

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 20858

(54) Procédé de réalisation simultanée de plusieurs masques complémentaires ou identiques à haute définition.

(51) Classification internationale (Int. Cl.⁸). G 03 F 9/00; H 01 L 21/32, 21/70.

(22) Date de dépôt..... 17 août 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 27-2-1981.

(71) Déposant : LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE ET DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LEP, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Emmanuel Rammos, Vincent Chalmeton et Yves Le Jean.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : J. Bonnefous, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

La présente invention concerne la réalisation simultanée par une seule opération d'insolation à l'aide de rayonnements ou jets de particules de plusieurs masques identiques ou complémentaires à haute définition.

5 Les surfaces des masques en question comportent des parties d'absorption respectivement faible et forte pour le rayonnement qui sera utilisé dans leur application, ce qui se traduit le plus souvent par des parties présentant un manque de matière et d'autres qui en comportent un surplus. Par la suite,
10 pour la facilité du langage, à propos de ces parties de masque, on parlera respectivement de vides et de pleins. Par masques identiques on désigne des masques pour lesquels, lors de leur superposition, les pleins et les vides de l'un coïncident avec une grande exactitude respectivement avec les pleins et les vides
15 de l'autre sur l'ensemble de la surface des masques. Les masques sont dits complémentaires lorsqu'au contraire, par superposition, les vides et les pleins s'échangent. Parfois, à propos de ces masques, on dira par la suite, des masques identiques, qu'ils sont de même polarité et, des masques complémentaires, qu'ils
20 sont de polarités contraires.

Les masques sont la plupart du temps fabriqués par insolation à l'aide d'un rayonnement en lumière visible ou ultraviolette d'une couche de résine photosensible, déposée sur un substrat surmonté éventuellement d'une couche sousjacente, absor-
25 bante, par exemple métallique, à travers un motif comportant le dessin du masque, dit masque père, la fraction d'énergie d'insolation arrivant localement sur la résine étant fonction de l'absorption locale du motif rencontrée par ladite énergie. Ensuite, on procède à une dissolution sélective des parties de résines irradiées (résine positive) ou non irradiées (résine négative) puis,
30 par dépôt d'une couche absorbante, par exemple métallique, sur le substrat, ou attaque de la couche sousjacente absorbante à travers les fenêtres ainsi ménagées, on constitue la couche localement absorbante pour les longueurs d'onde du rayonnement d'utilisation future des masques, conformément au dessin du masque père. Il va de soi que dans cette technique la qualité du duplicata ou masque fils dépend étroitement de la qualité du motif inscrit dans la résine.

La réalisation de masques de haute résolution, spécialement pour microélectronique, est une opération généralement longue, compliquée, délicate, coûteuse et peu reproductible, d'où l'intérêt d'en fabriquer plusieurs à la fois au cours du déroulement
5 d'un seul processus de fabrication. Dans cet ordre d'idée, le brevet allemand n° 1 546 592, sans aller jusqu'à la duplication de masques, décrit un procédé selon lequel une plaquette de semi-conducteur est revêtue de motifs identiques sur chacune de ses faces par insolation perpendiculaire de la plaquette à l'aide
10 d'infrarouge au travers d'un masque, les faces de la plaquette ayant été revêtues d'une couche photosensible d'une même résine, d'une seule polarité. Les motifs obtenus sont de la seule catégorie des motifs identiques. Par ailleurs, l'utilisation de rayonnement infrarouge à grande longueur d'onde conduit à une mauvaise
15 définition du bord des motifs et des séparations entre pleins et vides, l'imprécision étant de l'ordre de $10\text{ }\mu\text{m}$ du fait de la diffraction importante dans le domaine de l'infrarouge.

