

**CONFÉDÉRATION SUISSE**  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(19)

(11) **CH****720 935 A1**

(51) Int. Cl.: **B81C** 1/00 (2006.01)  
**G04D** 3/00 (2006.01)  
**G03F** 7/00 (2006.01)  
**G04B** 17/06 (2006.01)

**Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein**

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

**(12) DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000742/2023

(71) Requérant:  
 Richemont International SA, 10, route des Biches  
 1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(22) Date de dépôt: 11.07.2023

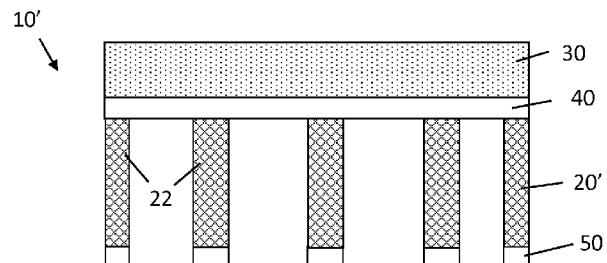
(72) Inventeur(s):  
 Mickaël Chabart, 2014 Fleurier (CH)

(43) Demande publiée: 15.01.2025

(74) Mandataire:  
 Novagraaf International SA, Chemin de l'Echo 3  
 1213 Onex (CH)

**(54) Procédé de fabrication de composants horlogers en silicium sur une plaquette SOI**

(57) Un procédé de fabrication d'une pluralité de composants horlogers dans une plaquette de fabrication de type SOI (10) est divulgué. La plaquette SOI comprend une couche de support en silicium, une couche de travail (30) en silicium, et une couche enterrée (40) en oxyde de silicium séparant les deux couches de silicium (30). Le procédé comprend les étapes de : (a) structurer la couche de support en éliminant une partie de ladite couche pour obtenir une plaquette SOI modifiée (10') comprenant une couche de support structurée (20'), la couche de support structurée (20') comprenant des structures (22) qui sont intactes aux endroits de la plaquette où le matériau de la couche de support n'a pas été éliminé, lesdites structures (22) définissant entre elles des régions dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé pour exposer la couche d'oxyde enterrée (40) dans ces régions ; (b) former les composants dans la couche de travail (30) de la plaquette SOI modifiée, la couche de support structurée (20') agissant comme support lors de cette formation, les composants se trouvant dans des zones de la couche de travail (30) qui sont alignées du moins en partie avec des régions éliminées de la couche de support structurée (20') ; libérer les composants formés à l'étape (b) en éliminant au moins les parties de la couche d'oxyde enterrée (40) qui se trouvent en dessous des composants horlogers; et (d) réaliser au moins une étape de fabrication subséquente sur les composants libérés.



## Description

### Domaine technique

**[0001]** L'invention concerne un procédé de fabrication de composants horlogers en silicium sur une plaquette de type „silicon-on-insulator“ (SOI), une telle plaquette comprenant une couche de support en silicium, une couche de travail en silicium dans laquelle les composants sont fabriqués, et une couche d'oxyde de silicium séparant ces deux couches. Un tel procédé de fabrication comprend généralement des étapes de microfabrication incluant la lithographie et la gravure sèche ou humide des couches de la plaquette.

### Etat de la technique

**[0002]** La fabrication de composants horlogers en silicium tels que des ressorts spiraux, des roues et des ancrès en utilisant des procédés de microfabrication est bien connue. Avantageusement, plusieurs centaines de composants horlogers peuvent être fabriqués sur une seule plaquette (en anglais „wafer“) en utilisant ces technologies. Il est, par exemple, connu de réaliser une pluralité de résonateurs en silicium avec une très haute précision en utilisant des procédés de photolithographie et d'usinage gravure dans une plaquette en silicium. Les procédés de réalisation de ces résonateurs mécaniques utilisent généralement des plaquettes de silicium monocristallin, mais des plaquettes en silicium polycristallin ou amorphe sont également utilisables.

**[0003]** Le silicium est un matériau diamagnétique, et son utilisation pour la fabrication de composants horlogers, et notamment pour les composants de l'organe régulateur d'un mouvement de montre mécanique, est avantageuse car aucun effet rémanent n'est observé après l'exposition de ce matériau aux champs magnétiques. Quand les composants horlogers sont réalisés à partir d'une plaquette en silicium monocristallin, l'une quelconque des trois orientations cristallines <100>, <110> ou <111> peut être utilisée.

**[0004]** Les plaquettes de silicium sont proposées sous forme de galette simple, par exemple des wafers de type SSP („Single Side polished“ en anglais) ou de type DSP („Dual Side Polished“ en anglais). Cependant, ce sont les palettes SOI („silicon-on-insulator“ en anglais) qui sont le plus souvent utilisées pour la fabrication de composants horlogers. Une plaquette SOI comprend une couche de travail en silicium (la couche „device“ en anglais) dans laquelle les composants horlogers sont fabriqués, une couche de support en silicium qui sert de substrat ou de support lors de la fabrication des composants (la couche „handle“ en anglais), et une couche d'oxyde de silicium enterrée qui se trouve entre les deux couches de silicium (la couche „buried oxide layer“ ou BOX en anglais).

**[0005]** Après les étapes de lithographie et de gravure pour initialement former les composants horlogers dans la couche de travail, ces derniers sont normalement libérés de la couche de support et de la couche d'oxyde enterrée de la plaquette SOI afin de faciliter des étapes de fabrication subséquentes. De cette manière, après la libération, les composants horlogers ne sont supportés structurellement que par des ponts fins qui les maintiennent attachés aux parties subsistantes de la couche de travail, ce qui permet notamment d'effectuer les étapes de fabrication subséquentes sur l'ensemble de la surface externe des composants de la plaquette. Les étapes subséquentes peuvent comprendre des étapes d'oxydation et désoxydation, soit pour le lissage des surfaces des composants, soit pour ajuster les dimensions des composants (par exemple afin de corriger la raideur quand les composants sont des spiraux ou des résonateurs) et/ou des étapes d'oxydation pour former une couche externe d'oxyde de silicium sur les composants aux fins d'une compensation thermique et/ou d'un renforcement mécanique.

**[0006]** La libération des composants horlogers sur une plaquette SOI peut être réalisée par différentes méthodes. Dans un exemple illustré par le document WO2021053501, avant la libération, les composants sont d'abord protégés par une couche d'oxyde, par exemple en oxyde de silicium, déposée par un dépôt de type CVD („chemical vapor deposition“ en anglais), ALD („atomic layer deposition“ en anglais) ou PVD („physical vapor deposition“ en anglais) ou formée par une étape d'oxydation. Par la suite, les composants sont libérés, voire désolidarisés et dégagés, de la couche de support d'abord en ouvrant la couche d'oxyde par gravure plasma ou en utilisant une gravure sélective à base de vapeur d'acide hydrofluorique (HF), et par la suite en exposant toute la plaquette à un bain d'hydroxyde de potassium (KOH) pour réaliser une gravure anisotrope du silicium en dessous des composants protégés et sur une certaine épaisseur de la couche de support. De cette manière, des poches sont formées en dessous des composants pour créer de la place pour mieux gérer et faciliter des étapes de fabrications subséquentes sur les composants.

**[0007]** Une alternative à l'approche de libération ci-dessus est décrite dans les documents de brevet JP2017219520 et WO2019180177. Dans ce cas aussi, après la formation des composants par gravure, on fait croître une couche d'oxyde de silicium en surface du silicium. Cette couche d'oxyde sert de protection pour les composants formés et si elle est formée par oxydation thermique elle se forme également sur la couche de support. Par la suite, on réalise une photolithographie et une gravure pour exposer le silicium de la couche de support et graver la couche de support en l'attaquant par la face opposée aux composants, ce qui enlève la couche de support en dessous des composants. Pour terminer la libération selon cette alternative, on élimine la couche enterrée du wafer SOI en dessous des composants ainsi que la couche de protection sur les composants.

**[0008]** Selon encore une autre alternative de libération décrite dans le document WO2019180596, après la formation des composants, la couche de travail (ou une partie de cette couche comprenant les composants) est séparée de la

couche de support. Cette séparation peut être mise en œuvre par la gravure d'une saignée entourant les composants ainsi que des ouvertures dans la couche de travail. Par la suite, la couche d'oxyde enterrée est gravée avec de la vapeur d'acide hydrofluorique (HF) qui passe au travers des ouvertures dans la couche de travail, et la partie de la couche de travail définie par la saignée est séparée de la couche de support de la plaquette SOI. Dans cette dernière approche de libération, puisque la couche de travail est beaucoup plus fine et fragile que la couche de support, la réalisation d'étapes de fabrication subséquentes est plus délicate et risquée car elles sont effectuées sans le bénéfice de la couche de support, même pour le cas où elle est partiellement éliminée.

