG. 14

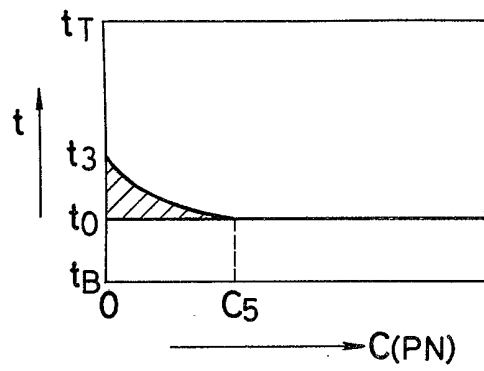


FIG. 15

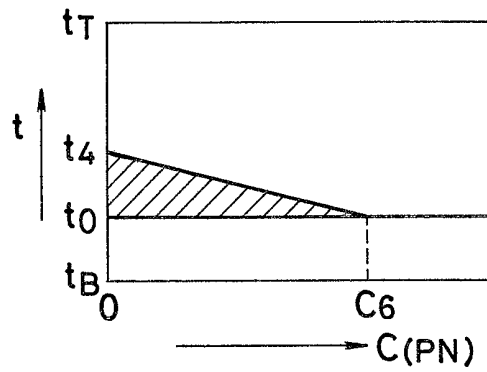


FIG. 16

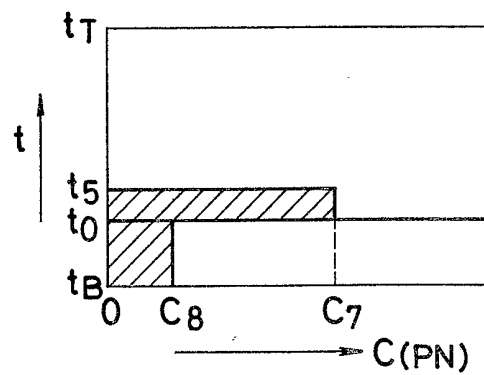


