(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 578 065**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 15400**

(51) Int Cl⁴ : G 03 F 7/26.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 17 octobre 1985.

(30) **Priorité :** US, 27 février 1985, n° 06/706 464.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 35 du 29 août 1986.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : IMTEC PRODUCTS, INC.* — US.

(72) **Inventeur(s) :** Craig M. Stauffer et Eric Alling.

(73) **Titulaire(s) :**

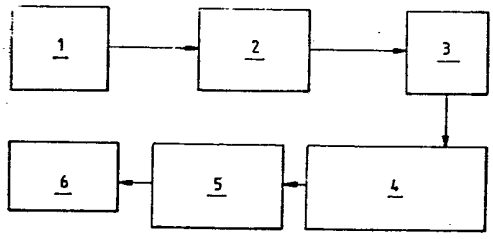
(74) **Mandataire(s) :** Rinuy, Santarelli.

(54) Procédé d'amélioration d'image dans une matière de réserve photographique positive par inversion d'image.

(57) L'invention concerne les techniques de photolithographie.

Un procédé d'inversion d'image destiné à former une image négative sur une surface en utilisant une matière de réserve photographique positive comprend notamment les opérations suivantes : on expose la matière de réserve à un rayonnement actinique 3, à travers un masque, pour former un acide dans les parties exposées; on soumet ensuite la matière de réserve à un traitement par une vapeur d'amine chauffée 4, qui rend l'acide insoluble dans des solutions alcalines et relativement insensible à une exposition ultérieure à la lumière; on soumet toute la surface à une exposition générale 5; et on développe ensuite la matière de réserve 6 pour enlever les parties exposées au cours de l'exposition générale.

Application à la fabrication des circuits intégrés.



FR 2 578 065 - A1

Dans l'industrie des semiconducteurs, la fabrication de circuits intégrés utilise largement des processus faisant intervenir des matières de réserve photographique pour définir des images de circuit présélectionnées, de dimensions prédéterminées, sur une surface d'un substrat. On accomplit ceci par une technique de photolithographie, dans laquelle on forme sur la surface d'une couche photosensible un motif correspondant à la structure du circuit, au moyen d'un masque conçu de façon appropriée. Une opération ultérieure de développement définit ensuite les ouvertures désirées dans la matière de réserve photosensible, de façon que les régions découvertes de la surface du substrat puissent subir un traitement, tandis que les régions restantes sont protégées contre le traitement. Initialement, on utilisait de préférence des masques d'images négatives et des matières de réserve photographique négatives dans la fabrication de puces. Cependant, les limitations inhérentes aux matières de réserve photographique négatives se sont avérées insurmontables. Ces défauts comprennent une résolution limitée, l'utilisation fréquente d'une image négative, des masques à champ lumineux et des solvants qui occasionnent des difficultés liées à l'environnement et à la réglementation.

Les processus employant des matières de réserve photographique positives ont donc remplacé les processus négatifs, et ils utilisent des masques d'images positives ayant de façon générale des champs plus sombres, et des matières de réserve photographique positives qui deviennent solubles dans des solutions de bases aqueuses lorsqu'elles sont exposées à la lumière. Les matières de réserve photographique positives sont généralement constituées à partir de résinesde type "Novolaque" solubles dans les alcalis, ou de substances semblables, qui ont été combinées avec des sensibilisateurs tels que le diazide d'o-quinone et mises en suspension dans des solvants dispo-

nibles dans le commerce, tels que l'acétate d'éthyl-"Cellosolve". L'absorption d'énergie lumineuse entre 300 nm et 450 nm entraîne une perte d'azote, ce qui forme un intermédiaire fortement réactif qui se réarrange en un composé consistant en cétène. Au bout d'une courte durée (dans la plage de quelques picosecondes), la cétène réagit avec toute eau disponible pour former un acide indène-carboxylique. Ce produit final désiré est soluble dans une base aqueuse, tandis que le diazide de quinone non exposé et n'ayant pas réagi est relativement insoluble. L'immersion dans un développateur alcalin fait disparaître les régions exposées et crée l'image positive du masque.

Dans de nombreuses des matières de réserve photographique positives disponibles dans le commerce, la seule différence importante réside dans la nature des structures monomères ou polymères avec lesquelles le diazide d'o-quinone est combiné. Il est cependant important de noter que chacun des produits du commerce a fait l'objet de recherches appronfondies et a donné lieu à une documentation fournie, ce qui fait qu'on connaît bien des propriétés importantes telles que la durée de vie en stockage, la variation de la vitesse de réaction en fonction de l'exposition à la lumière, la densité, la viscosité, etc. La définition de ces propriétés permet de répéter de façon précise et fidèle les processus faisant appel à la matière de réserve photographique, ce qui est une exigence essentielle dans la fabrication des circuits intégrés.

