

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 531 774

②1 N° d'enregistrement national :

82 14034

⑤1 Int Cl³ : G 01 B 11/06; G 05 D 5/03.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12 août 1982.

③0 Priorité

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 7 du 17 février 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TELE-
COMMUNICATIONS CIT-ALCATEL, société anonyme.* —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : Jean Canteloup.

⑦3 Titulaire(s) :

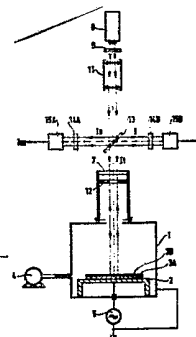
⑦4 Mandataire(s) : Michel Fournier.

⑤4 Dispositif de contrôle d'épaisseur de couches minces faiblement absorbantes.

⑤7 Dispositif de contrôle d'épaisseur d'une couche mince 3B
faiblement absorbante sur un support 3A, partiellement ou
totalement réfléchissant caractérisé en ce qu'il comprend :

- une source de lumière 8 monochromatique ou quasi
monochromatique dirigée sur la couche;
- un séparateur 13 de lumière partageant le faisceau en
deux parties, une première partie 1a étant dirigée sur un
premier convertisseur optoélectronique linéaire 15A fournissant
un premier signal électrique 10a, une seconde partie 1b du
faisceau étant dirigée sur la couche, s'y réfléchissant et étant
dirigée sur un second convertisseur linéaire optoélectronique
15B fournissant un second signal électrique 1e;
- un moyen pour effectuer le rapport du second signal
électrique au premier signal électrique;
- un moyen pour obtenir la dérivée dudit rapport;
- un moyen pour fournir un signal lorsque ladite dérivée
est restée comprise, pendant un temps donné, entre deux
valeurs données encadrant une valeur de consigne représen-
tative de l'épaisseur désirée.

Application au contrôle des dépôts et des gravures de
couches minces.



Dispositif de contrôle d'épaisseur de couches minces faiblement absorbantes

La présente invention est relative à un contrôleur optique d'épaisseur de couches minces diélectriques faiblement absorbantes sur un substrat totalement ou partiellement réfléchissant. Elle peut être utilisée comme un dispositif très fiable de détection de fin d'attaque dans un processus de gravure intervenant dans la fabrication des circuits électroniques. Elle peut également s'appliquer au contrôle de l'épaisseur d'un dépôt d'une couche mince sur un substrat. L'exemple choisi est celui de la gravure, au moyen de plasma réactif, d'une couche de silicium polycristallin déposée sur une couche support en silice et partiellement protégée par un masque de résine. La gravure doit prendre fin au moment où le silicium non protégé par la résine vient à disparaître.

Le moment de fin d'attaque doit être déterminé avec précision sous peine d'attaquer insuffisamment la couche de silicium polycristallin (alors le circuit électronique ne fonctionnera pas) ou de l'attaquer trop (ce qui entraîne le phénomène dit de sous-gravure).

La demanderesse a décrit, dans la demande de brevet n° 81 20911 déposée le 9 Novembre 1981 et ayant pour titre "Procédé de détection de fin d'attaque dans un processus de gravure et dispositif pour la mise en oeuvre du procédé", un dispositif interférométrique comprenant une source de lumière monochromatique telle qu'un laser, un organe convertisseur recueillant la lumière réfléchie par les couches et produisant un premier signal électrique d'intensité proportionnelle à l'intensité de la lumière reçue, des moyens pour obtenir un second signal proportionnel à la dérivée du premier signal électrique et des moyens pour comparer le second signal à des valeurs de consigne.

On montre en effet qu'en raison des phénomènes d'interférences lumineuses que subit la lumière réfléchie sur les couches, le premier signal électrique présente une succession d'extrema avant de croître de manière continue à partir de la disparition de la couche attaquée.

Le signal dérivée devient constant à ce moment et reste compris entre deux limites déterminées expérimentalement.

L'observation de la constance du signal dérivée permet d'en

déduire le moment de fin de gravure.

Un tel dispositif résoud bien ce problème posé ; mais la valeur du signal dépend de la valeur de l'intensité lumineuse de la source lumineuse. Or celle-ci peut être sujette à des fluctuations dues en particulier aux conditions ambiantes. L'intensité du laser peut changer
5 aussi en raison du vieillissement du tube laser.

Ces variations de l'intensité du faisceau laser peuvent conduire à des erreurs d'interprétation du signal terminal et à un manque de reproductibilité.

10 Un but de la présente invention est de réaliser un dispositif de détection de contrôle d'épaisseur indépendant des variations de l'intensité de la source lumineuse.

