(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **3 000 698**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **13 50177**

(51) Int Cl[8] : ***B 29 C 67/00*** *(2013.01), G 02 B 26/08*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 09.01.13.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 11.07.14 Bulletin 14/28.

(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) :** *PHIDIAS TECHNOLOGIES Société à responsabilité limitée* — FR.

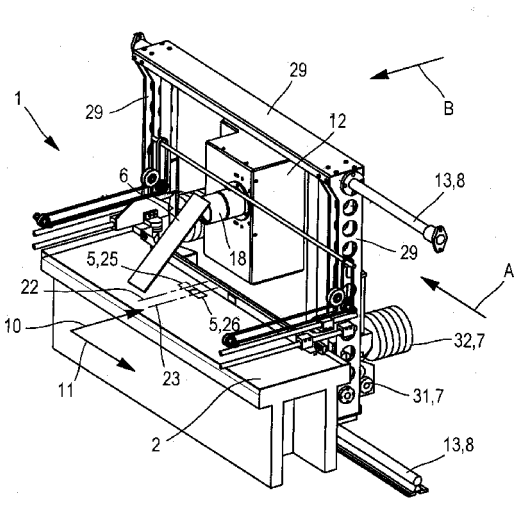
(72) **Inventeur(s) :** ALLANIC ANDRE-LUC.

(73) **Titulaire(s) :** PHIDIAS TECHNOLOGIES Société à responsabilité limitée.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET REGIMBEAU Société civile.

(54) FABRICATION D'UN OBJET EN VOLUME PAR LITHOGRAPHIE, A RESOLUTION SPATIALE AMELIOREE.

(57) La présente invention concerne un dispositif (1) de fabrication d'un objet en volume par lithographie, comprenant un réceptacle (2) agencé pour recevoir, dans un volume de travail, une couche de matière ; un masque et une source de rayonnement (dans une tête (12)) agencés pour créer ensemble une image de projection (5) en sortie du masque ; des moyens (6, 7, 8) pour projeter l'image de projection sur un plan à illuminer dans le volume de travail, ces moyens de projection comprenant des moyens (6, 7) pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une première direction (10) de déplacement et des moyens (8) pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une deuxième direction (11) de déplacement différente de la première direction et non superposée à la première direction. Selon l'invention, les moyens (6, 7) pour déplacer l'image de projection le long de la première direction (10) de déplacement comprennent des moyens (7) pour déplacer le masque selon un mouvement ayant une composante le long d'un axe oblique formant un angle avec le plan à illuminer.



FR 3 000 698 - A1

«Fabrication d'un objet en volume par lithographie, à résolution spatiale améliorée»

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif de fabrication d'un objet en volume par lithographie. Elle concerne aussi un procédé mis en œuvre par un tel dispositif, et un produit obtenu par le procédé ou dispositif selon l'invention.

L'invention permet notamment de réaliser plusieurs lithographies successives de couches superposées afin de fabriquer un produit en trois dimensions. Le domaine de l'invention est donc plus particulièrement mais de manière non limitative celui du prototypage rapide et de la stéréolithographie.

Etat de la technique antérieure

On connaît des procédés de fabrication de produits (typiquement des prototypes) en trois dimensions par empilement de couches, comme par exemple par stéréolithographie ou par dépôt de filament (ou FDM pour « fused deposition Modeling »).

Le principe de la stéréolithographie est le suivant :

1) on projette au moins une image de projection sur une couche photo réactive, ladite couche photo réactive se solidifiant sur l'aire illuminée par l'image de projection, puis

2) on recouvre la couche partiellement solidifiée par une nouvelle couche photo réactive, puis

3) on projette une nouvelle fois au moins une image de projection sur cette nouvelle couche photo réactive,

les étapes 2) et 3) étant réitérées autant de fois que nécessaire pour réaliser un produit en trois dimensions. Généralement, l'image de projection varie pour chaque couche. Par exemple, pour réaliser une boule, on solidifie un disque dont le diamètre croît d'une première couche à une couche médiane, puis décroît de la couche médiane à une dernière couche.

Cette technique permet de réaliser des produits en trois dimensions directement dans une résine photopolymérisable sans usinage. L'image solidifiée ou à solidifier d'une couche est appelée image de consigne. L'image de projection peut être bien plus petite l'image de consigne : dans ce cas là, il faut déplacer l'image de projection dans différents endroits d'une couche en modifiant cette image de projection.

Un gros enjeux de la stéréolithographie tel que représenté par exemple par un dispositif selon le document EP1,344,633B1 ou US5,247,180 est d'en améliorer la résolution spatiale. Cette résolution est limitée aujourd'hui, notamment par la longueur d'onde et la qualité optique de l'image de projection générée par un masque et différentes lentilles.

Le but de la présente invention est de proposer un procédé ou dispositif de lithographie d'objets 3D à résolution améliorée.

Exposé de l'invention

Cet objectif est atteint avec un dispositif de fabrication d'un objet en volume par lithographie, comprenant :

- un réceptacle agencé pour recevoir, dans un volume de travail, une couche de matière,
- un masque et une source de rayonnement agencés pour créer ensemble une image de projection en sortie du masque,
- des moyens pour projeter l'image de projection sur un plan à illuminer dans le volume de travail, ces moyens de projection comprenant des moyens pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une première direction de déplacement et des moyens pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une deuxième direction de déplacement différente de la première direction et non superposée à la première direction,

caractérisé en ce que les moyens pour déplacer l'image de projection le long de la première direction de déplacement comprennent :

- des moyens pour déplacer le masque selon un mouvement ayant une composante le long d'un axe oblique formant un angle avec le plan à illuminer,

- et de préférence des moyens (typiquement un miroir agencé pour réfléchir vers le plan à illuminer l'image de projection issue du masque) pour transformer le mouvement du masque ayant la composante le long de l'axe oblique formant l'angle avec le plan à illuminer en un déplacement de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la première direction de déplacement contenue dans le plan à illuminer.

Les moyens pour déplacer le masque selon le mouvement ayant la composante le long de l'axe oblique sont de préférence agencés pour déplacer le masque le long de l'axe oblique.

L'axe oblique forme de préférence un angle droit avec le plan à illuminer.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour modifier dynamiquement l'image de projection de manière synchronisée avec le déplacement de l'image de projection le long de la première direction, comprenant des moyens pour modifier dynamiquement le masque de manière synchronisée avec le mouvement du masque ayant la composante le long de l'axe oblique.

Le miroir peut avoir une surface réfléchissante agencée pour réfléchir l'image de projection et inclinée à 45 ° plus ou moins 10 ° par rapport au plan à illuminer.

Les moyens pour projeter l'image de projection sont de préférence agencés pour projeter cette image de sorte qu'entre le masque et le miroir l'image de projection se propage parallèlement au plan à illuminer.