L'invention se propose de réaliser par une seule opération d'insolation, non pas de simples motifs identiques sur un
20 même support comme dans le brevet allemand cité, mais plusieurs masques séparés, lesdits masques étant de catégories identiques ou complémentaires et présentant une bien meilleure définition que lesdits motifs. A cette fin, une première mesure prise par l'invention est d'utiliser, à la place d'irradiation par infrarouge ou
25 visible une irradiation par rayonnement de courte longueur d'onde, par exemple un rayonnement X ou encore un faisceau d'électrons ou d'ions de grande énergie. Une deuxième mesure prise par l'invention concerne l'introduction dans le procédé, de l'usage de résines de nature et comportement différents. Il s'agit par exemple
30 ple de résines dont le comportement est, soit positif, soit négatif, ou encore de résines dont le comportement s'inverse de positif à négatif lorsque la dose de rayonnement reçue passe d'une valeur faible à une valeur forte. Une telle résine est par exemple le polyméthylméthacrylate (PMMA) qui est décrite dans la publication
35 "Topics in Applied Physics", vol. 22, pages 53 et 54. Pour obtenir une inversion de comportement de plusieurs couches de résine de même nature, l'une par rapport à l'autre, l'invention fait intervenir les variations de l'énergie d'insolation absorbée

par chaque couche, y compris le masque père et les substrats le long du trajet du rayonnement.

Selon un premier mode de réalisation fondamental de deux masques complémentaires ou identiques, le procédé de l'invention 5 comporte les étapes suivantes : deux couches de substrat d'épaisseur uniforme, surmontées éventuellement d'une couche sous-jacente absorbante pour les longueurs d'onde du rayonnement d'utilisation future de ces masques sont recouvertes chacune d'une couche de 10 (rayon X par exemple), de comportement positif ou négatif, différent d'une couche à l'autre ou identique pour les deux; les deux substrats munis de leur couche de résine sont placés l'un au-dessus de l'autre et sensiblement parallèles l'un à l'autre à des distances de l'ordre de 10^{-1} mm ou moins, puis sont soumis 15 à une insolation en faisceau parallèle ou quasi parallèle à l'aide dudit rayonnement perpendiculairement à leur surface à travers un masque dit père dont les différentes parties sont d'absorptions localement inégales; puis on procède à une dissolution sélective des parties de résines irradiées (résine positive) ou non irra- 20 diées (résine négative) créant ainsi des motifs identiques ou complémentaires, enfin par dépôt d'une couche absorbante métallique sur le substrat ou attaque de la couche sous-jacente absorbante à travers les fenêtres de ces motifs, on constitue la couche localement absorbante de chacun des masques complémentaires ou 25 identiques conformément au dessin du masque père.

Selon une première variante de ce mode de réalisation pour obtenir des masques identiques, les deux résines sont de même nature ou de natures différentes et présentent chacune le même comportement indépendamment de la dose de rayonnement reçue.

30 Selon une seconde variante, pour obtenir des masques complémentaires, les deux résines sont de natures différentes et de comportements opposés indépendamment de la dose reçue.

Selon une troisième variante, également pour obtenir des masques complémentaires, les deux couches de résines sont de même 35 nature mais le comportement de cette même résine est fonction de la dose reçue, la dose de rayonnement envoyée étant ajustée de manière que la première couche rencontrée au cours de l'insolation reçoive une dose provoquant une inversion de polarité tandis que,

pour la seconde couche, la dose reçue est insuffisante pour provoquer cette inversion, compte tenu des milieux absorbants traversés par le rayonnement d'insolation.

5 Selon une quatrième variante pour des masques complémentaires, les deux résines sont de natures différentes mais de comportement variable en fonction de la dose reçue, les natures et absorptions des différentes couches étant choisies et la dose de rayonnement envoyée ajustée pour obtenir des comportements opposés.

10 Selon une cinquième variante pour obtenir des masques identiques, les deux résines sont de même nature ou de natures différentes et de comportements variables en fonction de la dose reçue, les natures et absorptions des différentes couches étant choisies et la dose de rayonnement envoyée ajustée de telle
15 manière que le comportement des deux résines soit identique.

