(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 573 916**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 17451**

(51) Int Cl⁴ : H 01 L 21/20, 29/04, 29/68; C 30 B 1/00.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 26 novembre 1985.

(30) **Priorité :** JP, 26 novembre 1984, n° 249 406/84; 30 novembre 1984, n° 252 882/84.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 22 du 30 mai 1986.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : SONY CORPORATION.* — JP.

(72) **Inventeur(s) :** Takashi Noguchi, Hisao Hayashi et Takefumi Ohshima.

(73) **Titulaire(s) :**

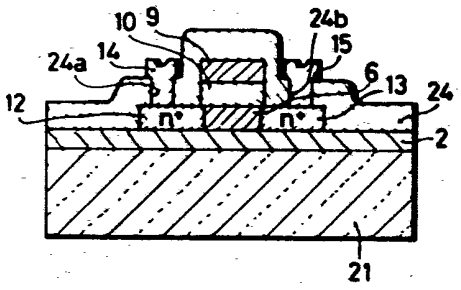
(74) **Mandataire(s) :** Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger.

(54) Procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et film ainsi obtenu.

(57) *a.* Procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et film ainsi obtenu.

b. Caractérisé en ce qu'on réalise un film semi-conducteur mince 3 sur un support prédéterminé 1, on implante des ions prédéterminés dans le film semi-conducteur 3 pour le transformer en un film semi-conducteur amorphe 4, on réduit l'épaisseur de ce film semi-conducteur amorphe 4 à une épaisseur prédéterminée et on recuit ce film semi-conducteur amorphe 4 pour provoquer une croissance en phase solide.

c. L'invention concerne un procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et un film ainsi obtenu.



FR 2 573 916 - A1

" Procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et film ainsi obtenu ".

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et le film semi-conducteur mince obtenu.

Arrière plan de l'invention :

Domaine de l'invention :

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince et plus particulièrement un procédé permettant de fabriquer un film de polysilicium pour un transistor en film mince TFT sur un support isolant ainsi que le film mince et les transistors ainsi obtenus.

Description de l'art antérieur :

De façon habituelle, un film de polysilicium pour réaliser un transistor en film mince sur polysilicium (appelé ci-après transistor de polysilicium TFT) se fabrique selon le procédé suivant. On réalise un film de polysilicium sur un support tel qu'un support de quartz en utilisant le procédé de dépôt chimique à la vapeur basse pression (procédé LPCVD) ou un procédé de dépôt chimique à la vapeur à pression atmosphérique (procédé APCVD). On implante des ions tels que des ions Si^+ dans le film de polysilicium pour transformer le film de polysilicium en un film amorphe ; puis, on effectue un traitement thermique ou une oxydation thermique pour

cristalliser le film amorphe. Selon ce procédé, on obtient des grains de cristal de grandes dimensions dans le film de polysilicium ainsi réalisé. Cependant, un transistor TFT utilisant un tel film de polysilicium présente une mobilité maximale des électrons μ d'environ 100 $cm^2/V \cdot sec$, ce qui n'est pas suffisant pour utiliser le silicium sur un isolant (SOI) (circuit intégré tridimensionnel). Si l'épaisseur du film de polysilicium réalisé par le procédé CVD est inférieure à 1000 Å, les grains de cristaux sont petits et la densité d'emprisonnement est importante. C'est pourquoi, ce film de polysilicium présente une faible mobilité des ions μ et une faible durée de vie τ. De plus, le film de polysilicium a une conductivité électrique $\sigma \neq \sigma_0 \exp(-E_a/kT)$ (formule dans laquelle E_a est l'énergie d'activation et T est la température absolue) à la température ambiante et ne présente pas une conduction d'activation. La conductivité électrique suit la règle de la plage variable donnée par :

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-AT^{-1/4})$$

Il en résulte que le film de polysilicium décrit ci-dessus présente de mauvaises caractéristiques électriques.

On peut également utiliser un traitement thermique au laser pour fabriquer un film de polysilicium. Selon ce procédé, on réalise un film de silicium amorphe par dépôt sur un support et on irradie avec un faisceau laser pour développer des grains de cristaux. Toutefois, le film de polysilicium fabriqué selon ce procédé présente de mauvaises caractéristiques électriques. A titre d'exemple lorsqu'on utilise un film de ce type pour fabriquer un transistor TFT, on a un courant de fuite important. De plus, il est difficile de réaliser l'uniformité pour fabriquer un film de polysilicium de dimensions importantes selon ce procédé.

Pour réaliser une application SOI avec une plus forte mobilité des électrons μ, il faut augmenter la dimension des grains des cristaux du film de polysilicium et améliorer leur orientation. De plus pour simplifier la conception du dispositif, il faut pouvoir régler facilement la dimension et l'orientation des grains des cristaux et en même temps il faut réaliser une uniformité plane du film. Malgré différentes tentatives utilisant un laser ou d'autres procédés, on n'a pu réaliser de façon uniforme des films de polysilicium ayant des grains de cristaux de dimensions suffisamment importantes et une bonne orientation des grains des cristaux.

Un transistor TFT selon l'art antérieur est donné à titre d'exemple dans le document relatif à la 45ème Conférence de Japan Society of Applied Physics (1984), n°. 14p-A-4 jusqu'à 14p-A-6, pages 407 à 408. Ce document antérieur décrit un perfectionnement d'un transistor TFT de polysilicium dont les caractéristiques des transistors sont perfectionnées par rapport à celles d'un film de polysilicium ultra-mince, ces perfectionnements se trouvant dans l'effet de croissance des grains de cristaux en phase solide et les caractéristiques de conduction d'un film de polysilicium ultra-mince obtenu par oxydation thermique ainsi qu'un perfectionnement des caractéristiques du transistor obtenu par un recuit d'une structure dans une atmosphère d'hydrogène à une température de 400°C après réalisation du film Si_3N_4 par le procédé de dépôt à la valeur au plasma CVD sur le transistor TFT de polysilicium extra-mince pour obtenir une telle structure.

BUT ET RESUME DE L'INVENTION :

La présente invention a pour but de créer un procédé pour réaliser un film semi-conducteur mince remédiant aux inconvénients des solutions connues.