Le masque peut ne pas être parallèle, et est plutôt de préférence perpendiculaire, au plan à illuminer.

Les moyens pour déplacer l'image de projection le long de la première direction de déplacement peuvent être agencés pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer successivement le long de plusieurs lignes parallèles, les moyens pour déplacer l'image de projection le long de la deuxième direction de déplacement peuvent être agencés pour décaler l'image de projection à la fin de chaque ligne finie vers une ligne suivante parallèle à la ligne finie, de sorte qu'une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la ligne finie soit bordée ou

partiellement superposée avec une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long la ligne suivante.

Les moyens pour projeter l'image de projection sur le plan à illuminer sont de préférence agencés pour pouvoir projeter l'image de projection sur différents plans à illuminer possibles, parallèles et contenus dans le volume de travail.

Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de fabrication d'un objet en volume par lithographie, comprenant :

- fournir dans un volume de travail une couche de matière photosensible agencée pour se durcir sous l'influence d'un rayonnement,
- une création, par un masque et une source de rayonnement, d'une image de projection en sortie du masque,
- une projection de l'image de projection sur un plan à illuminer de la couche de matière,
- un déplacement de l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une première direction de déplacement et un déplacement de l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une deuxième direction de déplacement différente de la première direction et non superposée à la première direction, ces deux directions de déplacement étant contenues dans le plan à illuminer,

caractérisé en ce que pour déplacer l'image de projection le long de la première direction de déplacement :

- on déplace le masque selon un mouvement ayant une composante le long d'un axe oblique formant un angle avec le plan à illuminer, et
- et de préférence on transforme ce mouvement du masque ayant la composante le long de l'axe oblique formant l'angle avec le plan à illuminer en le déplacement de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la première direction de déplacement contenue dans le plan à illuminer, de typiquement au moyen d'un miroir qui réfléchit vers le plan à illuminer l'image de projection issue du masque.

Pour déplacer le masque selon le mouvement ayant la composante le long de l'axe oblique, on déplace de préférence le masque le long de l'axe oblique.

L'axe oblique forme de préférence un angle droit avec le plan à illuminer.

Le procédé selon l'invention peut comprendre au cours du déplacement le long de la première direction, une modification dynamique de l'image de projection synchronisée avec le déplacement de l'image de projection le long de la première direction, cette modification de l'image étant obtenue par une modification dynamique du masque synchronisée avec le déplacement du masque selon son mouvement ayant la composante le long de l'axe oblique.

Le miroir peut avoir une surface réfléchissante agencée pour réfléchir l'image de projection et inclinée à 45 ° plus ou moins 10 ° par rapport au plan à illuminer.

Entre le masque et le miroir l'image de projection se propage de préférence parallèlement au plan à illuminer.

Le masque n'est de préférence pas parallèle, et est de préférence perpendiculaire, au plan à illuminer.

On peut déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long de la première direction de déplacement successivement le long de plusieurs lignes parallèles, et on peut déplacer l'image de projection le long de la deuxième direction de déplacement pour décaler l'image de projection à la fin de chaque ligne finie vers une ligne suivante parallèle à la ligne finie, de sorte qu'une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la ligne finie soit bordée ou partiellement superposée avec une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long la ligne suivante.

On réitère de préférence les étapes du procédé selon l'invention sur plusieurs couches de matière photosensible superposées.

Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un produit ou un objet en volume obtenu par (stéréo)lithographie par un procédé ou un dispositif selon l'invention.

Description des figures et modes de réalisation

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation de dispositif selon l'invention, avec sa tête en position « haute »,

- la figure 2 est une vue en perspective d'une partie du dispositif selon l'invention de la figure 1, avec sa tête en position « basse »,

- la figure 3 est une vue de profil du dispositif selon l'invention de la figure 1 selon l'axe de vue A de la figure 1, avec sa tête en position « basse »,

- la figure 4 est une vue de profil du dispositif selon l'invention de la figure 1 selon l'axe de vue A de la figure 1, avec sa tête en position « haute »,

- la figure 5 est une vue de dos du dispositif selon l'invention de la figure 1 selon l'axe de vue B de la figure 1,

- la figure 6 est une vue schématique de profil de l'intérieur d'une première variante de la tête 12 du dispositif selon l'invention de la figure 1,

- la figure 7 est une vue schématique de profil de l'intérieur d'une deuxième variante de la tête 12 du dispositif selon l'invention de la figure 1, et

- la figure 8 est une vue de profil d'un deuxième mode de réalisation de dispositif selon l'invention, avec sa tête 12 en position « basse » et en position « haute » à deux instants différents pour illustrer un mouvement de cette tête.

Ces modes de réalisation étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence

fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou à différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures 1 à 7, un premier mode de réalisation de dispositif 1 selon l'invention.

Le dispositif 1 est un dispositif de stéréolithographie.

Le dispositif 1 est prévu pour fabriquer un objet en volume (tel un prototype) par lithographie de plusieurs couches superposées.

Le dispositif 1 comprend un réceptacle 2 agencé pour recevoir, dans un volume de travail, une couche de matière photosensible ou photo-réactive ou photo-polymérisable agencée pour se durcir sous l'influence d'un rayonnement de durcissement.

Le rayonnement de durcissement est un rayonnement électromagnétique, typiquement de lumière visible (longueur d'onde comprise entre 380 et 780 nanomètres), ou bien plutôt de préférence de lumière ultraviolette (longueur d'onde typique comprise entre 355 et 385 nanomètres).

La matière photosensible n'est pas nécessairement un liquide. La matière photosensible est un liquide, une pâte, un gel ou toute autre matière molle agencée pour se durcir sous l'influence du rayonnement de durcissement. Par exemple, on peut utiliser comme matière photosensible des résines de référence Innovation Meditech FotoMed.LED A/Pattern/Flex 70. Des pâtes à charge métallique ou céramique sont aussi envisageables, basées sur par exemple les matériaux développés dans les années 2000 pour le procédé OptoForm.

Le réceptacle 2 peut être un réservoir (par exemple si la matière photosensible est un liquide) ou un plateau ou une plaque (par exemple si la matière photosensible est un gel ou une pâte) ou même une grille (par exemple si la matière photosensible est une pâte ne s'écoulant quasiment pas).

Le dispositif 1 comprend en outre un masque 3 et une source 4 agencée pour émettre le rayonnement de durcissement.

La source 4 est généralement couplée à une lentille 28 ou à un jeu de lentilles 28.

