

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH 715 028 A2**

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(51) Int. Cl.: **G03F 7/18** (2006.01)
G04B 19/10 (2006.01)
G04B 19/12 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00673/18

(22) Date de dépôt: 28.05.2018

(43) Demande publiée: 29.11.2019

(71) Requérant:
The Swatch Group Research and Development Ltd,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

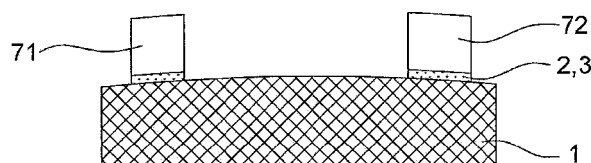
(72) Inventeur(s):
Elias Laforge, 2000 Neuchâtel (CH)
Simon Springer, 3007 Bern (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé de fabrication d'un décor métallique sur un substrat et cadran obtenu par un tel procédé.**

(57) La présente invention concerne un procédé de fabrication de décors métalliques sur un substrat bombé (1) en matériau isolant, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à former par un procédé du type LIGA-UV un moule en résine photosensible et à déposer galvaniquement une couche d'au moins un métal à partir de ladite couche conductrice pour former un bloc (71, 72) atteignant sensiblement la surface supérieure de la résine photosensible.

La présente invention concerne également un cadran bombé obtenu par un tel procédé.



Description

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un décor métallique par une technologie de type LIGA. En particulier l'invention concerne un tel procédé pour la fabrication d'un cadran en céramique bombé avec un décor métallique s'adaptant de façon optimale sur le cadran. L'invention concerne également un tel cadran obtenu par ce procédé.

Arrière-plan de l'invention

[0002] La technologie LIGA (Lithographie Galvanik Abformung) développée par W. Ehrfeld du Karlsruhe Nuclear Research Center, Allemagne) dans les années 80 s'est révélée intéressante pour la fabrication de microstructures métalliques de haute précision.

[0003] Dans son principe, la technique LIGA consiste à déposer sur un substrat conducteur ou revêtu d'une couche conductrice, une couche d'une résine photosensible, à effectuer à travers un masque correspondant au contour de la microstructure désirée une irradiation X au moyen d'un synchrotron, à développer, c'est-à-dire à éliminer par des moyens physiques ou chimiques les portions de la couche de résine photosensible non irradiées afin de définir un moule ayant le contour de la microstructure, à déposer galvaniquement un métal, typiquement du nickel, dans le moule en résine photosensible, puis à éliminer le moule pour libérer la microstructure.

[0004] La qualité des microstructures obtenues ne prête pas à critique, mais la nécessité de mettre en œuvre un équipement coûteux (synchrotron) rend cette technique peu compatible avec une production de masse de microstructures devant avoir un faible coût unitaire.

[0005] C'est pourquoi sur la base de ce procédé LIGA ont été développés des procédés analogues mais utilisant des résines photosensibles aux UV. Un tel procédé est notamment décrit dans le document CH 704 955, et comprend les étapes suivantes:

- se munir d'un substrat dont au moins une des faces est conductrice;
- appliquer sur la face conductrice du substrat une couche de résine photosensible;
- irradier la couche de résine à travers un masque définissant le contour de la microstructure désirée;
- dissoudre les zones non irradiées de la couche de résine photosensible pour faire apparaître par endroit la face conductrice du substrat;
- déposer galvaniquement des couches alternativement d'un premier métal et d'au moins un deuxième métal à partir de ladite face conductrice pour former un bloc atteignant sensiblement la surface supérieure de la résine photosensible, ledit bloc étant formé d'un empilement de couches des premier et deuxième métaux;
- séparer par délamination la couche de résine et le bloc électrodéposé du substrat;
- éliminer la couche de résine photosensible de la structure délaminée pour libérer la microstructure ainsi formée.

[0006] La réalisation de décors métalliques par dépôt galvanique selon ce procédé de l'art antérieur est faite sur une surface plane et sa mise en œuvre sur une pièce présentant surface bombée est bien plus complexe, la courbure de la pièce ne permettant pas de monter correctement les décors.

