RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 526 962**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 82 08359**

(54) **Condenseur œil de mouche à juxtaposition de sphères transparentes pour microphotolithographie.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **G 02 B 19/00 // B 41 N 1/08, 1/14; G 03 F 7/02.**

(22) Date de dépôt ..... 13 mai 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 46 du 18-11-1983.

(71) Déposant : DME, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Michel Letellier.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire : Cabinet Bonnet-Thirion, G. Foldés,
95, bd Beaumarchais, 75003 Paris.

L'invention se rapporte à un condenseur oeil de mouche, pour microphotolithographie, comprenant une juxtaposition de sphères en matériau transparent maintenu sur une lame à faces parallèles.

Dans la réalisation de photorépéteurs pour microphotolithographie, à haute résolution, qui sont des projecteurs optiques réducteurs, notamment du genre décrit dans la demande de brevet français N° 80 01473, il est nécessaire, pour obtenir une gravure uniforme du substrat image que la patronne objet soit éclairée uniformément sur toute sa surface, à partir d'une source constituée notamment par une lampe à arc au mercure, à travers un condenseur.

Comme les dimensions de l'arc et son diagramme de rayonnement ne permettent pas de l'assimiler, dans cette application, à une source ponctuelle, l'uniformité d'éclairement ne peut être obtenue à un degré suffisant en disposant le condenseur en sorte que l'arc et la patronne occupent des positions optiques particulières conjuguées du condenseur. Aussi a-t-on parfois utilisé des condenseurs dits "oeils de mouche" constitués d'une lentille dont au moins l'une des surfaces d'entrée ou de sortie est formée par la juxtaposition de dioptres, en sorte que le condenseur se comporte comme une juxtaposition de lentilles, à la façon du cristallin des insectes. Mais l'usinage de la pluralité de dioptres adjacents pose des problèmes difficiles et ce type de condenseur est onéreux.

On a proposé de constituer des condenseurs du type oeil de mouche en juxtaposant des sphères transparentes posées en une couche sur une lame à faces parallèles, et en fixant les sphères sur la lame à l'aide d'un liant polymérisé.

Cette disposition présente l'inconvénient que les interstices entre les sphères ne participent pas à la concentration du rayonnement actinique.

Pour pallier cet inconvénient l'invention propose un condenseur oeil de mouche pour microphotolithographie du genre comportant une juxtaposition de sphères en matériau transparent maintenue sur une lame à faces parallèles,

caractérisé en ce qu'il comporte deux couches de sphères en arrangement compact régulier, emprisonnées entre deux lames à faces parallèles.

On a compris que l'action de chacune des couches vient compléter l'action de l'autre.

De préférence une première couche de sphère, dite couche de base, est arrangée en sorte que les centres des sphères sont disposés aux noeuds d'un réseau à maille triangulaire équilatérale et est contenus par un cadre tangent à ces sphères avec une configuration approchée d'un cercle. On sait que la disposition la plus compacte d'une couche de sphères de même diamètre est précisément la disposition centrée sur les noeuds d'un réseau triangulaire équilatéral. Le cadre est prévu pour maintenir cette disposition, tout en offrant une section de passage aussi proche que possible d'un cercle. Si le cadre est découpé avec des côtés droits, il a la forme d'un hexagone régulier, car c'est le seul polygone régulier non étoilé compatible avec ce réseau, à l'exception du triangle équilatéral, trop éloigné d'un cercle. Par ailleurs, on peut déterminer graphiquement une forme de cadre plus proche du cercle que l'hexagone tout en respectant l'arrangement des sphères ; dans ce cas le cadre sera avantageusement réalisé par photogravure.

En disposition préférée les sphères de la seconde couche sont disposées en regard des centres des mailles du réseau de couche de base, le rapport des diamètres des sphères de couche de base à celles de seconde couche étant compris entre $\sqrt{3}$ et 3. Selon cette disposition, chaque interstice entre trois sphères d'une maille du réseau de couche de base est couvert par une sphère de seconde couche. Lorsque le rapport des diamètres est de $\sqrt{3}$, les sphères de seconde couche sont tangentes entre elles. Lorsque ce rapport est de 3, les sphères de seconde couche viennent affleurer le plan supérieur tangent aux sphères de la couche de base. Autrement dit les deux couches sont tangentes à la lame à face parallèle supérieure. Des calculs géométriques simples permettent de vérifier ces propriétés.