**[0009]** Avec toutes les étapes antérieures de libération décrites ci-dessus, on risque d'endommager ou d'altérer de manière inattendue les composants horlogers déjà formés dans la couche de travail avant la libération. Cela est le cas malgré l'utilisation d'une couche déposée autour des composants formés afin de les protéger. De plus, une telle couche de protection implique également des étapes supplémentaires pour sa formation et son élimination, ce qui rend la libération plus longue et complexe.

#### **Bref résumé de l'invention**

**[0010]** Un but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'une pluralité de résonateurs mécaniques sur une plaquette SOI, qui permet d'éviter ou de pallier les inconvénients ci-dessus, ou en tout cas d'offrir un meilleur compromis entre ces inconvénients.

**[0011]** En particulier, ce but est au moins partiellement atteint en proposant un nouveau procédé de fabrication selon lequel une partie de la couche de support de la plaquette SOI nécessaire pour la libération est éliminée avant la formation des composants horlogers dans la couche de travail. Ainsi, selon un aspect, la présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pluralité de composants horlogers dans une plaquette de fabrication de type SOI, la plaquette SOI comprenant une couche de support en silicium, une couche de travail en silicium, et une couche enterrée en oxyde de silicium séparant les deux couches de silicium, c'est-à-dire que la couche enterrée sépare la couche de support en silicium de la couche de travail en silicium. Le procédé comprend les étapes de : (a) structurer la couche de support en éliminant une partie de ladite couche pour obtenir une plaquette SOI modifiée comprenant une couche de support structurée, la couche de support structurée comprenant des structures qui sont intactes aux endroits de la plaquette où le matériau de la couche de support n'a pas été éliminée, lesdites structures définissant entre elles des régions dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé pour exposer la couche d'oxyde enterrée dans ces régions ; (b) former les composants dans la couche de travail de la plaquette SOI modifiée, la couche de support structurée agissant comme support lors de cette formation, les composants se trouvant dans des zones de la couche de travail qui sont alignées du moins en partie avec des régions éliminées de la couche de support structurée ; (c) libérer les composants formés à l'étape (b) en éliminant au moins les parties de la couche d'oxyde enterrée qui se trouvent en dessous des composants horlogers; et (d) réaliser au moins une étape de fabrication subséquente sur les composants libérés.

**[0012]** Avantageusement l'étape (c) de libérer les composants peut être réalisée sans structurer de nouveau la couche de support structurée, et l'au moins une étape de fabrication subséquente de l'étape (d) peut être réalisée lorsque les composants libérés sont toujours attachés à la plaquette SOI résultante de l'étape (b). D'autres caractéristiques avantageuses et privilégiées du procédé de fabrication sont précisées dans la description et les sous-revendications ci-dessous.

#### **Brève description des figures**

**[0013]** Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

- Les figures 1a-1i illustrent schématiquement une première série d'étapes de fabrication sur une couche de support d'une plaquette SOI selon un mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 2 est une vue de dessus de la couche de support après les étapes de la figure 1 selon un mode de réalisation de l'invention ;
- Les figures 2a-2C illustrent trois variantes pour le mode de réalisation de la figure 2 ;
- La figure 3 est une vue de dessus de la couche de support après les étapes de la figure 1 selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 4 est une vue de dessus de la couche de support après les étapes de la figure 1 selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 5 est une vue de dessus de la couche de support après les étapes de la figure 1 selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- Les figures 6a-6i illustrent schématiquement une deuxième série d'étapes de fabrication sur une couche de travail d'une plaquette SOI selon un mode de réalisation de l'invention ; et

- La figure 7 est une vue en section d'une plaquette SOI où des composants horlogers ont été libérés après les étapes des figures 1 et 6 selon un mode de réalisation de l'invention.

#### Exemples de mode de réalisation de l'invention

**[0014]** Dans tout ce qui suit, les orientations sont les orientations des figures. En particulier, les termes comme „supérieur“, „inférieur“, „gauche“, „droit“, „dessus“, „dessous“, „vers l'avant“ et „vers l'arrière“ s'entendent généralement par rapport au sens de représentation des figures.

**[0015]** Selon le procédé de fabrication de la présente invention, les composants horlogers sont formés dans une couche de travail d'une plaquette SOI de manière connue. Cependant, pour faciliter la libération de ces composants horlogers de la couche de support de la plaquette SOI selon l'invention, on élimine une partie de la couche de support nécessaire pour la libération avant la formation des composants horlogers dans la couche de travail. Par conséquent on évite que les étapes de libération puissent affecter ou péjorer les composants horlogers déjà formés. Par ailleurs et de préférence, lors de la réalisation des étapes de fabrication subséquentes des composants horlogers après leur formation initiale, on peut toujours obtenir l'avantage structurelle de la présence de la couche de support partiellement éliminée.

**[0016]** Les figures 1a-1i illustrent une première série d'étapes de fabrication schématiques sur une couche de support d'une plaquette SOI selon un mode de réalisation de l'invention. Le procédé commence avec une plaquette SOI 10 illustrée à la figure 1a, cette plaquette comprenant une couche de support 20 en silicium, une couche de travail 30 en silicium, et une couche enterrée 40 séparant les deux couches de silicium 20, 30 en oxyde de silicium (notamment de SiO<sub>2</sub>). Le dessin n'est pas à l'échelle, mais à titre d'exemple, la couche de support 20 peut avoir une épaisseur de 500 µm, la couche de travail 30 peut avoir une épaisseur de 120 µm, et la couche d'oxyde 40 peut avoir une épaisseur de 2 µm. Les couches de support et de travail peuvent être du même type de silicium ou de types différents - par exemple de silicium monocrystallin avec une orientation cristalline quelconque, du silicium polycristallin, ou du silicium amorphe. Les couches de silicium 20, 30 et notamment la couche de travail 30 peuvent être dopés type N ou type P. Par exemple, l'utilisation d'un silicium fortement dopé peut être avantageuse pour la fabrication des résonateurs car, par exemple, on constate une déformation moindre de la matière dopée lors de l'oxydation thermique sous certaines conditions.

**[0017]** Contrairement aux procédés de fabrication de composants horlogers antérieurs, le procédé ne commence pas avec des étapes de fabrication effectuées sur la couche de travail 30, mais avec des étapes de fabrication effectuées sur la couche de support 20. Pour permettre cela, dans la figure 1b la plaquette 10 est retournée afin que la couche de travail 30 constitue le support quand la plaquette 10 est installée dans ou sur des équipements de lithographie et de gravure avec la couche de support 20 se trouvant maintenant en position de dessus.

**[0018]** Dans la figure 1c, une étape de lithographie commence avec la formation d'une couche d'oxyde de silicium 50 sur la surface de la couche de support 20. Par „lithographie“, on entend l'ensemble des opérations permettant de transférer une image ou un motif sur ou au-dessus de la plaquette 10 vers cette dernière. La couche d'oxyde 50 peut par exemple avoir une épaisseur comprise entre 0.4 - 6 µm, et elle peut être formée par oxydation thermique ou alternativement par un dépôt de type PVD, CVD, ou ALD. Si la couche d'oxyde 50 est formée par un procédé de dépôt directionnel tel que le CVD ou le PVD, l'oxyde se forme uniquement sur la surface supérieure de la couche de support, tel qu'illustré à la figure 1c. Alternativement, si la couche d'oxyde 50 est formée par oxydation thermique, on remarque que l'oxyde 50 se forme généralement en même temps sur la surface de la couche de travail 30 (si cette dernière n'est pas couverte par un masque d'épargne) ou encore un second dépôt directionnel de type CVD ou PVD peut être effectué sur la surface de la couche de travail 30. De manière générale, la formation de la couche d'oxyde 50 avant le dépôt d'une couche de résine (voir la figure 1d) permet d'optimiser la gravure subséquente de motifs fins et profonds dans la couche de support 20.