Résumé de l'invention

[0007] La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients susmentionnés ainsi qu'à d'autres encore en fournissant un procédé permettant de fabriquer des décors métalliques se conformant à la courbure des pièces à décorer.

[0008] La présente invention a également pour but de fournir un tel procédé qui soit simple et peu coûteux à mettre en œuvre.

[0009] A cet effet l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'au moins un décor métallique sur un substrat en matériau isolant présentant une surface bombée comprenant les étapes suivantes:

- a) se munir du substrat et y déposer une couche de résine photosensible;
- b) irradier la couche de résine à travers un masque définissant le contour des décors désirés;
- c) dissoudre les zones non irradiées de la couche de résine photosensible pour faire apparaître par endroit la troisième couche d'accroché à l'emplacement des décors;
- d) déposer une première couche d'accroché et une deuxième couche électriquement conductrice via un dépôt en phase vapeur;
- e) déposer galvaniquement une couche d'un métal ou d'un alliage métallique à partir de ladite face conductrice pour former une couche atteignant au moins la surface supérieure de la résine photosensible;

- f) réaliser une étape de surfaçage et de polissage pour enlever le surplus de la couche déposée galvaniquement;
- g) éliminer la couche de résine restante par gravure plasma;
- h) éliminer les première et deuxième couches par une gravure humide.

[0010] Ce procédé permet donc la réalisation de pièces terminées en céramique présentant une surface bombée avec des décors métalliques en relief s'adaptant parfaitement à la surface.

[0011] Conformément à d'autres variantes avantageuses de l'invention:

- ladite première couche d'accroché est du type Ti, Ta, Cr ou Th;
- ladite deuxième couche électriquement conductrice est du type Au, Pt, Ag, Cr, Pd, TiN, CrN, ZrN, Ni;
- la première couche d'accroché présente une épaisseur comprise entre 30 nm et 80 nm;
- la deuxième couche conductrice présente une épaisseur comprise entre 30 nm et 80 nm;
- selon une variante du procédé, durant l'étape g), un premier métal est déposé à hauteur du moule, et avant l'étape i), le procédé comporte une étape h') de dépôt d'un deuxième métal recouvrant le premier métal déposé;
- le substrat en matériau isolant, est un substrat non conducteur électriquement en céramique, en saphir, en nacre, en verre, en quartz, en diamant, en matière minérale (granit, marbre, ...), en polymères, en composites ou en émail.

[0012] Enfin, l'invention se rapporte à un cadran bombé en matériau isolant présentant des décors métalliques, destiné à être rapporté sur une boîte de montre, et obtenu selon un procédé conforme à l'invention, les décorations étant des index, des appliques, et/ou un logo.

[0013] On comprend donc que le procédé de l'invention trouve une application particulièrement avantageuse pour la fabrication de pièces décoratives pour les pièces d'horlogerie.

Description sommaire des dessins

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront plus clairement de la description détaillée qui suit d'un exemple de réalisation d'un procédé selon l'invention, cet exemple étant donné seulement à titre purement illustratif et non limitatif, en liaison avec le dessin annexé sur lequel:

les fig. 1a à 1f illustrent les étapes de procédé d'un mode de réalisation de l'invention en vue de la réalisation d'un cadran muni d'appliques.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0015] Le substrat 1 utilisé dans l'étape a) du procédé selon l'invention est, par exemple, formé par un substrat en céramique, saphir, émail ou autre, et présentant une surface bombée. Lors de la première étape a) illustrée à la fig. 1a on dépose une couche de résine.

[0016] La résine photosensible 5 utilisée à l'étape a) du procédé selon l'invention est de préférence une résine de type négative à base d'époxy octofonctionnelle disponible chez Microchem sous la référence SU-8 et d'un photoinitiateur choisi parmi les sels de triarylsulfonium tels que ceux décrits dans le brevet US 4 058 401. Cette résine est susceptible d'être photopolymérisée sous l'action d'un rayonnement UV. On notera qu'un solvant qui s'est révélé approprié pour cette résine est le gammabutyrolactone (GBL).

