

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.12.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.06.12 Bulletin 12/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : STMICROELECTRONICS (CROL-
LES 2) SAS Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : FARYS VINCENT et AUDRAN STE-
PHANIE.

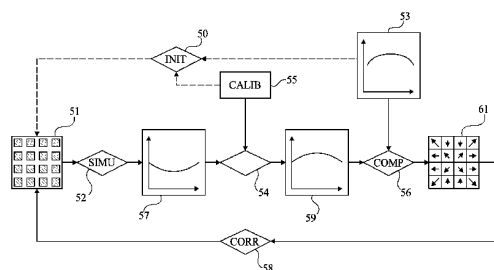
73 Titulaire(s) : STMICROELECTRONICS (CROLLES 2)
SAS Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 PROCÉDE DE DETERMINATION D'UN MASQUE DE GRAVURE EN NIVEAUX DE GRIS.

57 L'invention concerne un procédé de détermination, à l'aide d'un ordinateur, d'un masque de photolithographie pour la fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, ce masque comportant une pluralité de cellules élémentaires comprenant chacune une zone opaque disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région transparente, ou, à l'inverse, une zone transparente disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région opaque, comprenant les étapes suivantes :

- a) initialiser le motif (51) du masque à un premier état;
- b) déterminer, par simulation, le profil (59) de la microstructure qui résulterait de l'utilisation du masque selon ledit motif (51);
- c) ajuster ledit motif (51) en modifiant, dans certaines cellules, la position de la zone opaque ou transparente à l'intérieur de la cellule; et
- d) former le masque selon ledit motif (51).



**PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UN MASQUE DE GRAVURE EN NIVEAUX DE
GRIS**

Domaine de l'invention

La présente invention concerne la réalisation d'un masque de photolithographie pour la fabrication d'une micro-structure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible. Elle vise plus particulièrement un procédé de
5 détermination du motif du masque à partir d'un profil de micro-structure visé.

Les exemples et modes de réalisations exposés ci-après concernent plus particulièrement des masques pour la fabrication
10 d'une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel d'un capteur d'images. L'invention s'applique cependant plus généralement à tout type de microstructure réalisable par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, par exemple des structures micromécaniques.

15 Exposé de l'art antérieur

Un capteur d'images est essentiellement constitué d'une matrice de pixels formés dans et sur un substrat semi-conducteur. A la surface de chaque pixel, une microlentille est prévue pour concentrer l'intensité lumineuse reçue vers une zone
20 photosensible du pixel.

Pour réaliser simultanément toutes les microlentilles d'un capteur, on a proposé d'utiliser un procédé de gravure en niveaux de gris d'une résine photosensible. Un tel procédé consiste notamment, lors d'une première étape, à déposer une
5 couche de résine photosensible sur la face d'exposition à la lumière du capteur. La résine est exposée à travers un masque de photolithographie en niveaux de gris. L'intensité de l'irradiation reçue par la résine varie dans l'espace en fonction de la position dans le masque. Lors d'une autre étape, la résine est
10 développée. La sensibilité de la résine au développement est proportionnelle à l'intensité de l'irradiation reçue pendant l'exposition. La quantité de résine restant après le développement est donc inversement proportionnelle au niveau de gris du masque. On peut ainsi, en définissant un motif de masque adapté,
15 "sculpter" dans la couche de résine des microlentilles de formes variées. Une étape supplémentaire de recuit de stabilisation peut être prévue après le développement.

Un avantage d'un tel procédé est qu'il permet une grande flexibilité quant à la forme des microlentilles qui peuvent être réalisées. En particulier, il est possible de réaliser
20 sur un même capteur, en une seule étape de photolithographie, des microlentilles de formes distinctes. A titre d'exemple, la demande de brevet français FR2945666 décrit un capteur d'images dans lequel chaque pixel, autre que le ou les pixels centraux de
25 la matrice, comprend une microlentille asymétrique surmontant en projection verticale la portion de substrat associée au pixel. La forme et l'axe optique de chaque microlentille est choisi en fonction de la position du pixel dans la matrice, de façon que les rayons lumineux reçus convergent vers la zone photosensible
30 du pixel. Ainsi, pour chaque pixel, la forme de la microlentille est adaptée à l'angle d'incidence moyen des rayons lumineux reçus par le pixel, ce qui améliore la sensibilité par rapport à des capteurs dans lesquels toutes les microlentilles sont identiques.