**[0019]** A la figure 1d, la couche d'oxyde 50 est recouverte d'une couche de résine 60, qui est typiquement une résine photosensible de type positif ou négatif. Cette couche de résine peut avoir une épaisseur comprise entre 0.5 - 12 µm, à titre purement illustratif. Par la suite dans la figure 1e, la couche de résine 60 est structurée de préférence en utilisant une étape de photolithographie avec une source de lumière ultraviolette 80 ainsi que, par exemple, un masque d'exposition 70 tel qu'un photomasque. Un système de stepper et réticule peut également être utilisé pour l'étape de photolithographie. Dans l'exemple illustré, la couche 60 comprend une résine photosensible de type positif dont les parties 60E de la résine qui sont exposées à la lumière deviennent solubles dans un révélateur et les parties non exposées restent insolubles.

**[0020]** Dans la figure 1f, la couche de résine 60 est ouverte après avoir été développée par un révélateur, notamment un solvant qui élimine les parties exposées 60E de la résine par voie chimique. Ensuite, à la figure 1g, les parties de la couche oxyde 50 qui se trouvaient en dessous des parties exposées 60E de la résine sont aussi retirées de la surface de la couche de support 20, par exemple en employant une gravure plasma sélective avec les gaz CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>. L'utilisation d'une technique de gravure directionnelle est généralement privilégiée lors de cette étape car elle est plus précise, mais alternativement une gravure à base de vapeur d'acide hydrofluorique (HF) peut aussi être utilisée.

**[0021]** A l'étape illustrée à la figure 1h, après avoir éliminé ou retiré la partie restante de la couche de résine 60, la couche de support 20 est gravée au travers de la couche 50 structurée afin de former une couche de support structurée 20'. La gravure à l'étape de la figure 1h peut notamment être effectuée par une technique de gravure ionique réactive profonde (également connue sous l'acronyme DRIE pour „Deep Reactive Ion Etching“ en anglais). Alternativement, la structuration

de la couche de support peut être réalisée par une opération de gravure humide/chimique anisotrope, par exemple en utilisant un bain d'hydroxyde de potassium (KOH) ou d'hydroxyde de tétraméthylammonium (TMAH). Une structuration par gravure humide/chimique peut notamment être plus rapide qu'une gravure ionique réactive profonde, mais la résolution dimensionnelle des structures gravées est généralement moins bonne. Si une opération de gravure humide/chimique anisotrope est employée, la couche d'oxyde 50 n'est normalement pas formée sur la surface de la couche de support 20 avant le dépôt de la résine 60 sur cette surface.

**[0022]** Il est également possible pour la partie restante de la couche de résine 60 d'être toujours présente lors de l'étape de gravure (DRIE ou autre) de la couche de support 20. Cette partie restante de la couche de résine peut être retirée après la gravure, et dans ce cas la couche de support 20 est gravée au travers des deux couches 50, 60 structurées. A titre d'exemple, une résine positive peut être retirée par des solvants de type acétone ou diméthylsulfoxyde (DMSO) soit avant soit après l'étape de gravure. Pour une résine négative comme le SU-8, un plasma CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> peut être employé pour son retrait.

**[0023]** Après l'étape de gravure de la couche de support, il en résulte une plaquette SOI modifiée 10' comprenant la couche de support structurée 20'. Cette étape est illustrée à la figure 1i. Sur cette plaquette modifiée 10', après l'élimination de la résine 60 restante, la couche d'oxyde 50 qui se trouve toujours sur la surface principale des parties restantes de la couche de support structurée 20' (dans le cas d'une gravure ionique réactive profonde) est de préférence gardée pour la suite des opérations liées à la fabrication des composants horlogers.

**[0024]** De manière générale, la couche de support structurée 20' comprend des structures qui sont intactes aux endroits de la plaquette où le matériau de la couche de support n'a pas été éliminé. Ces structures définissent entre elles des régions dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé, exposant alors la couche d'oxyde enterrée 40 de la plaquette dans ces régions. Cette structuration ne peut pas endommager les composants horlogers qui ne sont pas encore formés, mais la couche de support structurée 20' facilitera la libération des composants horlogers qui seront formés ultérieurement dans la couche de travail 30, car les positions des futurs composants horlogers sont alignées (dans le sens vertical dans les vues de la figure 1) du moins en partie avec des régions dans lesquelles la couche de support structurée 20' a été éliminée. Comme il est décrit ci-dessous, la couche de support structurée 20' peut prendre différentes formes, mais dans tous les cas la plaquette SOI modifiée 10' comprenant cette couche de support structurée 20' est beaucoup mieux adaptée pour la libération subséquente des composants horlogers après leur formation. De plus, après la libération des composants horlogers, on peut garder le bénéfice de support structurel de la couche de support structurée 20' pour les étapes de fabrication qui auront lieu après cette libération.

**[0025]** En se référant aux modes de réalisations des figures 2-5, la couche de support structurée 20' peut comprendre des structures 22 qui sont intactes où le matériau de la couche de support n'a pas été éliminé et qui se trouvent généralement à des endroits périphériques et internes de la plaquette. Les structures internes se trouvent vers l'intérieur par rapport aux structures périphériques. Ces structures 22 définissent entre elles les régions 24 dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé. La couche d'oxyde enterrée 40 de la plaquette est donc exposée dans ces régions 24. Dans les modes de réalisation illustrés, les structures 22 périphériques forment un ensemble annulaire monobloc, mais ces structures peuvent aussi être reparties de manière non continue le long de la périphérie circulaire de la couche de support structurée 20' sans être connectées ensemble.

**[0026]** Selon un mode de réalisation, la figure 2 est une vue de dessus (suivant la direction de la flèche F dans la figure 1i) de la couche de support structurée 20' de la plaquette SOI modifiée 10', après la réalisation des étapes de la figure 1. Dans cet exemple, des zones 25 qui correspondent aux positions futures des composants horlogers qui seront formés dans la couche de travail 30 sont alignées (dans le sens vertical dans les vues de la figure 1), du moins en partie, avec des régions 24. Comme illustré, chaque zone 25 peut avoir une forme (en coupe) circulaire délimitée par les structures 22, mais d'autres formes sont bien entendu possibles pour les zones. Par exemple, la forme de chaque zone 25 peut correspondre à la périphérie externe du futur composant horloger. Nonobstant sa forme, on peut considérer que la superficie des zones 25 est sensiblement égale, légèrement inférieure ou légèrement supérieure à la superficie de l'empreinte globale des futurs composants horlogers dans la couche de travail 30 de la plaquette. Par exemple, les zones 25 peuvent avoir une superficie qui est comprise entre 80%-120%, et de préférence entre 90-110%, de la superficie de l'empreinte globale des futurs composants dans la couche de travail 30.

**[0027]** Les figures 2a-2c montrent trois variantes possibles 25a-25c pour les zones 25. Dans la variante illustrée à la figure 2a, tout le matériau de la couche de support a été éliminé dans une zone 25a, la couche d'oxyde enterrée 40 étant exposée partout dans cette zone. Dans ce cas, la zone 25 ne comprend alors qu'une région 24 dans laquelle le matériau de la couche de support a été éliminé. La zone 25b illustrée à la figure 2b comprend, dans une partie centrale ou interne de cette zone, des structures 22 fines composées par le matériau de la couche de support toujours intacte. Par une structure „fine“, on entend une structure 22 ayant une épaisseur (c'est-à-dire sa plus petite dimension dans un plan parallèle au plan de la couche de support) de valeur similaire à la dimension la plus petite des composants, par exemple une épaisseur qui est inférieure ou égale à 100 µm et de préférence inférieure ou égale à 60 µm. Ces structures fines forment une maille dans la partie centrale de la zone 25b, par exemple en nid d'abeilles. Dans cet exemple, même si la couche d'oxyde enterrée 40 est exposée dans la grande majorité de la zone 25b, les structures 22 à l'intérieur de cette zone fournissent toujours un certain niveau de support pour les couches 30, 40 situées au-dessus, mais sans gêner la libération ultérieure des composants horlogers. Les structures 22 peuvent bien entendu être arrangées autrement, par exemple dans la forme

d'une maille quelconque. La zone 25c illustrée à la figure 2c comprend également au moins une structure 22 à l'intérieur de la zone, mais dans ce cas, la zone 25c et ses structures 22 reprennent sensiblement la forme négative d'un des composants horlogers qui seront fabriqués ultérieurement dans la couche de travail 30. Dans l'exemple, une roue simple est utilisée pour représenter schématiquement le composant horloger avec une structure 22 au centre de la zone 25c, mais on comprend que la forme géométrique du composant serait normalement plus élaborée en pratique. Optionnellement, comme illustré dans la figure 2c, des structures 22 fines peuvent liées la structure 22 au centre de la zone 25c au reste de la couche de support structurée 20' pour stabilisation.

