

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 juillet 2012 (05.07.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/089934 A4

- (51) Classification internationale des brevets :
G03F 7/00 (2006.01) *G03F 7/40* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/000679
- (22) Date de dépôt international :
26 décembre 2011 (26.12.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
10/05157 29 décembre 2010 (29.12.2010) FR
- (71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) : ONE-
RA (OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RE-
CHERCHES AEROSPATIALES) [FR/FR]; 29 avenue
de la Division Leclerc, F-92320 Châtillon (FR). CENTRE
NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CNRS [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, F-75794 Paris Cédex
16 (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : LANDAIS,
Stéphane [FR/FR]; 21 rue des Prés Aubry, F-92370 Cha-
ville (FR). BOUAMRANE, Fayçal [FR/FR]; Hameau de
l'Yvette, Bât D, Chemin des Gravières, F-91190 Gif sur
Yvette (FR). BOUVET, Thomas [FR/FR]; 26 avenue du
Maine, F-75015 Paris (FR). DESSORNES, Olivier
[FR/FR]; 71 ter rue des Maraîchers, F-91140 Villebon
sur Yvette (FR). JOSSO, Pierre [FR/FR]; 44 rue d'Erevan,
F-92130 Issy-les-Moulineaux (FR). MEGTERT, Stéphane
[FR/FR]; 4 rue des Gelles, F-91140 Villebon sur Yvette
(FR). VALLE, Roger [FR/FR]; 67 rue Paul Padé, F-92140
Clamart (FR).
- (74) Mandataires : PLAÇAIS, Jean-Yves et al.; Cabinet Net-
ter, 36 avenue Hoche, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

(54) Title : PROCESS FOR FABRICATING HIGH-PRECISION OBJECTS BY HIGH-RESOLUTION LITHOGRAPHY AND DRY DEPOSITION AND OBJECTS THUS OBTAINED

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'OBJETS DE GRANDE PRÉCISION PAR LITHOGRAPHIE HAUTE RÉSOLUTION ET PAR FORMAGE PAR DÉPÔT PAR VOIE SÈCHE ET OBJETS AINSI OBTENUS

(57) Abstract : The invention relates to a process for fabricating a high-precision object made of at least one inorganic material, comprising the following steps: using a high-resolution photolithography process, employing X-rays or UV rays depending on the desired degree of precision, in a chosen direction Z, to form a negative mould, which does not deform at the microscale during the steps of the process, in a material able to withstand a step for forming the object by dry deposition and possibly either being removed without altering the object fabricated or being separated from said object; choosing, independently of the normal redox potential of its constituent elements, at least one inorganic material from the set of materials that can be deposited by dry deposition and that allow the object to be fabricated to meet its thermomechanical and environmental specifications; and forming, by means of the non-deformable negative mould, the object to be fabricated by dry deposition of said at least one inorganic material, thereby allowing an object to be fabricated with better than microscale precision, especially with respect to the angle between the walls generated by the dry deposition and said direction Z. The invention is preferably applied to the fabrication of high-precision micromechanical objects, in particular in the aeronautical and clock/watch-making fields.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'un objet de grande précision formé d'au moins un matériau inorganique, comprenant les étapes suivantes : utiliser un procédé de photolithographie à haute résolution mettant en œuvre un rayonnement X ou UV selon le degré de précision désiré, suivant une direction choisie Z pour former un moule négatif non déformable à l'échelle micrométrique au cours des étapes du procédé, dans un matériau résistant à une étape de formage de l'objet par dépôt par voie sèche et pouvant soit être éliminé sans altération de l'objet qui aura été fabriqué, soit être séparé dudit objet; choisir, indépendamment du potentiel normal d'oxydoréduction de ses éléments constitutifs, au moins un matériau inorganique parmi l'ensemble des matériaux pouvant être déposés par voie sèche et susceptibles de permettre à l'objet à fabriquer de satisfaire à ses contraintes thermo-mécaniques et environnementales; et réaliser, au moyen du moule négatif non déformable,

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/089934 A4



LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec revendications modifiées (art. 19.1))

Date de publication des revendications modifiées :

28 mars 2013

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

le formage de l'objet à fabriquer par dépôt par voie sèche dudit au moins un matériau inorganique, ce qui permet de fabriquer un objet de précision, meilleure que micrométrique, notamment en ce qui concerne le parallélisme entre les parois générées par dépôt par voie sèche et ladite direction Z. L'invention trouve une application préférentielle dans la fabrication d'objets micromécaniques de grande précision, en particulier dans les domaines de l'aéronautique et de l'horlogerie.

