



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1007364A3

NUMERO DE DEPOT : 09300906

Classif. Internat. : G03F

Date de délivrance le : 30 Mai 1995

**Le Ministre des Affaires Economiques,**

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 03 Septembre 1993 à 14H50 à l'Office de la Propriété Industrielle

**ARRETE :**

ARTICLE 1.- Il est délivré à : SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.  
416, Maetan-dong, Paldal-gu, Suwon-city, KYUNGKI-DO(REPUBLIQUE DE COREE)

représenté(e)s par : CLAEYS Pierre, GEVERS Patents S.A., Brussels Airport Bus.  
Park-Holidaystr. 5-1831 DIEGEM.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE, SYSTEME ET MASQUE DE PROJECTION.

INVENTEUR(S) : Ho-young Kang, 1-108 Dongnam Apt., Shinmaetan-dong, Paldal-gu, Suwon-city, Kyungki-do (KR); Cheol-hong Kim, Na-302, Changwon Villa, 136-18, Wooman-dong, Jangan-gu, Suwon-city, Kyungki-do (KR); Seong-oon Choi, 83-10, Maetan-dong, Paldal-gu, Suwon-city, Kyungki-do (KR); Woo-sung Han, 7-101, Dongnam Apt., 301, Seodun-dong, Paldal-gu, Suwon-city, Kyungki-do (KR); Chang-jin Sohn, 818-306, Jugong 8 Danji, Haan-dong, Kwangmyeong-city, Kyungki-do (KR)

PRIORITE(S) 03.09.92 KR KRA 9216059 27.02.93 KR KRA 933019 15.07.93 KR KRA 9313344

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruzelles, le 30 Mai 1995  
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L.  
Directeur.

### Procédé, système et masque de projection

La présente invention concerne un procédé, un système et un masque de projection, et plus particulièrement un procédé de projection en vue d'exposer un objet, et un système et un masque de projection recourant à un procédé  
5 d'illumination modifiée qui est utilisé pour un traitement lithographique d'un dispositif semi-conducteur.

Une résolution de  $0,3 \mu\text{m}$  et une profondeur de champ (PDF) adéquate sont nécessaires pour fabriquer des puces ULSI  
10 ayant une intégration de 64 Mbits ou plus, et par conséquent de nombreuses nouvelles techniques sont en cours de développement de manière à former des dessins inférieurs à un demi-micron. Des exemples de ces techniques comprennent un procédé utilisant un laser  
15 excimer, dans lequel on utilise une lumière de courte longueur d'onde, un procédé d'exposition utilisant un masque à décalage de phase et un procédé d'illumination modifiée tel qu'un procédé d'illumination oblique.

20 Il est bien connu que la résolution (R) et la PDF de l'exposition par projection optique sont proportionnelles à la longueur d'onde ( $\lambda$ ) de l'exposition et inversement proportionnelles à l'ouverture numérique (ON) d'une lentille, ainsi que le montre l'équation de Rayleigh ci-  
25 dessous:

$$R = k_1 \cdot \lambda / ON$$

$$PDF = k_2 \cdot \lambda / ON^2$$

5 Ici,  $k_1$  et  $k_2$  sont des facteurs de procédé, c'est-à-dire des facteurs de cohérence d'un système d'illumination (désignés par  $\sigma$  qui est une valeur obtenue en divisant l' $ON_c$  d'une lentille d'un système d'illumination par l' $ON_0$  d'un système optique de projection), et on sait qu'en  
10 général ils valent de 0,5 à 0,8. Lorsqu'un facteur de cohérence n'est pas nul, les valeurs de  $k_1$  et  $k_2$  ne peuvent être connues avec précision, parce que la résolution est fortement influencée par les capacités du procédé.

15 Lorsqu'un dessin possédant une taille inférieure à  $0,3 \mu\text{m}$  doit être formé en recourant à la méthode actuelle d'exposition par projection, on a besoin d'une PDF supérieure à  $1,6 \mu\text{m}$ , à cause de l'importante profondeur de gravure de la galette traitée, ainsi qu'à cause d'autres  
20 erreurs.

Dans le dispositif actuel de gravure, lorsqu'une exposition est effectuée en recourant à une ligne  $i$ , la résolution ( $R$ ) et la PDF sont respectivement de  $0,47 \mu\text{m}$  et  
25 de  $1,46 \mu\text{m}$ , puisque  $\lambda$  vaut  $0,365 \mu\text{m}$ , et que  $k_1$  et  $k_2$  valent respectivement  $0,65$  et  $1,0$ .

Pour obtenir une plus haute résolution, l' $ON$  devrait être plus grand, ou  $\lambda$  devrait être plus court. Lorsque l'on  
30 utilise le dispositif de gravure classique à laser excimer au KrF possédant une valeur de  $ON$  de  $0,54$  (avec  $\lambda = 0,248 \mu\text{m}$ ), la résolution ( $R$ ) est de  $0,3 \mu\text{m}$ , tandis que la PDF est de  $0,85 \mu\text{m}$ . Par conséquent, comme la résolution est renforcée et la PDF est diminuée, des dessins inférieurs  
35 à  $0,3 \mu\text{m}$  sont très difficiles à former en utilisant le

procédé actuel d'exposition par projection, même si on utilise un laser excimer au KrF.

De plus, le procédé dans lequel on utilise un masque à décalage de phase est coûteux à cause des coûts de fabrication du masque à décalage de phase. La fabrication du masque est également difficile.

On a récemment suggéré un procédé (ci-dessous désigné "procédé d'illumination modifiée") pour exposer un vernis de masquage sous illumination oblique, dans lequel on utilise un système d'illumination possédant un filtre fixé entre la lentille en oeil de mouche et le condenseur (voir "New imaging technique for 64M DRAMS" by N. Shiraishi, S. Hirukuwa, Y. Takeuchi, and N. Magome, Proceedings of SPIE, Vol. 1674, Optical/laser Microlithography, p 741, 1992).

Le procédé classique d'illumination modifiée est expliqué en référence aux figures 1 et 2.

La figure 1 représente une structure de système d'illumination modifiée du système classique d'exposition par projection, et la figure 2 représente la forme d'un filtre fixé au système d'illumination de la figure 1.

Le système classique d'illumination modifiée comprend un équipement classique d'illumination qui possède une source de lumière 1, une lentille de projection (non représentée), une lentille en oeil de mouche 2 et un condenseur 4, avec un filtre 3 qui lui est fixé. Les formes de filtre sont représentées en figures 2A et 2B. Ici, la figure 2A représente un système d'illumination annulaire, la figure 2B présentant un système d'illumination quadruple. Ainsi que le montre la figure 1, les composantes incidentes verticales de la lumière

incidente sont arrêtées par le filtre décrit plus haut, et seules les composantes incidentes obliques de la lumière viennent illuminer le masque 5. Ceci est appelé un procédé d'illumination oblique.

5

Référons-nous aux figures 3 et 4 pour expliquer plus en détail l'illumination oblique. La figure 3 est un diagramme schématique représentant un procédé classique d'exposition par projection, et la figure 4 est un  
10 diagramme schématique présentant un procédé d'exposition par projection recourant au procédé d'illumination oblique ci-dessus.

En général, la lumière d'illumination provenant de la  
15 source de lumière est limitée par le filtre 3 à la surface de sortie de la lentille en oeil de mouche, qui coïncide avec le plan de la transformée de Fourier du masque à travers le condenseur. Selon le procédé classique d'exposition par projection représenté en figure 3 (a), la  
20 distribution de la lumière d'illumination sur le plan de la transformée de Fourier tombe à l'intérieur d'une zone circulaire. La lumière réfractée d'ordre zéro suit l'axe optique (composante incidente verticale), et la lumière diffractée d'ordre +1 et -1 suit les directions de l'angle  
25 de diffraction  $\theta$  tel que représenté (composante incidente oblique). Tous ces faisceaux diffractés, c'est-à-dire la lumière diffractée d'ordre zéro, +1 et -1, interféreront sur la galette et contribueront à former l'image.

30 L'angle de diffraction  $\theta$  augmente lorsque les dessins du masque sont plus fins. Si le  $\sin \theta$  est supérieur à l'ON, la lumière diffractée d'ordre +1 et -1 ne pénétrera pas dans la lentille de projection, et alors seule la lumière diffractée d'ordre zéro pénètre dans la lentille de  
35 projection pour atteindre la surface de la galette, ce qui

entraîne l'élimination des interférences. A ce moment, la résolution minimale est définie par :

$$R = (\lambda)/2ON$$

5

En même temps, comme le filtre 3 est disposé en position excentrique par rapport à l'axe optique, dans l'illumination incidente oblique ci-dessus la lumière d'illumination transmise à travers un filtre illumine le masque sous un angle d'incidence oblique particulier. L'angle d'incidence oblique  $\alpha$  est défini par une distance (x) entre l'axe optique et la partie du filtre permettant la transmission et par la longueur focale (f) du condenseur.

15

$$f \sin(\alpha) = x$$

La lumière d'illumination est diffractée par le dessin du masque. La lumière d'ordre zéro est diffractée d'un angle  $\theta$  par rapport à l'axe optique, et les angles formés entre les parcours de la lumière diffractée d'ordre +1 et -1 (respectivement  $\theta_1$  et  $\theta_2$ ) et l'axe optique possèdent les relations suivantes:

25

$$\sin(\theta_1) + \sin(\alpha) = \lambda/Pr$$

$$\sin(\theta_2) - \sin(\alpha) = \lambda/Pr$$

où Pr est l'intervalle ligne-espace du masque.

La lumière diffractée d'ordres plus élevés suit d'autres parcours. Comme l'intervalle du dessin est fin et du côté du masque  $\sin(\theta_2)$  est plus grand que l'ON de la lentille de projection, la lumière diffractée d'ordre -1 et d'ordres plus élevés n'entrera pas dans la lentille de projection. Par conséquent, seule la lumière diffractée

35

d'ordre zéro et d'ordre +1 interférera à la surface de la  
galette et contribuera à la formation de l'image. Le  
contraste de l'image est d'environ 90 % lorsque les  
dessins du masque sont des lignes et des espaces dans un  
5 rapport de 1:1.

Ici, la résolution (R) est définie comme suit:

$$R = (\lambda) / 2(ON + \sin(\theta_1))$$

10

Si on a un taux d'agrandissement de projection de 5 x et  
un  $\sin(\theta_1)$  de  $ON/2$ , la limite de résolution du côté de la  
galette est de:

$$R = (\lambda) / (2(ON + ON/2))$$

$$R = (\lambda) / (3ON)$$

15

La limite de résolution est 1,5 fois plus grande que celle  
d'un procédé classique d'exposition par projection. La PDF  
20 est également améliorée par le procédé d'illumination à  
incidence oblique décrit ci-dessus.

Dans le procédé classique d'illumination à incidence  
oblique ci-dessus, si l'on a des formes de filtre telles  
25 que celles des figures 2A ou 2B, la zone à travers  
laquelle la lumière passe est beaucoup plus petite que la  
zone où la lumière est arrêtée. Dans le cas de la figure  
2A, le taux de transmission de la lumière est calculé par  
l'expression  $(\sigma_D^2 - \sigma_i^2) / \sigma_D^2$ , et en général,  $\sigma_i = 2\sigma_D/3$  est  
30 considérée comme étant la valeur la plus préférée, le taux  
de transmission étant de 5/9 et le temps d'exposition  
étant doublé.

Si nous nous référons au cas représenté en figure 2B, le  
35 taux de transmission est calculé par l'expression

$4\sigma_i^2/\sigma_D^2$  (ou  $\sigma_i=\sigma_D/4$ ), et le taux d'exposition est de 1/4, ce qui quadruple la durée d'exposition, et le débit est considérablement réduit.

5 Autrement dit, comme le système classique d'illumination modifiée est un système comprenant le système classique d'illumination et un filtre fixé à celui-ci, dans lequel la lumière transmise vers le système d'illumination est partiellement bloquée, la quantité d'exposition au cours  
10 de l'illumination modifiée est trop faible. Par conséquent, la durée d'exposition devient trop longue, et une erreur est engendrée dans le système d'exposition, ce qui entraîne une détérioration de l'homogénéité.

15 Par conséquent, un objet de la présente invention est de fournir un procédé amélioré de projection qui puisse renforcer l'efficacité du système de projection et former un dessin fin inférieur à  $0,3 \mu\text{m}$  en utilisant le système classique de projection.

20 Un autre objet de la présente invention est de fournir un système d'exposition par projection qui convienne à l'exécution du procédé d'exposition par projection ci-dessus.

25 Un objet supplémentaire de la présente invention est de fournir un masque à fixer au système d'exposition par projection ci-dessus.