La source 4 consiste typiquement en une diode électroluminescente (DEL) de puissance de référence Nichia NLBU21P02

Le masque 3 peut être par exemple :

- soit (Figure 6) un écran à cristal liquide 3a constitué de pixels de cristal liquide, chaque pixel étant allumé (transparent pour le rayonnement de durcissement) ou éteint (opaque pour le rayonnement de durcissement) selon l'état du cristal liquide de ce pixel,
- soit (Figure 7) une puce (DLP pour « Digital Light Processor », par exemple de type XGA ou 1080p) 3b constituée d'un quadrillage de miroirs mobiles, chaque miroir mobile correspondant à un pixel du masque 3 qui est allumé ou éteint selon la position de ce miroir mobile.

Le masque 3 comprend donc des pixels. Le masque 3 et la source 4 sont agencés pour créer ensemble une image de projection 5 en sortie du masque 3 :

- Soit par réflexion, par le masque 3 (exemple de la puce DLP), du rayonnement de durcissement provenant de la source 4,
- Soit par transmission, à travers le masque 3 (exemple de l'écran à cristal liquide), du rayonnement de durcissement provenant de la source 4,

l'état allumé ou éteint de chacun des pixels du masque 3 correspondant à un pixel de l'image de projection 5 respectivement illuminé ou non par le rayonnement de durcissement.

Le masque 3 et la source 4 sont regroupés à l'intérieur d'une tête 12.

La tête 12 est montée à l'intérieur d'un cadre 29 (métallique) typiquement de forme rectangulaire.

Le dispositif 1 comprend en outre des moyens 6, 7, 8 pour projeter l'image de projection 5 de manière focalisée sur un plan à illuminer 9 dans le volume de travail.

Ces moyens de projection 6, 7, 8 comprennent des moyens 6, 7 pour déplacer l'image de projection 5 dans le plan à illuminer 9 le long d'une première direction 10 de déplacement.

Ces moyens de projection 6, 7, 8 comprennent des moyens 8 pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer 9 le long d'une deuxième direction 11 de déplacement.

La deuxième direction 11 de déplacement est différente de la première direction 10 et n'est pas superposée (i.e pas parallèle) à la première direction 10. De préférence, la deuxième direction 11 de déplacement est perpendiculaire à la première direction 10. Ces deux directions 10, 11 de déplacement sont contenues dans le plan 9 à illuminer.

Les moyens 8 pour déplacer l'image de projection le long de la deuxième direction 11 de déplacement comprennent typiquement une ou plusieurs barre(s) 13 (métalliques) s'étendant le long de cette deuxième direction 11, et un moteur 14 agencé pour déplacer le masque 3 et la source 4 (plus exactement la tête 12, plus exactement le cadre 29) le long de(s) barre(s) 13 et donc le long de cette deuxième direction 11. Le moteur 14 fait coulisser le cadre 29 le long de l'au moins une barre 13.

Les moyens 6, 7 pour déplacer l'image de projection 5 le long de la première direction 10 de déplacement comprennent :

- des moyens 7 pour déplacer le masque 3 selon un mouvement ayant une composante 15 le long d'un axe oblique 16 formant un angle 17 (non nul) avec le plan à illuminer 9.
- un miroir 6 agencé pour réfléchir vers le plan à illuminer 9 l'image de projection 5 issue du masque 3 et pour transformer « le mouvement du masque 3 ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 formant l'angle 17 avec le plan à illuminer 9 » en « un déplacement de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long de la première direction de déplacement 10 contenue dans le plan à illuminer 9».

Après sa sortie du masque 3 et avant d'atteindre le plan à illuminer 9, l'image de projection 5 est mise en forme (dimensionnement, focalisation, etc…). En particulier, en sortie du masque 3 et avant le miroir 6, l'image de projection 5 traverse plusieurs lentilles au sein d'un objectif 18 (solidaire de la tête 12) qui met en forme (dimensionnement, focalisation, etc…) l'image de projection 5.

Les moyens 7 pour déplacer le masque 3 selon le mouvement ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 sont agencés pour déplacer le masque 3 le long de l'axe oblique 16, i.e. sans autre composante de mouvement que la composante 15.

Les moyens 7 pour déplacer le masque 3 selon le mouvement ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 comprennent par exemple un moteur 30, un système de transmission 31 (comprenant typiquement des courroies), au moins un (de préférence deux) contrepoids 32, 33, est une barre 34 (typiquement métallique). La barre 34 est solidaire du cadre 29. La barre 34 s'étend longitudinalement de manière parallèle à l'axe oblique 16 ou de préférence perpendiculairement au plan à illuminer. La tête 12 est montée sur la barre 34 et peut se déplacer le long de cette barre 34. Le moteur 30 est agencé pour déplacer la tête 12 le long de cette barre 34. Le système de transmission 31 est agencé, lors du mouvement du masque 3 ou de la tête 12 selon la direction le long de l'axe 16 (vers le haut ou vers le bas), déplacer chaque contrepoids 32, 33 dans une direction opposée (respectivement vers le bas ou vers le haut).

Tel qu'illustré sur la figure 4, l'axe oblique 16 forme un angle droit 17 avec le plan 9 à illuminer, c'est-à-dire qu'il est perpendiculaire avec le plan à illuminer 9.

Ainsi, selon l'invention, pour déplacer l'image de projection 5 dans le plan à illuminer 9 qui est horizontal, on déplace verticalement le masque 3 et donc la tête 12 qui est relativement lourde, c'est-à-dire que l'on déplace le masque 3 et donc la tête 12 le long de la direction de leur propre poids. Cette solution est beaucoup plus stable mécaniquement et permet une bien meilleure résolution spatiale de lithographie. En effet, selon l'art antérieur, lorsque l'on déplace une tête et son masque horizontalement le long d'une barre horizontale, cette barre peut fléchir sous le poids de la tête, et peut entrainer des problèmes de pointé de la tête et donc de l'image de projection, des problèmes de répétabilité de l'orientation de la tête et donc de l'image de projection, et donc des problèmes de résolution spatiale de la lithographie de chaque couche.

Le dispositif 1 comprend en outre des moyens pour modifier l'image de projection 5 dans le plan 9 de manière synchronisée avec le déplacement de l'image de projection 5 le long de la première direction 10 (sur le principe du document EP1,344,633) comprenant toutefois dans le cas spécifique de l'invention des moyens pour modifier le masque 3 de manière synchronisée avec le mouvement du masque 3 ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16. Ces moyens de modification comprennent typiquement des moyens de calcul ou de commande (comprenant un processeur, et/ou un circuit analogique et/ou numérique, et/ou une unité centrale d'un ordinateur, et /ou des moyens logiciels) agencés pour calculer l'image de projection 5 (i.e. quels sont les pixels de l'image de projection 5 illuminés par le rayonnement de durcissement et à quelle intensité qui peut varier d'un pixel à un autre) en fonction d'une image de consigne et de la position actuelle de l'image de projection 5 dans le plan à illuminer 9 (i.e. de la position de la tête 12 ou du masque 3 le long de l'axe 16).

Les moyens de calcul et de commande sont en outre agencés pour commander tous les moteurs du dispositif 1.