Un second mode de réalisation de l'invention consiste dans une extension de ce procédé pour la réalisation de plusieurs masques complémentaires en nombre supérieur à deux au moyen d'une seule insolation. Des couches de substrat sont recouvertes de
20 résines, soit de natures et comportements différents, indépendamment de la dose de rayonnement reçue, soit de même nature, mais de comportements différents en fonction de la dose reçue, les substrats sont placés les uns au-dessus des autres et sensiblement parallèles à des distances de l'ordre de 10^{-1} mm au moins,
25 puis l'ensemble est insolé à travers un masque dit père à l'aide d'une dose de rayonnement telle que, compte tenu de la nature des résines, le comportement sous l'action de l'insolation s'inverse d'une couche à l'autre puis après insolation pour obtenir les masques, les couches de résines et leur substrat subissent les
30 mêmes traitements adéquats que ceux indiqués pour le premier mode de réalisation de l'invention.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante de quelques modes de réalisation de l'invention, laquelle description est accompagnée de dessins qui représentent:
35 - Figure 1 : un schéma relatif à une variante d'un premier mode de réalisation du procédé de l'invention conduisant à deux masques identiques.
- Figure 2 : un schéma relatif à une variante d'un premier mode de réalisation du procédé de l'invention conduisant à deux mas-

ques complémentaires.

- Figure 3 : un schéma relatif à un second mode de réalisation du procédé de l'invention conduisant à un nombre de masques identiques ou complémentaires supérieur à 2.

5 Sur les figures 1 et 2 relatives chacune à une variante d'un premier mode de réalisation de l'invention, sont représentées sous les repères numériques 11 et 12 deux couches de substrat en mylar ou polyimide par exemple. Ces couches substrat sont disposées parallèlement l'une au-dessus de l'autre. Elles sont recouvertes chacune éventuellement d'une couche absorbante métallique 10 non représentée pour la simplification du dessin et d'une couche de résine, respectivement 13 et 14, sensible à un rayonnement à courte longueur d'onde par exemple un rayonnement X.

L'ensemble des couches est surmonté du masque père 15 15 présentant des plages d'absorptions très différentes. Ce masque est schématisé par les parties 16, 17, 18, fortement absorbantes pour le rayonnement X et les parties 19 et 20 faiblement absorbantes pour les rayons X.

L'ensemble constitué du masque 15 et des couches substrat 11 et 12 munies chacune de leur résine est insolé perpendiculairement au plan des substrats à l'aide du rayonnement X schématisé par les flèches 10.

Sur les couches 13 et 14 seules les parties respectivement 21, 22, et 23, 24 sont fortement atteintes par le rayonnement X, avec 25 une intensité variant de 21 et 22 à 23 et 24 d'un facteur égal à la transmission du substrat 11 et de la résine 13.

Selon une première variante de ce mode de réalisation correspondant à la figure 1 et pour laquelle les masques réalisés sont identiques, les résines 13 et 14 sont de même nature 30 ou de natures différentes, mais présentent le même comportement par exemple positif. Après insolation les résines sont attaquées à l'aide d'un dissolvant adéquat. Les parties respectivement 21, 22 de la couche 13, et 23, 24 de la couche 14 sont dissoutes ce qui fait apparaître deux motifs identiques dont les parties à 35 forte épaisseur sont respectivement 28, 29, 30 et 25, 26, 27. On procède alors classiquement à un dépôt d'une couche absorbante métallique, en or par exemple, sur motifs et substrats ou à une attaque des couches éventuelles sousjacentes absorbantes métal-

liques à travers les fenêtres ménagées dans le motif respectivement 21, 22 et 23, 24, de façon à constituer deux masques avec couche absorbante pour la longueur d'onde d'utilisation future conforme au dessin du masque père. En opérant par dépôt on obtient des masques identiques complémentaires du masque père, tandis qu'en opérant par attaque, lesdits masques identiques sont identiques au masque père. Notons en passant qu'en opérant par dépôt sur l'un des substrats et attaque sur l'autre, les deux masques obtenus sont complémentaires.

- 10 Selon une seconde variante de ce mode de réalisation correspondant à la figure 2 et pour laquelle les masques réalisés sont complémentaires, les deux résines sont de natures différentes et de comportements opposés, indépendamment de la dose reçue, la résine 13 étant par exemple positive et la résine 14 négative.
- 15 Après insolation, à la suite d'une attaque à l'aide d'un dissolvant adéquat, les parties respectivement 21, 22 de la couche 13 et 25, 26, 27 de la couche 14 sont dissoutes, ce qui fait apparaître deux motifs complémentaires dont les parties de forte absorption sont respectivement 28, 29, 30 et 23, 24. Deux masques
- 20 complémentaires l'un de l'autre sont obtenus à partir de ces motifs par les opérations de dépôt ou d'attaque rappelées ci-dessus. Notons aussi qu'en opérant par dépôt sur l'un des substrats et par attaque sur l'autre, les deux masques obtenus sont identiques.