30 Pour atteindre l'objet ci-dessus, la présente invention fournit un procédé de projection en vue d'exposer un objet en utilisant un masque, comprenant les étapes de :  
extraction d'une composante verticale d'une lumière rayonnée par une source lumineuse, pour ainsi engendrer  
35 une lumière incidente oblique; et exposition de l'objet

par rayonnement de la lumière incidente oblique sur le masque. La lumière incidente oblique ci-dessus est une lumière diffractée d'un ordre impair, c'est-à-dire une lumière diffractée d'ordre +/-1.

5

Selon un premier mode de réalisation de la présente invention, l'étape de génération de la lumière incidente oblique est effectuée en formant un dessin de grille dans la partie supérieure du masque. Le dessin de grille ci-  
10 dessus peut être formé sur toute la partie supérieure du masque, de manière à extraire toutes les composantes incidentes verticales de la lumière qui illumine le masque. Egalement, le dessin de grille peut être formé dans une partie de la partie supérieure du masque, de  
15 manière à extraire partiellement les composantes incidentes verticales de la lumière qui illumine le masque.

Le pas (ou cycle) du dessin de grille ci-dessus vaut de  
20 préférence  $\lambda/\sin[0,2\sin^{-1}(ON_i)]$  à  $\lambda/\sin[0,8\sin^{-1}(ON_i)]$ , dans laquelle  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière utilisée et  $ON_i$  est l'ouverture numérique du côté incidence du système d'exposition par projection.

25 Selon un second mode de réalisation de la présente invention, l'étape de génération de la lumière incidente oblique est exécutée en utilisant un masque de grille dans lequel un dessin de grille est formé sur un support transparent. Le dessin de grille ci-dessus peut être formé  
30 sur la totalité ou une partie du support ci-dessus.

Egalement, l'objet ci-dessus de la présente invention peut être atteint par un procédé de projection en vue d'exposer un objet en recourant à un masque, comprenant les étapes  
35 de: génération, entre ledit masque et une source de

lumière, d'une lumière incidente oblique à partir d'une lumière, en faisant interférer de la lumière diffractée d'ordre zéro; et exposition dudit objet par illumination dudit masque par ladite lumière incidente oblique.

5

Pour atteindre un autre objet de la présente invention décrit plus haut, on fournit un système d'exposition par projection en vue d'exposer un objet et comprenant une source de lumière; un premier moyen d'irradiation d'une  
10 lumière provenant de ladite source de lumière sur un masque; un second moyen pour générer une lumière incidente oblique en extrayant une composante verticale de ladite lumière, entre ladite source de lumière et ledit masque. Le premier moyen comprend un condenseur et le second moyen  
15 est prévu entre le condenseur et le masque.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le second moyen est un masque à décalage de phase sans chrome possédant un dessin de grille constitué de dessins  
20 réguliers formés sur le masque, grâce auxquels la lumière diffractée d'ordre zéro interfère et est supprimée par une différence de phase lumineuse.

Selon un autre mode de réalisation de la présente  
25 invention, le second moyen est un dessin de grille comprenant des dessins réguliers et formé sur la surface arrière du masque, grâce à quoi la lumière diffractée d'ordre zéro interfère et est supprimée par une différence de phase lumineuse.

30

Pour atteindre un autre objet de la présente invention, on fournit un masque qui comprend: un support transparent; et un dessin de grille formé de manière régulière sur ledit support, grâce à quoi une lumière interfère par une  
35 différence de phase lumineuse de telle sorte que la

lumière diffractée d'ordre zéro interfère, pour ainsi supprimer une composante incidente verticale de lumière, et renforcer la composante incidente oblique de la lumière diffractée d'ordre +/- 1.

5

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dessin de grille est formé pour posséder une différence de phase alternée, en damier.

10 Selon un autre mode de réalisation de la présente invention, le masque comprend un premier dessin de grille se répétant sur une surface dudit support à des intervalles réguliers dans la direction de l'axe X. De préférence, le masque comprend de plus un second dessin de grille formé sur l'autre surface du support. Le second  
15 dessin de grille présente le même intervalle que le premier dessin de grille, et le second dessin de grille est formé dans la direction de l'axe Y, perpendiculaire à la direction X.

20

De plus, la présente invention fournit un masque qui comprend: un premier support transparent; un dessin formé sur ledit support transparent de manière à définir une zone exposée sur un objet; un second support transparent  
25 fixé sur la face arrière du premier support, sur lequel ledit dessin n'est pas formé, et possédant un dessin de grille formé sur lui à des intervalles réguliers, grâce à quoi une lumière interfère par différence de phase lumineuse, de sorte que la lumière diffractée d'ordre pair  
30 est supprimée tandis que la lumière diffractée d'ordre impair est renforcée.

Un moyen de bande adhésive de soutien en vue de fixer et soutenir le second support transparent au premier support  
35 transparent peut être prévu entre ledit premier et ledit

second support. Le premier et le second support transparent peuvent avoir la même taille, ou le second support transparent peut être plus grand que le premier support transparent.

5

En outre, la présente invention fournit un masque qui comprend: un support transparent; un dessin formé sur une surface dudit support transparent, pour définir une zone d'exposition sur un objet; un dessin de grille formé sur  
10 l'autre surface dudit support transparent, à intervalles réguliers, grâce à quoi une lumière interfère par une différence de phase lumineuse, de sorte que la lumière diffractée d'ordre pair est supprimée tandis que la lumière diffractée d'ordre impair est renforcée. Le dessin  
15 de grille peut être un dessin obtenu en structurant la face arrière dudit support transparent. Le dessin de grille peut être constitué d'un matériau différent du matériau dudit support transparent. Par exemple, le dessin de grille peut être formé en structurant une pellicule.

20

Lorsqu'une opération d'exposition est effectuée par un procédé de projection en vue d'exposer un objet selon la présente invention, les composantes verticales de la lumière sont supprimées par interférence mutuelle, et à ce  
25 moment seules les composantes obliques sont conservées. Autrement dit, la lumière diffractée d'ordre zéro et la lumière diffractée d'ordre deux sont supprimées par l'interférence, et la lumière diffractée d'ordre un et d'ordre trois (et d'ordres supérieurs impairs) est  
30 renforcée. La lumière diffractée d'ordres supérieurs au troisième est quasi absente.

Comme la plus grande partie de la lumière transmise devient de la lumière du premier ordre, le rendement de  
35 transmission est remarquablement renforcé, ce qui entraîne

l'amélioration de la résolution et assure une PDF pouvant atteindre  $2,2 \mu\text{m}$ .

Les objets ci-dessus et d'autres avantages de la présente invention deviendront plus clairs à partir d'une description détaillée d'un mode de réalisation préféré de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

5 la figure 1 représente une structure de système d'illumination modifiée du système classique d'exposition par projection;

10 les figures 2A et 2B représentent des formes de filtre fixés au système d'illumination de la figure 1;

15 la figure 3 est un diagramme schématique représentant un procédé classique d'exposition par projection;

la figure 4 est un diagramme schématique représentant un procédé d'exposition par projection utilisant un procédé classique d'illumination oblique;

20 la figure 5 représente une structure de système d'illumination utilisée pour le procédé d'illumination modifiée de la présente invention;

25 les figures 6A à 6C sont des vues schématiques représentant un chemin optique d'un système d'exposition par projection, pour comparer et expliquer le procédé d'illumination modifiée de la présente invention, un procédé classique d'illumination et un procédé classique d'illumination modifiée;

30 les figures 7A et 7B sont des vues en coupe servant à représenter les masques de grille de la

35

présente invention fixés à un masque classique sur lequel est formé un dessin;

les figures 8A et 8B sont des vues en perspective servant à représenter les masques classiques sur lesquels est fixé le masque de grille de la présente invention, représenté en figure 7A et 7B;

5

les figures 9A et 9B sont des vues en perspective représentant un autre mode de réalisation, dans lequel le masque de grille de la présente invention est fixé sur un masque classique;

10

les figures 10A et 10B sont des vues en perspective représentant encore un autre mode de réalisation, dans lequel le masque de grille de la présente invention est fixé à un masque classique;

15

la figure 11 représente encore un autre mode de réalisation du masque de la présente invention;

20

la figure 12 représente encore un autre mode de réalisation du masque de grille de la présente invention;

la figure 13 représente des vues servant à expliquer plus en détail le masque représenté en figure 12;

25

la figure 14 représente encore un autre mode de réalisation du masque de grille de la présente invention;

30

la figure 15 représente encore un autre mode de réalisation d'un masque de grille de la présente invention;

la figure 16 est une vue en perspective représentant encore un autre mode de réalisation d'un masque, dans lequel le masque de grille de

35

- la présente invention est fixé à un masque classique;
- 5 les figures 17A à 17D sont des diagrammes illustrant un premier mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'un masque selon la présente invention;
- la figure 18 est une vue schématique représentant un second mode de réalisation de la présente invention;
- 10 les figures 19 A à 19D sont des vues en perspective illustrant un sixième mode de réalisation pour la fabrication d'un masque de grille de la présente invention;
- 15 la figure 20 représente un graphique donnant une profondeur de champ lorsque les différents dessins sont exposés par le procédé classique ci-dessus et par le procédé d'exposition selon la présente invention; et
- 20 la figure 21 représente un graphique donnant les tailles d'un dessin voulu et du dessin effectivement mesuré, lorsque le dessin est exposé par le procédé classique et un procédé de projection en vue d'exposer un
- 25 objet selon la présente invention.

La présente invention est ci-dessous décrite plus en détail en référence aux dessins annexés.

- 30 La figure 5 représente une structure de système d'illumination utilisée pour le procédé d'illumination modifiée selon la présente invention.

- 35 Un masque 12 à décalage de phase, sans chrome (ci-dessous appelé "masque de grille"), c'est-à-dire un pseudo-masque

présentant sur lui à intervalles réguliers des dessins (ci-dessous appelés "dessin de grille") qui ne sont pas reproduits sur la galette, est prévu au-dessus d'un masque classique 16 au chrome possédant un dessin 17 formé sur  
5 lui, pour reproduire un dessin sur la galette dans le système d'illumination modifiée (système d'exposition par projection) représenté en figure 5. Le masque de grille est un masque à décalage de phase sans chrome qui génère de la lumière diffractée d'ordre impair. La composante  
10 verticale 13 de la lumière 11 incidente sur un masque de grille 12 interfère de manière destructive et la composante incidente oblique 14 interfère de manière constructive et illumine la galette à travers un masque classique 16 au chrome. Par conséquent, l'utilisation du  
15 masque de grille ci-dessus peut permettre de réaliser le même effet que dans un procédé d'illumination modifiée, sans fixer un filtre pour générer de la lumière incidente oblique comme dans le procédé classique d'illumination modifiée. La durée d'exposition nécessaire est réduite,  
20 car dans le procédé classique d'illumination modifiée une partie de la lumière est arrêtée par un filtre. Par contre, dans la présente invention le rendement de transmission optique est amélioré, car la partie qui bloque la lumière est petite, et l'exposition est  
25 effectuée en utilisant sélectivement la composante incidente oblique, au moyen du masque de grille.

Lorsque l'opération d'exposition du vernis de masquage est exécutée suivant le procédé d'illumination modifiée de la  
30 présente invention en recourant au masque de grille ci-dessus, on peut atteindre une résolution de  $0,3 \mu\text{m}$  ou inférieure, et la durée d'exposition est remarquablement réduite par rapport à celle d'un procédé classique d'illumination modifiée utilisant la lumière incidente  
35 oblique.

Les figures 6A à 6C sont des vues schématiques représentant un chemin optique du système d'exposition par projection, en vue de comparer et d'expliquer le procédé d'illumination modifiée de la présente invention, un  
5 procédé classique d'illumination et un procédé classique d'illumination modifiée. La figure 6A représente un procédé classique d'illumination, la figure 6B représente un procédé classique d'illumination modifiée, et la figure 6C représente le procédé d'illumination modifiée de la  
10 présente invention. Dans les figures ci-dessus, la référence numérique 21 désigne une galette semi-conductrice qui est l'objet à exposer, la référence numérique 23 désigne une lentille d'exposition par projection, la référence numérique 25 désigne un masque  
15 présentant un dessin, la référence numérique 27 désigne un masque de grille, la référence numérique 29 désigne un condenseur, la référence numérique 30 désigne un filtre à travers lequel passe la lumière provenant de la source lumineuse, et la référence numérique 31 désigne un filtre  
20 utilisé pour le procédé d'illumination modifiée comme représenté en figure 2B. Les procédés d'illumination représentés en figure 6A et en figure 6B sont les mêmes que ceux décrits plus haut.

25 Le système d'exposition par projection selon la présente invention, tel que représenté ci-dessus, comprend un masque de grille 27 servant à supprimer une composante incidente verticale de la lumière, entre la source lumineuse et le masque 25.

30

Le principe du renforcement de la résolution que l'on obtient au recourant au masque de grille 27 ci-dessus peut être expliqué comme suit.