REVENDEICATIONS MODIFIÉES
reçues par le Bureau international le 11 juin 2012 (11.06.2012)

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un objet micromécanique de dimension millimétrique ou supérieure, de grande précision, formé d'au moins un matériau inorganique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
 - utiliser un procédé de photolithographie à haute résolution mettant en œuvre, suivant
5 une direction choisie Z, un rayonnement de longueur d'onde adaptée au degré de précision désiré, pour former un moule négatif non déformable à l'échelle micrométrique au cours des étapes du procédé, dans un matériau résistant à une étape de formage de l'objet par dépôt par voie sèche et pouvant soit être éliminé sans altération de l'objet qui aura été fabriqué, soit être séparé dudit objet ;
 - 10 - choisir, indépendamment du potentiel normal d'oxydoréduction de ses éléments constitutifs, au moins un matériau inorganique parmi l'ensemble des matériaux non déposables par galvanoplastie mais pouvant être déposés par voie sèche et satisfaisant aux contraintes thermomécaniques et environnementales sévères d'une turbine à gaz ;
et
 - 15 - réaliser, au moyen du moule négatif non déformable, par dépôt par voie sèche dudit au moins un matériau inorganique, un formage d'objet micromécanique de dimension millimétrique ou supérieure tout en étant de précision micrométrique comprenant au moins une partie en forme de cylindre droit de génératrice parallèle à la direction choisie Z, l'erreur de pente entre ladite direction Z et les parois de ladite partie
20 générées par dépôt par voie sèche étant inférieure à 1 micromètre par millimètre d'épaisseur.
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant une étape préalable dans laquelle on choisit un substrat qui sera utilisé ensuite dans le procédé de photolithographie haute
25 résolution pour réaliser le moule négatif.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le moule négatif est formé directement dans le matériau résistant.

4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le matériau résistant est une résine photosensible déposée sur ledit substrat.

5. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le matériau résistant est un métal déposé sur ledit substrat.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le procédé de photolithographie à haute résolution est un procédé de photolithographie mettant en œuvre un rayonnement X.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le procédé de photolithographie à haute résolution est un procédé de photolithographie mettant en œuvre un rayonnement UV.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, comprenant les étapes ultérieures suivantes :

- éliminer le moule négatif ou le séparer de l'objet à fabriquer ; et
- récupérer l'objet ainsi fabriqué.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape du procédé relatif à la photolithographie à haute résolution comprend les sous-étapes suivantes :

- former un moule positif de l'objet à fabriquer dans un premier matériau,
- réaliser dans ou sur le moule positif un dépôt électrolytique d'un second matériau, métallique, et qui est le matériau résistant destiné à constituer le moule négatif,
- éliminer le premier matériau pour récupérer le moule négatif constitué du second matériau,

et dans lequel l'étape de dépôt par voie sèche est réalisée dans ou sur le moule négatif en second matériau.

10. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le premier matériau est une résine photosensible.

11. Procédé selon l'une des revendications 9 et 10, dans lequel le second matériau formant le moule négatif est un dépôt électrolytique.

5 12. Procédé selon les revendications 9 à 11, dans lequel le second matériau formant le moule négatif est éliminé par attaque chimique.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dépôt par voie sèche est choisi parmi :

- 10 - un dépôt par Pulvérisation Cathodique Triode (PCT),
- un dépôt chimique en phase vapeur ou CVD (abréviation de Chemical Vapor Deposition), assisté ou non par plasma,
- un dépôt par frittage à plasma d'étincelles ou SPS (abréviation de Spark Plasma Sintering),
- 15 - un dépôt physique en phase vapeur ou PVD (abréviation de Physical Vapor Deposition),
- un dépôt physique par évaporation, par exemple un dépôt physique en phase vapeur par faisceau d'électrons ou EB-PVD (abréviation de Electron Beam Physical Vapor Deposition).

20

14. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel, le dépôt par voie sèche est un dépôt par Pulvérisation Cathodique Triode (PCT).

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on répète au moins une
25 fois l'étape de lithographie à haute résolution et l'étape de dépôt par voie sèche avec un autre matériau inorganique pour réaliser un objet formé d'au moins deux matériaux inorganiques différents.

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le matériau
30 inorganique est choisi parmi : les métaux purs, les alliages multi-composant, les superalliages, ou toute céramique obtenue par ce procédé et leurs mélanges.

17. Objet micromécanique tel qu'obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est de dimension millimétrique ou supérieure tout en étant de précision micrométrique, qu'il comprend au moins une partie en
5 forme de cylindre droit de génératrice parallèle à une direction Z, l'erreur de pente entre ladite direction Z et ses parois étant inférieure à 1 micromètre par millimètre d'épaisseur, et dans au moins un matériau inorganique non déposable par galvanoplastie mais pouvant être déposé par voie sèche et satisfaisant aux contraintes thermomécaniques et environnementales sévères d'une turbine à gaz.

10

18. Objet selon la revendication précédente, réalisé sous la forme d'une butée spirale (1) comprenant une face annulaire (2) sur laquelle sont formés des bossages délimitant des rainures en spirales (3) d'une profondeur de quelques micromètres.

15 19. Objet, selon la revendication 17, réalisé sous la forme d'un palier à lobes (4) de dimension millimétrique.