L'invention a pour objet un dispositif de contrôle d'épaisseur d'une couche mince faiblement absorbante sur un support partiellement ou
15 totalement réfléchissant, caractérisé en ce qu'il comprend

- une source de lumière monochromatique ou quasi monochromatique dirigée sur la couche à graver,
- un séparateur de lumière partageant le faisceau en deux parties, une première partie étant dirigée sur un premier convertisseur optoélectronique linéaire fournissant un premier signal électrique, une seconde
20 partie du faisceau étant dirigée sur la couche, s'y réfléchissant et étant dirigée sur un second convertisseur optoélectronique linéaire fournissant un second signal électrique,
- un moyen pour effectuer le rapport du second signal électrique au
25 premier signal électrique,
- un moyen pour obtenir la dérivée dudit rapport,
- un moyen pour fournir un signal lorsque ladite dérivée est restée comprise, pendant un temps donné, entre deux valeurs données encadrant une valeur de consigne représentative de l'épaisseur désirée.

30 Avantageusement, un polariseur est interposé sur le trajet du faisceau de la source monochromatique ou quasi monochromatique.

Pour rendre photométrique la mesure, et assurer une parfaite reproductibilité malgré des lumières parasites, un calibre permettant de régler le 0 et le 100% de l'intensité du faisceau lumineux incident, est
35 interposé entre le hublot d'étanchéité et la couche.

L'invention va être précisée par la description ci-après d'un mode préféré de réalisation de l'invention, en référence au dessin annexé dans lequel

- la figure 1 est un schéma du dispositif de l'invention,
- 5 - la figure 2 est un schéma du circuit électronique du dispositif
- la figure 3 est un diagramme en fonction du temps du signal élaboré par le dispositif de l'invention.

L'exemple décrit est celui de la gravure par attaque par plasma, d'une couche placée sur un support et partiellement masquée par un masque.

Dans la figure 1, la référence 1 représente une enceinte dans laquelle est placée, sur un support 2, la pièce à graver qui comprend un substrat 3A et une couche 3B. Un groupe de pompage 4 assure le vide convenable dans l'enceinte. Un générateur haute fréquence 5 établit entre le support 2 et la paroi de l'enceinte (ou en variante une électrode), une tension génératrice d'un plasma. L'enceinte comporte un hublot 7.

Une source de lumière monochromatique 8, tel qu'un laser hélium-néon, envoie un faisceau de lumière en direction de la pièce, à travers le hublot.

Avantageusement, on interpose un polariseur 9 sur le trajet du faisceau lumineux si le laser n'est pas polarisé ; la largeur du faisceau est réglée au moyen d'un dispositif optique extenseur 11.

Selon une particularité de l'invention, un séparateur de lumière 13, constitué avantageusement d'une lame de verre traitée disposée à 45 degrés sur le faisceau, sépare le faisceau lumineux en une première partie I_o qui est réfléchie sur la lame et une partie I_t qui traverse la lame. La partie transmise I_t après traversée du hublot, réflexion sur la pièce à graver, seconde traversée du hublot est à son tour réfléchie sur le séparateur 13 ; soit I son intensité après cette réflexion.

Les faisceaux I_o et I sont envoyés, après traversée si nécessaire de filtres interférentiels 14A et 14B, sur des convertisseurs opto-électroniques linéaires 15A et 15B, tels que des diodes photo-conductrices ou photo-voltaïques.

Les signaux lumineux I_0 et I sont donc convertis en signaux électriques proportionnels, respectivement I_{oe} et I_e .

On sait qu'en raison des phénomènes d'interférence au niveau de la couche à graver, le faisceau lumineux sortant de l'enceinte présente une allure périodique avec des extrema correspondant à des différences de chemin optique égales à $\lambda / 2n$, où λ est la longueur d'ondes de la lumière utilisée et n l'indice de réfraction du matériau gravé.

En fin de gravure, l'amplitude du faisceau lumineux cesse d'osciller pour devenir croissante de manière continue.

L'examen du signal I , ou mieux de sa dérivée I' permet donc de connaître la fin d'attaque.

Selon l'invention, ce n'est pas les signaux I ou I' qui sont examinés, mais les rapports corrigés

$$\frac{I}{I_0} \quad \text{et} \quad \left(\frac{I}{I_0} \right)'$$

dans lesquels on a éliminé l'influence de la lumière parasite (voir ci-après)

En pratique, comme le montre le schéma de la figure 2, les signaux électriques I_{oe} et I_e sont amplifiés et filtrés au moyen d'amplificateurs 20A et 20B, et envoyé sur un diviseur 21 qui fournit en sortie un signal égal à $\frac{I_e}{I_{oe}} = \frac{KI}{I_0}$.

L'intérêt d'utiliser le rapport précédent est d'éliminer les dérivées éventuelles du signal lumineux émis par le laser, soit au cours de sa période de mise en température après démarrage, soit en raison de son vieillissement.