La base de la présente invention sera décrite ci-après. Selon C.V. Thompson & Henry I. Smith (MIT, Apl., 44, P603 (1984)), un rayon $r_s(=d_s/2)$ d'un grain de cristal secondaire développé par le recuit est donné par la formule suivante

$$(r_s - r_n) \propto t/h$$

dans cette formule d_n est le diamètre d'un grain de cristal primaire représenté à la figure 1 ; h est l'épaisseur de ce grain et t est le temps de recuit. Comme cela résulte de la relation donnée ci-dessus, le développement du grain de cristal secondaire est proportionnel au temps de recuit t mais inversement proportionnel à l'épaisseur h. La croissance du grain de cristal secondaire se réalise en réduisant au minimum l'énergie anisotropique de surface. A titre d'exemple, on implante des ions tels que des ions Si^+ d'un film de polysilicium pour obtenir provisoirement un film de silicium amorphe. L'épaisseur de ce film de silicium amorphe est alors diminuée, puis on effectue un recuit de longue durée pour engendrer un développement en phase solide et obtenir ainsi des grains de cristaux primaires. Puis, on développe des grains de cristaux secondaires en fonction de la relation de proportionalité décrite ci-dessus.

La présente invention a été faite à partir des constatations ci-dessus.

Selon l'invention, on a un procédé pour réaliser un film semi-conducteur mince, ce procédé comportant les étapes suivantes : on réalise un film semi-conducteur mince sur un support prédéterminé ; on implante des ions prédéterminés dans le film semi-conducteur mince pour transformer ce film semi-conducteur mince en un film semi-conducteur amorphe, mince ; on diminue l'épaisseur du film semi-conducteur amorphe mince jusqu'à une épais-

seur prédéterminée ; on recuit le film semi-conducteur amorphe mince pour engendrer un développement en phase solide.

Selon le procédé décrit ci-dessus, on obtient de façon uniforme et à faible température, un film semi-conducteur polycristallin mince, de grandes dimensions, avec des dimensions des grains de cristaux plus importantes que celles des grains de cristaux classiques et une bonne orientation des grains de cristaux. Il est ainsi possible d'utiliser un tel film semi-conducteur mince pour la fabrication d'un dispositif semi-conducteur en film mince ayant d'excellentes caractéristiques électriques.

DESCRIPTION RESUMEE DU DESSIN :

La présente invention sera décrite de façon plus détaillée à l'aide des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un grain de cristal primaire servant à expliquer le développement d'un grain de cristal primaire en un grain de cristal secondaire.

- les figures 2A-2H sont des vues en coupe servant à expliquer les étapes de fabrication d'un transistor TFT en polysilicium en film ultra-mince selon le procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince correspondant au premier mode de réalisation de la présente invention.

- les figures 3A-3F sont des vues en coupe servant à expliquer les étapes de fabrication d'un transistor TFT de polysilicium en film ultra-mince selon le procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince selon un second mode de réalisation de l'invention.

- la figure 4 est un graphique montrant le spectre de réflexion d'un film de silicium amorphe hydrogéné après différents traitements selon le second mode de réalisation.

- la figure 5 est un graphique analogue au graphique de la figure 4 montrant le spectre de réflexion d'un film de silicium amorphe réalisé par un procédé de dépôt, après différents traitements.

- la figure 6 est un graphique montrant la conductivité électrique d'un film de polysilicium réalisé selon le second mode de réalisation, en fonction de la température.

DESCRIPTION DETAILLEE DE DIFFERENTS MODES DE REALISATION PREFERENTIELS :

Les modes de réalisation préférentiels mettant en oeuvre le procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince selon l'invention pour réaliser des transistors TFT de polysilicium en film ultra-mince seront décrits ci-après à l'aide des dessins annexés.

Un premier mode de réalisation de l'invention sera décrit ci-après.

Selon la figure 2A, on réalise un film 2 de silice SiO_2 sur un support de quartz 1 et un film de polysilicium 3 (les grains des cristaux portent la référence 3a) ayant une épaisseur en général de l'ordre de 800 Å en utilisant le procédé LPCVD, sur le film 2 de silice SiO_2.

On implante une impureté électriquement inactive c'est-à-dire Si^+ dans le film de polysilicium 3 suivant une énergie d'accélération de 40 keV et un dosage de $1,5 \times 10^{15} cm^{-2}$ pour transformer le film de polysilicium 3 en un film de silisium amorphe 4 comme représenté à la figure 2B.

Après lavage de la structure obtenue à l'aide d'un liquide de nettoyage RCA ($H_2O : H_2O_2 : NH_3 = 7 : 2 : 1$), on attaque légèrement le film de silicium amorphe 4 à l'aide d'une solution d'attaque chimique, prédéterminée (H_2O : SOI = 15 : 1), pour obtenir un film de silicium amorphe mince ayant une

épaisseur en général de l'ordre de 200 Å comme représenté à la figure 2C. Puis, on dépose un film 5 de silice SiO_2 selon le procédé LPCVD sur le film de silicium amorphe 4.

La structure obtenue est recuite dans une atmosphère de N_2 à une température par exemple de l'ordre de 1000°C pendant 100 heures. Ce recuit engendre un développement des grains en phase solide dans le film de silicium amorphe 4. Il en résulte un film de polysilicium 6 comme celui représenté à la figure 2D. Le film de polysilicium 6 présente des grains de cristaux 6a très grands et une orientation (100) ayant une énergie de surface minimale. Puis, on attaque chimiquement le film 5 de silice SiO_2 et on l'enlève.

Comme représenté à la figure 2E, on attaque chimiquement une partie prédéterminée du film de polysilicium 6 pour obtenir un schéma déterminé. Puis, on dépose successivement un film de silice SiO_2, 7 et un film de polysilicium dopé en impuretés 8 (film DOPOS) en utilisant le procédé LPCVD, sur toute la surface.

Les parties prédéterminées du film DOPOS 8 et du film 7 de silice SiO_2 sont attaquées séquentiellement pour obtenir une électrode de porte 9 ayant un schéma DOPOS prédéterminé ainsi qu'un film d'isolation 10 ayant un schéma de silice SiO_2 prédéterminé comme cela est représenté à la figure 2F.

Selon la figure 2G, on dépose un film de verre de phosphosilicate 11 (PSG) pour recouvrir toute la surface. Le film PSG 11 est recuit à une température de l'ordre de 1000°C pour diffuser les atomes de phosphore (P) du film PSG 11 dans le film de polysilicium 6 et réaliser ainsi une région de source 12 de type n^+ et une région de drain 13 de type n^+.

Puis comme représenté à la figure 2H, on attaque chimiquement des parties prédéterminées du film PSG 11 pour former des trous de contact 11a et

11b. On réalise des schémas d'électrode en aluminium 14 et 15 à travers les trous de contact respectifs 11a et 11b. On obtient ainsi un transistor TFT de polysilicium en film ultra-mince.