De préférence le rapport des diamètres est sensible-

ment de 2.

Le matériau préféré pour la réalisation des sphères est le saphir (corindon dopé au titane trivalent), d'indice n = 1,760 à 1,768 suivant les directions cristallines, de bonne transparence aux ultraviolets, et apte au poli optique.

En disposition préférée le condenseur comporte en outre une lentille plan convexe et un filtre infrarouge, maintenus alignés par une monture en sorte de présenter un axe optique commun.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple en référence aux dessins annexés dans lesquels:

la figure 1 représente en coupe transversale agrandie un condenseur selon l'invention ;

la figure 2 représente une coupe suivant le plan II-II de la figure 1 ;

la figure 3 est un détail en coupe transversale des couches de sphères ;

la figure 4 est un détail en plan de l'arrangement des sphères.

Selon la forme de réalisation choisie et représentée, le condenseur comporte une première bague de monture 2, où sont disposées une optique oeil de mouche 1 dans son ensemble, et une lentille condenseur 3, avec dans une bague 31 une lentille plan convexe 30 tenue par une bague d'arrêt 32.

Sur la première bague de monture 2, vient se fixer, avec interposition d'une entretoise 4 de fixation du condenseur dans un illuminateur, un filtre 5, composé d'une lame 50 à face parallèle absorbante pour l'infrarouge, tenue dans une monture annulaire 51 par une bague d'arrêt 52, la monture 51 étant vissée sur la première bague de monture.

L'optique oeil de mouche 1 comprend une bague de monture 10, avec un évidement central cylindrique avec un cordon 10a intérieur à sa base. Sur le cordon 10a repose une lame optique 11 à faces parallèles, en saphir. Un cadre 15, avec une ouverture centrale en hexagone régulier maintient une couche de base de sphères 13 en saphir de 2 millimètres de diamètre, usinées comme des billes de roulement. Comme on

le voit mieux à la figure 2, et de façon plus précise encore figure 4, les sphères 13 sont arrangées en une couche compacte, où les sphères 13 sont disposées centrées aux noeuds d'un réseau à maille en triangle équilatéral. Le cadre 15 maintient la mosaïque hexagonale de sphère 13 pratiquement sans jeu.

Sur la couche de base des sphères 13 est disposée une seconde couche de sphères 14, en saphir de 1 mm de diamètre, qui sont disposées, vues en plan comme à la figure 4 en regard du centre des mailles du réseau de sphères 13. Posée sur la seconde couche de sphères 14, une seconde lame à faces parallèles 12 est maintenue en place par une bague d'arrêt 16.

Comme on le voit à la figure 3 les sphères 14 de la seconde couche, chacune tangente à trois sphères 13 de la couche de base, dépassent le plan supérieur de la couche de sphères 13 d'un demi-diamètre ; comme on le voit à la figure 4, les sphères 14 sont séparées par de faibles interstices. On conçoit que, si le diamètre des sphères 14 croissait, le diamètre des sphères 13 restant inchangé, l'interstice entre sphère 14 décroîtrait, tandis que (figure 3) la lame à face parallèle s'éléverait. Mais il est clair que lorsque les sphères 14 auraient cru en diamètre jusqu'à devenir tangente, une limite en diamètre aurait été atteinte. Cette limite correspond à un rapport des diamètres des sphères 13 et 14 égal à $\sqrt{3}$.

Par ailleurs, lorsque le diamètre des sphères 14 décroît, celui des sphères 13 demeurant constant, les sphères 14 s'enfoncent progressivement entre les sphères 13, et la lame 12 descend. Lorsque cette lame 12 repose également sur les sphères 13 et les sphères 14, les premières ont un diamètre triple de celui des secondes.

Les essais de condenseur oeil de mouche tel qu'il vient d'être décrit ont montré que l'éclairement de la patronne était bien uniforme sur toute sa surface, de sorte que la densité d'insolation des résines photosensibles était également uniforme, ce qui se traduit pratiquement par une définition du substrat gravé régulière sur toute

la surface de ce substrat.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple décrit, mais en embrasse toutes les variantes d'exécution.

REVENDICATIONS

1. Condenseur oeil de mouche pour microphotolithographie du genre comprenant une juxtaposition de sphères en matériau transparent maintenue sur une lame à faces parallèles, caractérisé en ce qu'il comporte deux couches de sphères (13,14) en arrangement compact régulier, emprisonnées entre deux lames (11,12) à faces parallèles.