Un intérêt renouvelé s'est manifesté au cours des dernières années en faveur des processus utilisant des images négatives, pour surmonter les limitations des techniques de formation d'image et de traitement utilisant des matières de réserve photographique positives, et pour améliorer l'adhérence, réduire les effets d'ondes stationnaires, améliorer le contraste de la matière de réserve et la résolution résultante, augmenter les propriétés de pro-

tection contre l'implantation, etc. A titre d'exemple, le brevet des E.U.A. n° 4 104 070 décrit un processus pour réaliser une image négative de matière de réserve positive, basé sur une matière de réserve photographique positive. Dans ce processus, la matière de réserve photographique positive décrite ci-dessus est modifiée par l'addition d'un composé d'imidazole, tel que 1-hydroxyéthyl-2-alkylimidazoline. Le composé d'imidazole décarboxyle le produit de réaction et l'indène restant constitue un inhibiteur de dissolution qui est plus hydrophobe que la matière de réserve d'origine. La région exposée devient donc insoluble, et des opérations ultérieures d'exposition générale et de développement enlèvent les régions non exposées à l'origine.

Ce processus présente un inconvénient important qui consiste en ce que le composé d'imidazole est fortement instable. L'imidazole forme une suspension, plutôt qu'une solution, avec la matière de réserve photographique positive, ce qui conduit à des difficultés pour maintenir une dispersion uniforme de l'imidazole dans toute la matière de réserve. De plus, l'imidazoline réagit chimiquement avec le diazide de quinone, ce qui affecte les propriétés de photosensibilité. La matière de réserve photographique positive devient ainsi difficile à manipuler et sa réactivité est moins prévisible. Ces limitations font que le processus ne convient absolument pas pour un processus de fabrication.

L'invention consiste de façon générale en un processus original pour former une image négative en utilisant un masque correspondant à une image négative, et une matière de réserve photographique positive. Une caractéristique essentielle du processus consiste en ce qu'il utilise une opération originale d'inversion d'image après exposition pour obtenir l'image négative, sans recourir à une modification quelconque de la matière de réserve photographique positive. Le processus procure également une amélioration

de l'image par la maîtrise de la configuration géométrique des parties de la matière de réserve photographique qui définissent l'image.

Le procédé d'inversion d'image pour former une image négative sur une surface en utilisant une matière de réserve photographique positive comprend une première opération consistant à former sur la surface un revêtement d'une matière de réserve photographique positive contenant un sensibilisateur, tel que le diazide d'o-quinone, qui forme un acide sous l'effet de l'exposition à un rayonnement actinique. On traite la matière de réserve pour former une couche uniforme par séchage, étuvage modéré ou d'autres techniques connues. On expose ensuite la couche de matière de réserve photographique au moyen d'un rayonnement actinique, à travers un masque ou une structure analogue, pour former une image, et les parties exposées réagissent en formant un acide, tel qu'un acide indène-carboxylique, qui est soluble dans des solutions de bases aqueuses. Une opération importante du processus consiste dans l'exposition de la matière de réserve photographique à un traitement par une vapeur d'amine chauffée, qui neutralise l'acide dans le produit de réaction, comme par exemple par décarboxylation de l'acide indène-carboxylique. L'indène ou la substance analogue qui reste constitue un puissant inhibiteur de dissolution. Le traitement par une vapeur d'amine rend également les régions exposées à la lumière relativement insensibles à une exposition ultérieure à la lumière.

Le traitement par une vapeur est suivi par une exposition générale de toute la surface, pour rendre solubles les parties de la matière de réserve photographique qui n'ont pas été exposées à l'origine, du fait qu'elles étaient protégées par le masque. On développe ensuite la matière de réserve photographique dans un développateur consistant en un alcali, pour enlever les parties soumises

à l'exposition générale. Les régions restantes de matière de réserve photographique sont constituées par les parties exposées à travers le masque, en relief par rapport à la surface, et elles définissent l'image négative de l'exposition d'origine à travers le masque. Ainsi, l'invention tire parti des avantages de la formation d'image par un masque à champ sombre, tout en utilisant également les propriétés de façon générale supérieures des matières de réserve photographique positives.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est un schéma synoptique fonctionnel du processus de formation d'images photolithographiques négatives par l'utilisation de composés consistant en matières de réserve photographique positives ;

les figures 2-6 sont une série séquentielle de représentations en élévation d'un substrat, montrant divers stades dans le processus indiqué sur la figure 1 ;

la figure 7 est une représentation simplifiée d'une exposition de formation d'image à intensité élevée à travers une ouverture de masque étroite ;

la figure 8 est une représentation simplifiée d'une exposition de formation d'image à faible intensité à travers une ouverture de masque étroite ; et

la figure 9 est une représentation sous forme de schéma synoptique de l'aptitude du processus de l'invention à définir le contraste et la configuration géométrique des pentes dans la région correspondant à l'image et dans les régions autres que celle de l'image, par des variations des paramètres de traitement.