Selon le premier mode de réalisation, le film de polysilicium 6 a une dimension des grains de cristaux supérieure à la dimension habituelle. La mobilité des électrons μ du transistor TFT réalisé en utilisant ce film de polysilicium 6 peut être supérieure à celle d'un transistor TFT classique. C'est pourquoi, le transistor TFT selon ce premier mode de réalisation présente de meilleures caractéristiques électriques que celles du transistor TFT classique, ce qui permet de l'utiliser pour un circuit SOI. En outre en plus de la dimension importante des grains des cristaux, l'orientation des grains de cristaux dans le film de polysilicium 6 selon ce mode de réalisation est plus uniforme que celle du film de polysilicium réalisé selon le procédé classique ; ainsi, le film de polysilicium 6 obtenu est analogue à un film de silicium monocristallin. La dimension et l'orientation des grains de cristaux du film de polysilicium 6, de dimensions importantes, obtenu selon le mode de réalisation ci-dessus sont essentiellement uniformes sur toute la surface et peuvent se contrôler facilement, ce qui simplifie la conception du dispositif.

Un second mode de réalisation de la présente invention sera décrit ci-après.

Comme représenté à la figure 3A, on réalise un film 2 de silice SiO_2 sur un support en verre 21 tel que du verre TENPAX, PYREX ou NA-40 (marques de fabrique) ayant un faible point de fusion. On réalise un film de silicium amorphe 22 hydrogéné d'une épaisseur en général de 800 Å sur le film 2 de silicium SiO_2 par un procédé de décomposition à décharge par arc utilisant

du gaz SiH_4 (le gaz SiH_4 est à une concentration de 10 %) dilué dans de l'argon Ar gazeux et sous une tension de fréquence radio 13,56 MHz à une température de support égale à 180°C.

On implante des ions électriquement inactifs tels que des ions Si^+ ou F^+ dans le film de silicium amorphe 22 hydrogéné avec une énergie d'accélération de 40 keV (plage de projection $R_p \simeq 550$ Å) et un dosage de $1,5 \times 10^{15} cm^{-2}$ pour transformer le film de silicium amorphe hydrogéné 22 en un film essentiellement amorphe.

Après avoir réduit l'épaisseur du film de silicium amorphe 22 à une épaisseur d'environ 200 Å comme dans le premier mode de réalisation, on recuit la structure obtenue dans une atmosphère d'azote N_2 dans un four de recuit à une température en général de 600°C pendant environ 15 heures. Ce recuit entraîne le développement des grains en phase solide du film de silicium amorphe hydrogéné 22. Il en résulte un film de polysilicium 6 tel que celui représenté à la figure 3B.

Selon la figure 3C, on attaque chimiquement une partie prédéterminée du film de polysilicium 6 pour obtenir un schéma donné. On dépose un film 7 de silice SiO_2 selon le procédé LPCVD pour recouvrir toute la surface. Puis, on forme un film 23 Mo par le procédé de pulvérisation sur la surface du film 7 de silice SiO_2.

On attaque successivement des parties prédéterminées du film 23 Mo et du film 7 SiO_2 pour obtenir l'électrode de porte 9 ayant un schéma Mo prédéterminé et un film isolant de porte 10 de schéma SiO_2 prédéterminé comme représenté à la figure 3D. Puis, en utilisant l'électrode de porte 9 et le film d'isolation de porte 10 comme des masques, on implante des ions P^+ dans le film de polysilicium 6 (les atomes P dans le film de polysilicium 6 sont représentés par des petits cercles).

Comme représenté à la figure 3E, on effectue le recuit à une température qui est en général de l'ordre de 600°C pour activer électriquement les atomes P et former une région de source 12 de type n^+ et une région de drain 13 de type n^+.

Puis, comme représenté à la figure 3F, on réalise un film 24 de silice SiO_2 comme film de passivation et on attaque chimiquement des parties prédéterminées du film 24 de silice SiO_2 pour former les trous de contact 24a et 24b. On réalise des schémas d'électrode en aluminium 14 et 15 à travers les trous de contact 24a et 24b pour préparer ainsi un transistor TFT de polysilicium en film ultra-mince.

La figure 4 montre le spectre de réflexion mesuré pour un film de silicium amorphe 24 hydrogéné immédiatement après le dépôt (courbe A) d'un film de silicium amorphe hydrogéné 22 après l'implantation d'ions Si^+ (courbe B) d'un film de silicium amorphe 22 hydrogéné après l'implantation d'ions Si^+ et le recuit à une température de 600°C pendant 15 heures (c'est-à-dire le film de polysilicium 6) (courbe D) selon le second mode de réalisation. On a également tracé à la figure 4 le spectre de réflexion du film de silicium amorphe hydrogéné 22 après un recuit pendant 15 heures à une température de 600°C sans implantation d'ions Si^+ (courbe C).

Comme cela découle de la figure 4, on a un pic d'absorption (traduisant la cristallisation) du silicium pour une longueur d'onde $\lambda = 280$ nm par suite de la transition de la bande $X_1 - X_4$ seulement pour la courbe D mais non pour la courbe C. Pour cette raison, on a trouvé que l'on obtenait le film de polysilicium seulement si l'on réalisait séquentiellement l'implantation d'ions Si^+ ou analogue, puis si l'on procédait à un recuit après avoir réalisé le film de

silicium amorphe hydrogéné 22 comme décrit dans le second mode de réalisation.

Le spectre de réflexion du film de silicium amorphe qui ne contient pas de l'hydrogène et est formé par un procédé de dépôt utilisant un canon à électrons à une température de support égale à 150°C est représenté à la figure 5 de façon analogue à la figure 4. Il découle de la figure 5 qu'il n'y a pas de pic d'absorption pour la longueur d'onde λ = 280 nm puisqu'il existe une bande de transition $X_1 - X_4$ dans les courbes E-H. C'est pourquoi, l'effet de croissance du grain de cristal ne se produit pratiquement pas dans le film de silicium amorphe qui ne contient pas d'hydrogène et qui est réalisé selon le procédé de dépôt ci-dessus.

La conductivité électrique σ du film de polysilicium 6 réalisé comme décrit ci-dessus en fonction de la température est représentée à la figure 6. Comme cela apparaît à la figure 6, on a une ligne polygonale dans le graphique donnant la conductivité électrique σ en fonction de la température. La conductivité électrique σ du film de polysilicium 6 à la température ambiante ou supérieure à celle est donnée par la formule suivante :

$$\sigma = 1{,}505e^{4}\exp((-q/kT) \cdot 0{,}592)$$

Cependant, la conductivité électrique σ du film de polysilicium 6 pour les températures inférieures à la température ambiante est donnée par la relation :

$$\sigma = 2{,}818e^{3}\exp((-q/kT)\ \ 0{,}548)$$

Bien que le film de polysilicium 6 présente des conductivités électriques différentes en fonction de la différence de température (c'est-à-dire des niveaux d'énergie

d'activation différents), on peut obtenir des conductivités électriques de type à activation. Les caractéristiques électriques du film de polysilicium 6 sont de ce fait bien meilleures à celles du film de polysilicium classique.