La figure 1 est une vue de dessus représentant de façon schématique un exemple d'un masque de photolithographie 1 pour la gravure en niveaux de gris d'une microlentille dans une couche de résine photosensible.

5 Le masque 1 est essentiellement constitué d'une plaque transparente 1a, par exemple en verre ou en quartz, à la surface de laquelle sont formées des zones opaques 1b, par exemple sous la forme de plots ou îlots de chrome ou de tout autre matériau opaque approprié.

10 Le masque 1 comprend une pluralité de cellules élémentaires 3 correspondant chacune à une portion du masque. Dans cet exemple, les cellules 3 sont, en vue de dessus, carrées et agencées en une matrice de 7 rangées par 7 colonnes juxtaposées. La division en cellules élémentaires est symbolisée sur la
15 figure par un quadrillage en traits pointillés. Les zones opaques 1b présentent, en vue de dessus, des dimensions inférieures aux dimensions des cellules 3. Chaque cellule 3 comprend une zone 1b disposée dans sa partie centrale. Dans cet exemple, chaque zone 1b a la forme d'un carré dont le centre coïncide
20 avec le centre de la cellule 3 correspondante.

Dans une cellule 3 donnée, le niveau de gris correspond au rapport entre la surface occupée par la zone opaque 1b et la surface totale de la cellule. Plus le niveau de gris de la cellule est élevé, et plus l'épaisseur de résine gravée sera
25 faible. A contrario, plus le niveau de gris de la cellule est faible, et plus l'épaisseur de résine gravée sera importante. En jouant sur la taille des plots 1b, on peut faire varier le niveau de gris de chaque cellule, et définir ainsi divers motifs de gravure. Le motif du masque représenté sur la figure 1
30 correspond à la réalisation d'une microlentille symétrique.

Pour définir le motif du masque, le profil en trois dimensions de la microstructure que l'on cherche à réaliser est divisé en zones élémentaires correspondant, en vue de dessus, aux cellules 3. Pour chaque zone élémentaire, on détermine la
35 hauteur moyenne de résine nécessaire pour parvenir au profil

visé. Une courbe de correspondance entre l'intensité d'irradiation reçue par la résine et la hauteur de résine restante après développement, permet de définir la surface de la zone opaque 5b à prévoir dans chaque cellule 3 du masque.

5 En pratique, pour l'exposition de la résine, le masque 1 peut être placé directement au contact de la couche de résine, être suspendu au dessus de la résine au moyen de cales, ou encore utilisé dans un système optique en projection. Le pas de la matrice de cellules élémentaires 3 est choisi de façon que, 10 en tenant compte des phénomènes de diffraction, les variations dans l'espace de l'intensité d'irradiation reçue par la résine, soient progressives. C'est ce qui permet de réaliser une micro-structure à surface courbe, par exemple une microlentille, à partir d'un masque comportant uniquement des zones noires 15 (opaques) et des zones blanches (transparentes).

Dans de nombreux cas, et en particulier pour des microstructures à surfaces courbes, il n'est pas possible d'obtenir une correspondance exacte entre le profil idéal visé et le profil réellement imprimé dans la résine. La précision 20 avec laquelle tout profil visé peut réellement être obtenu est liée à la résolution de la matrice de cellules élémentaires 3 du masque. Augmenter la résolution reviendrait à réduire le pas de la matrice, ce qui n'est généralement pas possible en raison des contraintes optiques évoquées ci-dessus, et en raison de la 25 résolution limitée des outils de fabrication des masques.

La figure 2 est une vue en coupe illustrant de façon schématique des profils 21R et 21I d'une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel 20 d'un capteur d'images. Le profil 21R correspond à une microlentille obtenue 30 par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, en utilisant le masque 1 de la figure 1 pour l'exposition de la résine. Le profil 21I correspond au profil idéal visé, c'est-à-dire au profil que l'on souhaiterait réellement obtenir, et qui a servi de base à la détermination du motif du

masque 1. On observe que le profil réel 21R ne coïncide pas fidèlement avec le profil 21I.

Il serait souhaitable de pouvoir réaliser des microstructures de tout type de profil, par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, avec une plus grande
5 précision que par les procédés actuels.

Résumé

Ainsi, un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un procédé de détermination
10 d'un masque de photolithographie pour la fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, palliant au moins en partie certains des inconvénients des procédés usuels.

Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un tel procédé permettant de réaliser
15 des microstructures de tout type de profil avec une plus grande précision qu'avec les procédés usuels.

Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un tel procédé facile à mettre en
20 oeuvre.

Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est d'améliorer la sensibilité d'un capteur d'images.

Ainsi, un mode de réalisation de la présente invention prévoit un procédé de détermination, à l'aide d'un ordinateur,
25 d'un masque de photolithographie pour la fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, ce masque comportant une pluralité de cellules élémentaires comprenant chacune une zone opaque disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région transparente, ou, à l'inverse, une zone transparente disposée,
30 en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région opaque, comprenant les étapes suivantes :

a) initialiser le motif du masque à un premier état ;

b) déterminer, par simulation, le profil de la micro-structure qui résulterait de l'utilisation du masque selon ledit motif ;

5 c) ajuster ledit motif en modifiant, dans certaines cellules, la position de la zone opaque ou transparente à l'intérieur de la cellule ; et

d) former le masque selon ledit motif.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, ce procédé comprend en outre, entre l'étape b) et l'étape c),
10 une étape de détermination, pour chaque cellule, du gradient d'erreur moyen entre ledit profil simulé et un profil de la microstructure visée, dans la partie du profil correspondant à la cellule.

Selon un mode de réalisation de la présente invention,
15 à l'étape c), dans chaque cellule pour laquelle le gradient moyen dépasse un seuil, la zone opaque ou transparente est déplacée dans une direction opposée audit gradient moyen.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'amplitude du déplacement est proportionnelle à la norme dudit
20 gradient moyen.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, à l'étape a), l'état d'initialisation du motif est déterminé à partir du profil de la microstructure visée, selon les étapes suivantes :

25 pour chaque cellule, déterminer la hauteur moyenne de résine restante dans la partie de la couche de résine pour parvenir au profil visé ;

en déduire, en utilisant une courbe de correspondance entre l'intensité d'irradiation reçue par la résine et la
30 hauteur de résine restante après développement, les dimensions de la zone opaque ou transparente qui doit être prévue dans la cellule ; et

positionner la zone opaque ou transparente de façon que son centre coïncide avec le centre de la cellule.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la courbe de correspondance est déterminée lors d'une phase préalable d'étalonnage comprenant une étape d'exposition d'une couche de résine à travers un masque de référence, une étape de
5 développement de la résine, et une étape de mesure de la hauteur de résine subsistant après développement.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'étape b) comprend les étapes suivantes :

déterminer, par simulation, à partir dudit motif, la
10 répartition de l'intensité d'irradiation qui serait reçue par la couche de résine exposée à travers un masque selon ledit motif ;
en déduire, à l'aide de ladite courbe de correspondance, le profil de la microstructure qui résulterait de l'utilisation d'un masque selon ledit motif.

15 Un mode de réalisation de la présente invention prévoit un procédé de fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, comprenant les étapes suivantes :

déterminer un masque de photolithographie comme
20 indiqué ci-dessus ; et

exposer la couche de résine photosensible à travers ledit masque.

Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que
25 d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, est une vue de dessus représentant de façon schématique un exemple d'un masque
30 de photolithographie pour la gravure en niveaux de gris d'une microlentille dans une couche de résine photosensible ;

la figure 2 est une vue en coupe illustrant de façon schématique des profils d'une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel d'un capteur d'images ;

la figure 3 est une vue de dessus représentant de façon schématique un mode de réalisation d'un masque de photolithographie pour la gravure en niveaux de gris d'une microlentille dans une couche de résine photosensible ;

5 la figure 4 est une vue en coupe illustrant de façon schématique des profils d'une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel d'un capteur d'images ; et

la figure 5 est un schéma illustrant des étapes d'un mode de réalisation d'un procédé de détermination d'un masque de photolithographie pour la fabrication d'une microstructure, à
10 partir d'un profil de microstructure visé.

Description détaillée

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références sur les différentes figures et,
15 de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle.

Pour améliorer la précision avec laquelle un profil de microstructure visé peut être imprimé dans une couche de résine photosensible à l'aide d'un masque de photolithographie du type décrit en relation avec la figure 1, on propose ici d'introduire
20 un paramètre supplémentaire de réglage du motif du masque, à savoir le réglage de la position des zones opaques 1b à l'intérieur des cellules élémentaires 3. Les inventeurs ont constaté que, sans qu'il ne soit nécessaire de modifier les dimensions de la zone opaque 1b, la prévision d'un tel décalage entre le
25 centre de la zone 1b et le centre de la cellule 3, permet d'ajuster sensiblement la forme du profil obtenu.