[0017] Alternativement, une résine à base de phénolformaldéhyde de type Novolac en présence d'un photoinitiateur DNQ (DiazoNaphthoQuinone) peut également être utilisée.

[0018] La résine 5 est déposée sur le substrat 1 par tout moyen approprié, par enduction centrifuge, à la tournette, ou encore par sprayage jusqu'à l'épaisseur souhaitée. Typiquement l'épaisseur de résine est comprise entre 1 µm et 500 µm, et plus préférentiellement entre 20 µm et 300 µm. Selon l'épaisseur désirée et la technique de dépôt utilisée la résine 5 sera déposée en une ou plusieurs fois.

[0019] La résine 5 est ensuite chauffée entre 80 et 95 °C pendant une durée dépendant de l'épaisseur déposée pour évacuer le solvant. Ce chauffage sèche et durcit la résine.

[0020] L'étape b) suivante illustrée à la fig. 1b consiste à irradier la couche de résine 5 au moyen d'un rayonnement UV à travers un masque 6 définissant le contour des décors souhaités et ainsi des zones photopolymérisées 5a et des zones non photopolymérisées 5b. Typiquement, cette irradiation UV est de 200 à 1000 mJ.cm⁻², mesurée à une longueur d'onde typique de 365 nm dépend de l'épaisseur de la couche et du type de résine sélectionnée.

[0021] Le cas échéant, une étape de recuit de la couche de résine 5 peut être nécessaire pour compléter la photopolymérisation induite par l'irradiation UV. Cette étape de recuit est effectuée de préférence entre 90 °C et 95 °C pendant 15 à 30 mn, voire plus selon l'épaisseur. Les zones photopolymérisées 5a deviennent insensibles à une grande majorité de solvants. Par contre, les zones non photopolymérisées pourront ultérieurement être dissoutes par un solvant.

[0022] L'étape c) suivante illustrée à la fig. 1c consiste à développer les zones non photopolymérisées 5b de la couche de résine photosensible pour faire apparaître par endroit le substrat 1. Cette opération est réalisée par dissolution des zones non photopolymérisées 5b au moyen d'un solvant adéquat, par exemple choisi parmi le GBL (gammabutyrolactone) et le PGMEA (propylène glycol méthyle éthyle acétate). Un moule en résine photosensible photopolymérisées 5a présentant les contours d'un décor est ainsi réalisé.

[0023] Lors de l'étape d) du procédé on dépose, par exemple, par procédé physique en phase vapeur (PVD), une première couche d'accroché 2 et une deuxième couche conductrice 3, c'est-à-dire une couche apte à démarrer un dépôt métallique par voie galvanique. Typiquement, la couche d'accroché 2 est du type Ti, Ta, Cr ou Th, et présente une épaisseur comprise entre 30 nm et 80 nm, et la couche conductrice 3 est du type Au, Pt, Ag, Cr, Pd, TiN, CrN, ZrN, Ni (fig. 1a) et présente également une épaisseur comprise entre 30 nm et 80 nm. Les première et deuxième couches d'accroché peuvent être déposées par tout autre moyen connu de l'homme du métier.

[0024] Alternativement, le substrat peut être réalisé en acier inoxydable ou en un autre métal apte à démarrer une réaction d'électroformage. Dans ce cas, les première et deuxième couches ne sont plus nécessaires. Dans le cas d'un substrat en acier inoxydable, ce dernier sera dégraissé avant usage, et l'arrière sera protégé avec du vernis ou une résine pour éviter le dépôt galvanique sur cette face arrière.

[0025] L'étape e) suivante illustrée à la fig. 1e consiste à déposer galvaniquement dans les moules une couche d'un métal à partir de ladite couche conductrice 3 jusqu'à former une couche 7, atteignant préférentiellement au moins la hauteur des moules, l'épaisseur de la couche de métal étant comprise entre 1 µm et 500 µm, et plus préférentiellement entre 20 µm et 300 µm. Par métal dans ce contexte sont bien entendu compris les alliages métalliques. Typiquement, le métal sera choisi parmi l'ensemble comprenant le nickel, le cuivre, l'or ou l'argent, et, comme alliage, l'or-cuivre, le nickel-cobalt, le nickel-fer, le nickel-phosphore ou le nickel-tungstène.