L'invention consiste de façon générale en un processus d'inversion d'image destiné à créer des images négatives sur la surface d'un substrat en utilisant des matières de réserve photographique à action positive, dans un

processus de photolithographie. En se référant au schéma synoptique de la figure 1 et aux coupes séquentielles des figures 2-6, on note que l'opération préparatoire consiste à sélectionner un substrat 11 approprié, par exemple en dioxyde de silicium, en aluminium, ou autre, et à préparer sur celui-ci une surface 12 propre et de forme générale plane.

Opération 1

L'opération 1 indiquée sur la figure 1 consiste à appliquer sur la surface 12, par n'importe quel traitement de revêtement connu dans l'art antérieur, une matière de réserve photographique positive du commerce, contenant un sensibilisateur qui forme un acide sous l'effet de l'exposition à un rayonnement actinique, comme le diazide d'o-quinone ou un équivalent. On peut citer pour de telles matières, de façon non limitative, les marques commerciales telles que les matières de réserve photographique Shipley série 1300 ou 1400 ; Kodak, série 800 ; Hunt, série 200 ; etc.

Opération 2

L'opération 2 indiquée sur la figure 1 consiste à former une couche 13 avec la matière de réserve photographique, par extraction du solvant de la matière de réserve photographique. On peut effectuer ceci par séchage à l'air à la température ambiante, ou par étuvage dans un four à température modérée, à 90°C, pendant environ 30 minutes, ou d'une manière analogue. L'épaisseur de la couche 13 peut être approximativement de 500 nm à 5 000 nm, ou plus (figure 2).

Opération 3

L'opération 3 indiquée sur la figure 1 consiste à exposer la couche de matière de réserve photographique 13 à travers un masque 14, d'une manière classique, en utilisant un rayonnement actinique, comme par exemple, de façon non limitative, de la lumière ultraviolette dans la gamme de

200 à 500 nm (figure 3).

Opération 4

L'opération 4 de la figure 1 consiste à exposer la matière de réserve photographique 13 à une vapeur qui est une base chimique. La vapeur peut consister en une amine et peut être obtenue à partir d'hydroxyde de tétraméthylammonium, de triéthanolamine, d'hydroxyde d'ammonium anhydre, ou d'une substance analogue. On accomplit le traitement pendant une durée suffisante et à une température suffisante pour que la vapeur de base réagisse avec le produit de réaction acide dans les régions exposées 16 de la matière de réserve photographique et rende ces régions insolubles et relativement insensibles à une exposition ultérieure à la lumière. Ce traitement demande environ 0,6 à 200 minutes à une température de 10°C-200°C (figure 4). La réaction d'exposition à la vapeur est favorisée par l'accroissement de la température et l'accroissement de la pression. La pression peut aller d'une valeur voisine du vide jusqu'à une valeur supérieure à la pression atmosphérique.

Opération 5

L'opération 5 représentée sur la figure 1 consiste à soumettre ensuite la totalité de la surface de la couche de matière de réserve photographique 13 à une exposition générale, en utilisant un rayonnement actinique uniforme dans une plage étendue d'intensité d'exposition. Toutes les régions 17 masquées précédemment sont exposées et elles réagissent à l'exposition en devenant solubles dans des solvants développateurs appropriés pour un développement classique de la matière de réserve photographique (figure 5).

Opération 6

L'opération 6 représentée sur la figure 1 consiste à développer la couche de matière de réserve photographique de la manière classique pour une matière de

réserve photographique positive, en utilisant des solutions de développement classiques, après quoi on effectue un rinçage et un séchage. La structure résultante comprend les parties 16 de la couche de matière de réserve photographique 13 qui adhèrent à la surface 12 dans les régions dans lesquelles on a effectué initialement l'exposition à travers le masque, tandis que les parties restantes 17 sont complètement dissoutes, et la surface 12 est à nu dans ces régions. Les parties 16 constituent ainsi le négatif de l'image définie par le masque 14, formé en relief sur la surface du substrat.

Il faut noter qu'on peut accomplir l'opération d'exposition à une vapeur d'amine chauffée dans un four chauffé dans lequel on a fait le vide, tel que le modèle Star 2001/IR fabriqué par Imtec Products, Inc., Sunnyvale, Californie. On peut cependant utiliser également d'autres techniques de traitement, en travaillant à la pression normale ou à une pression plus élevée, en combinaison avec des températures appropriées, comme il est connu de l'homme de l'art.

Un avantage important du processus décrit ci-dessus consiste en ce qu'on forme une image négative en utilisant une matière de réserve photographique positive non modifiée. Ainsi, dans les situations fréquentes dans lesquelles un masque définissant une image négative donne un champ plus sombre qu'un masque définissant une image positive, on peut utiliser le premier de ces masques pour contribuer à minimiser les réflexions et les diffractions qui dégradent la configuration géométrique et les dimensions de l'image finale.