**[0028]** La figure 3 montre une vue de dessus (suivant la direction de la flèche F dans la figure 1i) de la couche de support structurée 20' de la plaquette SOI modifiée 10' selon un autre mode de réalisation. Dans ce cas, la couche de support structurée comprend toujours les structures 22 périphériques comme dans le mode de réalisation précédent, mais les structures 22 internes forment une maille en nid d'abeilles sur le reste de la couche 20'. Entre la maille des structures, on trouve les régions 24 dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé, exposant la couche d'oxyde enterrée 40. Comme dans le mode de réalisation précédent et comme indiqué dans la figure 3, ces régions 24 peuvent être directement alignées (dans le sens vertical dans les vues de la figure 1) avec les zones 25 correspondant aux positions des futurs composants horlogers, mais cela n'est pas nécessaire et il suffit que les zones 25 sont alignées en partie avec des régions éliminées 24 de la couche de support structurée 20'. Néanmoins, de préférence, les structures 22 internes ne se chevauchent pas ou à peine avec ces zones 25 afin de ne pas affecter la libération ultérieure des composants horlogers. Cependant, si les structures 22 internes sont fines, cela n'est pas indispensable. Les structures 22 internes peuvent également être arrangées autrement, par exemple dans la forme d'une maille quelconque.

**[0029]** Un autre mode de réalisation de la couche de support structurée 20' est illustré à la figure 4, qui montre encore une vue de dessus suivant la direction de la flèche F dans la figure 1i. Ici, des structures 22 internes sont arrangées en forme de rayons de roue reliant une structure 22 interne centrale, prenant une forme similaire à celle d'un moyeu, à des structures 22 périphériques qui sont similaires aux modes de réalisation précédents. Encore une fois, entre les structures 22, on trouve des régions 24 dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé, exposant la couche d'oxyde enterrée 40. De préférence, les structures 22 internes ne se chevauchent pas ou à peine avec les zones 25 (quelques-unes étant dessinées en pointillés dans la figure) correspondant aux positions des futurs composants horlogers afin de ne pas affecter leur libération ultérieure, mais si les structures 22 internes sont fines, cela n'est pas indispensable.

**[0030]** La figure 5 illustre encore un autre mode de réalisation (en vue de dessus suivant la direction de la flèche F dans la figure 1i) de la couche de support structurée 20'. Dans cet exemple, on trouve encore des structures 22 périphériques qui sont similaires aux modes de réalisation précédents, mais les structures 22 internes sont arrangées en forme d'anneaux concentriques autour du centre de la plaquette. Des régions 24, également de forme annulaire, se trouvent entre les structures 22 et dans ces régions, le matériau de la couche de support a été éliminé pour exposer la couche d'oxyde enterrée 40. De nouveau, de préférence, les structures 22 internes ne se chevauchent pas ou à peine avec les zones 25 (quelques-unes étant dessinées en pointillés dans la figure) correspondant aux positions des futurs composants horlogers afin de ne pas affecter leur libération ultérieure, mais si les structures 22 internes sont fines, cela n'est pas indispensable.

**[0031]** Bien entendu, d'autres formes de la couche de support structurée 20' sont possibles. Par exemple, les modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être adaptés pour supprimer les structures périphériques 22, du moins en partie, le long de la périphérie circulaire de la couche de support structurée 20'. Selon un autre exemple, la couche de support structurée 20' peut ne comporter que des structures 22 périphériques, toute sa partie intérieure ayant été éliminée. Les différentes formes de structures 22 des modes de réalisation ci-dessus peuvent également être combinées ensemble. Par exemple, en introduisant un maillage de structures 22 fines entre les structures plus épaisses des figures 4 ou 5. Ce qui importe, c'est que les régions éliminées 24 de la couche de support structurée 20' facilitent la libération ultérieure des composants horlogers. De plus, lors des étapes de fabrication qui auront lieu après cette libération, la couche de travail comprenant les composants peut toujours rester attachée (ou liée) à la couche de support structurée 20' afin que les structures 22 restantes de cette couche servent toujours comme support structurel.

**[0032]** Après la formation de la couche de support structurée, le procédé de fabrication de la présente invention se poursuit avec la formation de composants horlogers dans la couche de travail 30. Selon un mode de réalisation de l'invention, les figures 6a-6i illustrent schématiquement une deuxième série d'étapes de fabrication sur la couche de travail 30 d'une plaquette SOI modifiée 10'.

**[0033]** Pour commencer, dans la figure 6a, on retourne la plaquette SOI modifiée 10' de la figure 1i afin que la couche de support structurée 20' constitue et agisse comme un support quand la plaquette modifiée 10 est installée dans ou sur des équipements de lithographie et de gravure. La couche de travail 30 se trouve alors encore une fois en position de dessus. Par la suite, à la figure 6b, on forme une couche d'oxyde de silicium 55 sur la surface de la couche de travail 30 ainsi que sur les surfaces des flancs des structures 22 de la couche de support structurée 20'. L'oxyde 55 qui est formé sur ces flancs peut se fusionner avec l'oxyde 50 déjà présent sur la surface principale des structures 22 de la couche de support structurée 20'. De préférence, la couche d'oxyde 55 est formée par oxydation thermique, mais elle peut aussi être formée par un dépôt de type PVD, CVD, ou ALD. La couche d'oxyde 55 peut par exemple avoir une épaisseur comprise entre 0.4 - 6 µm. La formation de la couche d'oxyde 55 avant le dépôt d'une couche de résine (voir la figure 6c) permet d'optimiser la gravure subséquente de motifs fins et profonds dans la couche de travail 30. De plus les couches d'oxydes

50, 55 servent à protéger la couche de support structurée 20' lors de la formation des composants horlogers dans la plaque de travail 30. En revanche, si une couche d'oxyde a déjà été formée sur la couche de travail 30 selon une variante de l'étape de la figure 1c ci-dessous, cette étape de la figure 6b devient superflue.

[0034] A la figure 6c, la couche d'oxyde 55 est recouverte d'une couche de résine 65, qui est typiquement une résine photosensible de type positif ou négatif. Cette couche de résine peut avoir une épaisseur comprise entre 0.5 - 12 µm, à titre illustratif. Par la suite, dans la figure 6d la couche de résine 65 est structurée de préférence en utilisant une étape de photolithographie comprenant une source de lumière ultraviolette 80 ainsi que, par exemple, un masque d'exposition 75 tel qu'un photomasque. Un système de stepper et réticule peut également être utilisé pour l'étape de photolithographie. Dans l'exemple illustré, la couche 65 comprend une résine photosensible de type positif dont les parties 65E de la résine qui sont exposées à la lumière deviennent solubles dans un révélateur et les parties non exposées restent insolubles.

[0035] Dans la figure 6e, la couche de résine 65 est ouverte après avoir été développée par un révélateur, notamment un solvant qui élimine les parties exposées 65E de la résine par voie chimique. Ensuite, à la figure 6f, les parties de la couche d'oxyde 55 qui se trouvaient en dessous des parties exposées 65E de la résine sont aussi retirées de la surface de la couche de travail 30, par exemple en employant une gravure plasma sélective avec les gaz CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>. L'utilisation d'une technique de gravure directionnelle est généralement privilégiée lors de cette étape car elle est plus précise, mais alternativement une gravure à base de vapeur d'acide hydrofluorique (HF) peut aussi être utilisée.

[0036] A l'étape illustrée à la figure 6g, après avoir éliminé ou retiré la partie restante de la couche de résine 65, la couche de travail 30 est gravée au travers de la couche d'oxyde 55 structurée afin de former les motifs des composants horlogers dans une couche de travail structurée 30'. La plaquette SOI résultante 10" comprend alors la couche de support structurée 20' et la couche de travail structurée 30' avec les composants formés dedans. La gravure à l'étape de la figure 6g est de préférence effectuée par une technique de gravure ionique réactive profonde (DRIE). Alternativement, la structuration de la couche de support peut être réalisée par une opération de gravure humide/chimique anisotrope, par exemple en utilisant un bain d'hydroxyde de potassium (KOH) ou d'hydroxyde de tétraméthylammonium (TMAH), mais comme indiqué ci-dessus, la résolution dimensionnelle des structures gravées est typiquement moins bonne avec une structuration par gravure humide/chimique. Si une opération de gravure humide/chimique anisotrope est employée, la couche d'oxyde 55 n'est normalement pas formée sur la surface principale de la couche de travail 30 avant le dépôt du résine 65 sur cette surface.