La figure 3 est une vue de dessus représentant de façon schématique un mode de réalisation d'un masque de photolithographie 31 pour la fabrication d'une microlentille. Le
30 masque 31 est du même type que le masque décrit en relation avec la figure 1, mais diffère de ce dernier par le fait que dans certaines cellules élémentaires 3, le centre des zones opaques 1b ne coïncide pas avec le centre de la cellule. Dans cet exemple, les zones opaques 1b des cellules 3 des rangées et
35 colonnes périphériques de la matrice ont été décalées par

rapport au masque de la figure 1. En revanche, les dimensions des zones 1b sont restées inchangées.

La figure 4 est une vue en coupe illustrant de façon schématique des profils 41R et 21I d'une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel 20 d'un capteur d'images. Le profil 41R correspond à une microlentille réelle, obtenue par gravure en niveaux de gris, en utilisant le masque 31 de la figure 3 pour l'exposition de la résine. Le profil 21I correspond au profil idéal visé, c'est-à-dire au profil de la microlentille que l'on souhaitait réellement obtenir, et qui a servi de base à la détermination du motif du masque 31.

On observe que les profils 41R et 21I coïncident de façon relativement précise. A titre d'exemple, les inventeurs ont réalisé des essais de fabrication de microlentilles d'approximativement $1,4\text{ }\mu\text{m}$ de largeur et $1\text{ }\mu\text{m}$ d'épaisseur. Le masque correspondant à une microlentille comprend une matrice de 7×7 cellules élémentaires carrées de 200 nm de côté. Le réglage de la position des zones opaques dans certaines cellules élémentaires a permis d'obtenir une précision à mieux que $0,1\text{ }\mu\text{m}$ en épaisseur entre la microlentille réellement obtenue et le profil idéal visé.

La figure 5 illustre de façon schématique des étapes d'un mode de réalisation d'un procédé de détermination d'un masque de photolithographie, ce procédé comprenant une étape d'ajustement de la position des zones opaques dans certaines cellules élémentaires du masque.

Lors d'une étape initiale 50 (INIT), un motif 51 de masque est grossièrement déterminé à partir d'un profil visé 53. Le motif d'initialisation peut être obtenu par un procédé du type décrit ci-dessus, consistant à déterminer, pour chaque cellule élémentaire du masque, une hauteur moyenne de résine devant être réalisée dans la partie correspondante de la couche de résine, et en déduire la surface de la zone opaque à prévoir dans la cellule. Pour cela, on utilise une courbe de correspondance 55 (CALIB) entre l'intensité d'irradiation reçue par la

résine et la hauteur de résine restante après développement. Chaque zone opaque est positionnée au centre de la cellule élémentaire correspondante, comme dans l'exemple décrit en relation avec la figure 1.

5 Pour obtenir la courbe de correspondance 55, on réalise de préférence un étalonnage dans les conditions réelles de fabrication des microstructures. Une couche de résine est exposée à travers un ou plusieurs masques de référence, puis développée, et la hauteur de résine restant après développement
10 est mesurée pour générer la courbe 55. Un tel étalonnage garantit une meilleure précision dans la détermination du motif du masque. Si l'un quelconque des paramètres du procédé de fabrication change (épaisseur de résine, dose d'exposition, solution de développement, etc.), il est souhaitable de renouveler l'étape d'étalonnage pour mettre à jour la courbe 55.
15

 Lors d'une étape de simulation 52 (SIMU), une courbe 57 en trois dimensions de l'intensité d'irradiation reçue par la résine en fonction de la position sur le masque est calculée. Pour cela, divers outils de simulation existent pour déterminer
20 avec précision, pour un motif de masque donné, la fonction de transfert que constitue le masque pour l'énergie d'irradiation. L'étape 52 comprend par exemple le calcul d'une double transformée de Fourier de la fonction de transfert binaire (opaque ou transparent) que représente le masque, et le filtrage de certaines
25 fréquences spatiales élevées de cette fonction de transfert. Cette étape ne sera pas décrite plus en détail ici.

 Lors d'une étape 54, un profil simulé 59 est calculé à partir de la courbe d'intensité 57 et de la courbe de correspondance 55.