En outre, le processus de l'invention procure une maîtrise irréalisable jusqu'à présent en ce qui concerne le contraste, la configuration géométrique et la précision dimensionnelle et la résolution des éléments de l'image. Ce progrès dans la technique de micro-photolithographie

est dû au fait que l'intensité et l'énergie totale du rayonnement actinique projeté dans l'opération initiale d'exposition d'image sont directement liées à la définition de la partie supérieure des éléments de l'image, tandis que l'intensité et l'énergie totale du rayonnement actinique utilisé dans l'opération d'exposition générale sont directement liées à la pente des parois latérales et à la largeur de la base des éléments de l'image. On considérera à titre d'exemple la figure 7 sur laquelle une exposition d'image représentative est effectuée à travers une fente d'un micron dans un masque opaque 14, pour exposer la matière de réserve photographique 17. Du fait de la proximité entre la longueur d'onde de la lumière d'exposition et la largeur de la fente, il apparaît des effets de diffraction et des figures d'ondes stationnaires notables dans la partie de la matière de réserve photographique qui se trouve au-dessous de l'ouverture 21. Pendant l'exposition à la lumière de projection d'image, à des longueurs d'onde correspondant à la sensibilité des matières de réserve classiques, l'effet de diffraction principal étale la lumière entrante et irradie un sillon qui s'élargit à des profondeurs croissantes. En fait, les lobes latéraux 22 qui divergent latéralement à partir de la projection verticale de l'ouverture 21 sont exposés de façon notable, bien qu'ils ne soient pas exposés de façon aussi complète que la matière de réserve photographique contenue dans la projection verticale de l'ouverture. La partie correspondant à la projection verticale de l'ouverture est de façon générale complètement exposée sur toute l'épaisseur de la matière de réserve.

Le fait d'augmenter ou de diminuer l'exposition de projection d'image, par rapport à l'exposition nominale, qui reproduit fidèlement la forme du masque, crée respectivement des augmentations ou des diminutions de dimensions dans la partie supérieure de l'image 23. Si on diminue

l'exposition par rapport à la normale, la totalité de la largeur de la projection verticale de l'ouverture n'est pas irradiée complètement. Des énergies d'exposition de projection d'image peuvent irradier complètement une image jusqu'à la profondeur totale de la couche de matière de réserve, tandis que les parties de lobes latéraux 24 ne sont que partiellement exposées, comme représenté sur la figure 8. De plus, des effets d'atténuation et de profondeur de focalisation produisent un gradient d'exposition négatif lorsque la profondeur augmente jusqu'à l'interface entre la matière de réserve et la surface. Ainsi, l'intensité et l'énergie totale de l'exposition initiale peuvent définir des volumes 22 ou 24 dans lesquels une exposition partielle a lieu. On peut en fait définir et maîtriser un continuum de variation d'exposition au-dessous de l'ouverture du masque.

Il est important de noter que dans les parties partiellement exposées de la matière de réserve photographique, une partie du diazide de quinone ou d'un inhibiteur similaire a réagi de façon à former un acide indènecarboxylique ou un autre acide, tandis qu'une partie notable de l'inhibiteur n'a pas réagi. Le traitement d'inversion par la vapeur fixera le produit de réaction, mais l'exposition générale ultérieure rendra alors soluble au moins une partie de l'inhibiteur restant. Il en résulte que les parties 22 et 24 exposées de façon marginale peuvent soit être pratiquement dissoutes pendant le développement, soit demeurer pratiquement intactes, selon le niveau de l'énergie d'exposition générale qui est appliqué à la matière de réserve photographique et selon la quantité d'inhibiteur qui reste ensuite. L'efficacité du processus d'exposition générale, qu'on peut maîtriser aisément, en interaction avec le continuum de variation d'exposition dans la matière de réserve, permet d'enlever ou de retenir de façon sélective et précise pratiquement n'importe quelle

partie des régions exposées. L'opération d'exposition générale détermine donc l'angle, le profil et la pente des parois de l'image ainsi que les dimensions de base de l'image.

En fait, en définissant avec soin les paramètres du processus, comprenant la température du traitement d'inversion par la vapeur, la concentration, la pression et la durée d'application de la vapeur, ainsi que l'énergie d'exposition générale, on peut déterminer si les parties 22 ou 24 restent dans l'image développée, en étant conservées entièrement ou partiellement. Ces parties définissent de façon générale non seulement les parois latérales en pente et les parties extérieures inférieures (la base) des éléments de l'image, mais également les parties de bords de la surface supérieure des éléments de l'image. Ces caractéristiques physiques sont directement liées au contraste de l'image et on les commande par les conditions d'étuvage et d'exposition initiale, les conditions d'exposition à la vapeur, l'exposition générale et le développement. Du fait qu'on peut définir de façon précise et reproductible ces paramètres du processus, le processus de l'invention procure des images améliorées dans lesquelles on peut adapter précisément la configuration géométrique des éléments d'image à l'utilisation spécifique dans la fabrication de circuits intégrés. A titre d'exemple, une ouverture d'image d'un micron dans un masque peut être reproduite avec une configuration géométrique légèrement rétrécie, donnant une largeur de ligne d'image de 0,5 micron ou moins. Cet effet constitue une amélioration d'image notable.