Un obturateur trois positions (noir, passage, miroir 100%) (ou calibre) 12 est disposé dans l'enceinte sous le hublot 7. Il permet de laisser passer une fraction donnée du faisceau réfléchi (entre 0 et 100%) et il est utilisé pour le réglage des seuils, et pour éliminer la lumière parasite en réglant sur la position 0% le zéro de la division à l'aide d'une compensation électrique. A ce niveau on obtient à l'aide de $100\% \frac{I}{I_0} = \frac{I}{I_t}$ qui est la vraie fonction de transfert.

Pour obtenir le signal de fin d'attaque le signal $\frac{I_e}{I_{oe}}$ corrigé, éventuellement amplifié, est dérivé au moyen d'un circuit

électronique 22 de préférence numérique.

Un calculateur numérique 23 convenablement programmé reçoit l'information du circuit 22 et compare par exemple sa valeur à deux valeurs fixes prédéterminées. Lorsque le signal est resté compris entre ces deux valeurs pendant un temps fixé par avance (par exemple 7 à 8 secondes) c'est que la couche à graver a complètement disparue ; un signal de fin d'attaque commandant une alarme 25 est alors émis par le calculateur et les automatismes pilotés en conséquence.

Le diagramme de la figure 3 montre en fonction du temps t , gradué en minutes, la variation du signal $\left(\frac{I_e}{I_{oe}}\right)$. Les valeurs IA et IB sont obtenues expérimentalement en mesurant par exemple le rapport $\left(\frac{I_e}{I_{oe}}\right)'$ avec une pièce comportant le seul support et en calculant deux valeurs autour de cette mesure.

Le calculateur peut être programmé pour fournir une valeur absolue de l'épaisseur e ôtée ou une valeur de la vitesse V de gravure. On montre en effet que les valeurs e et V sont des fonctions calculables de $\frac{I}{I_o}$ et de $\left(\frac{I}{I_o}\right)'$.

L'invention s'applique, non seulement au contrôle de la gravure de couche comme il vient d'être décrit; mais également au contrôle du dépôt de couches sur un substrat. Il suffit de remplacer dans ce qui précède les mots "gravure" par "dépôt" et "(couche) ôtée" par "(couche) déposée".