[0037] Il est également possible de conserver la partie restante de la couche de résine 65 lors de l'étape de gravure (DRIE ou autre) de la couche de travail 30 et de la retirer après la gravure, et dans ce cas la couche de travail 30 est gravée au travers des deux couches 55, 65 structurées. A titre d'exemple, si la résine est de type positif elle peut être retirée par des solvants de type acétone ou diméthylsulfoxyde (DMSO) soit avant, soit après l'étape de gravure. Pour une résine de type négatif comme le SU-8, un plasma CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> peut être employé pour son retrait.

[0038] Après l'étape de gravure de la couche de travail structurée 30', on obtient à la figure 6h, la plaquette SOI résultante 10" avec les composants horlogers 90 formés dans la couche de travail structurée 30'. Par la suite, au moins les parties de la couche d'oxyde enterrée 40 qui se trouvent en dessous des composants 90, ainsi que les couches d'oxydes restantes 50, 55 sur la plaquette sont éliminées afin de libérer les composants horlogers 90, comme illustré à l'étape 6i. De nouveau, ces différentes couches d'oxyde peuvent être éliminées en employant une gravure à base de vapeur d'acide hydrofluorique (HF) de manière connue. Alternativement, les différentes couches d'oxyde peuvent être éliminées par gravure plasma. De manière avantageuse, cette étape de libération peut être réalisée sans structurer de nouveau la couche de support structurée 20'.

[0039] Selon une alternative, la libération des composants horlogers 90 peut être réalisée par une séparation complète de la couche de travail structurée 30' (ou une partie de cette couche comprenant les composants horlogers) et la plaquette SOI résultante 10" comme dans le document WO2019180596. Cependant, de préférence, la couche de travail structurée 30' reste attachée à la plaquette SOI 10" afin que la couche de support structurée 20' sert toujours comme support structurel lors des étapes de fabrication subséquentes qui seront réalisées sur les composants libérés. Dans ce cas, il suffit d'éliminer les parties de la couche d'oxyde enterrée 40 qui se trouvent en dessous des composants 90. Au vu de la structuration préalable de la couche de support, cette étape de libération des composants horlogers 90 en éliminant l'oxyde est simple et n'implique pas une étape de dépôt d'une couche de protection sur ces composants après leur formation, car la couche de support structurée 20' a déjà la forme nécessaire pour la libération et n'a pas besoin d'être structurée une nouvelle fois. En général, les composants horlogers 90 restent encore attachés à la couche de travail structurée 30' par au moins un pont 35 après leur formation, afin qu'ils soient toujours tenus et supportés par la partie restante de cette couche après leur libération.

[0040] Selon un mode de réalisation, la figure 7 est une vue en section pour mieux illustrer les composants horlogers 90 libérés dans le cadre d'une couche de travail structurée 30' toujours attachée à la plaquette SOI résultante 10" après les étapes des figures 1 et 6. Dans cet exemple, les composants horlogers 90 peuvent être des spiraux horlogers, et la couche de support structurée 20' correspond au mode de réalisation de la figure 2a décrit ci-dessus. On voit donc en dessous de chaque composant horloger 90 des zones 25A dans lesquelles tout le matériau de la couche de support et tout le matériau de la couche d'oxyde enterrée 40 ont été éliminés. De cette manière, les composants horlogers 90 ne sont supportés structurellement que par des ponts fins (non illustrés) qui les maintiennent attachés aux parties subsistantes de

la couche de travail structurée 30'. On remarque également que dans d'autres régions de la plaquette, la couche de travail structurée 30' reste attachée aux structures 22 de la couche de support structurée 20' par le biais d'une partie restante de la couche d'oxyde enterrée 40. En réalité, une partie de la couche oxyde 40 au-dessus des structures 22 peut être retirée lors de l'étape de libération de la figure 6i, mais une portion suffisante subsiste généralement pour garder la liaison des couches de silicium 20', 30' à ces endroits. Après cette libération, on peut effectuer au moins une étape de fabrication subséquente sur la quasi-totalité de la surface externe des composants horlogers 90.

**[0041]** A titre d'exemple, une étape de fabrication subséquente peut comprendre une étape de lissage lors de laquelle les surfaces gravées des composants horlogers sur la plaquette résultante 10" sont lissées, ce qui les renforce mécaniquement. Ce lissage peut notamment être effectué par une étape d'oxydation thermique suivie par une étape de désoxydation, constituée par exemple d'une gravure par voie humide à base d'acide fluorhydrique (HF). Un tel lissage peut être répété au moins une fois pour améliorer les propriétés de surface des composants horlogers.

**[0042]** Quand les composants horlogers 90 sont des spiraux ou un autre type de résonateurs horlogers, il est bien entendu important de les fabriquer avec les propriétés élastiques voulues. Cependant, les étapes de microfabrication, et plus particulièrement de gravure, employées dans la fabrication de spiraux sur une plaquette résultent typiquement en des variations entre les dimensions des composants de la plaquette. Cela résulte en une dispersion importante entre les raideurs des composants, nonobstant que le motif de gravure est le même pour chaque composant. Pour remédier à ce problème, il est connu de surdimensionner les composants initialement formés sur la plaquette de silicium résultante 10" et d'ajuster finement leurs dimensions (et donc leurs propriétés élastiques) en effectuant une étape d'oxydation thermique (lors de laquelle le matériau de silicium est retirée précisément) suivie par une étape de désoxydation. Ces opérations constituent donc un autre exemple d'une étape de fabrication subséquente.

**[0043]** Encore une autre étape de fabrication subséquente possible sur la plaquette de silicium résultante 10" concerne la formation d'une couche d'oxyde de silicium, de préférence autour de toute la surface externe des composants horlogers 90. Cette couche externe d'oxyde de silicium peut avoir une épaisseur comprise entre 2-5 µm. Dans le cadre d'un spiral ou d'un autre type de résonateur horloger, une telle couche compense les variations du module d'Young de l'âme en silicium du composant horloger en fonction de la température. Par ailleurs, la formation d'une telle couche externe d'oxyde de silicium sur les composants horlogers de n'importe quel type peut également servir à renforcer ces composants mécaniquement.

**[0044]** D'autres types de matériaux peuvent également être formés sur les composants horlogers 90, par exemple par un dépôt type ALD, lors d'une étape de fabrication subséquente.

**[0045]** Ces étapes de fabrication subséquentes et/ou encore d'autres peuvent être effectuées sans difficulté sur la plaquette de silicium résultante 10" qui avantageusement comprend toujours la couche de support structurée 20' comme substrat structurel. En même temps, la structuration préalable de la couche de support structurée 20' avant la formation des composants facilite la libération qui est simple et fiable. Notamment, avec le procédé de fabrication de la présente invention, les étapes de libération ne posent pas de risque d'endommager ou d'altérer de manière inattendue les composants horlogers après leur formation, et de plus la formation d'une couche de protection autour des composants horlogers formés n'est plus nécessaire.

**[0046]** Une fois que la ou les étapes de fabrication sont effectuées, les composants horlogers peuvent être détachés de la plaquette SOI résultante 10" en cassant le ou les ponts les reliant à la couche de travail structurée (30').

**[0047]** La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes présentés et d'autres modes de réalisation et variantes apparaîtront clairement à l'homme du métier. Ainsi, les réalisations ci-dessus sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation et leurs variantes, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation ou variante, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation ou variante. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation et leurs variantes peuvent également être combinées et/ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.