La figure 9 représente sous une forme très simplifiée la détermination de ces propriétés géométriques par des variations dans le processus de l'invention. Lorsque l'exposition d'image plus intense (figure 7), indiquée en A sur la figure 9, est suivie par une exposition générale

relativement intense, indiquée en D, les parties latérales 22 sont pratiquement éliminées, et la projection verticale entièrement exposée donne un profil d'élément d'image 27 ayant une surface supérieure plane avec des bords bien définis et des parois latérales qui sont de façon générale verticales. En fait, les parois latérales peuvent converger vers l'intérieur lorsque l'exposition générale augmente. Si l'exposition d'image intense, indiquée en A, est suivie par une exposition générale relativement faible, indiquée en F, le profil d'élément d'image 29 résultant conserve la surface supérieure plane et une bonne définition des bords, avec des parois latérales inclinées vers l'extérieur, en direction d'une base notablement élargie.

Lorsqu'une exposition d'image faible (figure 8), indiquée en C sur la figure 9, est suivie par une exposition générale intense, indiquée en D, le profil d'élément d'image 26 résultant est défini par un enlèvement considérable des parties 24. La structure 26 comprend ainsi une partie supérieure étroite et plane et une partie de base. Une exposition d'image faible, indiquée en C, suivie par une exposition générale faible, indiquée en F, donne un profil 28 de la structure finale dans lequel les parties 24 sont pratiquement intactes. L'élément d'image 28 comprend une étendue supérieure étroite et une partie de base avec des flancs inclinés.

Il faut noter que les représentations simplifiées de la figure 9 constituent des cas extrêmes, et qu'on dispose d'un continuum de variation dans les traitements d'exposition. En outre, on dispose de cette maîtrise fine de l'image finale sans déformation systématique sur toute la plage de dimensions courante dans la fabrication des circuits intégrés, depuis moins d'un micron jusqu'à plus de 10 microns. Il faut comparer les cas extrêmes à une exposition d'image nominale, indiquée en B, et à une exposition générale nominale, indiquée en E, qui donnent un

profil d'élément d'image 30 ayant des parois latérales verticales, une surface supérieure qui est de façon générale horizontale, et une bonne définition des bords supérieurs. Les dimensions de cet élément d'image reproduisent la dimension de l'élément correspondant du masque.

Exemple

On a formé une couche d'oxyde thermique de 500 nm d'épaisseur sur un substrat de silicium, par des techniques connues dans l'art antérieur. On a revêtu la surface d'oxyde avec une matière de réserve photographique positive (Shipley 1470), en utilisant un appareil de revêtement par centrifugation de marque MTI, pour former une couche de 1000 nm d'épaisseur. On a ensuite soumis le substrat à un étuvage modéré dans un four à convection, à 90°C pendant 30 minutes.

On a ensuite soumis le substrat à une exposition de formation d'image dans un dispositif d'exposition du type TRE-800, en utilisant un masque portant un motif de test ayant des éléments d'image de 0,75-100 microns. On a ensuite soumis le substrat revêtu de matière de réserve exposée à un traitement par une vapeur d'amine chauffée, produite par l'une des substances indiquées dans l'Opération 4 ci-dessus, dans un four à vide chauffé (Star 2001/IR). On a effectué l'exposition à la vapeur à 90° C pendant 105 minutes. On a ensuite exposé le substrat à une exposition générale de lumière ultraviolette d'environ 500 mJ/cm^2, en utilisant une source de rayonnement ultraviolet à large bande. On a ensuite développé le substrat dans une solution aqueuse d'un alcali (Shipley MF-314) et on l'a rincé dans un dispositif à pulvérisation/circulation de marque MTI. On a ensuite achevé le processus par un étuvage classique à température élevée.

On peut noter qu'après la mise en place du substrat dans le four Star 2001/IR, et avant le commencement de l'exposition à la vapeur, on peut programmer le

four pour effectuer un étuvage sous vide de la couche de matière de réserve, et obtenir les avantages connus de l'étuvage après exposition.

Après ce traitement, toutes les lignes et tous les espaces de 2 microns présentaient une résolution parfaite. De plus, toutes les lignes d'image jusqu'à 0,8 micron et les espaces jusqu'à 0,7 micron présentaient une résolution nette. On peut ainsi voir que le processus de l'invention procure les avantages suivants :

1) De meilleures possibilités de résolution du matériel existant, qui avant l'invention étaient limitées à 1,25 micron dans les meilleures conditions de focalisation dans l'exemple considéré ;

2) L'aptitude à produire une image exempte de déformation systématique sur toute l'étendue de la plage de micro-photolithographie, depuis 10 microns jusqu'à des éléments d'image inférieurs au micron ;

3) Une réduction de l'effet d'ondes stationnaires sur les images ;

4) L'aptitude à bénéficier des avantages de masques de polarité inverse, ces avantages comprenant, de façon non limitative, une meilleure maîtrise des dimensions critiques du fait de la réduction des réflexions non contrôlées à partir de surfaces sous-jacentes, la possibilité d'utilisation pour un traitement de décollement d'une couche formée par dépôt chimique en phase vapeur, par dépôt physique en phase vapeur, par placage, ou d'une manière similaire, une plus grande aptitude à détecter des marques d'alignement sous-jacentes, etc ;

5) L'aptitude à maîtriser la définition d'éléments d'image par la maîtrise de la taille, de la forme et de la pente des éléments d'image ;

6) L'aptitude à produire une image améliorée par une amélioration du contraste.