2. Condenseur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une première couche de sphères (13), dite couche de base, est arrangée en sorte que les centres des sphères sont disposés au noeud d'un réseau à maille triangulaire équilatérale, et est contenue par un cadre (15) tangent aux sphères avec une configuration approchée d'un cercle.

3. Condenseur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rapport des diamètres des sphères (13) de la couche de base à celui des sphères (14) de la seconde couche est compris entre $\sqrt{3}$ et 3, les sphères (14) de la seconde couche étant disposées en regard des centres des mailles du réseau de la couche de base.

4. Condenseur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le rapport des diamètres des sphères est sensiblement 2.

5. Condenseur selon une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit matériau transparent est du saphir synthétique.

6. Condenseur selon une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une lentille plan convexe (30) et un filtre infrarouge (50), maintenus alignés par une monture (2,4,51) en sorte de présenter un axe optique commun.

FIG.1

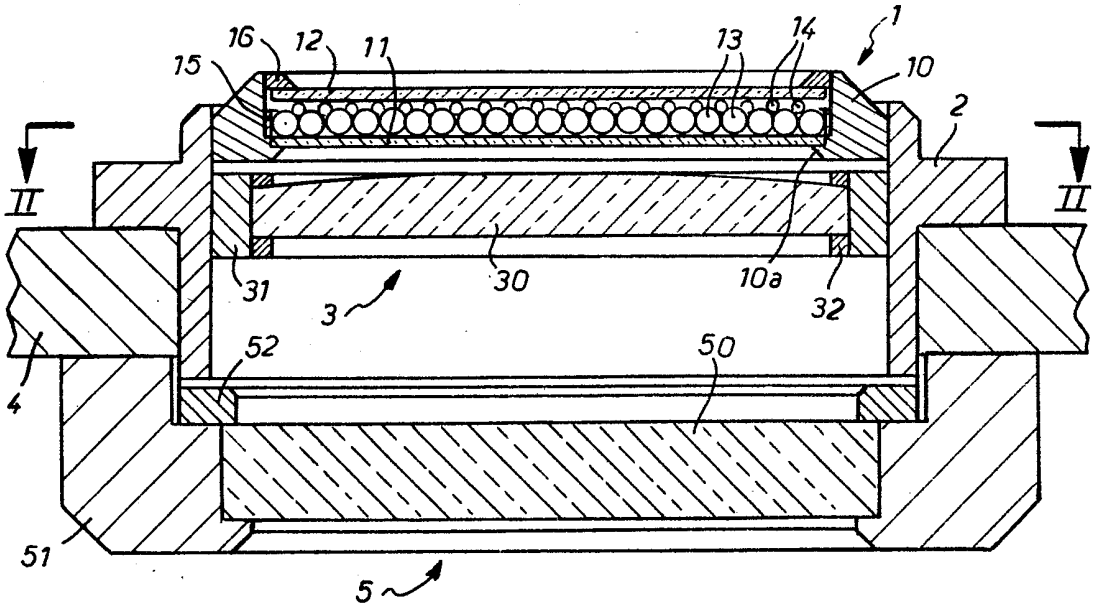

16
12
11
15
13
14
1
10
2
II
II
31
30
10a
32
3
52
50
4
51
5

FIG.2

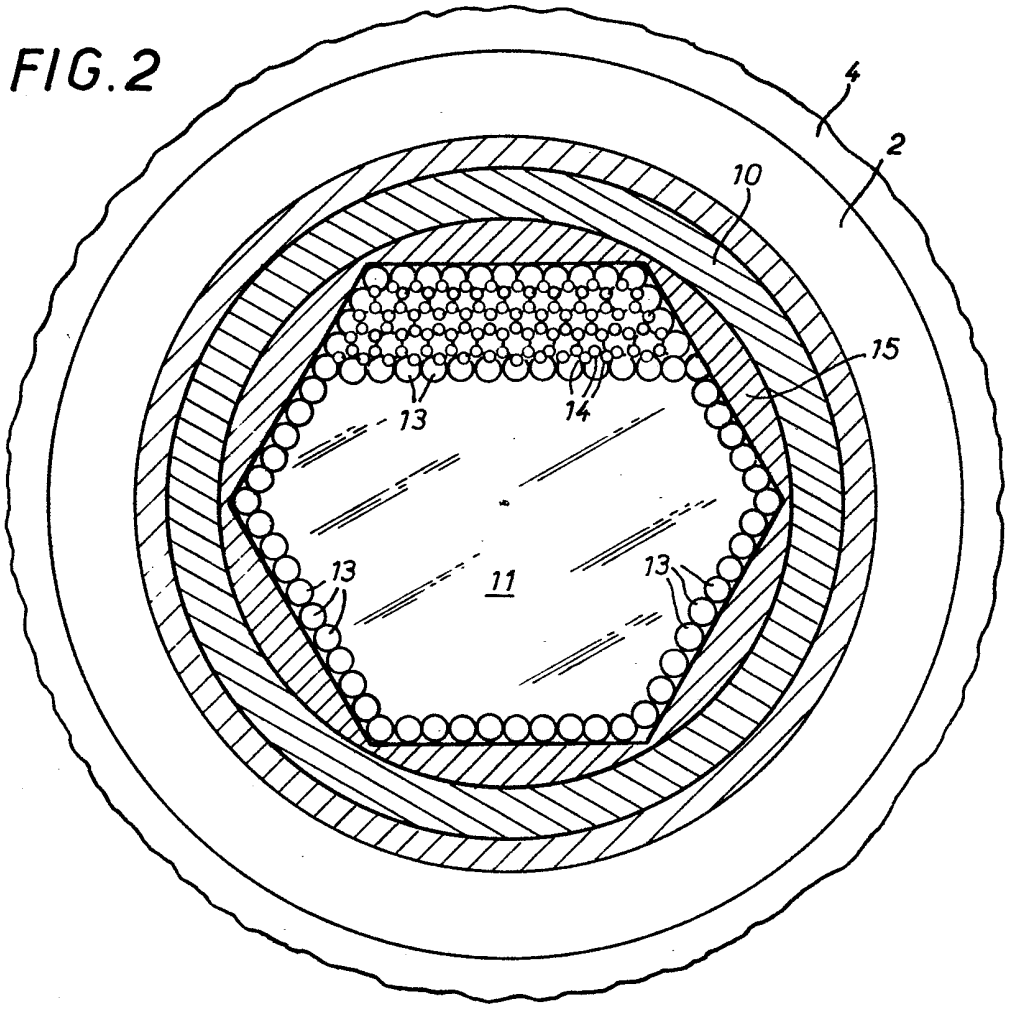

4
2
10
15
13
14
13
11
13

FIG. 3

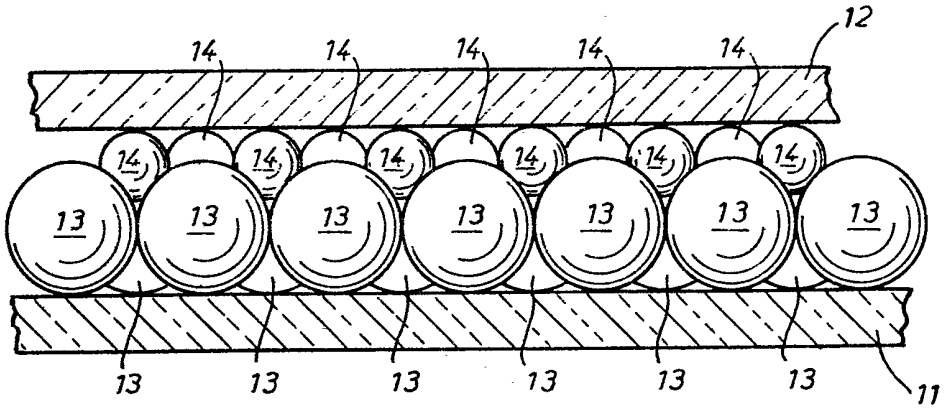
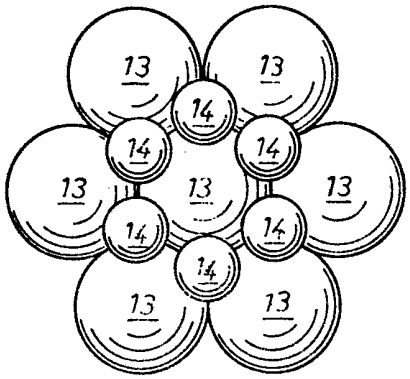

12
14
14
14
14
14
14
14
14
14
14
13
13
13
13
13
13
13
13
13
13
13
13
13
11

FIG. 4


13
13
14
14
14
13
13
13
14
14
14
13
13