## Revendications

1. Un procédé de fabrication d'une pluralité de composants horlogers (90) dans une plaquette de fabrication de type SOI (10), la plaquette SOI (10) comprenant une couche de support (20) en silicium, une couche de travail (30) en silicium, et une couche enterrée (40) en oxyde de silicium séparant la couche de support (20) de la couche de travail (30), le procédé comprenant les étapes de :
  - (a) structurer la couche de support (20) en éliminant une partie de ladite couche pour obtenir une plaquette SOI modifiée (10') comprenant une couche de support structurée (20'), la couche de support structurée (20') comprenant des structures (22) qui sont intactes aux endroits de la plaquette où le matériau de la couche de support n'a pas été éliminé, lesdites structures (22) définissant entre elles des régions (24) dans lesquelles le matériau de la couche de support a été éliminé pour exposer la couche d'oxyde enterrée (40) dans ces régions ;
  - (b) former les composants horlogers (90) dans la couche de travail (30) de la plaquette SOI modifiée (10'), la couche de support structurée (20') agissant comme support lors de cette formation, les composants horlogers (90) se trouvant dans des zones (25) de la couche de travail (30) qui sont alignées du moins en partie avec des régions éliminées (24) de la couche de support structurée (20') ;

- (c) libérer les composants horlogers (90) formés à l'étape (b) en éliminant au moins les parties de la couche d'oxyde enterrée (40) qui se trouvent en dessous des composants horlogers (90) ; et  
(d) réaliser au moins une étape de fabrication subséquente sur les composants (90) libérés.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque zone (25) a une superficie sensiblement égale, légèrement inférieure ou légèrement supérieure à la superficie d'une empreinte globale d'un des composants horlogers (90) dans la couche de travail (30).
  3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque zone (25) a une forme circulaire.
  4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque zone (25) a une forme correspondant à une périphérie externe d'un des composants horlogers (90).
  5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau de la couche de support est complètement éliminé dans les zones (25).
  6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les zones (25) comprennent à l'intérieur des structures (22) de la couche de support qui sont toujours intactes.
  7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les structures (22) à l'intérieur des zones (25) forment une maille, par exemple en nid d'abeilles.
  8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les structures (22) à l'intérieur des zones (25) reprennent sensiblement la forme négative d'un des composants horlogers (90).
  9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les structures (22) intactes de la couche de support structurée (20') comprennent des structures périphériques s'étendant, du moins en partie, le long d'une périphérie circulaire de la couche de support structurée (20').
  10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les structures (22) intactes de la couche de support structurée (20') comprennent des structures internes qui se trouvent vers l'intérieur par rapport à la périphérie de la couche de support et qui forment une maille, par exemple en nid d'abeilles.
  11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape (a) de structurer la couche de support (20) est réalisée par une technique de gravure ionique réactive profonde.
  12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'étape (a) de structurer la couche de support (20) est réalisée par une opération de gravure humide/chimique anisotrope, de préférence en utilisant un bain d'hydroxyde de potassium (KOH) ou d'hydroxyde de tétraméthylammonium (TMAH).
  13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, avant la formation des composants à l'étape (b), le procédé comprend également au moins une étape de former une couche d'oxyde (50, 55) sur la couche de support structurée (20').
  14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape (c) de libérer les composants horlogers (90) est réalisée sans structurer de nouveau la couche de support structurée (20').
  15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'au moins une étape de fabrication subséquente de l'étape (d) est réalisée lorsque les composants horlogers (90) libérés sont toujours attachés à la plaque SOI résultante de l'étape (b).