[0026] Les conditions d'électroformage, notamment la composition des bains, la géométrie du système, les tensions et densités de courant, sont choisis pour chaque métal ou alliage à électro déposer selon les techniques bien connues dans l'art de l'électroformage (cf. par exemple Di Bah G.A. «electroforming» Electroplating Engineering Handbook 4th Edition rédigée par L.J. Dumey, publié par Van Nostrand Reinhold Compagny Inc., N.Y. USA 1984).

[0027] Lors de l'étape f) du procédé on réalise un surfacage et/ou un polissage de la couche déposée galvaniquement lors de l'étape précédente pour enlever le surplus et obtenir une surface propre.

[0028] L'étape g) suivante consiste à éliminer la couche de résine 5a, la première couche d'accroché 2 et la deuxième couche conductrice 3 au moyen d'une gravure plasma et/ou d'une gravure humide, ce qui permet d'enlever ces couches sans endommager les blocs électrodéposés 71, 72.

[0029] A l'issue de cette étape g), on obtient un substrat 1 avec des blocs électrodéposés 71, 72 formant un décor sur le substrat 1, les première, deuxième et troisième couches 2, 3, 4 étant encore présentes par endroit, sur le substrat après l'élimination de la résine restante.

[0030] A l'issue de cette étape, les pièces obtenues peuvent être nettoyées, et éventuellement reprises sur une machine-outil pour opérer des usinages ou une terminaison esthétique. A ce stade, les pièces peuvent être directement utilisées ou bien soumises à divers traitements décoratifs et/ou fonctionnels, typiquement des dépôts physiques ou chimiques.

[0031] Selon une alternative de l'invention, à l'étape e) on dépose galvaniquement une couche d'un premier métal tel que par exemple du nickel à partir de ladite couche conductrice pour former une couche d'une hauteur inférieure ou égale à la hauteur de la résine. L'étape suivante h) reste la même, et une étape additionnelle h') est effectuée au cours de laquelle on dépose galvaniquement une couche d'un autre métal ou alliage, par exemple précieux tel que de l'or par-dessus la couche du premier métal. Enfin, à l'étape g) la couche d'accroché 4 et les couches conductrice 3 et d'accroché 2 sont éliminées par au moins une gravure humide.

[0032] Une telle alternative est moins coûteuse et plus facile à mettre en œuvre, la croissance du nickel étant plus facile à maîtriser et moins coûteuse qu'un métal précieux tel que l'or.

[0033] Le procédé de l'invention trouve une application particulièrement avantageuse pour la fabrication de pièces décoratives pour pièces d'horlogerie, et plus particulièrement pour des cadrans bombés en matière non conductrice, présentant des décorations métalliques à sa surface. Les décorations peuvent être des index, des appliques, des logos ou des noms de marque par exemple. Grâce à ce procédé, on peut munir un cadran bombé en matière non conductrice de tout type de décoration métallique s'adaptant parfaitement à la courbure de la surface du cadran bombé, avec un positionnement très précis, et en procédé multi-pièces donc économiquement intéressant.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'au moins un décor métallique sur un substrat (1) en matériau isolant présentant une surface bombée comprenant les étapes suivantes:
 - a) se munir du substrat (1) et y déposer une couche (5) de résine photosensible;
 - b) irradier la couche (5) de résine à travers un masque (6) définissant le contour des décors désirés;