25

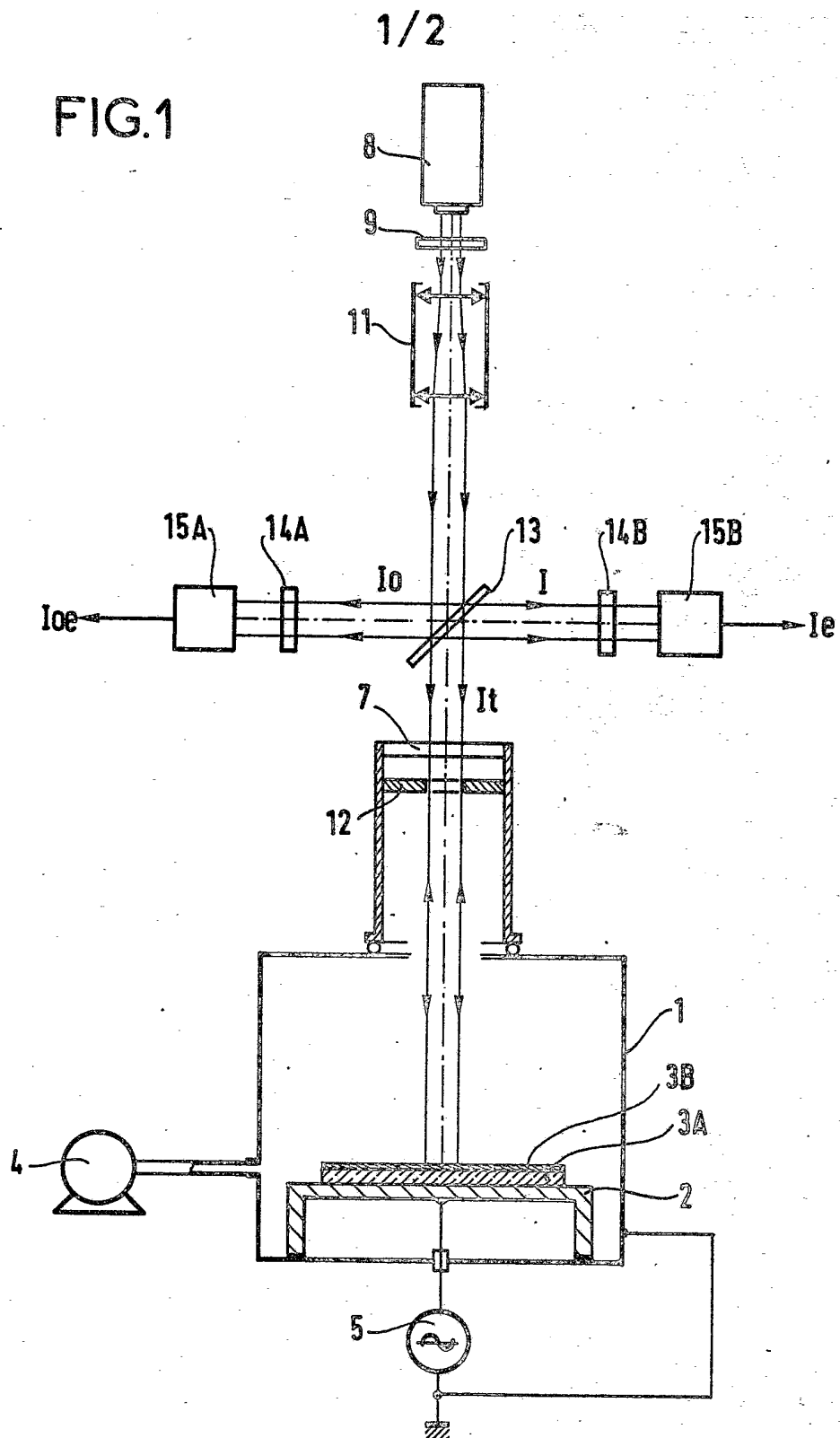
30

35

REVENDEICATIONS

- 1/ Dispositif de contrôle d'épaisseur d'une couche mince (3B) faiblement absorbante sur un support (3A), partiellement ou totalement réfléchissant caractérisé en ce qu'il comprend
- 5 - une source de lumière (8) monochromatique ou quasi monochromatique dirigée sur la couche,
- un séparateur (13) de lumière partageant le faisceau en deux parties, une première partie (Io) étant dirigée sur un premier convertisseur optoélectronique linéaire (15A) fournissant un premier signal élec-
- 10 trique (Ioe), une seconde partie (It) du faisceau étant dirigée sur la couche, s'y réfléchissant et étant dirigée sur un second convertisseur linéaire optoélectronique (15B) fournissant un second signal élec-
- trique (Ie),
- un moyen pour effectuer le rapport du second signal électrique au
- 15 premier signal électrique,
- un moyen pour obtenir la dérivée dudit rapport,
- un moyen pour fournir un signal lorsque ladite dérivée est restée comprise, pendant un temps donné, entre deux valeurs données encadrant une valeur de consigne représentative de l'épaisseur désirée.
- 20 2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un polariseur (9) est interposé sur le trajet du faisceau de la source monochromatique.
- 3/ Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'un calibre (12) permettant de faire varier de 0 à 100% l'intensité d'un
- 25 faisceau lumineux, est interposé sur le trajet du faisceau réfléchi par la couche.

FIG. 1



2/2

FIG.2

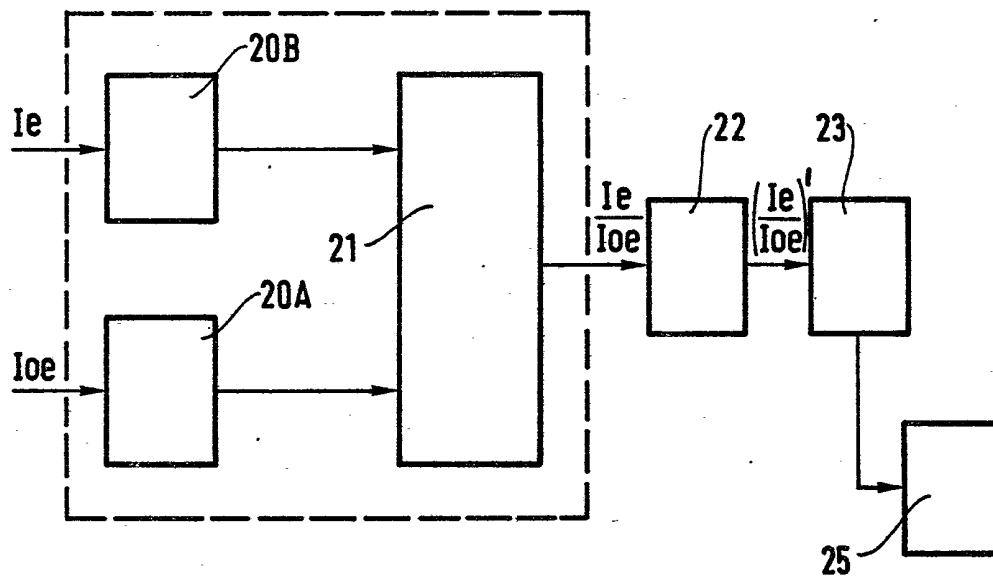


FIG.3