35 Généralement, dans le cas d'un masque classique à décalage

alterné de phase, un dispositif de décalage de phase est formé alternativement dans un dessin de masque de manière à modifier un cycle de dessins en  $4R$ , et on utilise une petite valeur de  $\sigma$  pour utiliser la lumière incidente verticale. Dans un tel cas, la lumière diffractée d'ordre zéro interfère sur les deux dessins adjacents, de telle sorte qu'elle est supprimée. En même temps, la lumière diffractée d'ordre  $\pm 1$  contribue à la formation de l'image à travers la lentille. Par conséquent, la résolution devient  $R = \lambda / 40N$ . Lorsque l'on utilise un masque classique à décalage de phase, la lumière diffractée d'ordre  $\pm 1$  est renforcée, tandis que la lumière diffractée d'ordre zéro interfère et est donc supprimée pour ainsi maintenir un contraste élevé. Cependant, si l'on utilise de la lumière incidente oblique pour un masque classique à décalage de phase, il ne se produit pas d'interférence destructrice, parce que la différence de phase est incorrecte. Le contraste est ainsi réduit.

Dans le procédé d'illumination modifiée de la présente invention, le masque de grille 27 est réalisé de telle sorte que la lumière diffractée d'ordre zéro interfère de manière destructive et que la lumière diffractée du premier ordre interfère de manière constructive. Le masque de grille ci-dessus est utilisé de telle sorte que la lumière incidente oblique d'un angle prédéterminé illumine les dessins.

La résolution du procédé d'illumination modifiée de la présente invention est fonction de l'angle d'incidence oblique  $\theta$  de la lumière par rapport au masque, comme dans le procédé d'incidence oblique du procédé classique d'illumination modifiée. Si l'on fait l'hypothèse que le pas du dessin de grille du masque de grille est  $P_g$ , l'angle de la lumière incidente oblique et la résolution

maximale sont exprimés comme suit:

$$\theta = \sin^{-1}(\lambda/P_g)$$

5 et

$$\begin{aligned} R &= \lambda/2ON(1+\sin\theta_i/ON) \\ &= \lambda/2ON(1+\alpha) \end{aligned}$$

où  $\alpha = \sin \theta_i/ON$ .

10

Dans le procédé classique d'illumination modifiée,  $\alpha$  ne peut devenir égal ou supérieur à  $\sigma$ . Cependant, dans le procédé d'illumination selon la présente invention,  $\alpha$  n'est pas déterminé, et peut être réglé jusqu'à "1" en  
15 ajustant la taille de la grille.

Le cycle de grille ci-dessus est déterminé comme suit.

L'angle  $\theta$  maximum qui peut être accepté pour un système  
20 d'exposition peut être défini par l'équation  $\theta = \sin^{-1}(ON_i)$ , où  $ON_i$  est l'ouverture numérique du côté d'incidence, et un angle de 0,2 - 0,8 fois  $\theta$  est nécessaire pour obtenir une excellente résolution.

25 Par conséquent, le cycle du dessin vaut de préférence entre  $\lambda/\sin[0,2\sin^{-1}(ON_i)]$  et  $\lambda/\sin[0,8\sin^{-1}(ON_i)]$ , où  $\lambda$  représente la longueur d'onde de la lumière utilisée et  $(ON_i)$  représente l'ouverture numérique du côté d'incidence du système d'exposition.

30

Comme le cycle du dessin dépend de la sensibilité et de la résolution du vernis photosensible de masquage à utiliser, il faut effectuer une optimisation pour obtenir un effet maximal. Cependant, en général, le cycle P nécessaire de  
35 la phase du masque est :

$$P = \lambda / \sin[0,5 \sin^{-1}(ON_i)] \\ = \lambda / \sin \beta$$

où  $\beta = 0,5 \sin^{-1}(ON_i)$ ,  $\lambda$  représentant la longueur d'onde  
5 de la lumière utilisée et  $ON_i$  l'ouverture numérique du côté  
incidence du système d'exposition, en supposant que 0,5  
fois est l'optimum.

10 Le masque de grille de la présente invention est expliqué  
en plus de détail par le mode de réalisation ci-dessous et  
en référence aux dessins annexés.

La figure 7A et la figure 7B sont des vues en coupe  
15 servant à représenter les masques de grille selon la  
présente invention fixés à un masque classique présentant  
sur lui un dessin, tandis que la figure 8A et la figure 8B  
sont des vues en perspective servant à représenter les  
masques classiques sur lesquels est fixé le masque de  
20 grille selon la présente invention, représenté en figure  
7A et en figure 7B.

Si nous nous référons aux figures 7A, 7B, 8A et 8B, la  
référence numérique 41 représente un support de masque  
25 classique, la référence numérique 43 représente un dessin  
servant à définir la zone d'exposition qui est constituée  
de chrome, la référence numérique 45 représente un support  
de masque de grille, la référence numérique 47 représente  
un dessin de grille, la référence numérique 49 représente  
30 une bande adhésive de soutien du masque de grille et la  
référence numérique 51 représente une bande adhésive  
double face qui fixe le masque de grille sur le masque  
classique.

35 Le masque de grille constitué d'un support 45 de masque de

grille et d'un dessin de grille 47 formé sur celui-ci est obtenu en réalisant un dessin de grille 47 sur le support 45 du masque de grille constitué de quartz, de verre à la soude et à la chaux ou de verre en silicate de bore. Le dessin de grille 47 est formé par un procédé classique de formation d'un dessin de masque. Le dessin de grille 47 peut être formé en recourant à un vernis photosensible de masquage ou par gravage du verre, ou en structurant la face arrière (là où le dessin n'est pas formé) du support 45 du masque de grille, constitué de quartz. A ce moment, l'épaisseur (t) du dessin de grille 47 est déterminée de telle sorte que la lumière traversant le masque de grille présente une différence de phase de  $180^\circ$  compte tenu de la longueur d'onde utilisée, du matériau du masque et du matériau du dessin. Ainsi, la différence D des parcours lumineux peut être calculée par la formule ci-dessous:

$$D = 2\pi(n-1)/\lambda$$

où n est l'indice de réfraction du matériau du dessin et  $\lambda$  représente la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Comme la différence de parcours lumineux nécessaire pour obtenir une interférence est égal à  $\pi$ , l'épaisseur (t) du dessin de grille ci-dessus peut être déterminée comme suit:

$$t = \lambda/2(n-1).$$

Le schéma de grille ci-dessus forme un cycle régulier, ainsi qu'on l'a décrit plus haut.

La figure 7A représente un masque de grille fixé sur un masque classique, dans lequel la surface du masque de grille sur laquelle le dessin de grille 47 est formé fait face à la face arrière d'un masque classique. La figure 7B représente un masque de grille fixé à un masque classique,

dans lequel la surface du masque de grille sur laquelle le dessin de grille 47 n'est pas formé fait face à la face arrière d'un support 41 de masque classique. Ainsi, le masque de grille de la présente invention peut être fixé  
5 sur un masque classique en utilisant l'un ou l'autre des procédés représentés en figure 7A et 7B.

Une telle fixation du support 45 à un support 41 de masque classique peut être effectuée en utilisant des colles  
10 telles qu'une résine epoxy, un ciment, un enduit au silicone ou une bande adhésive double face. La fixation entre le support 45 du masque de grille et le support 41 de masque classique peut être effectuée par un procédé de fusion et de collage ou un procédé de serrage recourant à  
15 une pince à quartz.

En outre, l'interstice entre le support 45 du masque de grille et le support 41 du masque classique vaut de préférence  $1,0 \mu\text{m}$  ou d'avantage, pour empêcher que les  
20 deux masques s'abrasent mutuellement pendant l'étape de fixation. Dans un tel cas, une bande adhésive épaisse ou un encadrement de pellicule peuvent être utilisés comme bande adhésive de soutien 49, comme représenté en figure 7A. A ce moment, l'interstice entre le support 45 du  
25 masque de grille et le support 41 du masque classique peuvent même être de l'ordre de quelques dizaines de millimètres.

La figure 9A et la figure 9B sont des vues en perspective  
30 représentant un autre mode de réalisation, dans lequel le masque de grille de la présente invention est fixé sur un masque classique. La référence numérique 53 représente un encadrement de pellicule, toutes les autres références numériques représentant les mêmes éléments qu'en figure 7A  
35 et en figure 7B. Ici, le support 45 du masque de grille

est fixé sur un support 41 de masque classique par une bande adhésive de soutien 49, comme représenté en figure 7A.

5 En figure 9A et 9B, un encadrement de pellicule 53 est utilisé comme bande adhésive de soutien de la figure 7A. La figure 9A représente un mode de réalisation dans lequel, après avoir fixé l'encadrement de pellicule 53 sur  
10 sur l'encadrement de pellicule 53. Le masque représenté en figure 9B est le même que celui représenté en figure 9A, à la différence que le support 45 du masque de grille a été découpé à la même taille que celle de l'encadrement de pellicule 53, et fixé à l'encadrement de pellicule 53.

15 Il n'est pas nécessaire d'utiliser une pellicule neuve pour l'encadrement de pellicule 53, parce que l'on peut utiliser un ancien encadrement de pellicule, duquel l'encadrement est détaché. Ainsi, on peut empêcher  
20 l'abrasion entre les deux masques en utilisant l'encadrement de pellicule 53 comme bande de soutien d'un support 45 de masque de grille, et on peut réutiliser l'ancien encadrement pour récupérer les déchets.

25 Les figures 10A et 10B sont des vues en perspectives représentant encore un autre mode de réalisation, dans lequel le masque de grille de la présente invention est fixé sur un masque classique. Ici, les références numériques désignent les mêmes objets qu'en figure 8B.

30 Le masque de grille représenté en figure 10A est le même que celui de la figure 9A, à la différence qu'il est plus mince. On peut rendre plus mince le support 45 du masque de grille tel que ci-dessus en rodant et polissant de  
35 manière répétée le support transparent classique jusqu'à

ce qu'il devienne lisse, ou en usant la surface arrière du support transparent par rodage et polissage après avoir formé le dessin de grille 47 sur le support 45 du masque de grille, la protection de la partie où le dessin de grille 47 a été formé étant effectuée par une opération de revêtement par polymère.

Le masque de grille représenté en figure 10B est le même que celui de la figure 10A, à la différence qu'après avoir formé le dessin de grille 47 sur le support 45 du masque de grille qui est constitué de quartz, la partie arrière du support 45 du masque de grille a été découpée, le support 45 du masque de grille étant ensuite fixé au support 41 de masque classique.

La figure 11 représente encore un autre mode de réalisation du masque de la présente invention. Ici, le masque a été obtenu en formant un dessin de grille 47 sur la surface arrière d'un support 41 de masque classique présentant sur lui un dessin classique 43 en chrome. Le dessin de grille 47 peut être formé par un procédé photographique classique lorsque l'on utilise un vernis photosensible. Lorsque le dessin de grille 47 est formé en recourant à un matériau tel que le SOG ou en attaquant le support lui-même, une étape d'attaque chimique du support de masque doit être effectuée via un procédé photolithographique. Dans un tel cas, des installations d'attaque chimique de masques sont évidemment nécessaires.

La figure 12 représente encore un mode de réalisation de masque de grille selon la présente invention. Le masque de grille représenté en figure 12 est le même que celui représenté en figure 8B, à la différence que les sillons 55 à travers lesquels passe la lumière d'alignement des masques sont formés dans les parties périphériques du

support 45 du masque de grille.

Lorsque l'exposition est effectuée en interposant un masque de grille sur un masque classique, comme représenté  
5 en figure 8B, on peut abaisser l'intensité lumineuse ou faire se réfléchir la lumière sur l'interface entre les masques, puisque la lumière d'alignement des masques doit passer à travers le support 45 du masque de grille et à travers le support 41 de masque classique. Dans un tel  
10 cas, il apparaît des erreurs à cause du fait que la lumière ne peut être détectée. Par conséquent, pour empêcher un tel problème, le sillon 55 est de préférence formé en découpant la partie périphérique du support 45 du masque de grille traversée par la lumière d'alignement des  
15 masques. Ce sillon peut être formé en utilisant un dispositif de découpe à ultrasons ou une machine de découpage de galettes.

La figure 13 représente des vues servant à expliquer plus  
20 en détail le masque représenté en figure 12. Si nous nous référons à la figure 13, "A" est une vue en plan du masque de grille de la figure 12, "B" est une vue en coupe dudit masque de grille, prise le long de la ligne X-X', et "C" est une vue en plan du masque classique de la figure 11,  
25 "D" étant une vue en coupe dudit masque classique, prise le long de la ligne Y-Y', "E" étant une vue en plan d'un mode de réalisation du masque selon la présente invention, dans lequel le masque de grille A et le masque classique B sont fixés l'un à l'autre de telle sorte que la surface  
30 du support 45 du masque de grille sur laquelle le dessin de grille 47 n'est pas formé fait face à la face arrière du support 41 du masque classique, "F" étant une vue en coupe du masque de grille E, prise le long de la ligne Z-Z'.