FIG.17

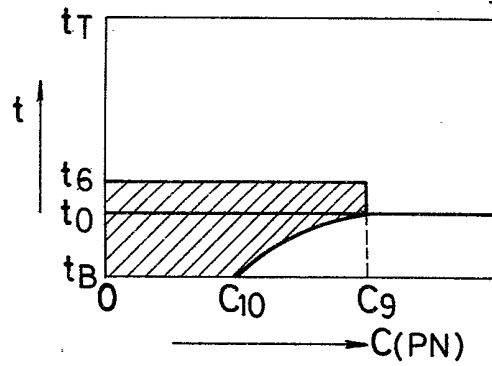


FIG.18

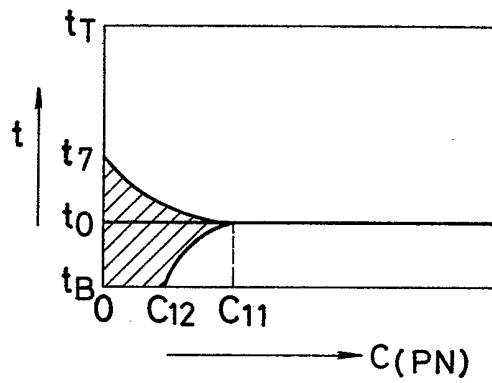


FIG.19

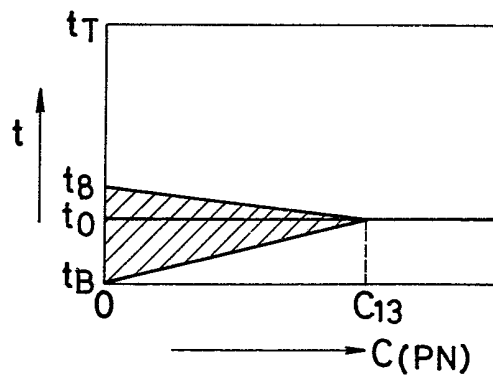


FIG. 20