Le miroir 6 a une surface réfléchissante 19 agencée pour réfléchir l'image de projection 5 et inclinée à un angle 20 de 45 ° plus ou moins 10 ° (de préférence plus ou moins 1 °) par rapport au plan à illuminer 9.

Les moyens 6, 7, 8 pour projeter l'image de projection 5 sont agencés pour projeter cette image de sorte qu'entre le masque 3 et le miroir 6 l'image de projection 5 se propage parallèlement au plan 9 à illuminer.

Les moyens 6, 7, 8 pour projeter l'image de projection 5 sont agencés pour projeter cette image de sorte qu'entre le miroir 6 et le plan à illuminer 9 l'image de projection se propage perpendiculairement au plan 9 à illuminer.

Le masque 3 est plan. Le plan du masque 3 (plan de la puce DLP ou de l'écran à cristal liquide) n'est pas parallèle au plan 9 à illuminer, et forme un angle 21 de préférence perpendiculaire au plan 9 à illuminer.

Les moyens 6, 7 pour déplacer l'image de projection 5 le long de la première direction 10 de déplacement sont agencés pour déplacer dans le plan 9 l'image de projection 5 successivement le long de plusieurs lignes

parallèles 22 à 24 (seules trois lignes sont représentées sur les figures pour ne pas les surcharger).

Les moyens 8 pour déplacer l'image de projection 5 le long de la deuxième direction 11 de déplacement sont agencés pour décaler dans le plan 9 l'image de projection à la fin de chaque ligne finie 22 ou 23 vers une ligne suivante respectivement 23 ou 24 parallèle à la ligne finie, de sorte :

- qu'une position 25 de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long de la ligne finie 22 soit bordée avec une position 26 de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long la ligne suivante 23 (c'est-à-dire qu'un bord de l'image de projection 5 dans sa position 25 le long de la ligne finie 22 touche un bord de l'image de projection 5 dans sa position 26 le long de la ligne suivante 23, mais que la position 25 de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long de la ligne finie 22 ne soit pas superposée avec la position 26 de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long la ligne suivante 23) ou
- qu'une position 26 de l'image de projection 5 sur le plan 9 à illuminer le long d'une ligne finie 23 soit partiellement superposée avec une position 27 de l'image de projection 5 sur le plan 9 à illuminer le long la ligne suivante 24.

Pour fabriquer des objets en trois dimensions par superposition de plusieurs couches, les moyens 6, 7, 8 pour projeter l'image de projection 5 focalisée sur un plan à illuminer 9 sont agencés pour pouvoir projeter l'image de projection 5 de manière focalisée sur différents plans 9, 9', 9'' à illuminer possibles, parallèles et contenus dans le volume de travail, typiquement par réglage de l'objectif 18.

Un procédé de fabrication selon l'invention d'un objet ou produit en volume par stéréolithographie, mis en œuvre dans le dispositif 1, comprend alors les étapes suivantes :

a) fournir dans le volume de travail la couche de matière photosensible agencée pour se durcir sous l'influence du rayonnement de durcissement,

b) une création, par la source 4 de rayonnement émettant le rayonnement de durcissement et le masque 3 réfléchissant ou transmettant

le rayonnement de durcissement émis par la source 4, de l'image de projection 5 en sortie du masque 3,

c) une projection de l'image de projection 5 de manière focalisée sur le plan à illuminer 9 de la couche de matière,

d) un déplacement de l'image de projection 5 dans le plan 9 le long de la première direction 10 de déplacement par les moyens 6,7 puis, de préférence de manière non simultanée, un déplacement de l'image de projection 5 dans le plan 9 le long de la deuxième direction 11 de déplacement par les moyens 8,

Pour déplacer l'image de projection 5 le long de la première direction 10 de déplacement :

- on déplace le masque 3 selon le mouvement ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 formant un angle 17 avec le plan à illuminer ; entre le masque 3 et le miroir 6 l'image de projection 5 se propage parallèlement au plan à illuminer 9, et

- on transforme ce « mouvement du masque 3 ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 » en « le déplacement de l'image de projection 5 sur le plan à illuminer 9 le long de la première direction 10 de déplacement » au moyen du miroir 6 qui réfléchit vers le plan à illuminer 9 l'image de projection 5 issue du masque 3. Entre le miroir 6 et le plan à illuminer 9 l'image de projection 5 se propage perpendiculairement au plan à illuminer 9.

Au cours du déplacement le long de la première direction 10, on modifie (par les moyens de calcul et de commande) l'image de projection 5 de manière synchronisée avec le déplacement de l'image de projection 5 dans le plan 9 le long de la première direction 10, cette modification de l'image 5 étant obtenue par une modification du masque 3 synchronisée avec le déplacement du masque 3 selon son mouvement ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16.

On déplace ainsi l'image de projection 5 dans le plan 9 le long de la première direction 10 de déplacement successivement le long des différentes lignes parallèles 22, 23, 24, et on déplace dans le plan 9 l'image de projection 5 le long de la deuxième direction 11 de déplacement pour

décaler l'image de projection 5 à la fin de chaque ligne finie 22, 23 vers une ligne suivante respectivement 23, 24 parallèle à la ligne finie.

On réitère ces étapes a) à d) pour plusieurs couches de matière photosensible superposées pour fabriquer un objet en trois dimensions.

On va maintenant décrire, en référence à la figure 8, un deuxième mode de réalisation de dispositif 100 selon l'invention, mais uniquement pour ses différences par rapport au premier mode de réalisation de dispositif 1. En particulier, les caractéristiques, les références numériques communes, et le procédé mis en œuvre ne seront pas de nouveau intégralement décrites.

Dans le dispositif 100, la barre 34 ne s'étend pas longitudinalement de manière parallèle à l'axe oblique 16 mais s'étend par contre toujours bien perpendiculairement au plan à illuminer 9.

Dans le dispositif 100, l'axe 16 est comme précédemment oblique par rapport au plan à illuminer 9, c'est-à-dire qu'il n'est pas contenu ou parallèle avec le plan à illuminer 9. Par contre, l'axe 16 n'est pas perpendiculaire au plan à illuminer 9.

La figure 8 illustre deux positions du masque 3 ou de la tête 12 :

- une première position 35 du masque 3 ou de la tête 12 (dessin hachuré de la tête 12) au début du mouvement du masque 3 ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 formant l'angle 17 avec le plan à illuminer 9 pour un déplacement de l'image 5 dans le plan 9 le long de la ligne 23, et
- une deuxième position 36 du masque 3 ou de la tête 12 (dessin non hachuré de la tête 12) à la fin du mouvement du masque 3 ayant la composante 15 le long de l'axe oblique 16 formant l'angle 17 avec le plan à illuminer 9 pour un déplacement de l'image 5 dans le plan 9 le long de cette même ligne 23.