Il va de soi que de nombreuses modifications

peuvent être apportées au procédé décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de formation d'une image de matière de réserve photographique négative sur un substrat (11), caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement les opérations suivantes :

on applique (1, 2) sur le substrat (11) une couche de matière de réserve photographique positive (13), contenant un sensibilisateur qui forme un produit de réaction acide sous l'effet de l'exposition à un rayonnement actinique ; on soumet la couche de matière de réserve photographique (13) à une exposition de formation d'image (3), avec un rayonnement actinique ; on expose (4) le substrat (11) à une matière contenant une base, qui neutralise l'acide du produit de réaction et rend les régions exposées de la matière de réserve photographique relativement insolubles dans des solutions alcalines aqueuses et relativement insensibles à une exposition ultérieure à un rayonnement actinique ; on soumet la couche de matière de réserve photographique à une exposition générale (5) avec un rayonnement actinique, pour exposer toutes les régions qui n'ont pas été initialement exposées ou entièrement exposées au cours de l'exposition d'image ; et on développe (6) l'image avec un développateur consistant en un alcali, pour de façon générale conserver les régions exposées à l'image et enlever les régions de la matière de réserve photographique soumises à l'exposition générale.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération d'exposition du substrat à une matière contenant une base (4) comprend l'exposition du substrat à une vapeur contenant une base.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la vapeur contenant une base consiste en une vapeur d'amine.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé

en ce qu'on effectue l'exposition à la vapeur d'amine (4) dans une plage de température d'environ 10°C à 200°C.

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on effectue l'exposition à une vapeur d'amine (4) pendant une durée d'environ 0,6 minute à 200 minutes et à une pression égale, supérieure ou inférieure à la pression atmosphérique.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'intensité de l'exposition générale (5) est d'environ 10-20 000 mJ/cm^2 à la longueur d'onde de sensibilité maximale.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une intensité accrue de l'exposition générale (5) procure de façon générale un accroissement de la maîtrise de la pente, de la maîtrise du profil et de la sélectivité de l'angle de paroi pour l'image.

8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une intensité accrue de l'exposition générale (5) procure de façon générale un accroissement de la définition géométrique des parties inférieures de l'image, adjacentes au substrat (11).

9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la plage d'intensité de l'exposition de formation d'image (3) est d'environ 10 à 3 000 mJ/cm^2 à la longueur d'onde de sensibilité maximale de la matière de réserve.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'une intensité accrue de l'exposition de formation d'image (3) procure de façon générale un accroissement des dimensions géométriques et de la définition de la partie supérieure de l'image dans la matière de réserve photographique.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'opération consistant à effectuer un étuvage après exposition de la matière de

réserve photographique, après l'exposition de formation d'image (3) et avant l'opération d'exposition à une matière contenant une base (4).

12. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une intensité réduite de l'exposition générale (5) procure de façon générale une partie de base plus large et des parois latérales en pente pour les éléments d'image.

13. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'une intensité réduite de l'exposition de formation d'image (3) procure de façon générale de plus petites parties supérieures des éléments de l'image.

14. Procédé de formation d'une image négative de matière de réserve photographique sur un substrat (11), en utilisant une matière de réserve photographique positive non modifiée, caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement les opérations suivantes : on applique (1, 2) sur le substrat (11) une couche de matière de réserve photographique positive (13), qui comprend un sensibilisateur consistant en diazide d'o-quinone, ou un sensibilisateur de matière de réserve équivalent ; on soumet la couche de matière de réserve photographique (13) à une exposition de formation d'image (3), avec un rayonnement actinique, pour décomposer le diazide d'o-quinone exposé et pour former un acide indène-carboxylique ou un équivalent ; on expose (4) le substrat à une vapeur d'amine pour décarboxyler l'acide indène-carboxylique et pour rendre les régions de matière de réserve exposées partiellement insolubles dans des solutions alcalines aqueuses, et partiellement insensibles à une exposition ultérieure à un rayonnement actinique ; on soumet la couche de matière de réserve photographique à une exposition générale (5) avec un rayonnement actinique, pour exposer toutes les régions qui, initialement, n'ont pas été exposées ou entièrement exposées au cours de l'exposition d'image ; et on développe (6) l'image avec un développateur consistant en un

alcali, pour conserver les régions exposées totalement ou partiellement dans l'exposition d'image, et pour enlever les régions de la matière de réserve photographique soumises à l'exposition générale.