En figure 13C, les références numériques 57 et 57' désignent les marques d'alignement. Ainsi qu'on peut le voir dans la figure, un sillon 55 est formé dans la partie du support 45 du masque de grille qui correspond à la  
5 partie où est formée la marque d'alignement. Comme la partie qui correspond à la marque d'alignement 57' est présente dans la partie sur laquelle est formé le dessin de grille, une ouverture 55' doit être formée dans la  
10 partie du support 45 du masque de grille qui correspond à la marque d'alignement 57'.

La figure 14 représente encore un autre mode de réalisation du masque de grille de la présente invention. Le masque représenté en figure 14 est le même que celui de  
15 la figure 13 E, à l'exception que le support du masque de grille représenté en figure 9B est fixé de telle sorte que la surface sur laquelle le dessin de grille 47 est formé fait face à la face arrière du support 41 de masque classique. Si nous nous référons à la figure 14, "A" est  
20 une vue en plan dudit masque, tandis que "B" est une vue en coupe de A, prise le long de la ligne Z-Z'.

La figure 15 représente encore un autre mode de réalisation d'un masque de la présente invention. Le  
25 masque représenté en figure 15 est le même que celui de 7A, à la différence que le support 45 du masque de grille est plus grand que le support 41 du masque classique. Lorsque le support du masque de grille est plus grand que le support du masque classique, il est facile d'actionner  
30 manuellement le système d'exposition.

La figure 16 est une vue en perspective représentant encore un autre mode de réalisation du masque, dans lequel le masque de grille de la présente invention est attaché  
35 à un masque classique. Si nous nous référons à la figure

16, la référence numérique 41 est un support de masque classique, la référence numérique 43 est un masque de définition de la zone d'exposition, qui doit être constitué de chrome, la référence numérique 45 est un support de masque de grille, la référence numérique 46A est un premier dessin de grille formé dans la direction de l'axe X et la référence numérique 46B est un second dessin de grille formé sur une autre surface du support 45 de masque de grille, dans la direction de l'axe Y, perpendiculaire à ladite direction de l'axe X.

Dans le présent mode de réalisation, ledit premier et ledit second dessin de grille 46 et 50 sont formés sur les deux surfaces du même support 40 de masque de grille. Cependant, deux masques de grille avec le même dessin de grille peuvent être utilisés en association mutuelle de manière à se rencontrer perpendiculairement.

Un procédé de fabrication de la présente invention est expliqué plus en détail en relation aux modes de réalisation qui suivent.

#### Mode de réalisation 1

Les figures 17A à 17D sont des diagrammes servant à représenter un premier mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'un masque de la présente invention.

La figure 17A représente une étape de formation d'un dessin de grille 63. Un film de vernis photosensible est formé sur une galette de quartz 61 dont le diamètre est de 6 pouces et dont l'épaisseur est de 0,1 - 1 mm, en appliquant un vernis photosensible jusqu'à une épaisseur de 0,1 - 1  $\mu$ m. Ensuite, un dessin en vernis photosensible (non représenté) en vue de former un dessin de grille 63 est formé par dessin en utilisant NSR-1505i7A (marque

commerciale Nikon), et ensuite un dessin de grille 63 du type en damier tel que représenté est formé en attaquant chimiquement la galette de quartz 61. Après une opération de nettoyage, le reste du dessin en vernis photosensible  
5 est enlevé.

La figure 17B représente l'étape de découpe d'une galette de quartz pour ainsi former un masque de grille. La galette de quartz 61 sur laquelle le dessin de grille 63  
10 a été formé est découpée en utilisant une machine de découpe ou un couteau diamanté de manière à s'adapter à la dimension d'un encadrement de pellicule, et on obtient alors un support 65 de masque de grille sur lequel un dessin de grille 63 est formé. On effectue ensuite un  
15 nettoyage.

La figure 17C représente une étape de fixation d'un support 65 de masque de grille, obtenu au cours de l'étape précédente, sur un encadrement de pellicule 67. Un  
20 encadrement de pellicule 67 possédant une taille de 98 mm x 120 mm x 4 mm est utilisée. Après avoir découpé l'encadrement de pellicule 67 d'une pellicule endommagée, une bande adhésive double face est posée sur le bord supérieur et le bord inférieur de l'encadrement de  
25 pellicule 67, et le support 65 de masque de grille est ensuite collé sur l'encadrement de pellicule 67 dans un local propre.

La figure 17D représente une étape de fixation du support  
30 65 de masque de grille sur un support de masque classique sur lequel un dessin 71 classique au chrome a été formé. Lorsque le support 65 du masque de grille a été collé sur un côté de l'encadrement de pellicule 67, un support de masque classique dont la dimension est de 5" x 5" x 0,09"  
35 est fixé de telle sorte que la surface du support 65 de

masque de grille sur laquelle le dessin de grille 63 n'est pas formé fasse face à la face arrière du support 69 de masque classique (de manière continue dans le local propre), pour obtenir ainsi un masque de la présente invention.

#### Mode de réalisation 2

La figure 18 est une vue schématique représentant un second mode de réalisation de la présente invention.

10

Après avoir revêtu un masque de grille possédant le dessin de grille obtenu en mode de réalisation 1 d'un matériau de fabrication de pellicule tel que de la nitrocellulose, sur une épaisseur de 2-3  $\mu\text{m}$ , on obtient un film de masquage 83 sur lequel un dessin de grille 85 est reproduit. Ensuite, après avoir séparé le film de masquage 83 du masque de grille, le film de masquage possédant le dessin de grille (et qui possède une image inverse de celle du masque de grille du mode de réalisation 1) est fixé sur un support 81 de masque classique en utilisant le même encadrement de pellicule 87 que dans le mode de réalisation 1, de la même manière que dans le mode de réalisation 1.

15

20

#### Mode de réalisation 3

Un vernis photosensible est appliqué sur une épaisseur d'environ 0,1-1  $\mu\text{m}$  sur la face arrière d'un support de masque en quartz sur lequel est formé un dessin classique au chrome, pour ainsi former un dessin en vernis photosensible. Ensuite, un dessin de grille est transcrit par recours à un système d'exposition à un faisceau d'électrons. A ce moment, des opérations telles qu'un développement, un attaque chimique du quartz, un arrachage du dessin en vernis photosensible sont effectuées, pour obtenir un masque de la présente invention possédant sur une surface du support de masque un dessin de grille et

30

35

sur une autre face du support de masque un dessin classique au chrome, comme représenté en figure 10.

Mode de réalisation 4

5 On obtient un masque de grille en formant un dessin de grille sur un support en quartz de masque de grille dont la taille est de 5" x 5" x 0,09", comme décrit dans le mode de réalisation 1 ou 3. Le masque de grille est alors fixé sur un support de masque classique de même taille, en  
10 utilisant un encadrement de pellicule de la même manière que dans le mode de réalisation 1, pour obtenir ainsi un masque de la présente invention, comme représenté en figure 9A.

15 Mode de réalisation 5

On obtient un masque de la présente invention de la même manière que dans le mode de réalisation 4, à la différence que les opérations de rodage et de polissage sont exécutées sur la face arrière du support du masque de  
20 grille, de manière à réduire l'épaisseur jusqu'à 0,09 " - 0,03".

Mode de réalisation 8

Les figures 19A à 19D sont des vues en perspective servant  
25 à représenter un sixième mode de réalisation en vue de la fabrication d'un masque de grille de la présente invention.

La figure 19A représente un étape de formation d'un  
30 premier dessin en vernis photosensible. Une couche de vernis photosensible (non représentée) est formée par revêtement d'un support 45 de masque en quartz d'un vernis photosensible. Le film de vernis photosensible est exposé sur le support de masque 45 en l'exposant à un lumière 44,  
35 qui à ce moment développe et forme également un premier

dessin 42 en vernis photosensible en vue de former un premier dessin de grille dans la direction de l'axe X.

5 La figure 19B représente une étape de formation d'un premier dessin de grille dans la direction de l'axe X. Un premier dessin de grille 46A, qui se répète dans la direction de l'axe X, est formé par attaque chimique du support 45 de masque en recourant à un premier dessin en vernis photosensible 42 comme masque d'attaque.

10

La figure 19C représente une étape de formation d'un second dessin en vernis photosensible. La face arrière du support 45 de masque est enduite en supplément d'un vernis photosensible de la même manière que celle décrite à propos de la figure 19A, pour ainsi former un second film de vernis photosensible qui est alors exposé et développé pour former un second dessin en vernis photosensible 48, en vue de former un second dessin de grille dans la direction de l'axe Y.

20

La figure 19D représente une étape de formation d'un second dessin de grille 46B dans la direction de l'axe X. Le second dessin de grille 46B se répétant dans la direction de l'axe X est formé par attaque chimique du support 45 de masque, en recourant à un second dessin en vernis photosensible 48 comme masque d'attaque.

25

Par la suite, le support 45 du masque de grille possédant des dessins de grille 45A et 45B se répétant respectivement dans la direction de l'axe X et de l'axe Y est fixé sur la face arrière du support de masque sur lequel est formé un dessin classique au chrome, en utilisant un encadrement de pellicule, pour ainsi obtenir le masque de la présente invention tel que représenté en

30

35 figure 16.

Formation des dessins

Dans un système d'exposition possédant une ON de 0,5 et utilisant une ligne i ( $\lambda = 365 \text{ nm}$ ), la limite de résolution était de l'ordre de  $0,5 \mu\text{m}$ . En utilisant ce système classique d'exposition, on forma un dessin selon un procédé classique d'exposition par projection, et on forma un dessin selon un procédé de la présente invention en utilisant un système d'exposition par projection dans lequel était prévu le masque de la présente invention, tel que représenté en figure 6C.

Ici, le dessin de grille fut formé sur le support de masque de grille de telle sorte que la différence de parcours lumineux soit de  $180^\circ$ , tout en changeant le cycle (pas) du dessin de grille. Autrement dit, le support de masque en quartz fut structuré de telle sorte que le dessin de grille possède une profondeur (d) de  $0,365 \mu\text{m}/2(n-1)$ .

Selon un procédé de la présente invention, on obtint un dessin d'une résolution de  $0,28 \mu\text{m}$  (environ  $0,38 \lambda/\text{ON}$ ), tandis que par le procédé classique on ne pouvait atteindre qu'un dessin d'une taille de  $0,36 \mu\text{m}$ .

Lorsque l'opération d'exposition est exécutée en utilisant le masque de la présente invention, la composante verticale de la lumière est supprimée par l'interférence mutuelle et seule reste une composante oblique de la lumière, comme représenté en figure 6C. Autrement dit, la lumière diffractée d'ordre zéro et la lumière diffractée de second ordre interfèrent et sont supprimées tandis que la lumière de premier, troisième, .... ordre est conservée. Cependant, en pratique, de la lumière diffractée d'ordres supérieurs (au-delà du troisième ordre) est quasi absente.

Par conséquent, la plus grande partie de la quantité de la lumière transmise est obtenue par la lumière de premier ordre et le rendement de transmission devient remarquablement plus élevé que dans le procédé classique.

5 Par conséquent, la résolution fut améliorée jusqu'à  $0,4 \mu\text{m}$  ou moins, et on assure une PDF pouvant atteindre  $2,2 \mu\text{m}$ .

La figure 20 représente un graphique montrant une profondeur de champ lorsque les différents dessins sont  
10 exposés par le procédé classique ci-dessus et par le procédé d'exposition de la présente invention. En figure 20, les astérisques représentent le cas du procédé classique d'exposition, le symbole ● représente le cas où le pas du dessin de grille est de  $5 \mu\text{m}$ , le symbole ○  
15 représente le cas où le pas du dessin de grille est de  $6 \mu\text{m}$ , et le symbole ■ représente le cas où le pas du dessin de grille est de  $7 \mu\text{m}$ . Ainsi qu'on peut le voir en figure 20, la profondeur de champ est remarquablement améliorée lorsque l'on avait formé des dessins inférieurs à un demi-  
20 micron.

Lorsque l'on avait formé un dessin en utilisant un dispositif de gravage excimer au KrF de  $0,45 \text{ ON}$ , selon le procédé classique d'exposition, on put obtenir un dessin  
25 d'une taille de  $0,28 \mu\text{m}$ . Cependant, selon le procédé de la présente invention, on put obtenir un dessin d'une taille de  $0,22 \mu\text{m}$  et on atteignit une profondeur de champ de  $2,0 \mu\text{m}$ .

30 En plus de cela, la linéarité du dessin formé est excellente, ce qui augmente le rendement de l'opération d'exposition.