Selon le second mode de réalisation, on peut réaliser sur le support en verre 21 à faible point de fusion, un film de polysilicium 6 ayant de bonnes caractéristiques électriques. Le film de silicium amorphe 22, hydrogéné est d'abord fabriqué, puis on implante des ions Si^+, puis on recuit pour réaliser un développement des grains en phase solide pour obtenir un film de polysilicium 24 de grandes dimensions et uniforme. C'est pourquoi, le transistor TFT selon le second mode de réalisation qui utilise le film de polysilicium 6 présente une mobilité d'électrons μ, élevée et un faible courant de fuite. Lorsqu'on réalise un réseau TFT sur un seul support, les transistors TFT peuvent avoir des caractéristiques électriques identiques.

Le procédé de réalisation du film de polysilicium selon le second mode de réalisation peut également s'utiliser à la fabrication d'un film de polysilicium pour du câblage ou une matière de porte pour un transistor MOS et pour la technique SOI ci-dessus pour réaliser une couche de silicium cristallisée sur un support isolant.

Le mécanisme selon lequel on obtient un film de polysilicium 6 à bonnes caractéristiques électriques n'a pas été expliqué de façon approfondie ; on peut supposer ce qui suit : les ions Si^+ sont implantés dans le film de silicium amorphe 22, hydrogéné, en procédant par une méthode de décomposition par décharge à incandescence pour modifier la structure du réseau des atomes de silicium dans le film de silicium amorphe 22 hydrogéné et obtenir un état amorphe différent de celui

que l'on obtient immédiatement après la formation du film. Il en résulte une diminution de l'énergie d'activation nécessaire pour la cristallisation, donnant des conditions de développement avantageuses des noyaux au cours de la croissance des grains en phase solide par recuit.

La présente invention est donnée à titre d'exemple dans les deux modes de réalisation décrits ci-dessus sans toutefois être limitée à ces modes de réalisation. Différentes variantes et modifications peuvent être faites dans le cadre et dans l'esprit de l'invention. Dans le premier mode de réalisation, on a fait une attaque par voie humide utilisant un mélange en solution de H_2O et de SOl pour diminuer l'épaisseur du film de silicium amorphe 4. Toutefois, on pourrait également utiliser une attaque chimique par voie humide utilisant une solution de KOH ou d'acide phosphorique concentré. L'attaque à sec telle qu'une attaque par ions réactifs (procédé (RIE) peut également s'utiliser à cet effet. En outre, le film de silicium amorphe 4 peut être oxydé thermiquement pour diminuer son épaisseur. A titre d'exemple pour obtenir un film de silicium amorphe 4 d'une épaisseur de 200 Å selon le premier mode de réalisation, on peut faire une oxydation thermique à une température de 1000°C pendant 150 minutes. L'épaisseur du film de silicium amorphe 4 est de préférence égale à 300 Å ou inférieure à cette épaisseur pour augmenter la dépendance par rapport à l'énergie de surface au cours du recuit et diminuer ainsi la dimension des grains des cristaux et améliorer l'orientation de ces grains.

Dans le premier mode de réalisation, le film de polysilicium 6 a une orientation dans le réseau cristallographique égale à (100). Toutefois pour obtenir un film de polysilicium 6 ayant une orientation (111), on fait un recuit sans réaliser le film 5 de silice SiO_2 sur le film de silicium amorphe 4. Si l'on ne réalise

pas le film 5 de silice SiO_2, l'énergie de surface est minimale pour l'orientation (111).Si l'on diminue l'épaisseur du film de silicium amorphe 4 par le procédé d'oxydation terminé décrit ci-dessus, on fait le recuit pendant que le film de silice SiO_2 est réalisé à la surface du film de silicium amorphe 4 donnant un film de polysilicium 6 ayant pour orientation (100). Cependant, si le recuit est fait après l'attaque chimique du film 6 de silice SiO_2, on peut obtenir un film de polysilicium 6 ayant une orientation (111).

Dans le premier mode de réalisation, la température de recuit pour la croissance des grains en phase solide n'est pas limitée à 1000°C ; elle peut être modifiée en fonction du type de support. Les types d'ions pour transformer le film de polysilicium 3 en un film amorphe ne sont pas limités aux ions Si^+ et F^+ ; ces types peuvent être étendus à d'autres espèces le cas échéant. Le dosage des ions varie en combinaison avec la température de recuit ; elle tombe de préférence dans la plage comprise entre 5×10^4 et $10^{16} cm^{-2}$. Le dosage de 5×10^{14} cm^{-2} est le dosage préférentiel pour une température de recuit de 600°C et une durée de recuit de 15 heures. Le support n'est pas limité à un support de quartz ; il peut être développé à d'autres supports. A titre d'exemple, on peut utiliser un support de silicium.

Dans le second mode de réalisation, on obtient un film de silicium amorphe contenant de l'hydrogène en utilisant le procédé de décomposition par décharge à incandescence. Toutefois, on peut utiliser un procédé CVD léger ou un procédé de pulvérisation avec du gaz SiH_4. On peut également ajouter du gaz PH_3 ou B_2H_6 au gaz SiH_4 pour le procédé de décomposition à décharge par incendescence ci-dessus ou encore le procédé CVD léger pour obtenir un film de silicium amorphe dopé en impuretés. De façon analogue, on peut utiliser une

cible composée, contenant des impuretés selon le procédé de pulvérisation pour former un film de silicium amorphe, dopé en impuretés. Il est à remarquer que le développement du grain en phase solide peut se faire facilement si des impuretés telles que B ou P sont contenues dans le film de silicium amorphe.

De plus, le film de silicium amorphe 22, hydrogéné est soumis à un développement de grains en phase solide par recuit pour former le film de polysilicium 6. Puis, on réalise un film Si_3N_4 d'une épaisseur en général de 5000 Å par un procédé de plasma CVD sur le film de polysilicium 6 à une température de support égale à environ 260°C. La structure obtenue est recuite à une température de 400°C pendant environ 1 heure, de sorte que l'hydrogène est dopé à partir du film Si_3N_4 pour donner le film de polysilicium 6 et l'hydrogène rempli des pièges pour diminuer la densité des pièges à la frontière des grains des cristaux ; on obtient ainsi un film de polysilicium ayant de meilleures caractéristiques électriques.