30 Lors d'une étape 56 (COMP) le profil simulé 59 est comparé au profil visé 53.

 Lors d'une étape de correction 58 (CORR), en fonction du résultat 61 de la comparaison, le motif 51 du masque est ajusté, notamment en modifiant, dans certaines cellules 3 du

masque (voir figure 3), la position de la zone opaque 1b par rapport au centre de la cellule.

Les étapes successives 52, 54, 56 et 58 peuvent être réitérées plusieurs fois, jusqu'à obtenir une correspondance satisfaisante entre le profil 59 et le profil 53 visé.

Selon un exemple d'un mode de réalisation, lors de l'étape de comparaison 56, pour chaque cellule élémentaire du masque, la hauteur moyenne du profil simulé 59 est déterminée dans la partie du profil correspondant à la cellule. Cette hauteur est comparée à la hauteur moyenne correspondante du profil visé 53. On obtient ainsi, pour chaque cellule élémentaire du masque, une erreur moyenne de la hauteur du profil 59. A partir de la matrice d'erreur moyenne, on détermine, pour chaque cellule élémentaire du masque, un gradient d'erreur moyen, correspondant sensiblement à la pente moyenne de l'erreur dans la partie du profil correspondant à la cellule.

Lors de l'étape de correction 58, pour chaque zone opaque 1b, le décalage à appliquer est déterminé en fonction du gradient d'erreur moyen associé à la cellule 3 correspondante. A titre d'exemple, dans toutes les cellules 3 pour lesquelles le gradient d'erreur moyen est supérieur à une valeur seuil, la position de la zone opaque 1b est modifiée. Le décalage est par exemple appliqué selon une direction opposée à la direction du gradient, la valeur du décalage étant fonction de la norme du gradient, par exemple proportionnelle à la norme du gradient. On veillera toutefois à ce que la zone opaque 1b reste contenue à l'intérieur de la cellule 3.

Les étapes de calcul et/ou simulation décrites ci-dessus sont de préférence réalisées à l'aide de moyens de calcul comprenant un processeur, par exemple un ordinateur.

Un avantage du procédé proposé est qu'il permet de concevoir facilement des masques pour fabriquer avec une grande précision des microstructures de tout type de profil.

A titre d'exemple, on prévoit d'utiliser un tel procédé pour améliorer la sensibilité d'un capteur d'images.

Généralement, les pixels d'un capteur d'images sont agencés, non seulement en une matrice principale de rangées et de colonnes, mais aussi, à l'intérieur de la matrice, en groupes élémentaires de pixels, par exemple en groupes de quatre pixels de différentes couleurs constituant une structure élémentaire d'un motif de Bayer. Dans certains cas, les pixels d'une même structure élémentaire partagent des transistors d'accès. Pour réduire l'encombrement, ces transistors sont placés dans une partie centrale (en vue de dessus) de la structure. La zone photosensible de chaque pixel n'est alors pas placée exactement dans la partie centrale du pixel, mais légèrement décalée vers la périphérie de la structure élémentaire.

On propose ici d'ajuster la forme et l'axe optique des microlentilles pour tenir compte de ce décalage. En particulier, on prévoit de réaliser un capteur muni de microlentilles asymétriques, l'axe optique de chaque microlentille étant calculé non seulement en fonction de la position du pixel sur la matrice, mais également en fonction de la position du pixel dans la structure élémentaire à laquelle il appartient, de façon que les rayons lumineux reçus par le pixel atteignent la zone photosensible sensiblement en son centre.

Par ailleurs, dans un capteur d'images, la profondeur moyenne d'absorption des photons dans la zone photosensible dépend de la couleur de la lumière. On propose ici d'adapter la forme et l'épaisseur de chaque microlentille en fonction de la couleur du filtre associé au pixel.

Le procédé de détermination d'un masque décrit en relation avec les figures 3 à 5 permet de réaliser un masque pour fabriquer avec grande précision les microlentilles à la forme souhaitée.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art.

En particulier, on a décrit uniquement des exemples de masques de photolithographie comportant une pluralité de

cellules élémentaires comprenant chacune une zone opaque disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région transparente dont le contour coïncide avec le contour extérieur de la cellule. L'homme de l'art saura adapter
5 le procédé proposé à des masques dans lesquels les cellules élémentaires comprennent chacune, à l'inverse, une zone transparente disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région opaque dont le contour extérieur coïncide avec le contour extérieur de la cellule. L'homme de l'art saura
10 également adapter le procédé proposé à des masques mixtes, comportant à la fois des cellules d'un premier type, et des cellules inverses.