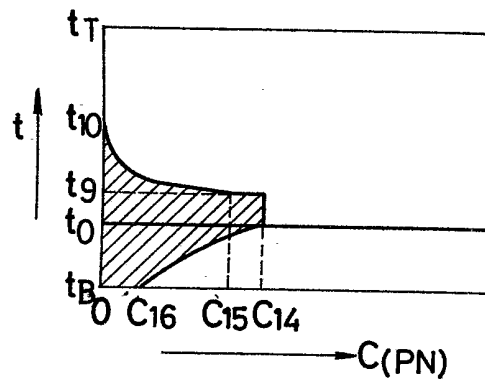


FIG. 21

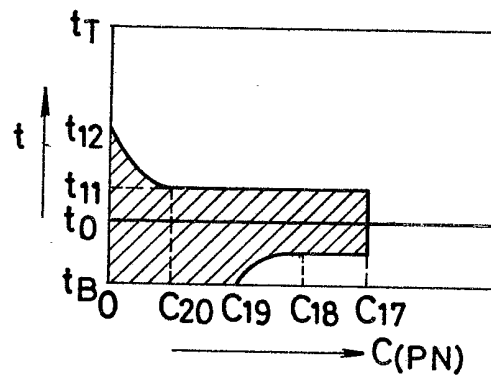


FIG. 22

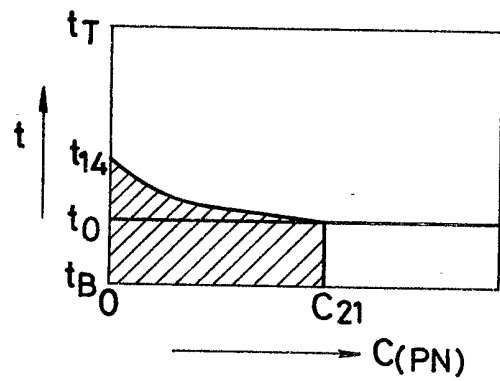


FIG. 23