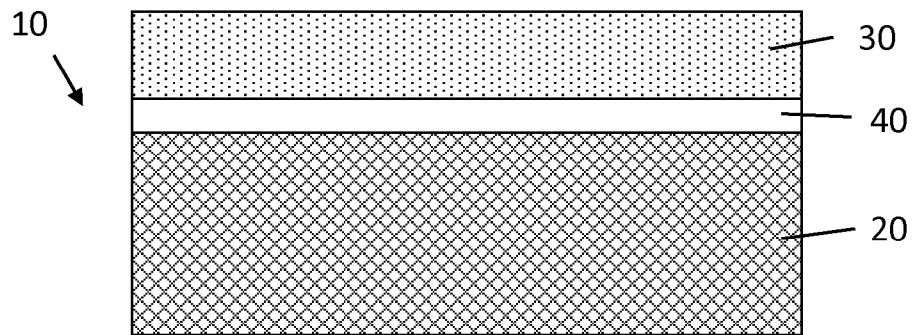


FIG. 1a

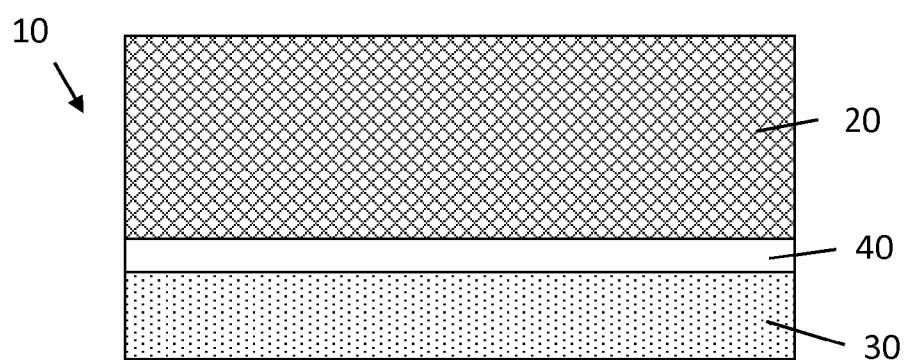


FIG. 1b

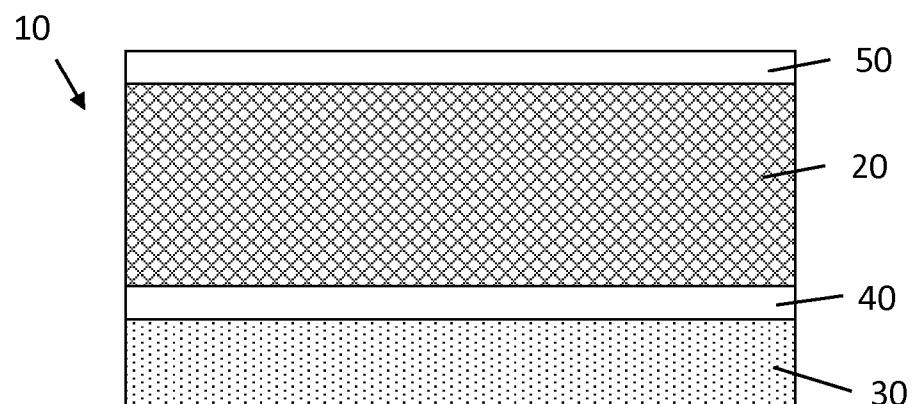


FIG. 1c

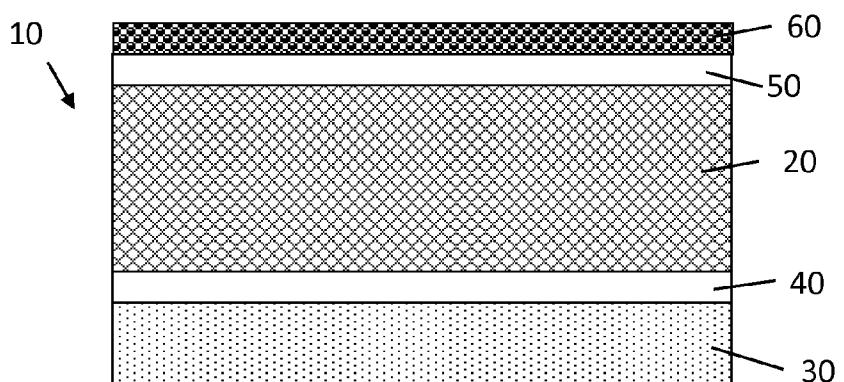


FIG. 1d

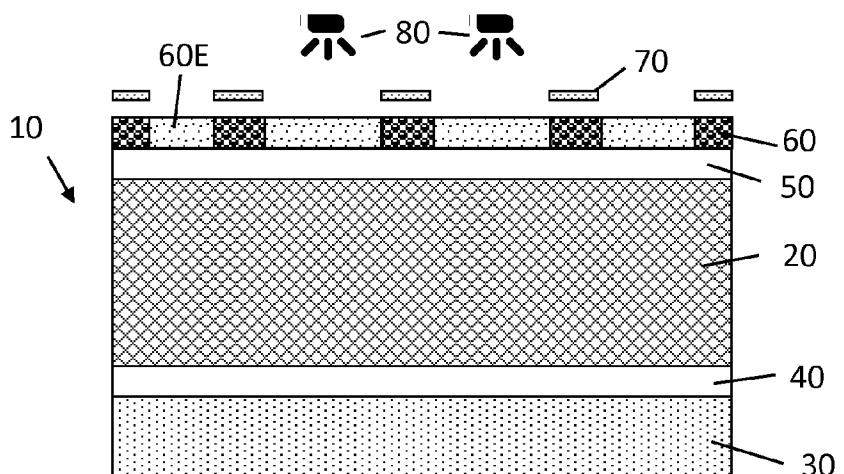


FIG. 1e

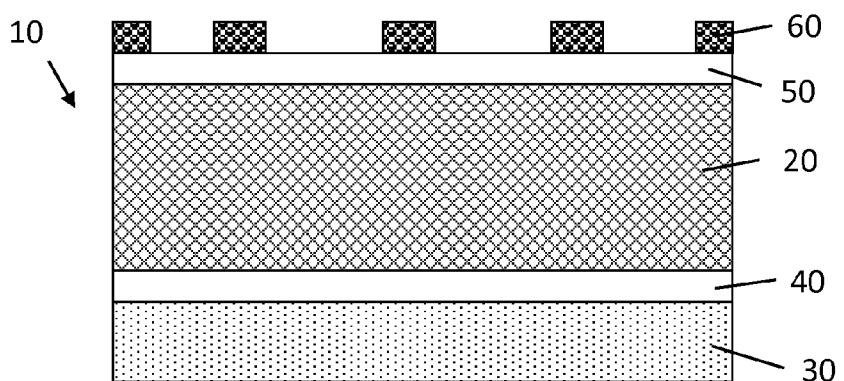


FIG. 1f

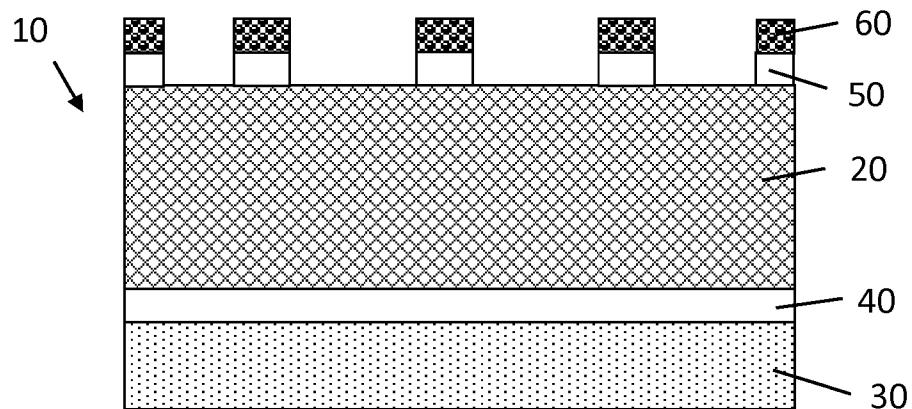


FIG. 1g

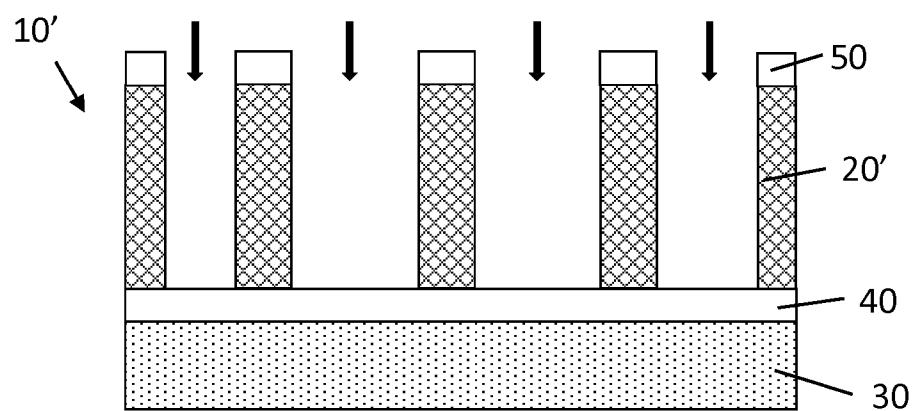


FIG. 1h

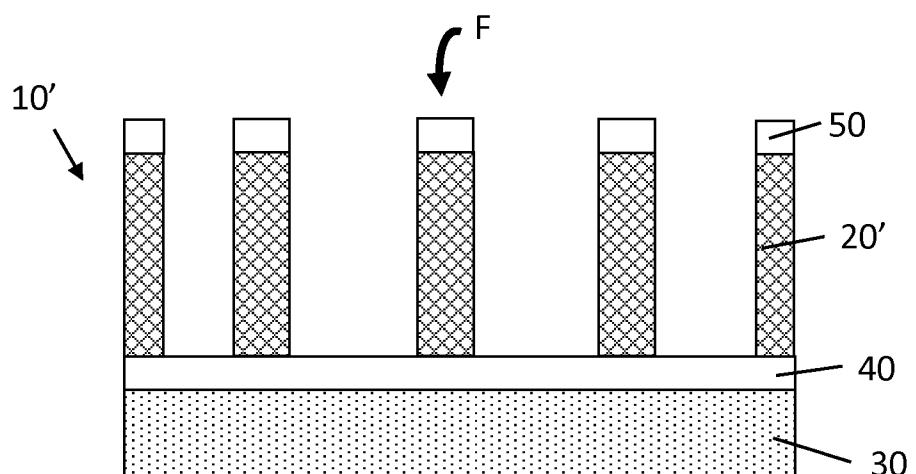
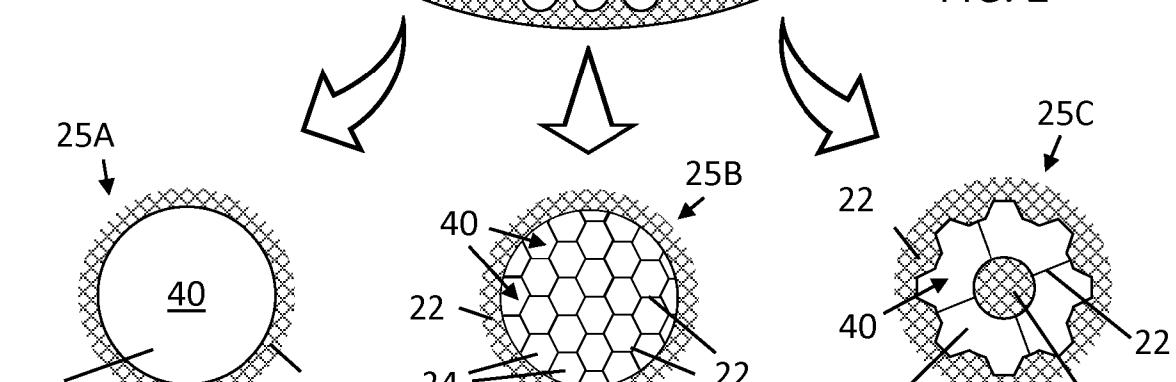
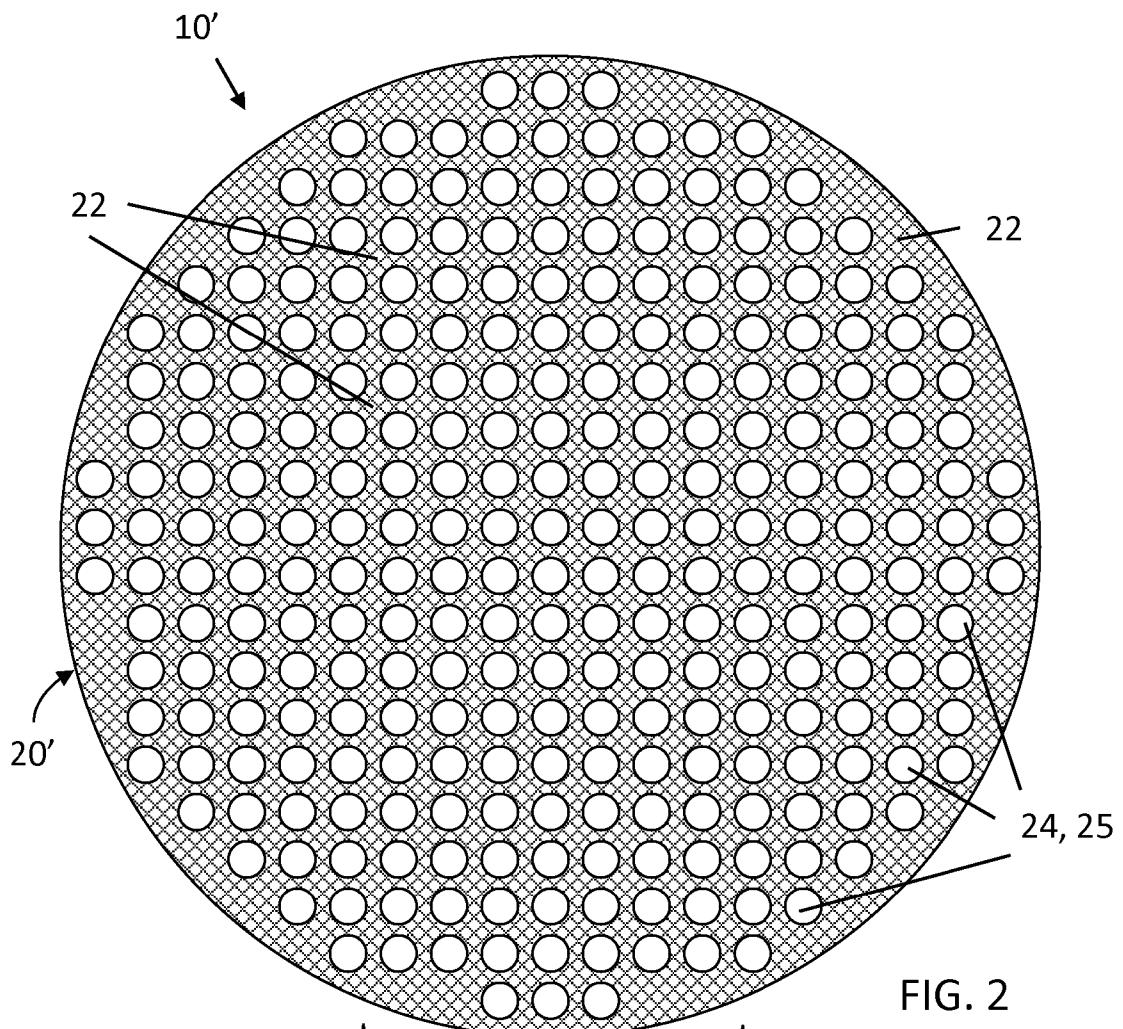