Par ailleurs, on a décrit ici un procédé comportant une étape consistant à ajuster le motif du masque en modifiant,
15 dans certaines cellules élémentaires du masque, la position de la zone opaque (ou de la zone transparente dans le cas de cellules inversées). On pourra aussi prévoir une étape d'ajustement complémentaire consistant à modifier les dimensions de ladite zone opaque ou transparente si l'erreur de hauteur
20 moyenne du profil dépasse un certain seuil.

Tous les exemples ont été donnés dans le cas de l'utilisation d'une résine photosensible positive. L'homme de l'art pourra sans difficulté faire les adaptations nécessaires en cas d'utilisation d'une résine photosensible négative.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination, à l'aide d'un ordinateur, d'un masque (31) de photolithographie pour la fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible, ce masque comportant une pluralité de
5 cellules élémentaires (3) comprenant chacune une zone opaque (1b) disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région transparente (1a), ou, à l'inverse, une zone transparente disposée, en vue de dessus, dans une partie non périphérique d'une région opaque, comprenant les étapes
10 suivantes :
- a) initialiser le motif (51) du masque (31) à un premier état ;
 - b) déterminer, par simulation, le profil (59) de la microstructure qui résulterait de l'utilisation du masque selon
15 ledit motif (51) ;
 - c) ajuster ledit motif (51) en modifiant, dans certaines cellules (3), la position de la zone opaque (1b) ou transparente à l'intérieur de la cellule ; et
 - d) former le masque (31) selon ledit motif (51).
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre, entre l'étape b) et l'étape c), une étape de détermination, pour chaque cellule (3), du gradient d'erreur moyen (61) entre ledit profil simulé (59) et un profil (53) de la microstructure visée, dans la partie du profil correspondant à la cellule.
- 25 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, à l'étape c), dans chaque cellule (3) pour laquelle le gradient moyen dépasse un seuil, la zone opaque (1b) ou transparente est déplacée dans une direction opposée audit gradient moyen.
4. Procédé selon la revendication 3, dans laquelle
30 l'amplitude du déplacement est proportionnelle à la norme dudit gradient moyen.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel, à l'étape a), l'état d'initialisation du motif

(51) est déterminé à partir du profil (53) de la microstructure visée, selon les étapes suivantes :

pour chaque cellule (3), déterminer la hauteur moyenne de résine restante dans la partie de la couche de résine pour
5 parvenir au profil (53) visé ;

en déduire, en utilisant une courbe (55) de correspondance entre l'intensité d'irradiation reçue par la résine et la hauteur de résine restante après développement, les dimensions de la zone opaque (1b) ou transparente qui doit être prévue dans
10 la cellule ; et

positionner la zone opaque (1b) ou transparente de façon que son centre coïncide avec le centre de la cellule (3).

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel ladite courbe de correspondance (55) est déterminée lors d'une
15 phase préalable d'étalonnage comprenant une étape d'exposition d'une couche de résine à travers un masque de référence, une étape de développement de la résine, et une étape de mesure de la hauteur de résine subsistant après développement.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel
20 l'étape b) comprend les étapes suivantes :

déterminer, par simulation, à partir dudit motif (51), la répartition de l'intensité d'irradiation qui serait reçue par la couche de résine exposée à travers un masque selon ledit motif (51) ;

25 en déduire, à l'aide de ladite courbe de correspondance (55), le profil (59) de la microstructure qui résulterait de l'utilisation d'un masque selon ledit motif (51).

8. Procédé de fabrication d'une microstructure par gravure en niveaux de gris d'une couche de résine photosensible,
30 comprenant les étapes suivantes :

déterminer un masque (31) de photolithographie selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ; et

exposer la couche de résine photosensible à travers ledit masque.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la microstructure est une microlentille revêtant la face d'exposition à la lumière d'un pixel d'un capteur d'images.