La figure 21 représente un graphique donnant les tailles  
35 du dessin voulu en fonction du dessin effectivement mesuré

lorsque le dessin est exposé par le procédé classique et par un procédé selon l'invention de projection en vue d'exposer un objet. En figure 21, les symboles  $\square$  et  $\bullet$  représentent les dessins obtenus selon la présente invention, et l'astérisque représente les dessins obtenus selon le procédé classique. Ainsi qu'on peut le voir en figure 21, la linéarité du dessin est remarquablement améliorée jusqu'à une taille de dessin de  $0,4 \mu\text{m}$  ou moins.

10 Ainsi qu'on l'a décrit plus haut, la résolution est améliorée uniquement dans le dessin parallèle lorsque la grille du masque est formée dans une direction régulière. Par conséquent, la grille est prévue pour être groupée en fonction du dessin de masque, pour atteindre la meilleure  
15 résolution et ainsi optimiser les dessins verticaux, horizontaux et obliques. En particulier, pour des dispositifs de mémoire à haute intégration, il n'est pas difficile de regrouper le dessin et l'application du procédé de la présente invention et facile.

20 De plus, lorsqu'une résolution très élevée n'est pas nécessaire, on peut améliorer la résolution en formant un dessin de grille du type en damier, comme décrit dans un mode de réalisation de la présente invention, ce qui rend  
25 possible l'amélioration verticale et horizontale de la résolution.

En outre, le dessin de grille est formé sur les deux faces d'un support de masque de grille de manière à se répéter  
30 perpendiculairement dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, ce qui permet l'amélioration simultanée de la résolution suivant l'axe X et suivant l'axe Y.

Ainsi qu'on l'a décrit plus haut, comme le procédé  
35 d'illumination selon la présente invention n'amène qu'une

perte réduite de la transmission lumineuse par comparaison  
au procédé qui recourt au filtre classique, le rendement  
de transmission lumineuse est augmenté de 200 - 400 % (ou  
davantage), et l'effet d'illumination incidente oblique  
5 peut être obtenu comme dans le procédé classique pour  
ainsi augmenter la productivité.

De plus, dans le procédé classique, l'uniformité est  
abaissée par l'arrêt de la lumière découlant du recours au  
10 filtre installé. Par contre, dans la présente invention,  
l'arrêt de la lumière n'a pas lieu puisque le filtre n'est  
pas utilisé. Dès lors, il n'apparaît pas de détérioration  
de l'uniformité de l'intensité de l'exposition.

15 En outre, comme le simple fait de prévoir un masque de  
grille ou de structurer une autre surface d'un masque  
conventionnel en un dessin de grille permet d'atteindre  
l'excellent effet de l'illumination modifiée, l'alignement  
entre le masque à décalage de phase et un masque en vue de  
20 la transcription d'un dessin est inutile, ce qui a pour  
effet la fabrication d'un masque possédant une résolution  
élevée avec un faible coût, et réalisée d'une manière  
simplifiée. De plus, on peut atteindre une résolution plus  
élevée par optimisation en fonction de chaque taille de  
25 dessin.

Lorsque le masque de grille du masque de la présente  
invention est fixé sur le masque classique en utilisant un  
encadrement de pellicule tel qu'une bande de soutien entre  
30 le masque de grille et le masque classique, on empêche  
l'abrasion entre le masque de grille et le masque  
classique.

Bien que la présente invention ait été en particulier  
35 présentée et décrite en référence à des modes de

réalisation particuliers, les personnes expérimentées dans la technique comprendront que différentes modifications de forme et de détail peuvent y être effectuées sans quitter l'esprit et le domaine couvert par l'invention telle que

5 définie par les revendications annexées.

**Revendications**

1. Procédé de projection en vue d'exposer un objet avec utilisation d'un masque (25, 41, 69 et 81), comprenant les  
5 étapes de :
  - extraction d'une composante verticale (13) de la lumière provenant d'une source de lumière pour ainsi générer une lumière incidente oblique (14); et
  - 10 exposition dudit objet par irradiation dudit masque (25, 41, 69 et 81) par ladite lumière incidente oblique (14).
  
2. Procédé de projection selon la revendication 1, dans lequel ladite lumière incidente oblique (14) est une  
15 lumière diffractée d'ordre impair.
  
3. Procédé de projection selon la revendication 2, dans lequel ladite lumière incidente oblique (14) est une  
20 lumière diffractée d'ordre +/- 1.
  
4. Procédé de projection selon la revendication 1, dans lequel l'étape de génération de ladite lumière incidente oblique (14) est effectuée en formant un dessin de grille (46A, 46B et 47) sur la partie supérieure dudit masque  
25 (41).
  
5. Procédé de projection selon la revendication 4, dans lequel ledit dessin de grille (46A, 46B et 47) est formé sur toute la partie supérieure dudit masque (41) en vue de  
30 supprimer les composantes incidentes verticales (13) de la lumière qui illuminent ledit masque (25, 41, 69 et 81).
  
6. Procédé de projection selon la revendication 4, dans lequel ledit dessin de grille (46A, 46B et 47) est formé  
35 dans une partie de la partie supérieure dudit masque (41)

en vue de supprimer partiellement les composantes incidentes verticales (13) de la lumière qui illumine ledit masque (25, 41, 69 et 81).

5 7. Procédé de projection selon la revendication 4, dans lequel le cycle dudit dessin de grille (46A, 46B et 47) vaut entre  $\lambda/\sin[0,2\sin^{-1}(ON_i)]$  et  $\lambda/\sin[0,8\sin^{-1}(ON_i)]$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde de ladite lumière et  $ON_i$  est l'ouverture numérique du côté incident d'un système  
10 d'exposition par projection.

8. Procédé de projection selon la revendication 1, dans lequel l'étape de génération de ladite lumière incidente oblique (14) est réalisée en utilisant un masque de grille  
15 dans lequel un dessin de grille (46A, 46B et 47) est formé sur un support transparent (45).

9. Procédé de projection selon la revendication 8, dans lequel ledit dessin de grille (46A, 46B et 47) est formé  
20 sur la totalité ou sur une partie dudit support 45.

10. Procédé de projection selon la revendication 8, dans lequel le cycle dudit dessin de grille (46A, 46B et 47) vaut entre  $\lambda/\sin[0,2\sin^{-1}(ON_i)]$  et  $\lambda/\sin[0,8\sin^{-1}(ON_i)]$ , où  
25  $\lambda$  est la longueur d'onde de ladite lumière et  $ON_i$  est l'ouverture numérique du côté incident d'un système d'exposition par projection.

11. Procédé de projection en vue d'exposer un objet en  
30 utilisant un masque (25, 41, 69 et 81), comprenant les étapes de :

génération d'une lumière incidente oblique (14) à partir d'une lumière, entre ledit masque (25, 41, 69 et 81) et une source de lumière, en faisant interférer de la  
35 lumière diffractée d'ordre zéro; et

exposition dudit objet en irradiant ledit masque (25, 41, 69 et 81) par ladite lumière incidente oblique (14).

12. Système d'exposition par projection en vue d'exposer  
5 un objet comprenant:

une source lumineuse;

un premier moyen en vue d'irradier un masque (25, 41, 69 et 81) à partir de ladite source lumineuse;

10 un second moyen en vue de générer une lumière incidente oblique (14) en extrayant une composante verticale (13) de ladite lumière, entre ladite source de lumière et ledit masque (25, 41, 69 et 81).

13. Système d'exposition par projection selon la  
15 revendication 12, dans lequel ledit premier moyen comprend un condenseur 29.

14. Système d'exposition par projection selon la  
20 revendication 13, dans lequel ledit second moyen est prévu entre ledit condenseur (29) et ledit masque (25, 41, 69 et 81).

15. Système d'exposition par projection selon la  
25 revendication 12, dans lequel ledit second moyen est un masque sans chrome à décalage de phase (27) possédant un dessin de grille (46A, 46B et 47) constitué de dessins réguliers formés sur lui, grâce à quoi la lumière diffractée d'ordre zéro interfère et est supprimée par une différence de phase lumineuse.

30

16. Système d'exposition par projection selon la  
revendication 12, dans lequel ledit premier moyen est un  
dessin de grille (46A, 46B et 47) constitué de dessins  
réguliers formés sur la face arrière dudit masque (41),  
35 grâce à quoi la lumière diffractée d'ordre zéro interfère

et est supprimée par une différence de phase lumineuse.

17. Système d'exposition par projection selon la revendication 16, dans lequel ledit dessin (46A, 46B et 5 47) est formé de manière répétée sur la totalité ou sur une portion dudit masque, et possède une largeur de ligne régulière.

18. Masque comprenant:

10 un support transparent (45); et  
un dessin de grille (46A, 46B et 47) formée de manière régulière sur ledit support (45), grâce à quoi la lumière interfère par différence de phase lumineuse de telle sorte que la lumière diffractée d'ordre zéro 15 interfère pour ainsi supprimer une composante incidente verticale (13) de la lumière, et renforcer la composante incidente oblique (14) de la lumière d'ordre +/- 1.

19. Masque selon la revendication 18, dans lequel ledit 20 masque est un masque sans chrome à décalage de phase.

20. Masque selon la revendication 18, dans lequel le pas dudit dessin (27) vaut entre  $\lambda/\sin[0,2\sin^{-1}(ON_i)]$  et  $\lambda/\sin[0,8\sin^{-1}(ON_i)]$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la 25 lumière et  $ON_i$  est l'ouverture numérique du côté incident d'un système d'exposition.

21. Masque selon la revendication 18, dans lequel ledit dessin (27) est formé de manière à présenter une 30 différence de phase alternée du type en damier.

22. Masque selon la revendication 18, dans lequel ledit masque est constitué d'un matériau quelconque sélectionné parmi le groupe comprenant le verre à la soude et à la 35 chaux, le verre au silicate de bore et le quartz.

23. Masque selon la revendication 18, dans lequel ledit dessin de grille est un premier dessin de grille (46A) se répétant sur une surface dudit support (45) à des intervalles réguliers dans la direction de l'axe X.

5

24. Masque selon la revendication 23, dans lequel ledit masque comprend en outre un second dessin de grille, (46B) formé sur l'autre face dudit support (45) ledit second dessin de grille (46B) possédant le même intervalle que  
10 ledit premier dessin de grille (46A), et ledit second dessin de grille (46B) étant formé dans la direction de l'axe Y perpendiculaire à ladite direction de l'axe X.

25. Masque comprenant:

15

un premier support transparent (41);

un dessin (43) formé sur ledit support transparent de manière à définir une zone d'exposition d'un objet;

un second support transparent (45) fixé sur la face  
20 arrière du premier support sur lequel ledit dessin n'est pas formé, et possédant un dessin de grille (46A, 46B et 47) formé sur lui à intervalles réguliers, grâce à quoi la lumière interfère par différence de phase lumineuse de telle sorte que la lumière diffractée d'ordre pair est supprimée tandis que la lumière diffractée d'ordre impair  
25 est renforcée.

26. Masque selon la revendication 25, comprenant en outre un moyen de bande adhésive de soutien (53) pour attacher et soutenir ledit second support transparent (45) sur le  
30 premier support transparent (41), entre ledit premier support 41 et ledit second support (45).

27. Masque selon la revendication 25, dans lequel ledit premier support (41) et ledit second support (45) ont la  
35 même taille.

28. Masque selon la revendication 27, dans lequel ledit second support transparent (45) est plus grand que ledit premier support transparent (41).
- 5 29. Masque comprenant:  
un support transparent (41);  
un dessin (43) formé sur une face dudit support transparent en vue de définir une zone d'exposition d'un objet;
- 10 un dessin de grille (46A, 46B et 47) formé sur l'autre face dudit support transparent (41) à intervalles réguliers, grâce à quoi la lumière interfère par une différence de phase lumineuse de telle sorte que la lumière diffractée d'ordre pair est supprimée tandis que
- 15 la lumière diffractée d'ordre impair est renforcée.
30. Masque selon la revendication 29, dans lequel ledit dessin de grille (46A, 46B et 47) est un dessin obtenu en structurant la face arrière dudit support transparent.
- 20
31. Masque selon la revendication 29, dans lequel ledit dessin de grille (46A, 46B et 47) est constitué d'un matériau différent dudit support transparent.
- 25 32. Masque selon la revendication 29, dans lequel ledit dessin de grille est formé en structurant une pellicule.