On remarque que les moyens 6, 7 pour déplacer l'image de projection 5 dans le plan à illuminer 9 le long de la première direction 10 de déplacement sont agencés pour que dans un même intervalle de temps, la distance 37 parcourue par l'image de projection 5 dans le plan à illuminer 9 le long de la première direction 10 de déplacement est supérieure à la

distance 38 parcourue par le masque 3 (ou la tête 12) le long de la première direction 10 de déplacement.

On remarque que les moyens 7 pour déplacer le masque 3 selon le mouvement ayant la composante 15 le long l'axe oblique 16 sont agencés pour que ce mouvement se décompose en deux composantes perpendiculaires :

- une première composante 39 perpendiculaire au plan à illuminer 9, et
- une deuxième composante 40 parallèle au plan à illuminer, de préférence plus précisément parallèle à la première direction 10 de déplacement.

Pour cela, dans cet exemple de deuxième mode de réalisation, le cadre 29 est en outre agencé pour se déplacer, grâce à un moteur, le long d'au moins une barre 41 s'étendant longitudinalement le long de la première direction de déplacement 10.

En outre, l'avantage d'amélioration de la stabilité, de réduction des vibrations, d'amélioration de la répétabilité du positionnement et d'amélioration de la résolution de lithographie est toujours présent (certes de manière moins performante) comme pour le premier mode de réalisation, car le masque 3 (ou la tête 12) se déplace toujours au moins en partie (composante 39) selon l'axe vertical de son propre poids pour déplacer horizontalement l'image 5 dans le plan 9.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

Bien entendu, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres. En particulier toutes les variantes et modes de réalisation décrits précédemment sont combinables entre eux.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1 ; 100) de fabrication d'un objet en volume par lithographie, comprenant :

- un réceptacle (2) agencé pour recevoir, dans un volume de travail, une couche de matière,
- un masque (3) et une source (4) de rayonnement agencés pour créer ensemble une image de projection (5) en sortie du masque,
- des moyens (6, 7, 8) pour projeter l'image de projection sur un plan à illuminer (9) dans le volume de travail, ces moyens de projection comprenant des moyens (6, 7) pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une première direction (10) de déplacement et des moyens (8) pour déplacer l'image de projection dans le plan à illuminer le long d'une deuxième direction (11) de déplacement différente de la première direction et non superposée à la première direction,

caractérisé en ce que les moyens (6, 7) pour déplacer l'image de projection le long de la première direction (10) de déplacement comprennent :

- des moyens (7) pour déplacer le masque selon un mouvement ayant une composante (15) le long d'un axe oblique (16) formant un angle (17) avec le plan (9) à illuminer,
- un miroir (6) agencé pour réfléchir vers le plan (9) à illuminer l'image de projection (5) issue du masque (3) et pour transformer le mouvement du masque (3) ayant la composante (15) le long de l'axe oblique (16) formant l'angle (17) avec le plan (9) à illuminer en un déplacement de l'image de projection (5) sur le plan (9) à illuminer le long de la première direction (10) de déplacement contenue dans le plan à illuminer (9).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (7) pour déplacer le masque (3) selon le mouvement ayant la composante (15) le long de l'axe oblique (16) sont agencés pour déplacer le masque (3) le long de l'axe oblique (16).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'axe oblique (16) forme un angle droit avec le plan à illuminer (9).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour modifier dynamiquement l'image de projection de manière synchronisée avec le déplacement de l'image de projection (5) le long de la première direction (10), comprenant des moyens pour modifier dynamiquement le masque (3) de manière synchronisée avec le mouvement du masque ayant la composante (15) le long de l'axe oblique (16).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir (6) a une surface réfléchissante (19) agencée pour réfléchir l'image de projection et inclinée à 45 ° plus ou moins 10 ° par rapport au plan à illuminer (9).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (6, 7, 8) pour projeter l'image de projection sont agencés pour projeter cette image de sorte qu'entre le masque (3) et le miroir (6) l'image de projection (5) se propage parallèlement au plan à illuminer (9).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le masque (3) n'est pas parallèle, et est de préférence perpendiculaire, au plan à illuminer (9).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (6, 7) pour déplacer l'image de projection (5) le long de la première direction (10) de déplacement sont agencés pour déplacer l'image de projection (5) dans le plan à illuminer (9) successivement le long de plusieurs lignes parallèles (22, 23, 24), les moyens (8) pour déplacer l'image de projection le

long de la deuxième direction de déplacement étant agencés pour décaler l'image de projection à la fin de chaque ligne finie vers une ligne suivante parallèle à la ligne finie, de sorte qu'une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la ligne finie soit bordée ou partiellement superposée avec une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long la ligne suivante.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (6, 7, 8) pour projeter l'image de projection sur le plan à illuminer sont agencés pour pouvoir projeter l'image de projection sur différents plans (9, 9', 9'') à illuminer possibles, parallèles et contenus dans le volume de travail.

10. Procédé de fabrication d'un objet en volume par lithographie, comprenant :

a) fournir dans un volume de travail une couche de matière photosensible agencée pour se durcir sous l'influence d'un rayonnement,

b) une création, par un masque (3) et une source (4) de rayonnement, d'une image de projection (5) en sortie du masque,

c) une projection de l'image de projection sur un plan à illuminer (9) de la couche de matière,

d) un déplacement de l'image de projection (5) dans le plan à illuminer (9) le long d'une première direction (10) de déplacement et un déplacement de l'image de projection dans le plan à illuminer (9) le long d'une deuxième direction (11) de déplacement différente de la première direction et non superposée à la première direction, ces deux directions de déplacement étant contenues dans le plan à illuminer (9),

caractérisé en ce que pour déplacer l'image de projection le long de la première direction (10) de déplacement :

- on déplace le masque (3) selon un mouvement ayant une composante (15) le long d'un axe oblique (16) formant un angle (17) avec le plan à illuminer (9), et

- on transforme ce mouvement du masque (3) ayant la composante (15) le long de l'axe oblique (16) formant l'angle (17) avec le plan à illuminer (9)

en le déplacement de l'image de projection (5) sur le plan à illuminer (9) le long de la première direction (10) de déplacement contenue dans le plan à illuminer (9) au moyen d'un miroir (6) qui réfléchit vers le plan à illuminer (9) l'image de projection (5) issue du masque (3).

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que pour déplacer le masque (3) selon le mouvement ayant la composante (15) le long de l'axe oblique (16), on déplace le masque (3) le long de l'axe oblique (16).