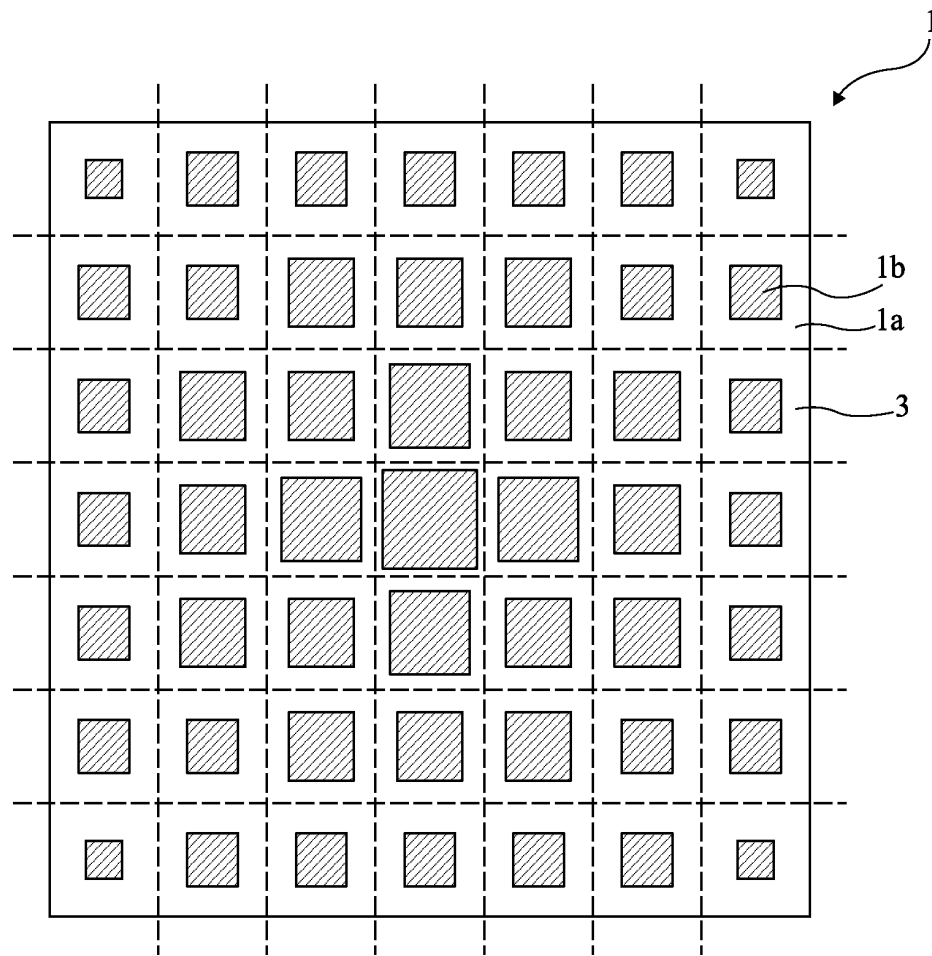


Fig 1

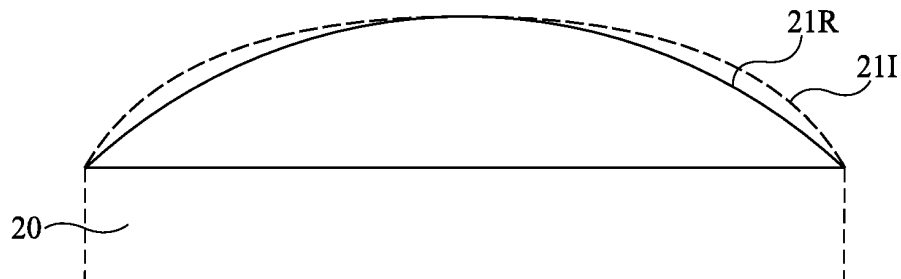
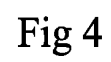
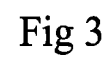