Dans le second mode de réalisation décrit ci-dessus, le recuit se fait pour un développement des grains en phase solide dans la surface de recuit. Toutefois, le chauffage peut également être fait par une lampe. En outre à titre d'exemple, si l'on recuit au plasma à l'hydrogène à une température d'environ 450°C pendant plusieurs heures, on obtient un film de polysilicium 6 contenant une quantité suffisante d'hydrogène et ayant d'excellentes caractéristiques électriques.

La température de recuit varie en fonction du type de support. Pour éviter que l'hydrogène ne soit émis à l'extérieur du film pendant le recuit et pour arriver à un procédé à basse température, il est préférable que la température de recuit soit égale à 600°C ou moins.

L'implantation ionique d'ions Si^+

ou analogue pour transformer le film de polysilicium en un film amorphe peut se faire dans des conditions différentes de celles des modes de réalisation ci-dessus. Le support n'est pas limité à un support en verre ; il peut s'agir d'autres supports tels que des supports en quartz.

REVENDICATIONS

1°) Procédé de fabrication d'un film semi-conducteur mince, procédé caractérisé en ce qu'on réalise un film semi-conducteur mince (3) sur un support prédéterminé (1), on implante des ions prédéterminés dans le film semi-conducteur (3) pour le transformer en un film semi-conducteur amorphe (4), on réduit l'épaisseur de ce film semi-conducteur amorphe (4) à une épaisseur prédéterminée et on recuit ce film semi-conducteur amorphe (4) pour provoquer une croissance en phase solide.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le film semi-conducteur mince contient de l'hydrogène.

3°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le film semi-conducteur mince est un film de polysilicium.

4°) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le film semi-conducteur mince est un film de silicium amorphe.

5°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le film semi-conducteur amorphe, mince a une épaisseur qui ne dépasse pas 300 Å après diminution de son épaisseur.

6°) Film mince et transistor en film mince, caractérisés en ce qu'ils sont obtenus par la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