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que l'axe oblique (16) forme un angle droit avec le plan à illuminer (9).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend au cours du déplacement le long de la première direction (10), une modification dynamique de l'image de projection synchronisée avec le déplacement de l'image de projection le long de la première direction, cette modification de l'image étant obtenue par une modification dynamique du masque synchronisée avec le déplacement du masque selon son mouvement ayant la composante le long de l'axe oblique.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le miroir (6) a une surface réfléchissante (19) agencée pour réfléchir l'image de projection et inclinée à 45 ° plus ou moins 10 ° par rapport au plan à illuminer.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce qu'entre le masque (3) et le miroir (6) l'image de projection se propage parallèlement au plan à illuminer (9).

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que le masque (3) n'est pas parallèle, et est de préférence perpendiculaire, au plan à illuminer (9).

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisé en ce qu'on déplace l'image de projection (5) dans le plan à illuminer (9) le long de la première direction (10) de déplacement successivement le long de plusieurs lignes parallèles (22, 23, 24), et on déplace l'image de projection le long de la deuxième direction (11) de déplacement pour décaler l'image de projection à la fin de chaque ligne finie vers une ligne suivante parallèle à la ligne finie, de sorte qu'une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long de la ligne finie soit bordée ou partiellement superposée avec une position de l'image de projection sur le plan à illuminer le long la ligne suivante.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, caractérisé en ce qu'on réitère ses étapes sur plusieurs couches de matière photosensible superposées.