- c) dissoudre les zones (5b) non irradiées de la couche de résine photosensible (5) pour faire apparaître par endroit la troisième couche d'accroché (4) à l'emplacement des décors;
 - d) déposer une première couche (2) d'accroché et une deuxième couche (3) électriquement conductrice via un dépôt en phase vapeur;
 - e) déposer galvaniquement une couche d'un métal (7) ou d'un alliage métallique à partir de ladite face conductrice pour former au moins un bloc (71, 72) atteignant sensiblement la surface supérieure de la résine photosensible (5);
 - f) réaliser une étape de surfaçage et de polissage pour enlever le surplus de la couche déposée galvaniquement;
 - g) éliminer la couche de résine (5) restante par gravure plasma;
 - h) éliminer les première et deuxième couches par une gravure humide.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite première couche d'accroché est du type Ti, Ta, Cr ou Th.
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite deuxième couche électriquement conductrice est du type Au, Pt, Ag, Cr, Pd, TiN, CrN, ZrN, Ni.
 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première couche d'accroché (2) présente une épaisseur comprise entre 30nm et 80nm.
 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième couche conductrice (3) présente une épaisseur comprise entre 30nm et 80nm.
 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que:
 - durant l'étape g), un premier métal est déposé à hauteur du moule;
 - avant l'étape i), le procédé comporte une étape h') de dépôt d'un deuxième métal ou alliage métallique recouvrant le premier métal déposé.
 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat (1) en matériau isolant, est un substrat en céramique, en saphir, en nacre, en verre, en quartz, en diamant, en matière minérale (granit, marbre, ...), en polymères, en composites, en verre ou en émail.
 8. Cadran bombé en matériau isolant présentant des décors métalliques, destiné à être rapporté sur une boîte de montre, et obtenu selon un procédé conforme à l'une des revendications 1 à 7.
 9. Cadran selon la revendication 8, dans lequel les décorations, sont des index, des appliques, et/ou un logo.

Fig. 1a

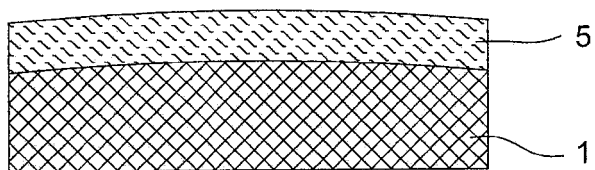


Fig. 1b

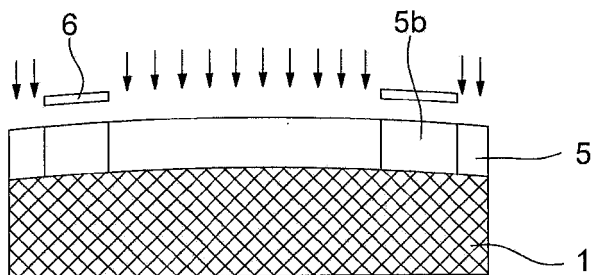


Fig. 1c

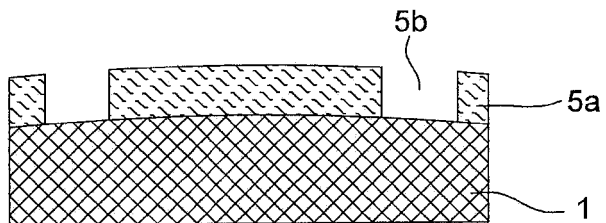


Fig. 1d

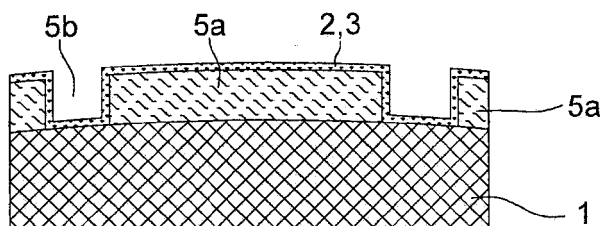


Fig. 1e

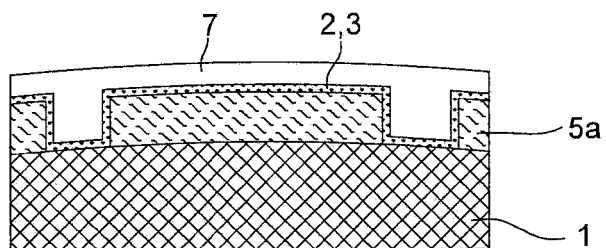


Fig. 1f