FIG. 1

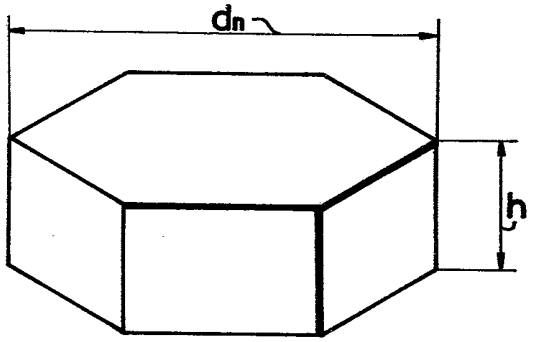


FIG. 2A

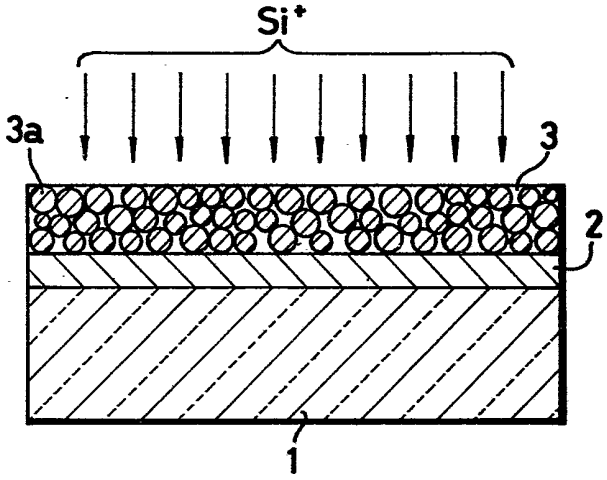


FIG. 2B

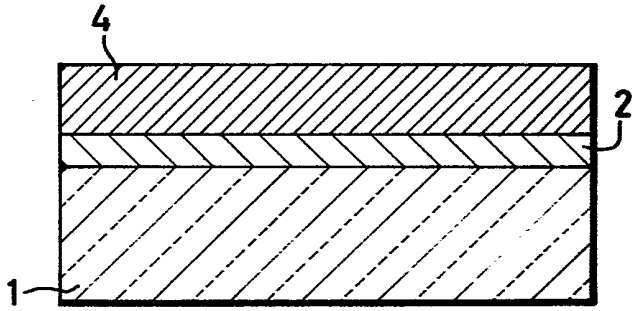


FIG.2C

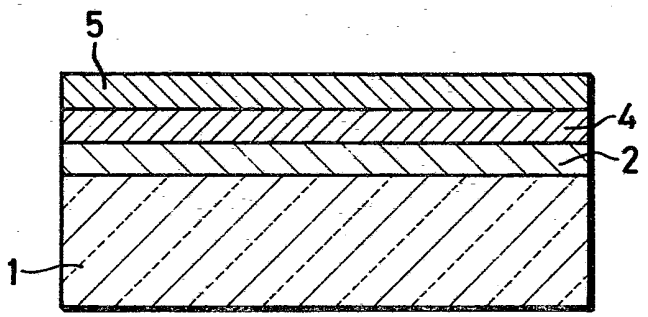


FIG.2D

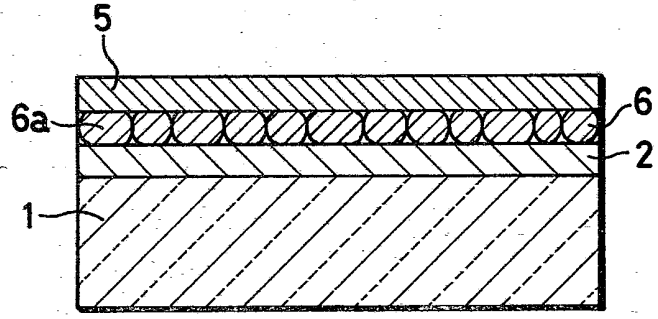


FIG.2E

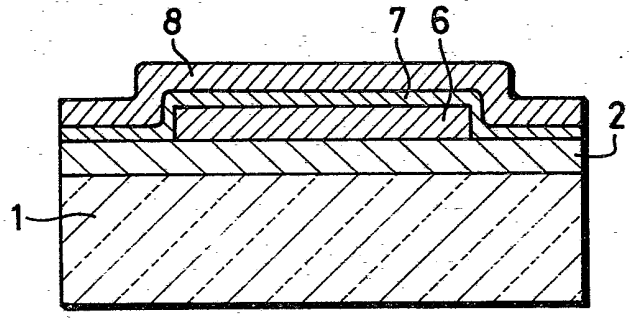


FIG. 2F

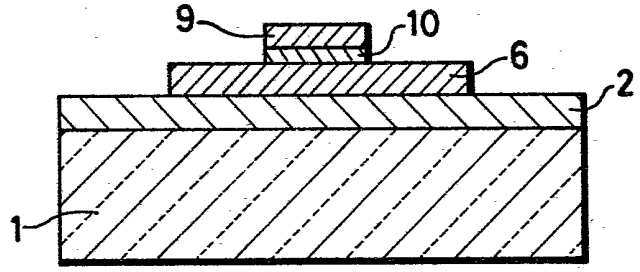


FIG. 2G

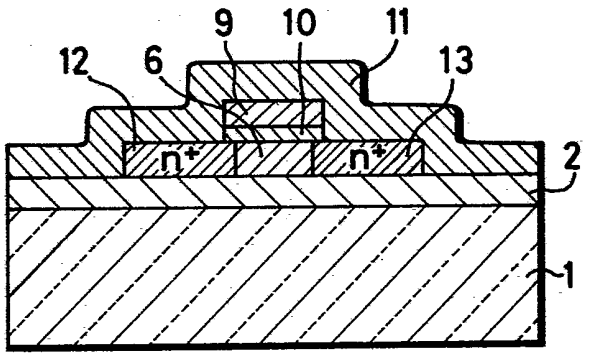


FIG. 2H

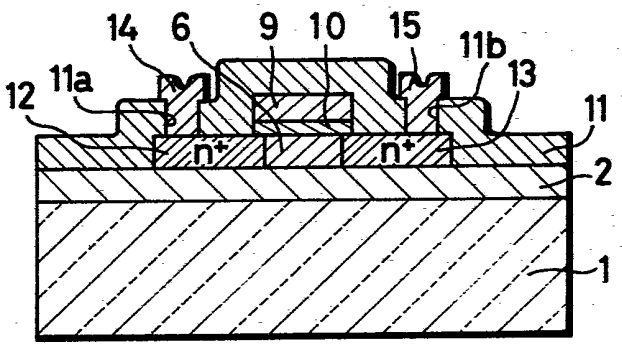


FIG. 3A

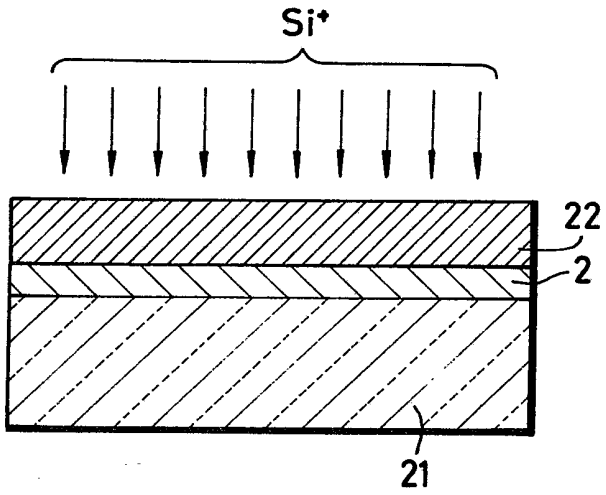


FIG. 3B