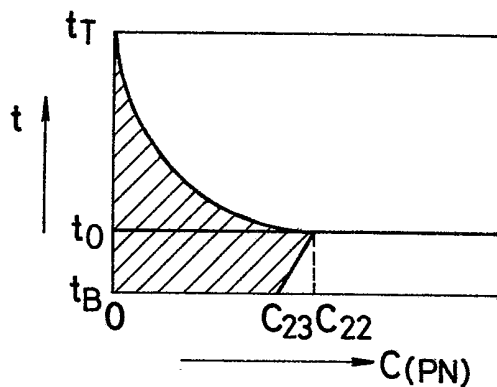


FIG. 24

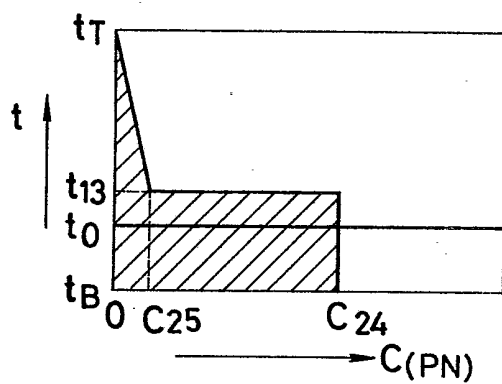


FIG. 25

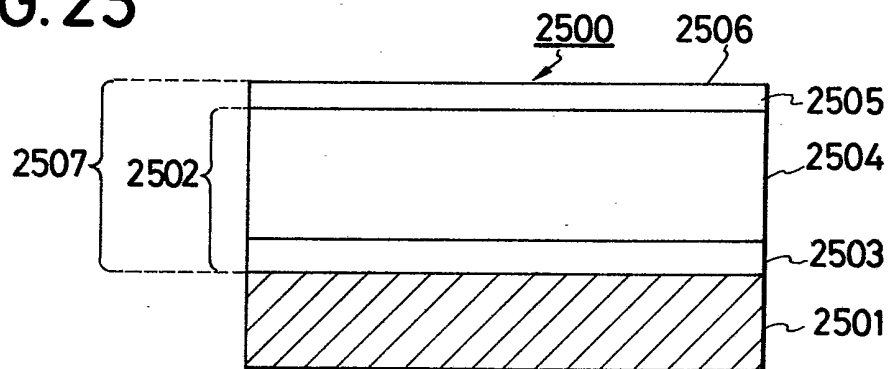


FIG. 26