Fig 2



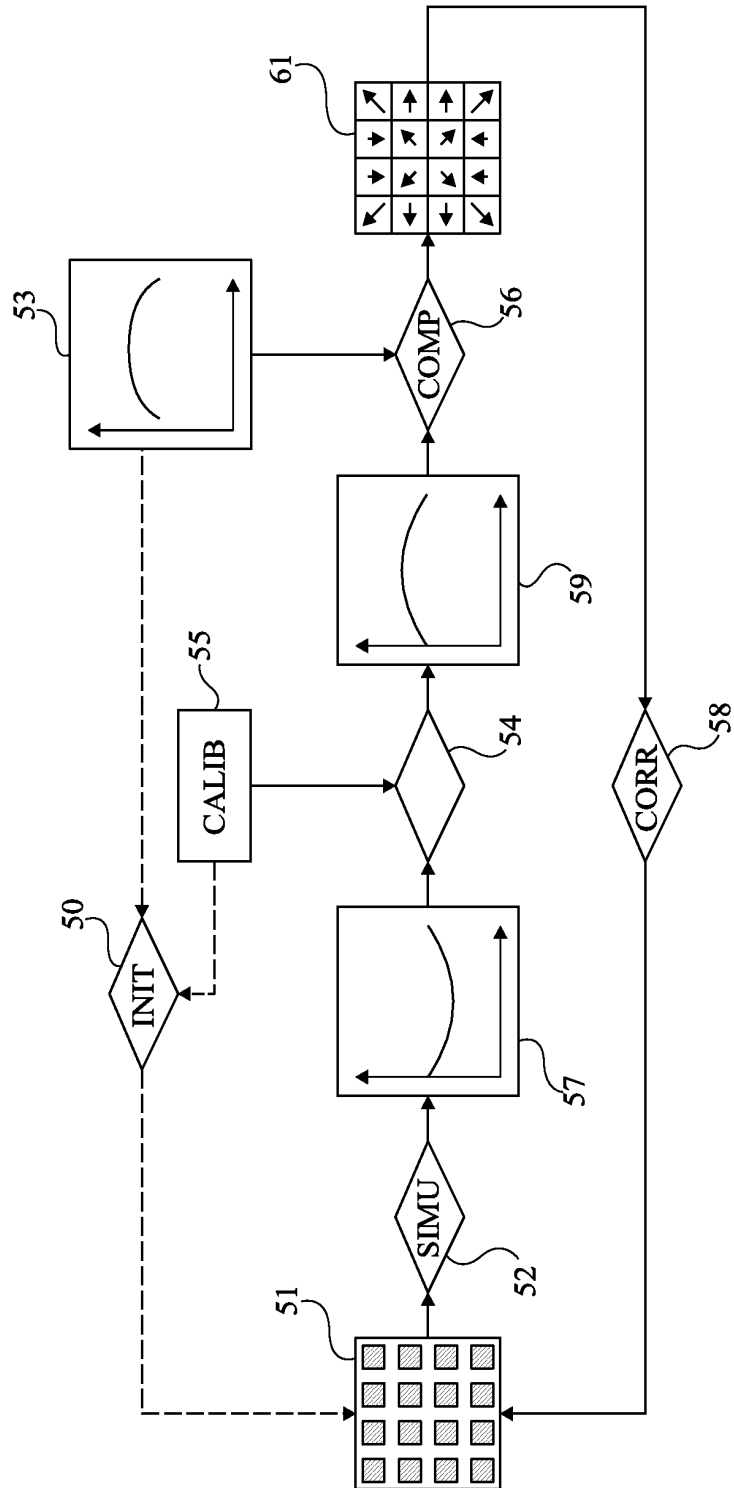


Fig 5



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 746511
FR 1060373

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2003/101421 A1 (SATOY YASUHIRO [JP]) 29 mai 2003 (2003-05-29) * figures 2-5 * * alinéas [0044], [0045], [0046] * * alinéas [0051] - [0078] * * alinéas [0080], [0093], [0157] * -----	1-9	G03F1/14 H01L27/146
A	EP 1 589 373 A1 (SONY CORP [JP]) 26 octobre 2005 (2005-10-26) * alinéa [0062]; figures 10,25 * -----	1-9	
A	US 2007/122718 A1 (MIZUSAKO KAZUHISA [JP] ET AL) 31 mai 2007 (2007-05-31) * alinéa [0049]; figure 7 * -----	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G03F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 août 2011		Pérennès, Frédéric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1060373 FA 746511**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **18-08-2011**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003101421 A1	29-05-2003	AUCUN	

EP 1589373 A1	26-10-2005	WO 2004068241 A1	12-08-2004
		JP 4296943 B2	15-07-2009
		JP 2005165248 A	23-06-2005
		KR 20050092340 A	21-09-2005
		TW 1251114 B	11-03-2006
		US 2009044166 A1	12-02-2009
		US 2005130045 A1	16-06-2005

US 2007122718 A1	31-05-2007	CN 1975569 A	06-06-2007
		JP 4572821 B2	04-11-2010
		JP 2007148213 A	14-06-2007