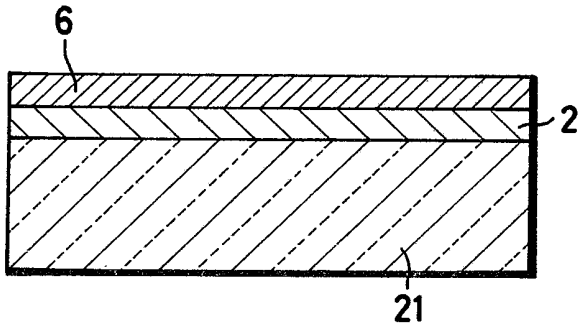


FIG. 3C

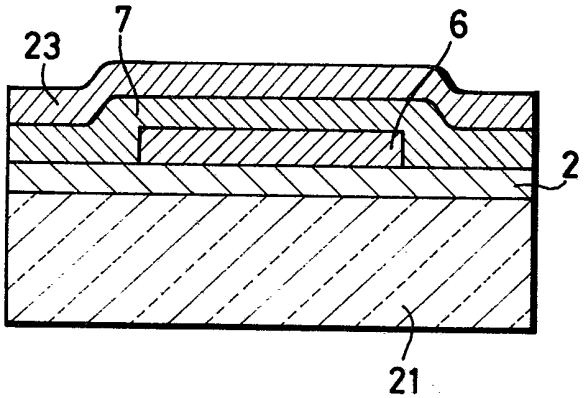


FIG. 3D

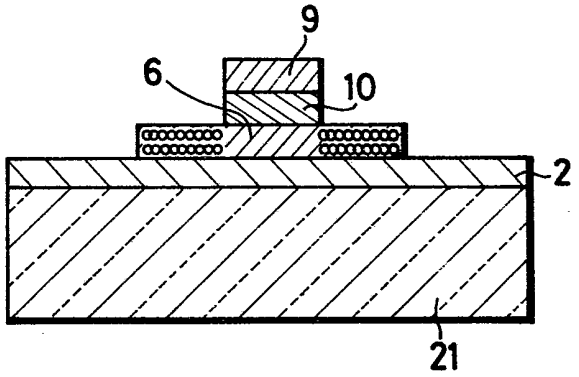


FIG. 3E

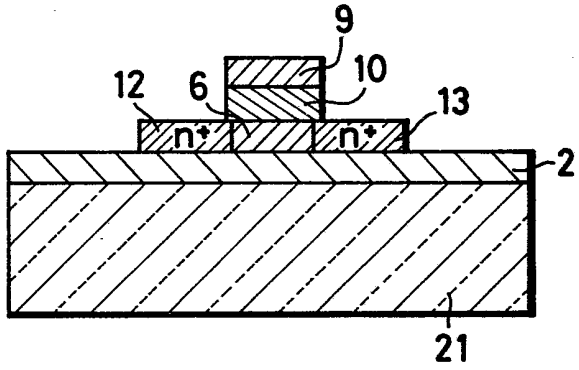


FIG. 3F

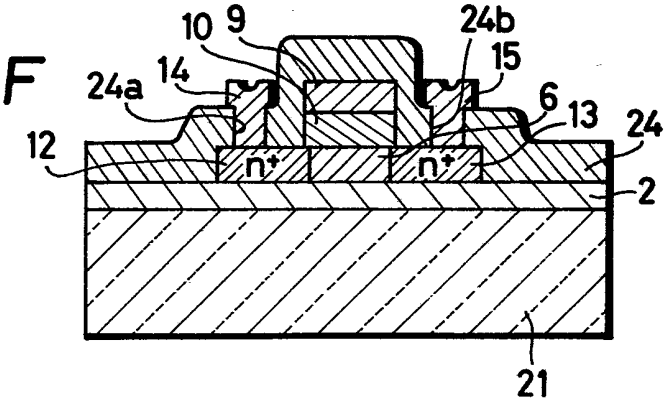


FIG.4

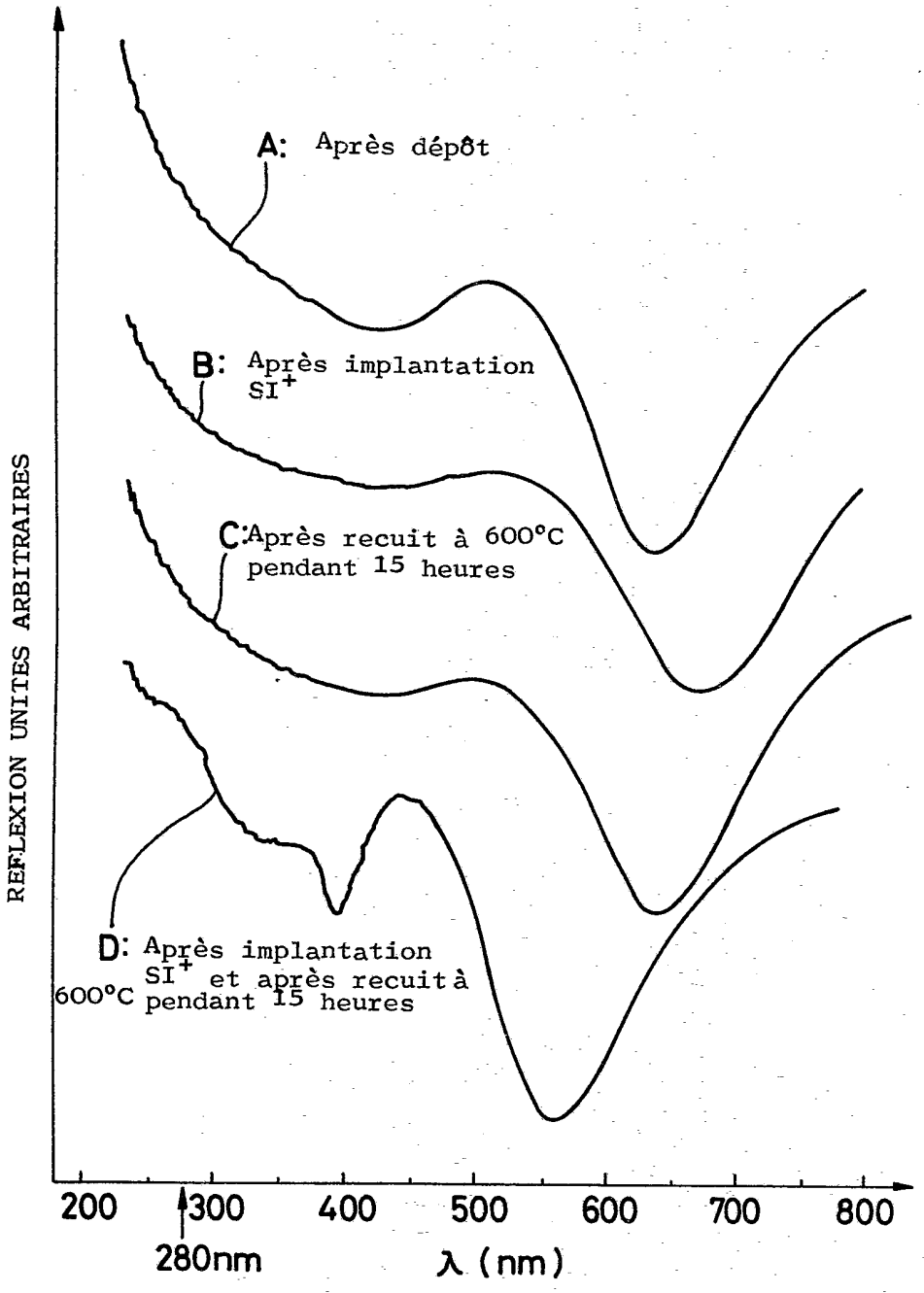

A: Après dépôt
B: Après implantation SI+
C: Après recuit à 600°C pendant 15 heures
D: Après implantation SI+ et après recuit à 600°C pendant 15 heures
REFLEXION UNITES ARBITRAIRES
200
300
400
500
600
700
800
280nm
λ (nm)