FIG. 1

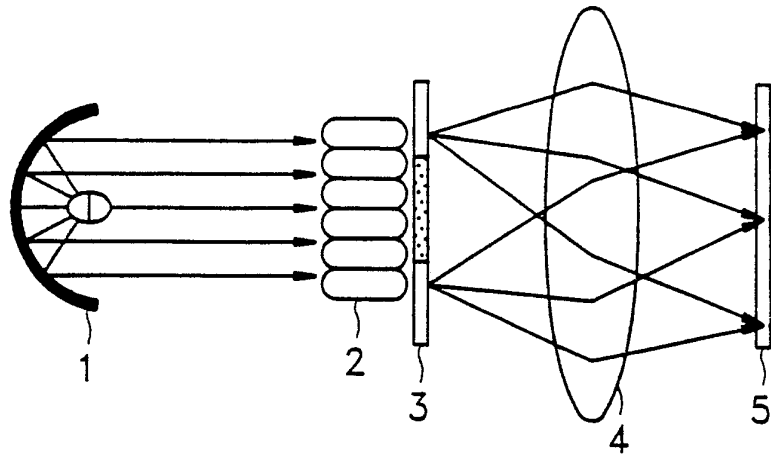


FIG. 2A

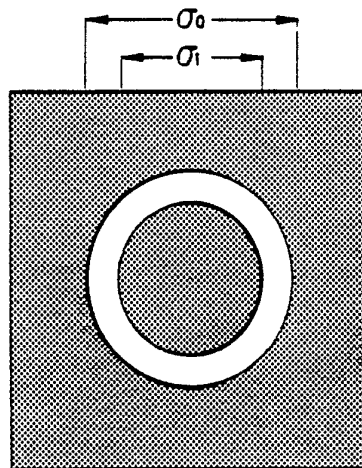


FIG. 2B

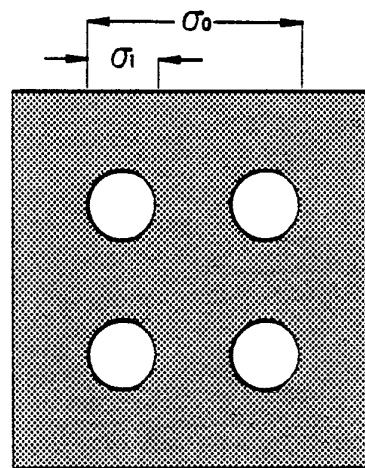


FIG. 3

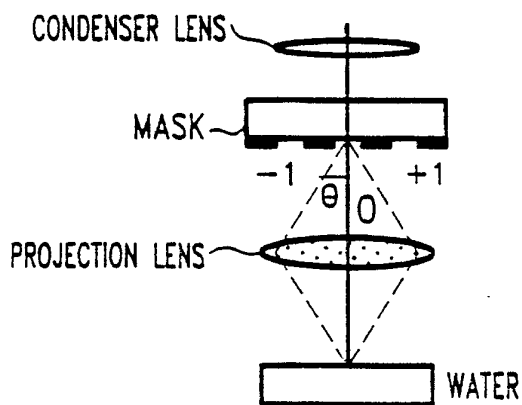


FIG. 4

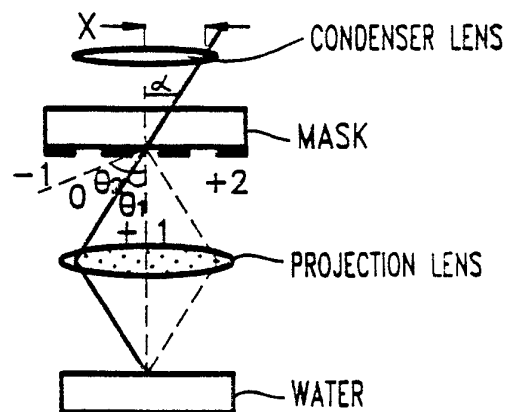


FIG. 5

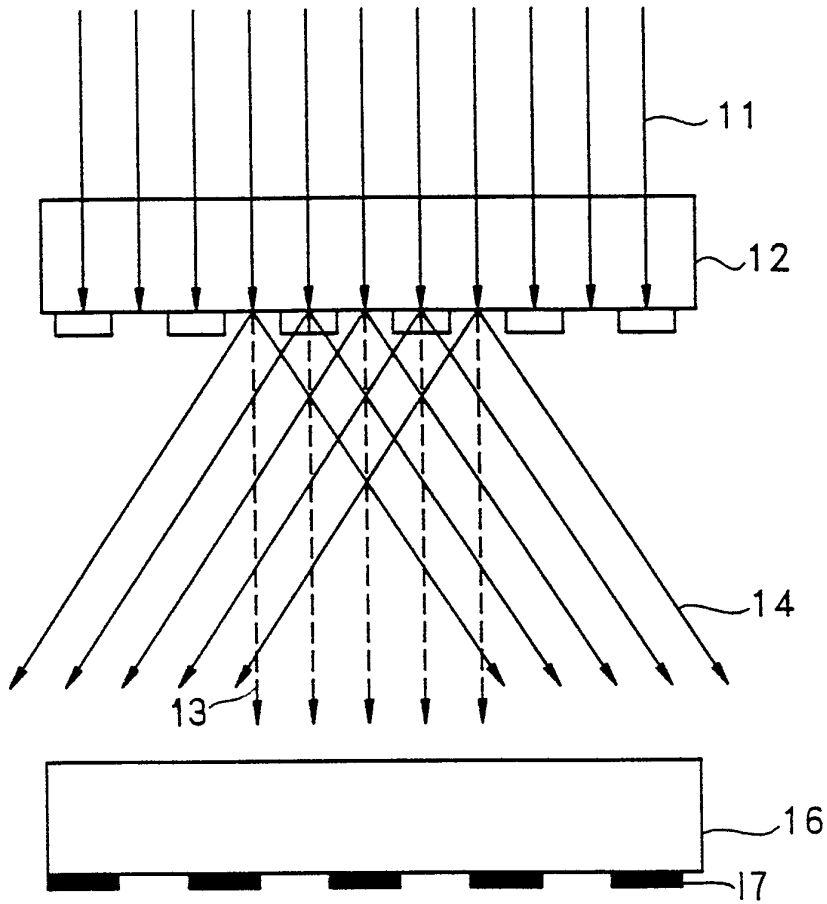


FIG. 6A

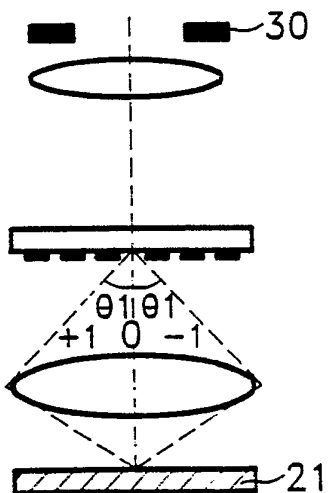


FIG. 6B

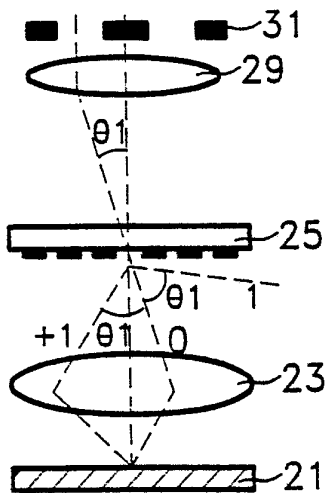


FIG. 6C

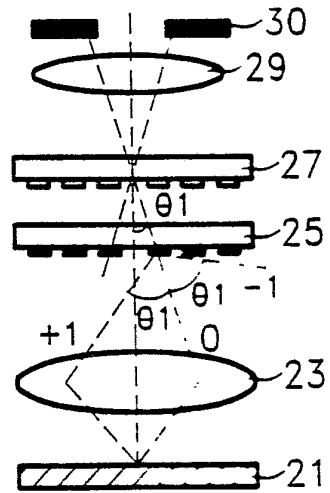


FIG. 7A

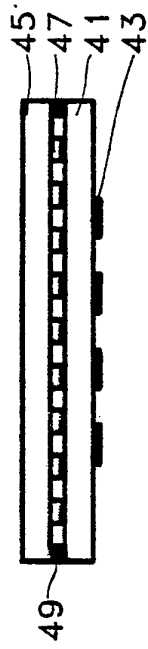


FIG. 7B

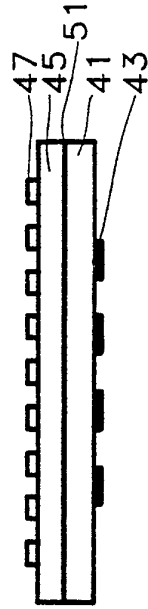


FIG. 8A

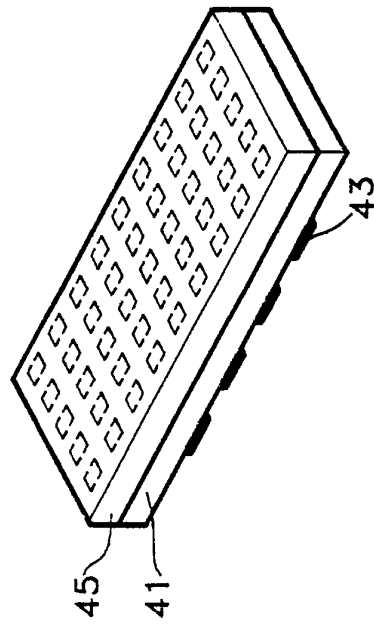
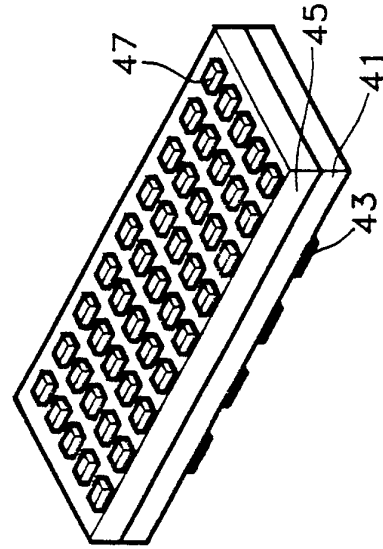
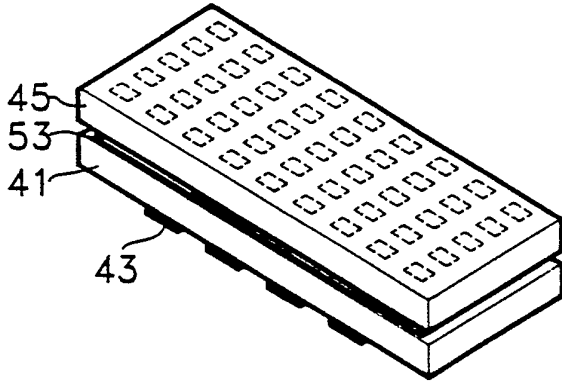