- 25 Selon une troisième variante du mode de réalisation pour laquelle les masques réalisés sont complémentaires, les couches 13 et 14 de la figure 2 sont en une même résine dont le comportement s'inverse de positif à négatif lorsque la dose reçue passe d'une valeur faible à une valeur forte. La résine utilisée est par exemple du polyméthylméthacrylate PMMA. La dose de rayonne-
- 30 ment 10 envoyée est ajustée de telle sorte que les parties 21 et 22 de la couche 13 deviennent négatives du fait de la forte dose reçue, les parties 28, 29, 30 étant positives, tandis que, sur la couche 14, compte tenu de l'absorption dans le masque père 15, la couche 13 et le substrat 11, la dose reçue correspond à un
- 35 comportement positif de la résine dans les parties 23 et 24 et négatif dans les parties 25, 26 et 27. Après dissolution des parties positives des couches 13 et 14 on obtient des motifs complémentaires à partir desquels on obtient des masques com-

plémentaires comme rappelé précédemment.

Selon une quatrième variante de ce premier mode de réalisation conduisant à des masques complémentaires, les résines des couches 13 et 14 de la figure 2 peuvent être de natures différentes, mais de comportement variable avec la dose reçue. Les natures et les absorptions des différentes couches 13 et 14 et substrats 11, 12 sont choisies et la dose de rayonnement 10 envoyée ajustée pour obtenir des comportements opposés des deux couches 13 et 14.

De la même manière, une cinquième variante de ce mode de réalisation conduisant à des masques identiques utilise pour les couches 13 et 14 de la figure 1 des résines de même nature ou de natures différentes et de comportements variables en fonction de la dose reçue. Mais alors les natures et absorptions des différentes couches 13 et 14 et substrats 11, 12 sont choisies et la dose de rayonnement 10 envoyée ajustée pour obtenir un même comportement pour les couches 13 et 14.

Sur la figure 3, relative à un second mode de réalisation de l'invention selon lequel le procédé est étendu à la réalisation simultanée d'un nombre de masques de polarité variable supérieur à 2, les couches de substrat, par exemple du polyimide, sont représentées sous les repères numériques 31, 32, 33, 34. Ces substrats sont recouverts des couches de résines, respectivement 35, 36, 37, 38. Les couches 35 et 36 sont par exemple en polyméthylméthacrylate (PMMA), la couche 38 en poly (glycidylméthacrylate-éthylacrylate) (PGMA-EA), à comportement négatif et la couche 37 en résine copolymère du PMMA à comportement positif. L'ensemble des substrats et de leurs couches de résines est insolé en une seule fois à l'aide du rayonnement 10 à travers le masque père 15. La dose envoyée de ce rayonnement est ajustée de manière que la couche 35 se comporte négativement et la couche 36 positivement, compte tenu de l'absorption par le substrat 31 et la couche 35 et de la dose de rayonnement reçue, la couche 37 positivement, compte tenu des absorptions des substrats 31 et 32 et des couches 35 et 36 et la couche 38 négativement compte tenu des absorptions des substrats 31, 32 et 33 et des couches 35, 36 et 37. Après insolation les couches de résine sont soumises à l'action de dissolvants adéquats, faisant apparaître à l'aide

d'une seule insolation une suite de motifs de polarité variable d'une couche à l'autre, identiques ou complémentaires, d'où l'on déduit par les traitements de dépôt ou d'attaque rappelés ci-dessus une suite de masques identiques ou complémentaires.