15. Procédé d'amélioration d'une image formée dans une couche de matière de réserve photographique positive (13) contenant un sensibilisateur qui forme un premier produit de réaction sous l'effet de l'exposition à un rayonnement actinique, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes : on soumet la couche de matière de réserve photographique (13) à une exposition de formation d'image (3), avec un rayonnement actinique, pour former dans cette couche un gradient de concentration du premier produit de réaction qui correspond au gradient d'exposition continu de l'exposition de formation d'image (3) ; on soumet la couche de matière de réserve photographique (13) à un traitement d'inversion (4) en exposant cette couche de matière de réserve photographique à une substance qui réagit avec le premier produit de réaction pour former un second produit de réaction ayant une solubilité notablement différente, ce second produit de réaction présentant un gradient de concentration dans toute la couche ; on soumet la couche de matière de réserve photographique à une exposition générale (5) avec un rayonnement actinique, pour exposer pratiquement la totalité du sensibilisateur restant n'ayant pas réagi ou ayant réagi partiellement ; on développe (6) l'image en dissolvant et en enlevant le premier produit de réaction et en conservant le second produit de réaction, l'image finale étant constituée par des régions dans la couche de matière de réserve photographique dans lesquelles le gradient de concentration du second produit de réaction est relativement élevé ; et on améliore l'image en agissant sur les conditions des opérations d'exposition de formation d'image (3), de traitement d'inversion (4) et d'exposition généra-

le (5), pour déterminer le gradient de concentration du second produit de réaction dans toute la couche de matière de réserve photographique.