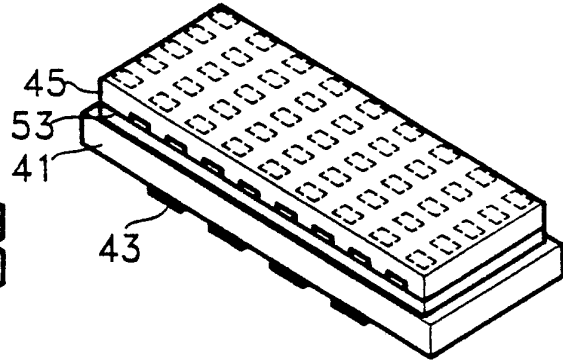
FIG. 8B



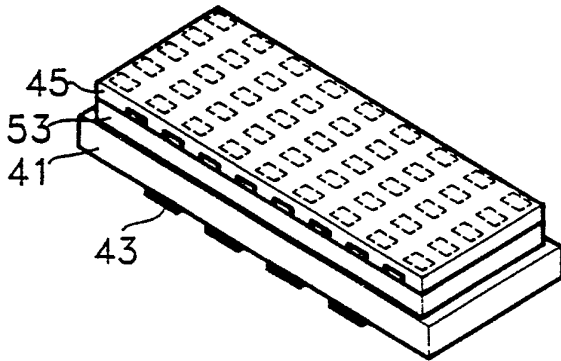
**FIG. 9A**



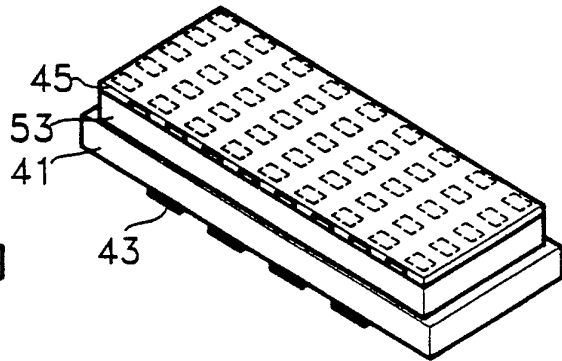
**FIG. 9B**



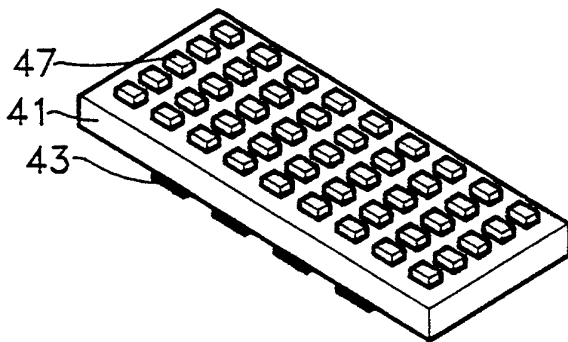
**FIG. 10A**



**FIG. 10B**



**FIG. 11**



**FIG. 12**

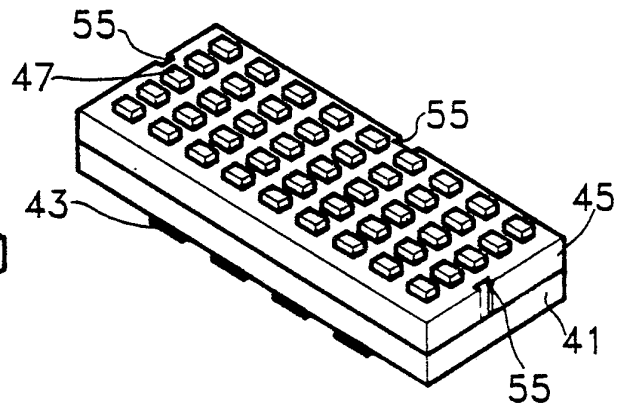


FIG. 13

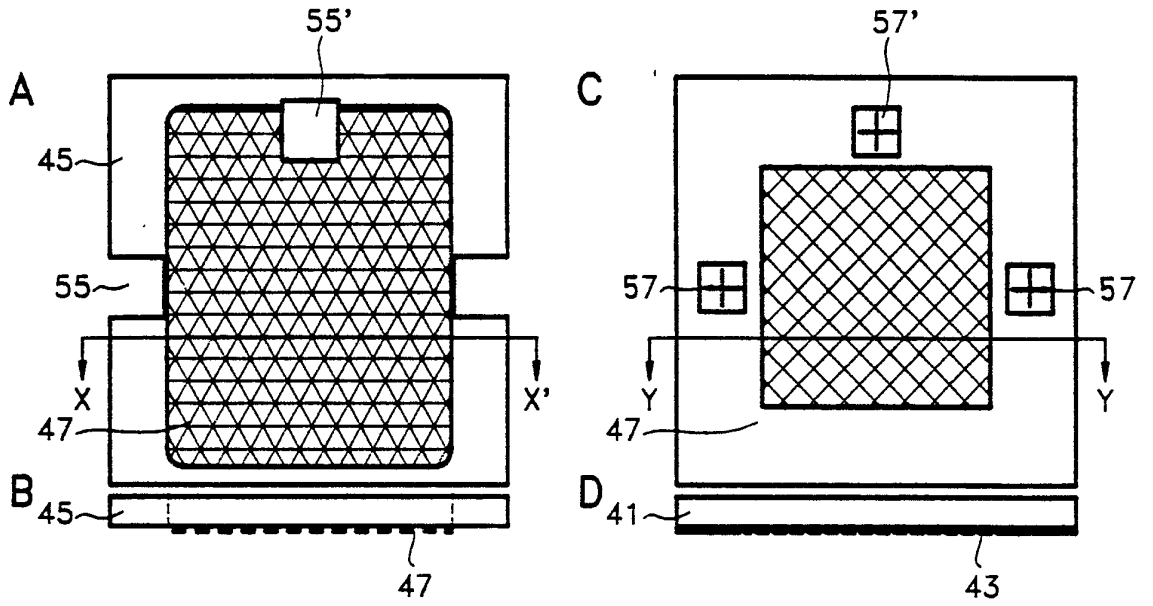
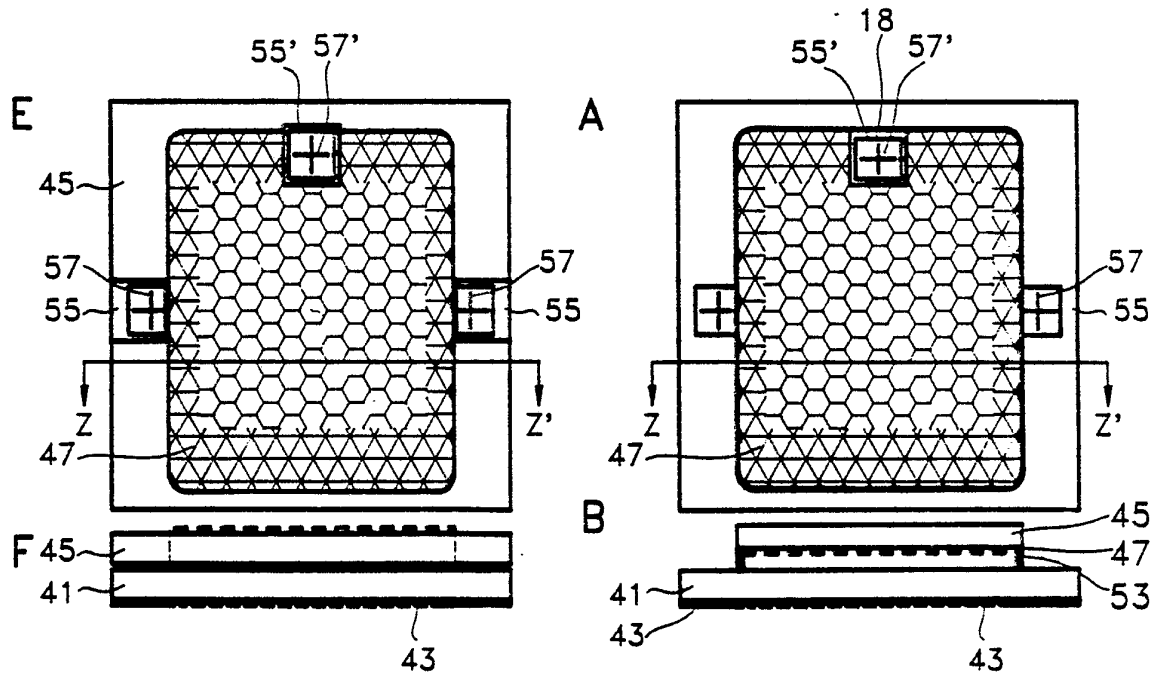
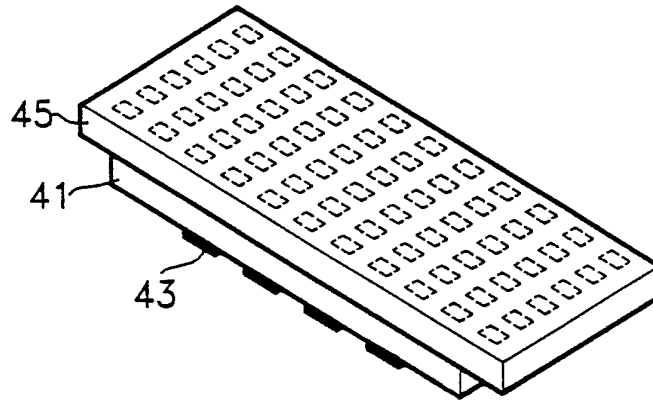