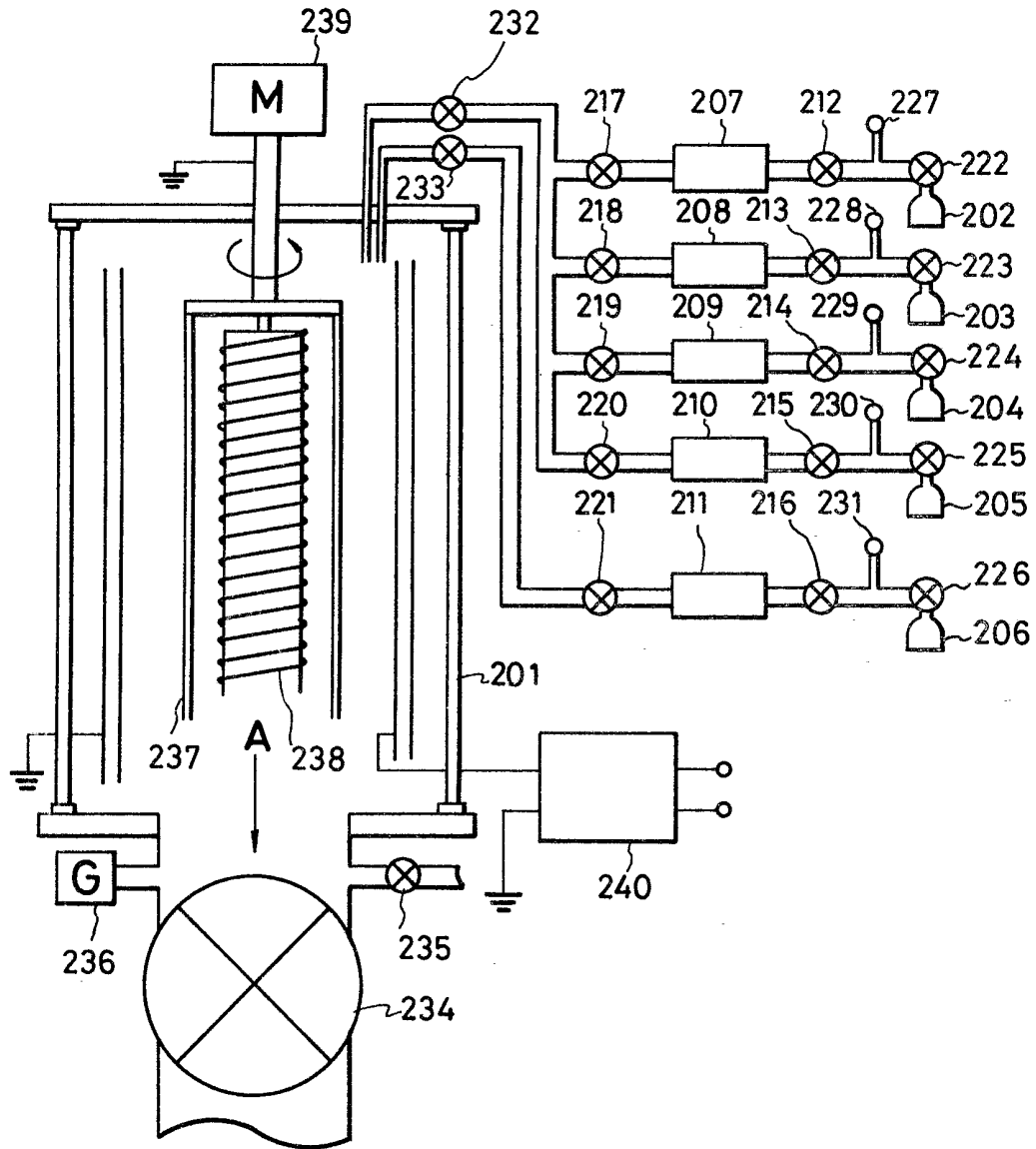


FIG.27

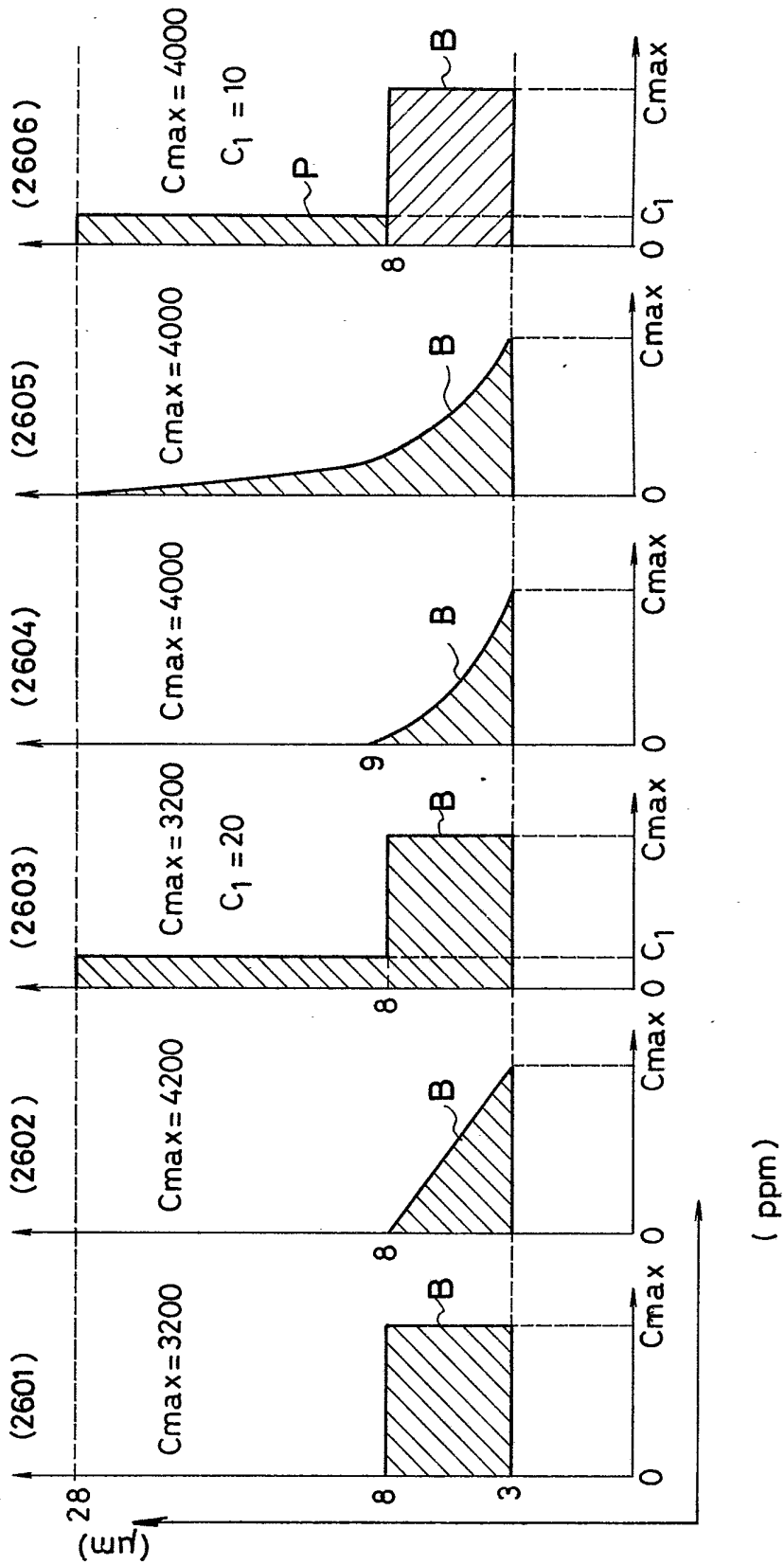


FIG.28

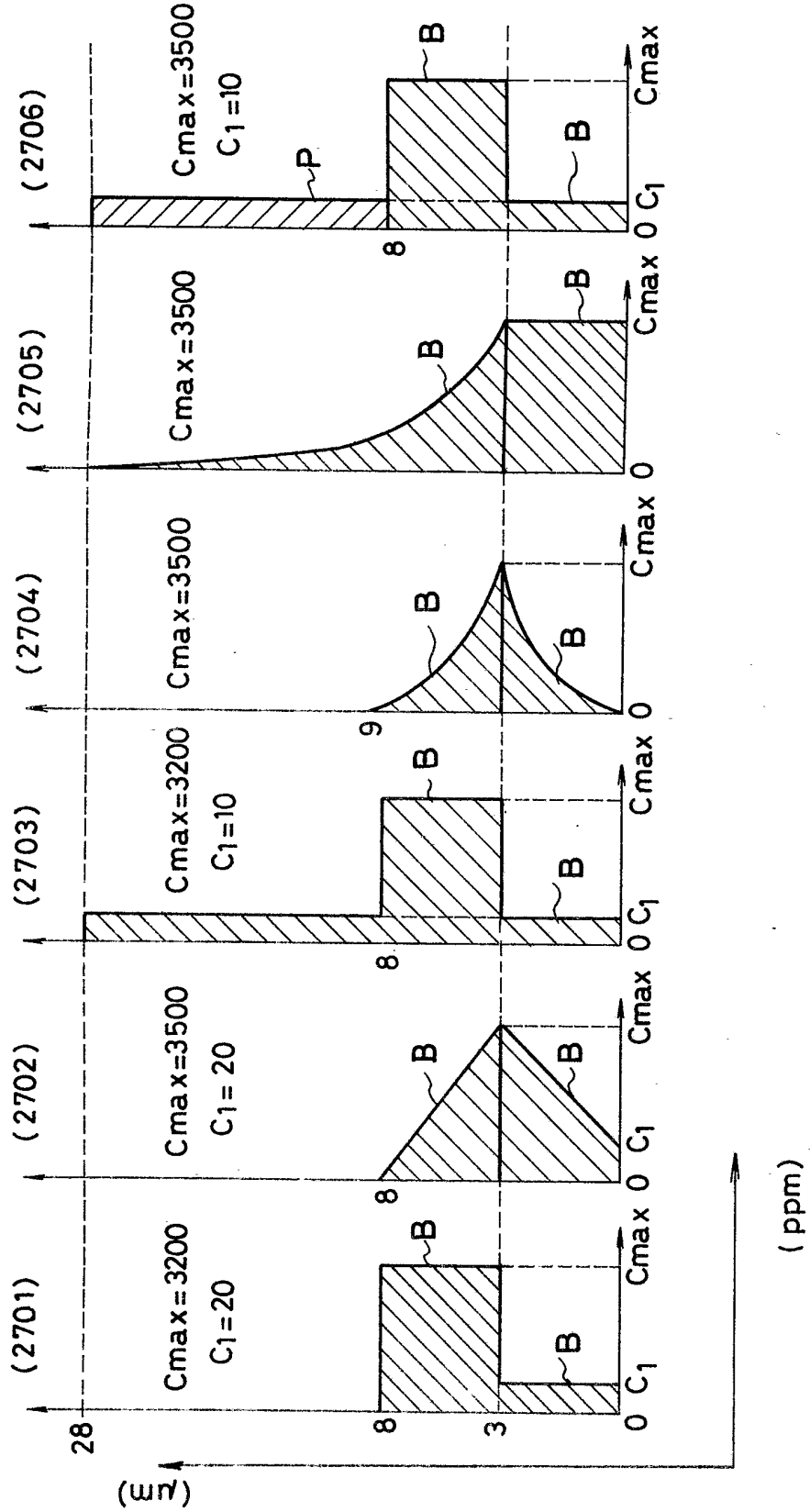


FIG. 29