REVENDECATIONS :

1. Procédé de réalisation sur supports séparés de deux masques complémentaires ou identiques de haute définition à l'aide d'une irradiation par un rayonnement de courte longueur d'onde, tel par exemple un rayonnement X ou encore un faisceau d'électrons ou d'ions de grande énergie, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes : deux couches de substrat d'épaisseur uniforme surmontées éventuellement d'une couche sous-jacente absorbante métallique sont recouvertes chacune d'une couche de résine sensible à un rayonnement de courte longueur d'onde (rayon X par exemple), de comportement positif ou négatif, différent d'une couche à l'autre ou identique pour les deux, les deux substrats munis de leur couche sont placés sensiblement parallèlement l'un au-dessus de l'autre à des distances de l'ordre de 10^{-1} mm ou moins puis sont soumis à une insolation en faisceau parallèle ou quasi parallèle à l'aide dudit rayonnement perpendiculaire à leur surface à travers un masque dit père dont les différentes parties sont d'absorptions inégales, puis, on procède à une dissolution sélective des parties de résines irradiées (résine positive) ou non irradiées (résine négative) créant ainsi des motifs identiques ou complémentaires et enfin par dépôt d'une couche absorbante métallique sur le substrat, ou attaque de la couche sous-jacente absorbante à travers les fenêtres de ces motifs, on constitue la couche localement absorbante de chacun des masques complémentaires ou identiques conformément au dessin du masque père.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour obtenir des masques identiques, les résines constitutives des couches sont de même nature ou de natures différentes et présentent chacune le même comportement négatif ou positif, indépendamment de la dose de rayonnement reçue.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour obtenir des masques complémentaires les résines constitutives des couches sont de natures différentes et de comportements opposés indépendamment de la dose de rayonnement reçue.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour obtenir des masques complémentaires les résines des couches sont de même nature mais le comportement de cette même résine est fonction de la dose reçue, la dose de rayonnement en-

voyée étant ajustée de manière que la première couche rencontrée au cours de l'insolation reçoive une dose provoquant une inversion de polarité, tandis que pour la seconde couche, la dose reçue est insuffisante pour provoquer cette inversion, compte tenu des milieux absorbants traversés.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la résine est le polyméthylméthacrylate.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour obtenir des masques complémentaires, les résines constitutives des couches sont de nature différente et de comportement variable en fonction de la dose, les natures et absorptions des différentes couches de résine et substrat traversées par le rayonnement au cours de l'insolation étant choisies et la dose de rayonnement envoyée ajustée pour obtenir pour les deux couches de résines des comportements opposés.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour obtenir des masques identiques, les résines constitutives des couches sont de mêmes ou différentes nature et de comportements variables en fonction de la dose reçue, les natures et absorptions des différentes couches de résine et substrat traversées par le rayonnement étant choisies et la dose envoyée ajustée pour obtenir pour les deux couches de résine des comportements identiques.

8. Extension du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que plusieurs couches de substrats, disposées parallèlement les unes au-dessus des autres, sont recouvertes d'une couche de résines photosensible à comportement de signe variable d'une couche à l'autre vis-à-vis d'un rayonnement d'insolation de l'ensemble des substrats, ledit rayonnement quasi parallèle étant dirigé sur l'ensemble depuis l'un de ses côtés et face à une couche de résine à travers un masque dit père, d'absorption localement inégale, puis les couches de résines après insolation sont soumises à l'action d'un dissolvant caractéristique de la résine et les motifs identiques ou complémentaires obtenus sont soumis aux traitements de dépôt de couche absorbante ou attaque de couche sous-jacente absorbante classiques pour obtention à partir desdits motifs des masques identiques ou complémentaires.

9. Procédé pour obtenir deux masques complémentaires

caractérisé en ce qu'il comporte le même mode opératoire d'obtention de motifs identiques par irradiation de couches de résine et dissolution sélective des parties irradiées ou non irradiées selon l'une des revendications 1, 2 et 7 et en ce, qu'ensuite,
5 on procède par dépôt et attaque respectivement sur l'un et l'autre des motifs identiques précédemment obtenus.

10. Procédé pour obtenir deux masques identiques caractérisé en ce qu'il comporte le même mode opératoire d'obtention de motifs complémentaires par irradiation de couche de résine et
10 dissolution sélective des parties irradiées ou non irradiées selon l'une des revendications 1, 3, 4, 5 et 6 et en ce qu'ensuite, on procède par dépôt et attaque respectivement sur l'un et l'autre des motifs complémentaires précédemment obtenus.

1/1