FIG. 14



**FIG. 15**



**FIG. 16**

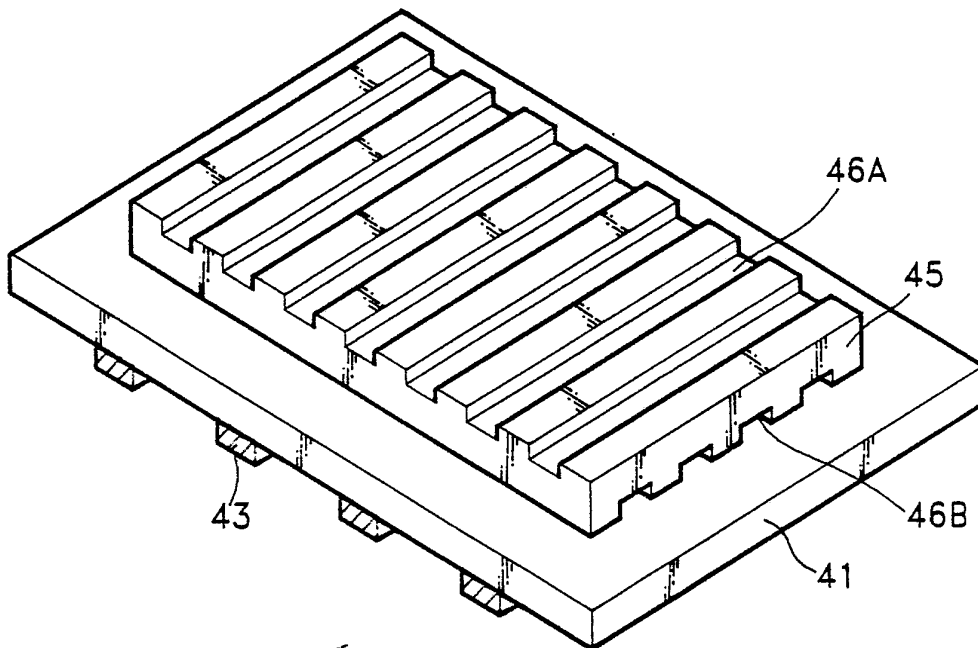


FIG. 17A

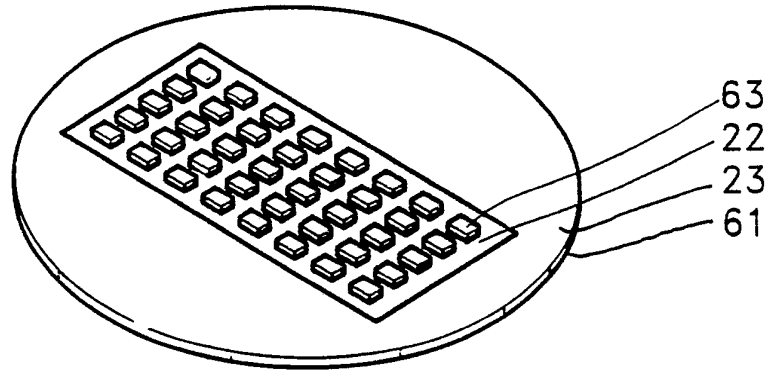


FIG. 17B

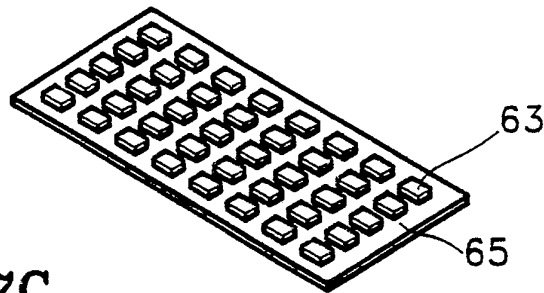


FIG. 17C

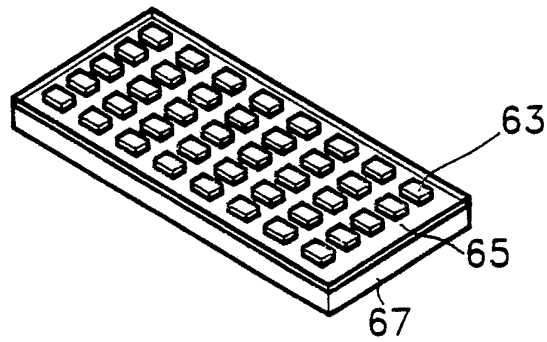


FIG. 17D

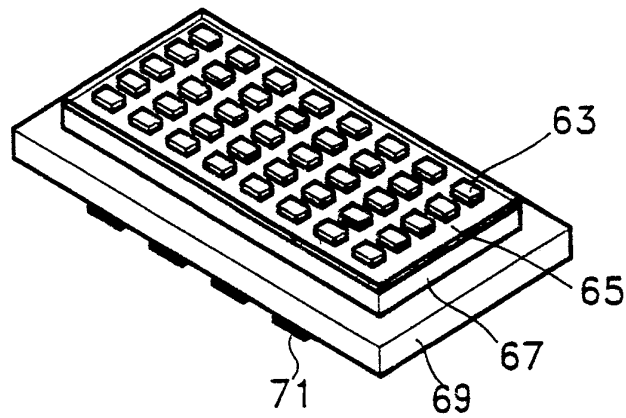


FIG. 18

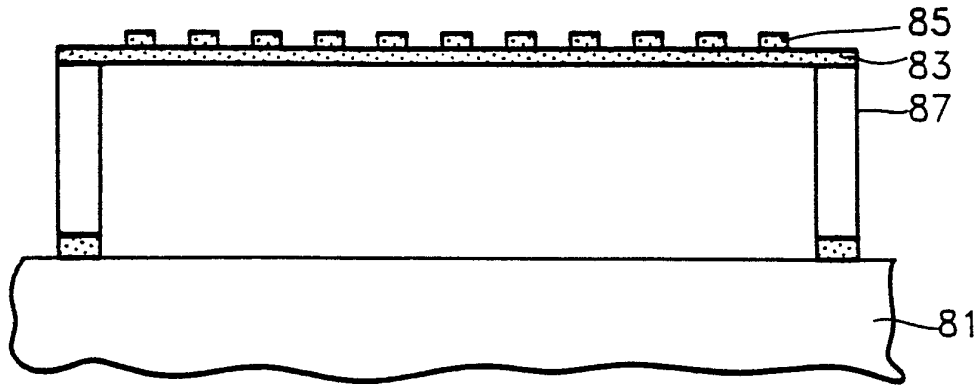


FIG. 20

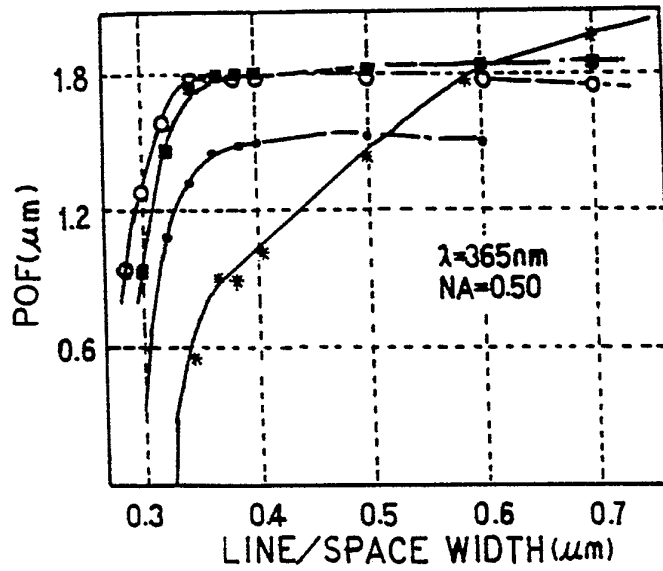
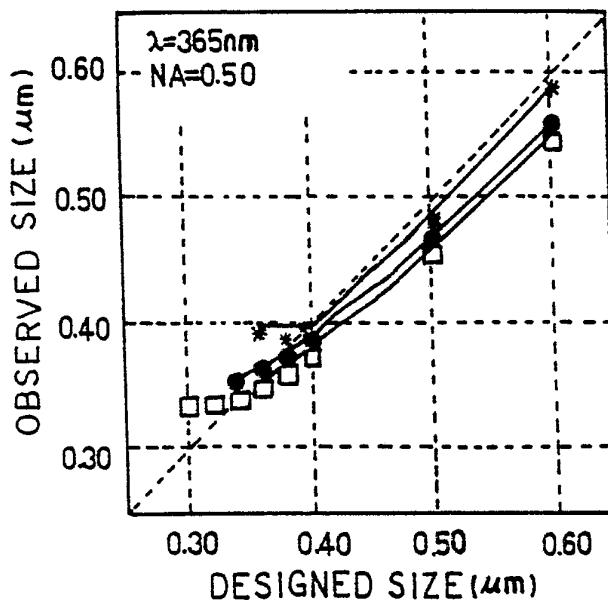
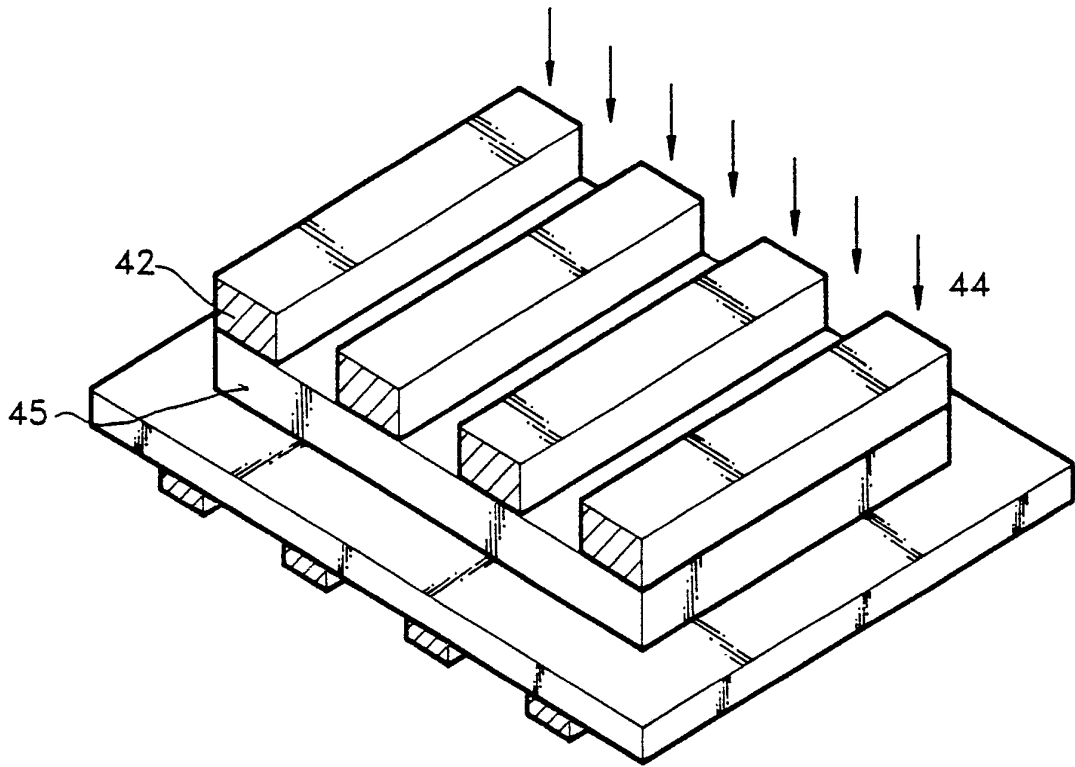


FIG. 21

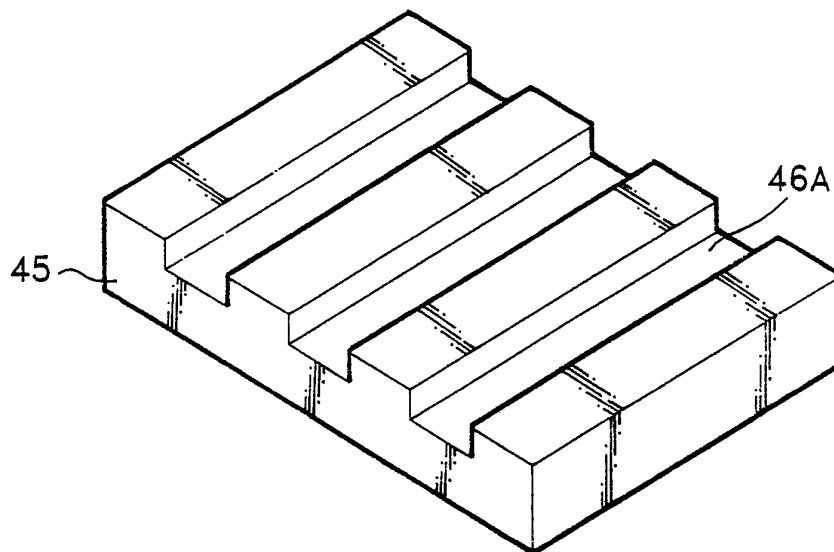


50

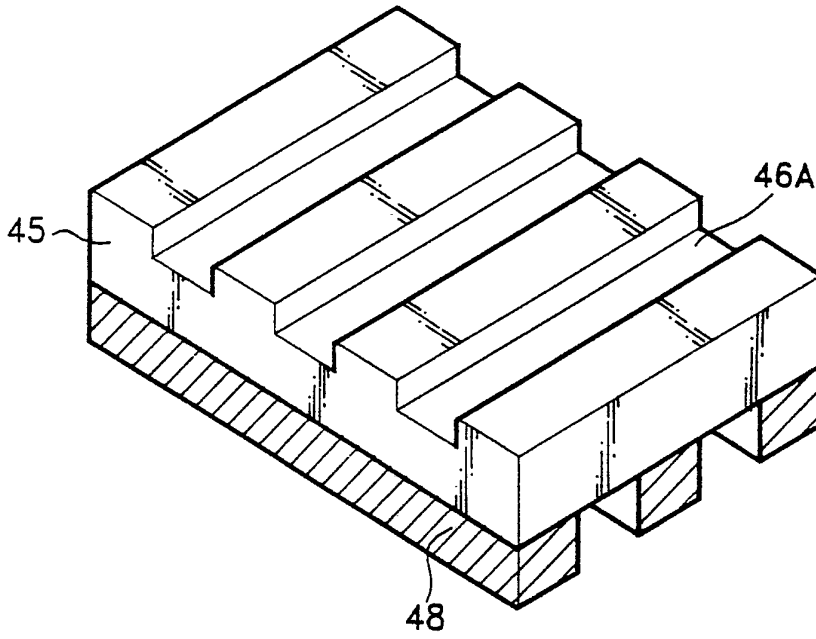
**FIG. 19A**



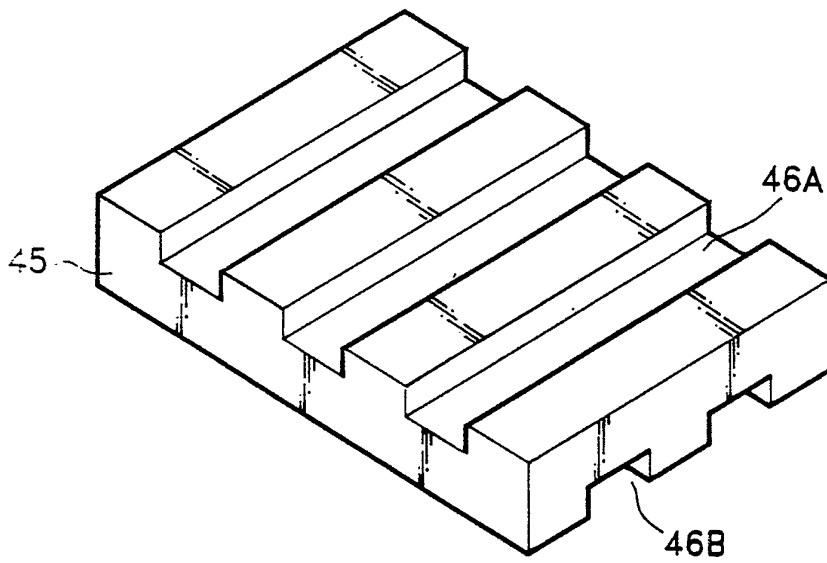
**FIG. 19B**



**FIG. 19C**



**FIG. 19D**





Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 4663  
BE 9300906

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
X	EP-A-0 486 316 (NIKON CORPORATION)  * page 5, ligne 8 - page 7, ligne 36; figures 1-3,40 * * page 9, ligne 41 - ligne 50; figure 4 * * page 10, ligne 4 - ligne 8; figure 6 * * page 10, ligne 47 - ligne 51 * ---	1-3, 8-15, 18-24	G03F7/20
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 65 (P-1313) 18 Février 1992 & JP-A-03 259 256 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 19 Novembre 1991 * abrégé *	29-31	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
A	---	25	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 198 (P-476) 11 Juillet 1986 & JP-A-61 041 150 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 27 Février 1986 * abrégé *	1, 11, 12, 18, 25, 29	
P,X	EP-A-0 507 487 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) * page 11, ligne 3 - page 16, ligne 29 * * figures 20-38 *	1-24, 29, 30	G03F
P,X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 62 (P-1483) 8 Février 1993 & JP-A-04 273 243 (KAWASAKI STEEL CORP) 29 Septembre 1992 * abrégé *	18, 19, 23, 29, 30	
E	EP-A-0 607 674 (AT&T CORP.) * le document en entier * -----	1-31	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 Novembre 1994		Heryet, C	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

2

EPO FORM 1503 03 82 (F04C48)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 4663  
BE 9300906

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-11-1994

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0486316	20-05-92	JP-A- 4180612	26-06-92
		JP-A- 4180613	26-06-92
		JP-A- 4225357	14-08-92
		JP-A- 4225358	14-08-92
		JP-A- 4225359	14-08-92
		JP-A- 4225514	14-08-92
EP-A-0507487	07-10-92	JP-A- 4343215	30-11-92
		JP-A- 5121290	18-05-93
		JP-A- 5029190	05-02-93
		JP-A- 5002261	08-01-93
		JP-A- 5019447	29-01-93
		JP-A- 5041342	19-02-93
		JP-A- 5041346	19-02-93
		JP-A- 5041345	19-02-93
		JP-A- 5047630	26-02-93
		JP-A- 5055110	05-03-93
		JP-A- 5067553	19-03-93
		JP-A- 5102006	23-04-93
		US-A- 5208629	04-05-93
EP-A-0607674	27-07-94	US-A- 5320918	14-06-94