19. Produit obtenu par un procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 18.

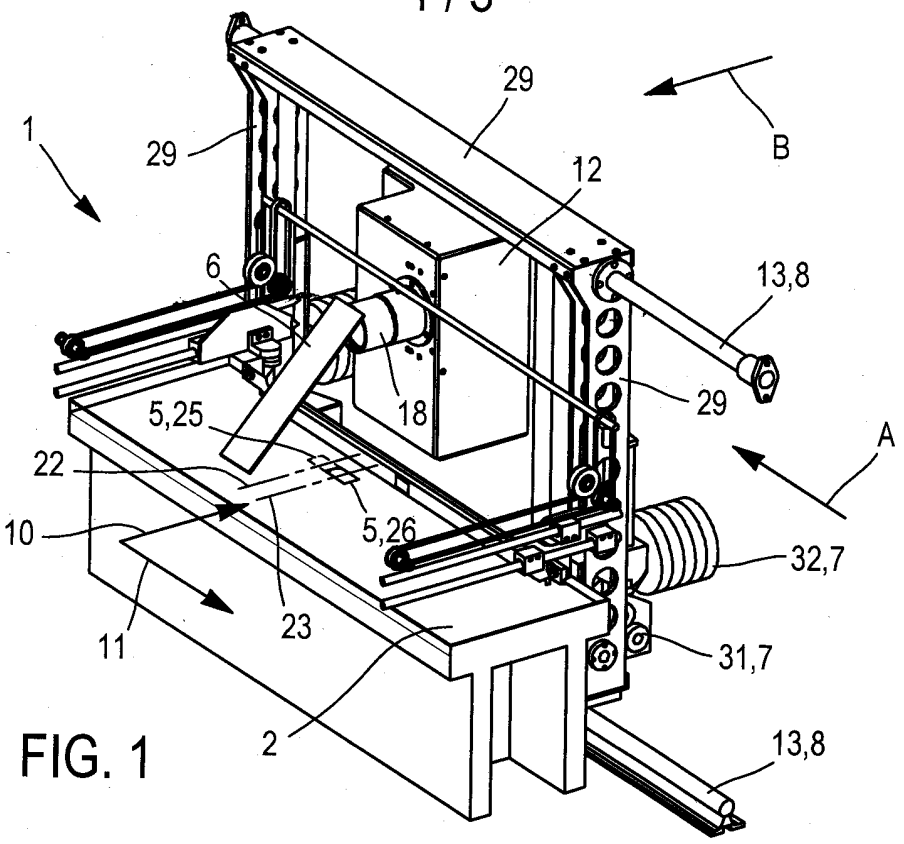

1
29
29
B
12
6
13,8
18
29
5,25
A
22
5,26
10
32,7
23
11
31,7
2
13,8

FIG. 1

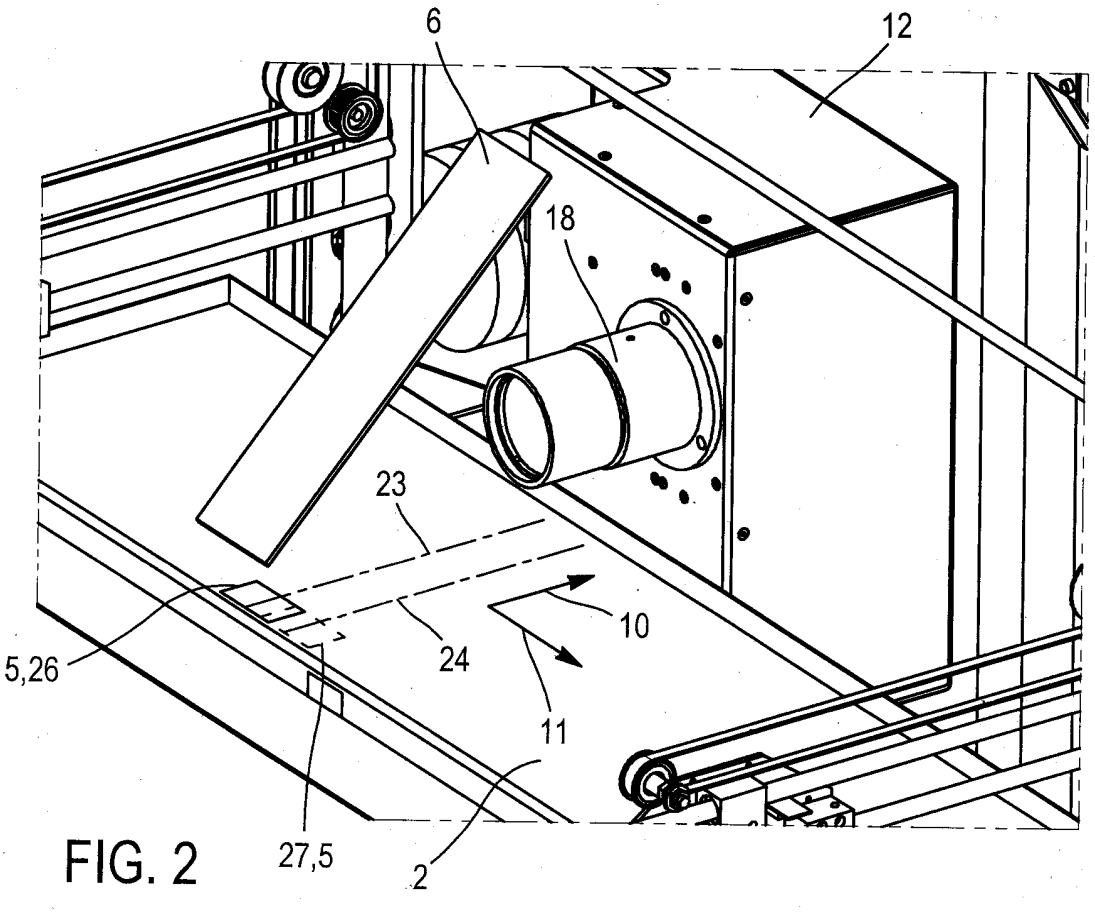

6
12
18
23
10
5,26
24
11
27,5
2

FIG. 2

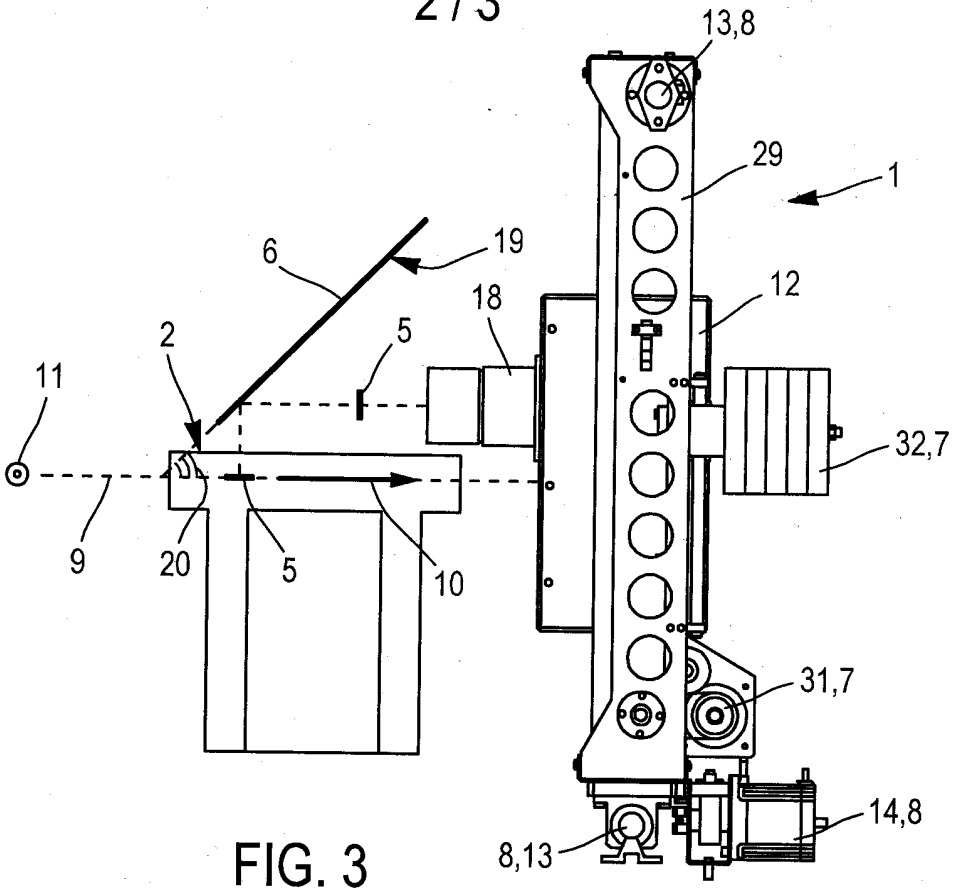

13,8
29
1
19
6
18
12
2
5
11
32,7
9
20
5
10
31,7
14,8
8,13

FIG. 3

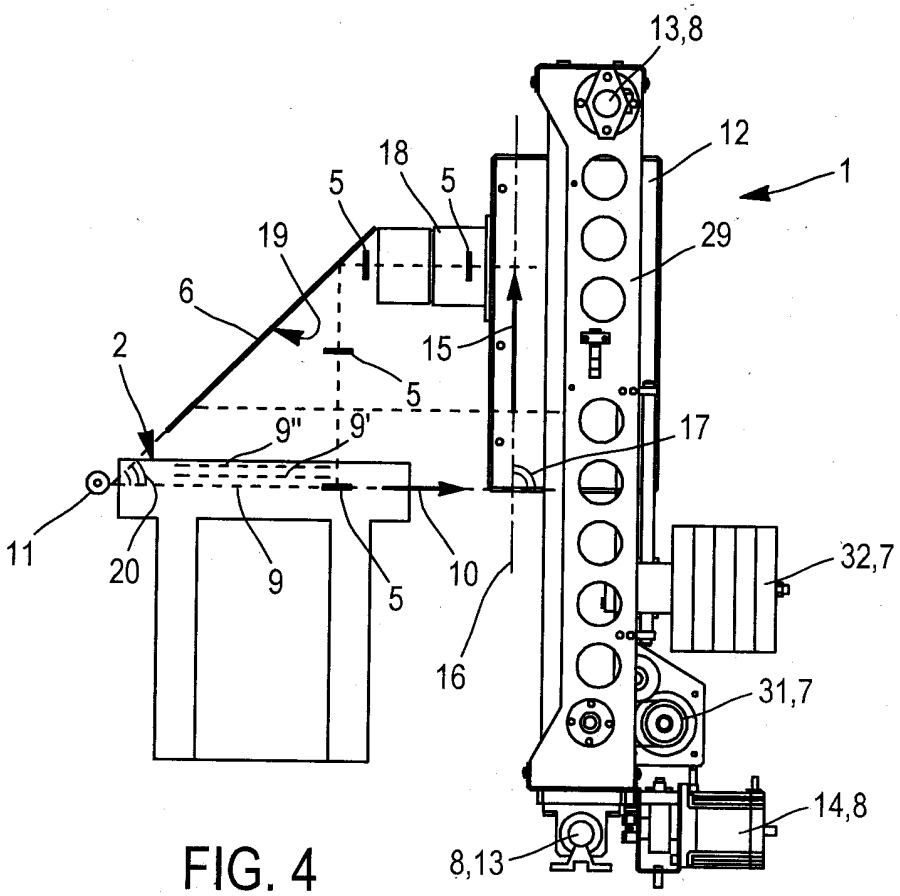

13,8
12
18
1
5
5
29
19
6
15
2
5
9"
9'
17
11
20
9
5
10
32,7
16
31,7
14,8
8,13

FIG. 4

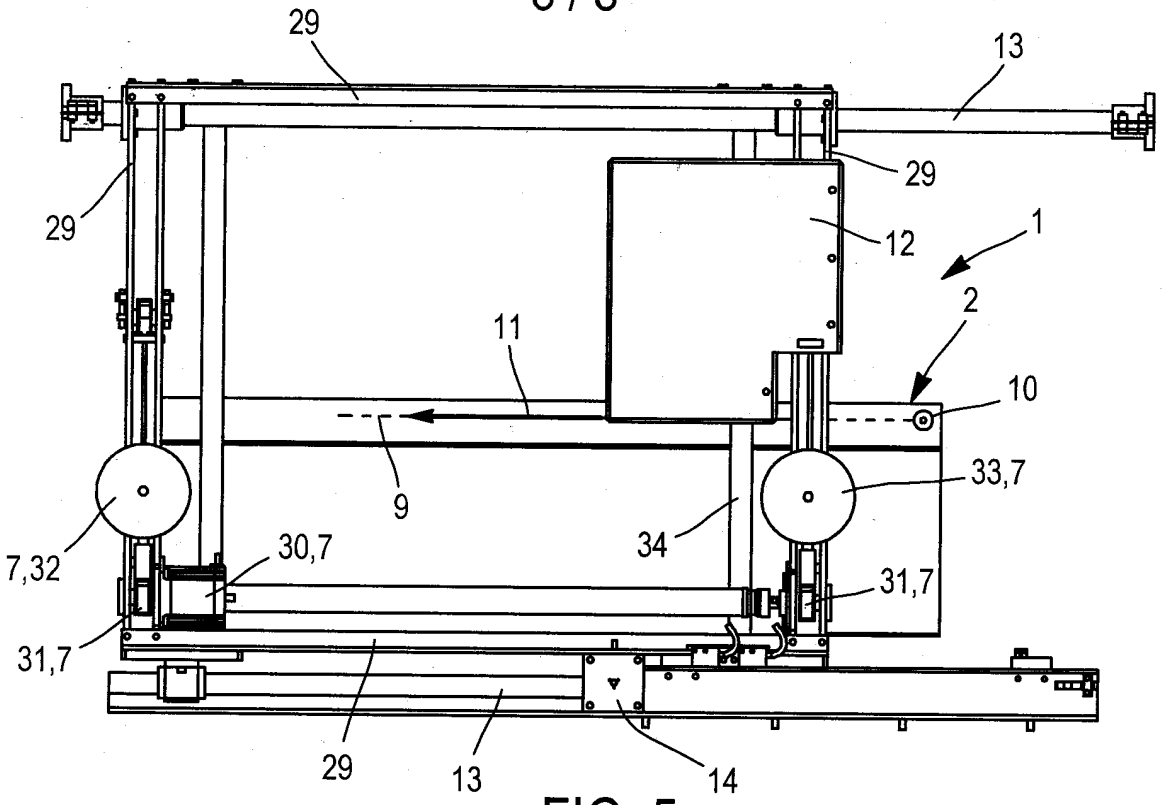


FIG. 5

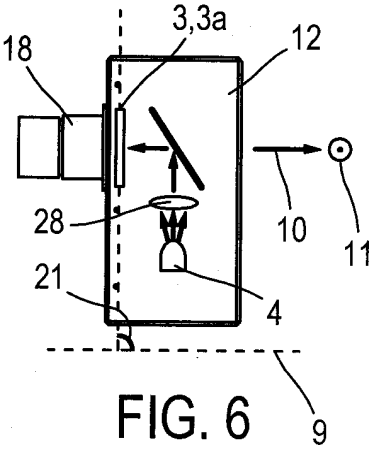


FIG. 6

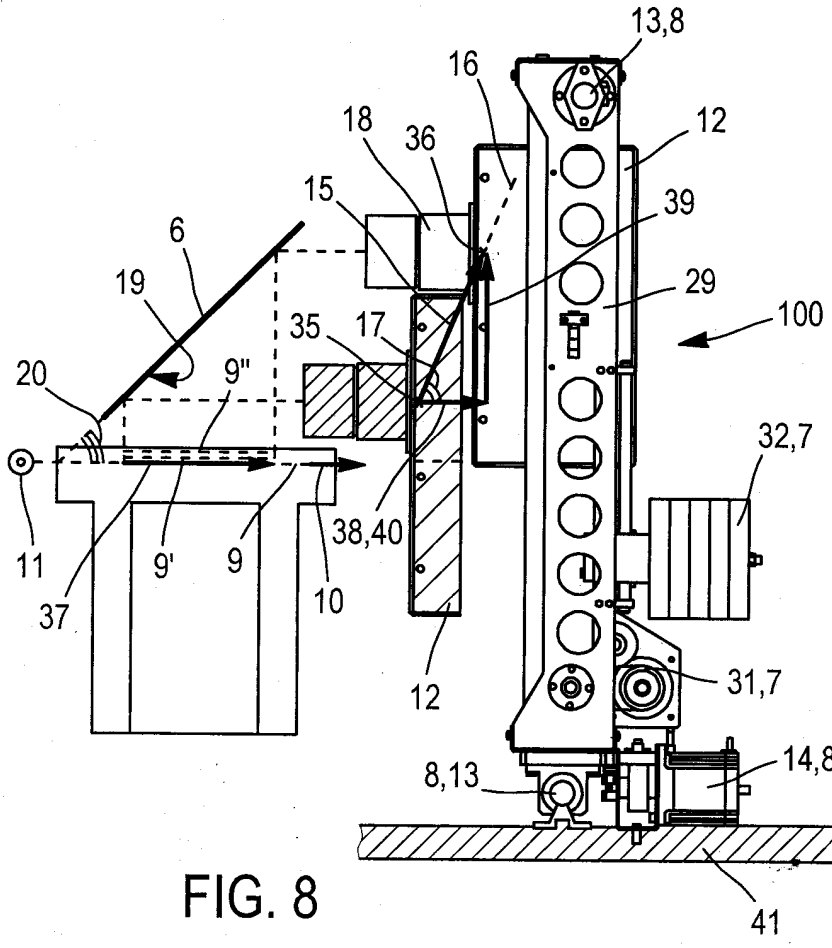


FIG. 8

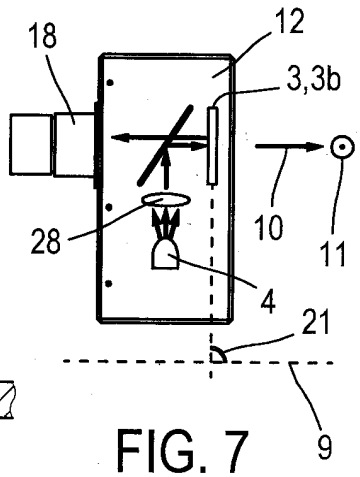


FIG. 7

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 775046
FR 1350177

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		
X	WO 95/15841 A1 (GORETA LUCAS [FR]) 15 juin 1995 (1995-06-15) * figure 7 * * page 14, lignes 1-5, 27-28, 35-36 * * page 15, lignes 1-23 * -----	1-19	B29C67/00 G02B26/08

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

B29C
G03F

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
30 septembre 2013	Gasner, Benoit

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1350177 FA 775046

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 30-09-2013
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
WO 9515841 A1	15-06-1995	AUCUN	

EPO FORM P0465