FIG.5

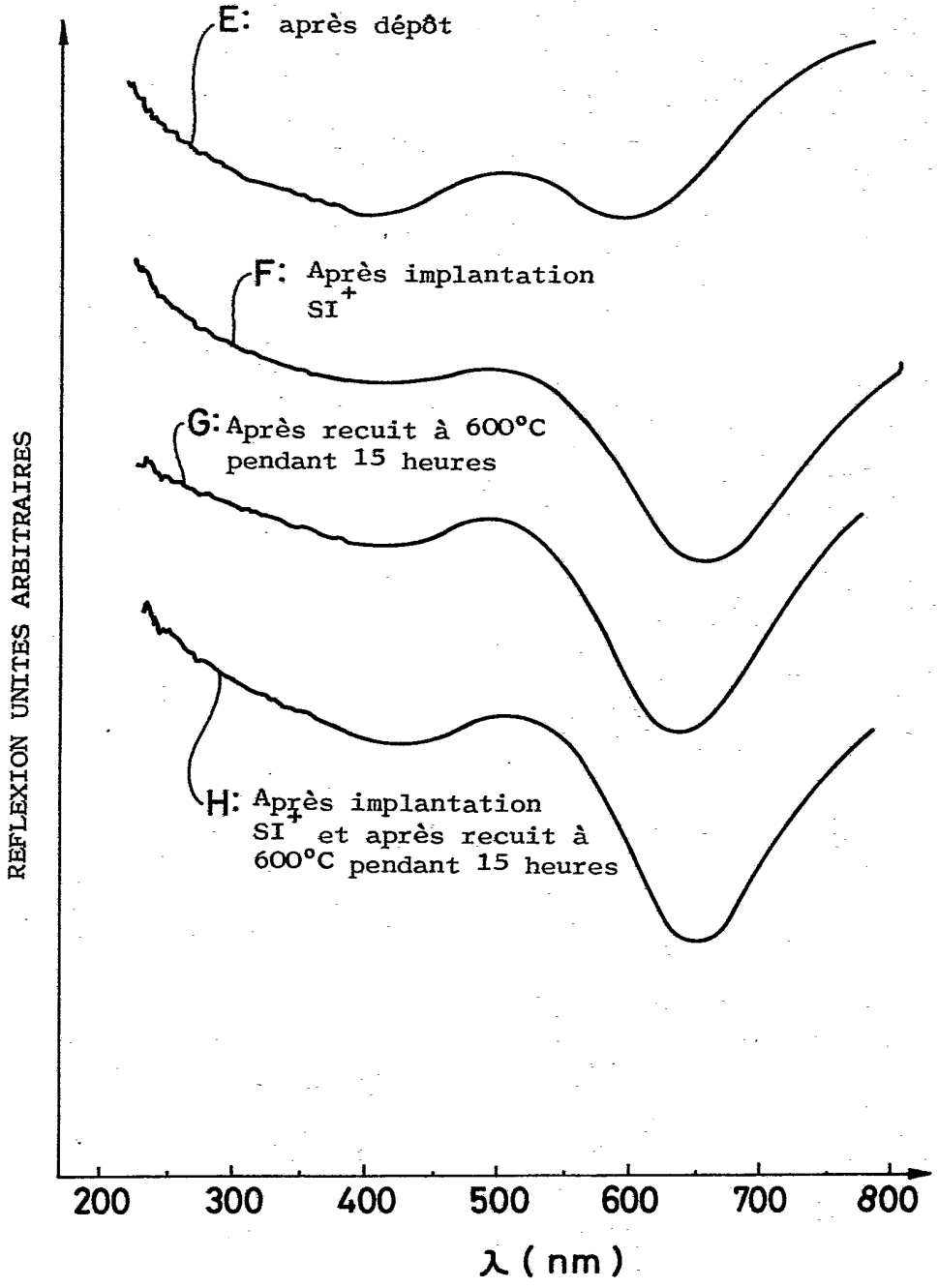
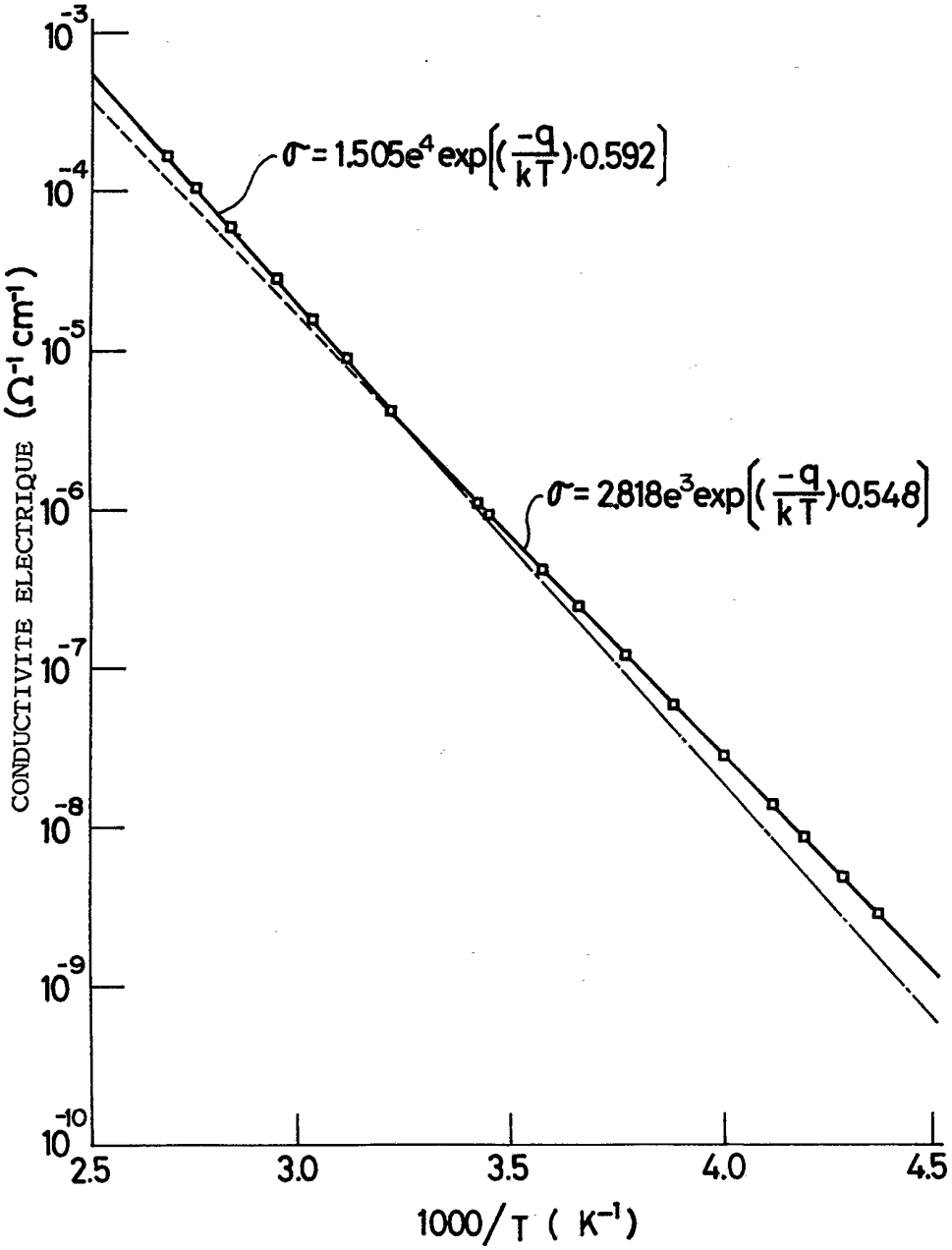

E: après dépôt
F: Après implantation SI^+
G: Après recuit à 600°C pendant 15 heures
H: Après implantation SI^+ et après recuit à 600°C pendant 15 heures
REFLEXION UNITES ARBITRAIRES
200
300
400
500
600
700
800
λ (nm)

FIG. 6


$\sigma = 1.505e^4 \exp\left[\left(\frac{-q}{kT}\right)\cdot 0.592\right]$
$\sigma = 2.818e^3 \exp\left[\left(\frac{-q}{kT}\right)\cdot 0.548\right]$
CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (Ω^{-1} cm^{-1})
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}
10^{-8}
10^{-9}
10^{-10}
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
1000/T (K^{-1})