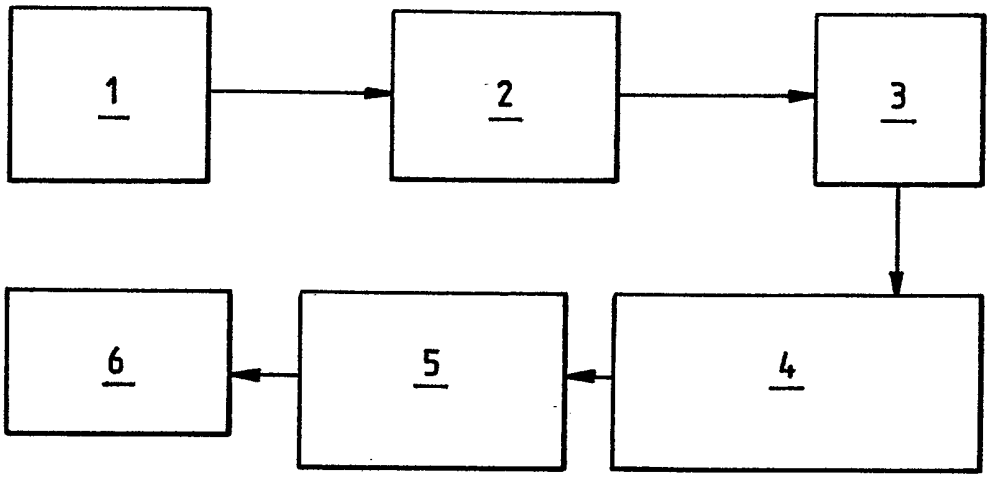


FIG _ 1

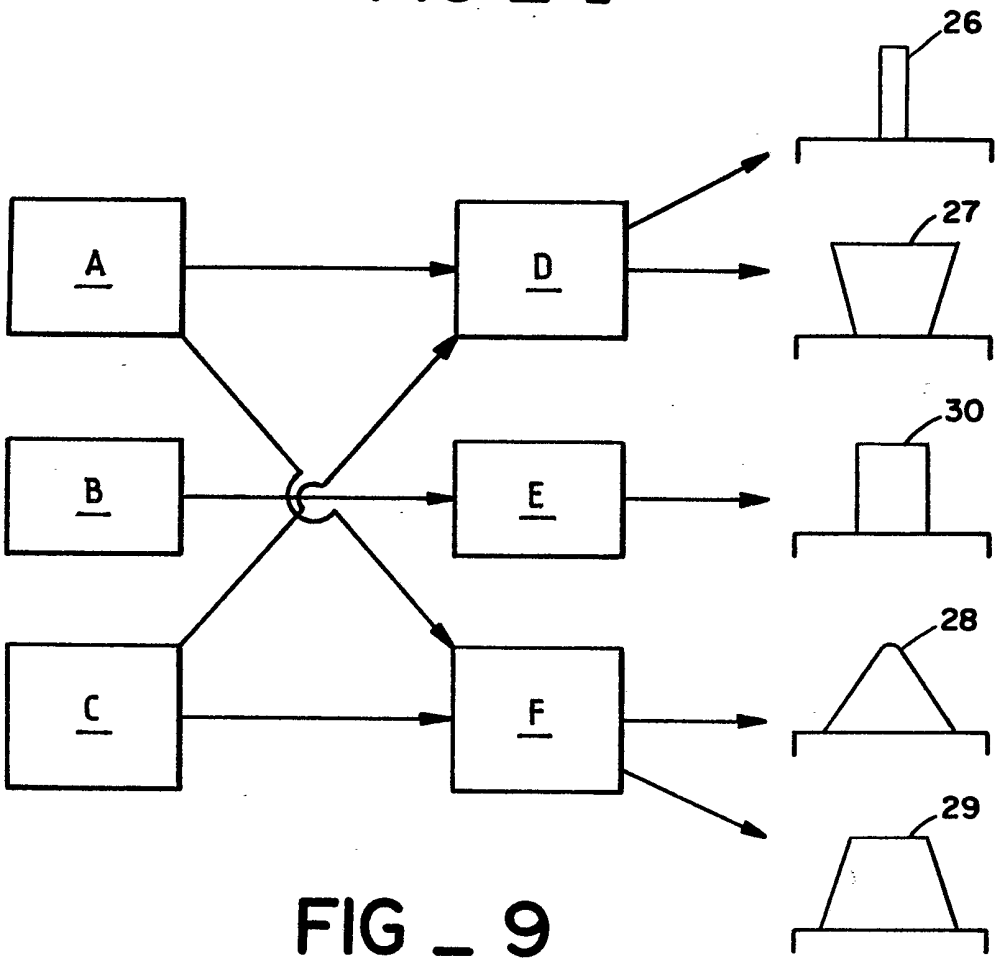


FIG _ 9

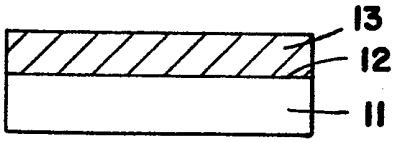


FIG_2

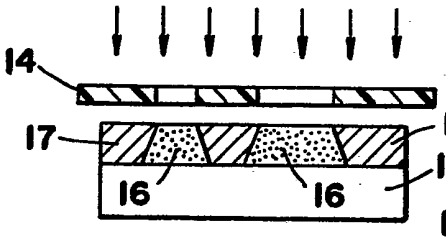


FIG_3

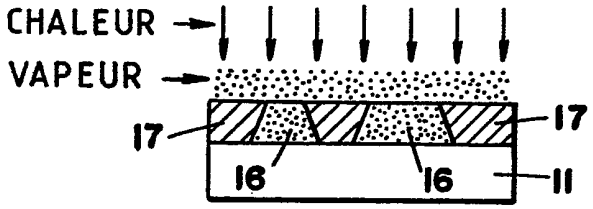


FIG_4

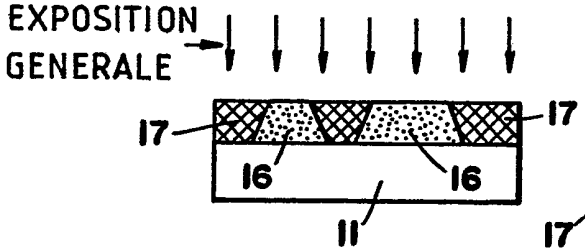


FIG_5

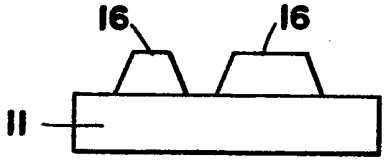


FIG_6

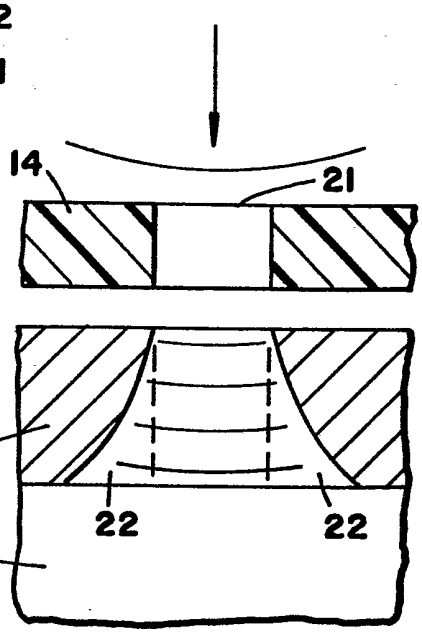


FIG_7

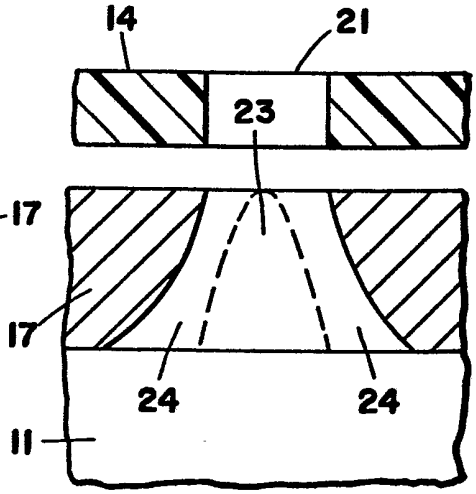


FIG_8