FIG. 1i



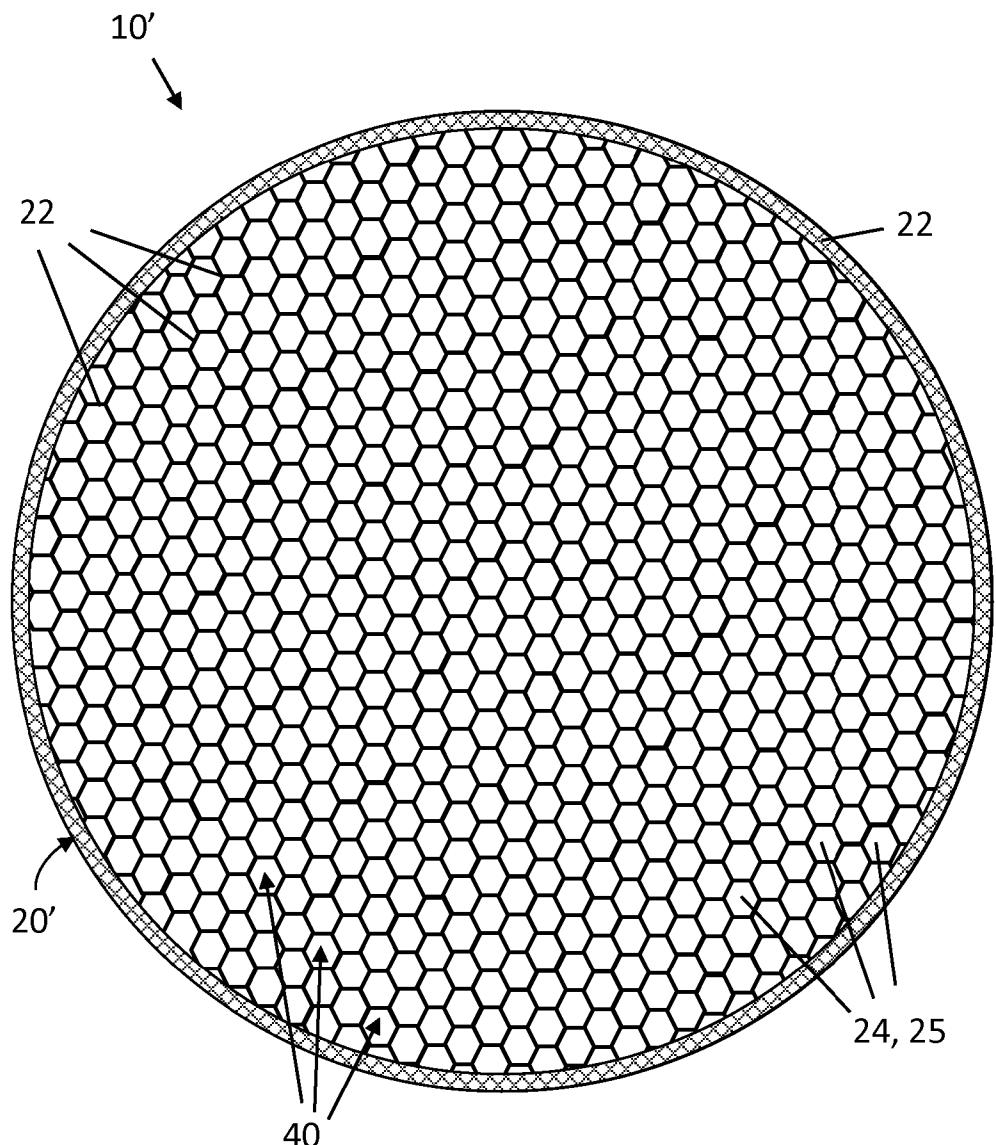


FIG. 3

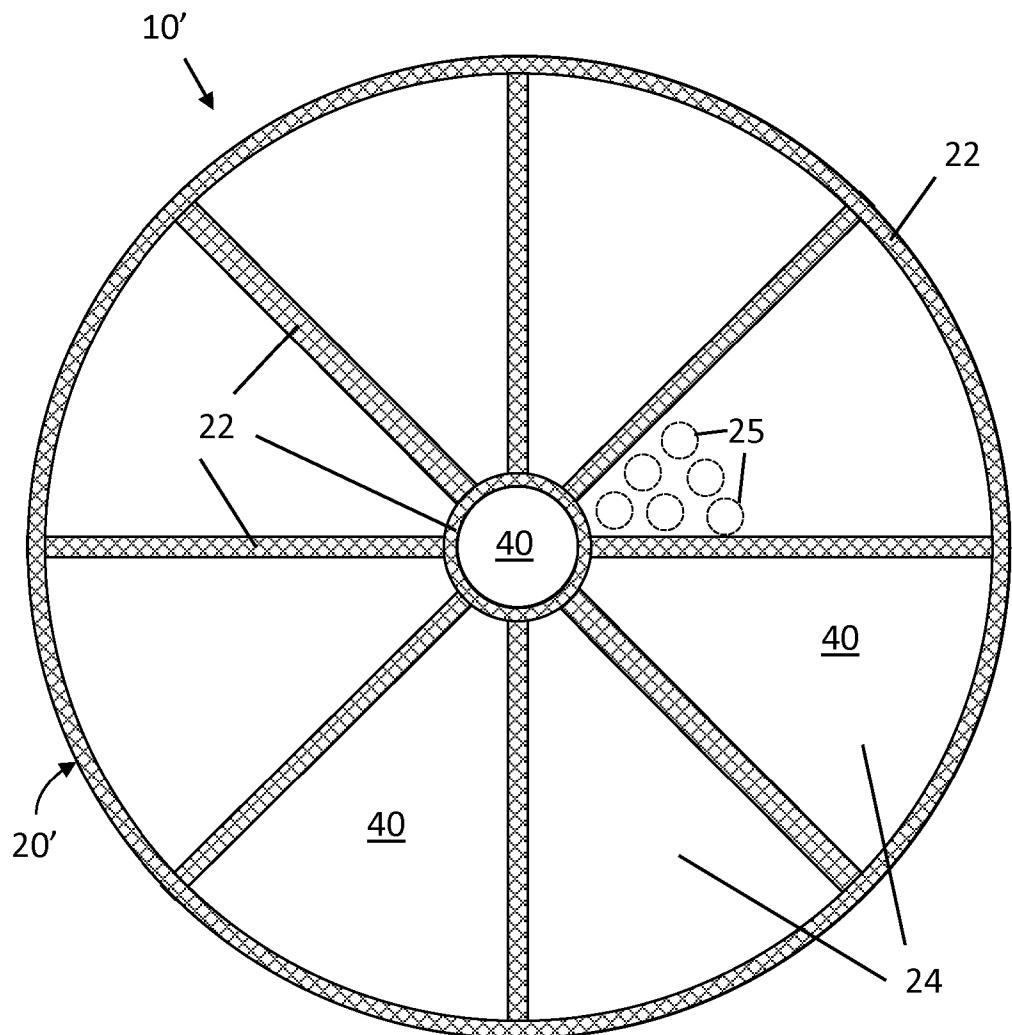


FIG. 4

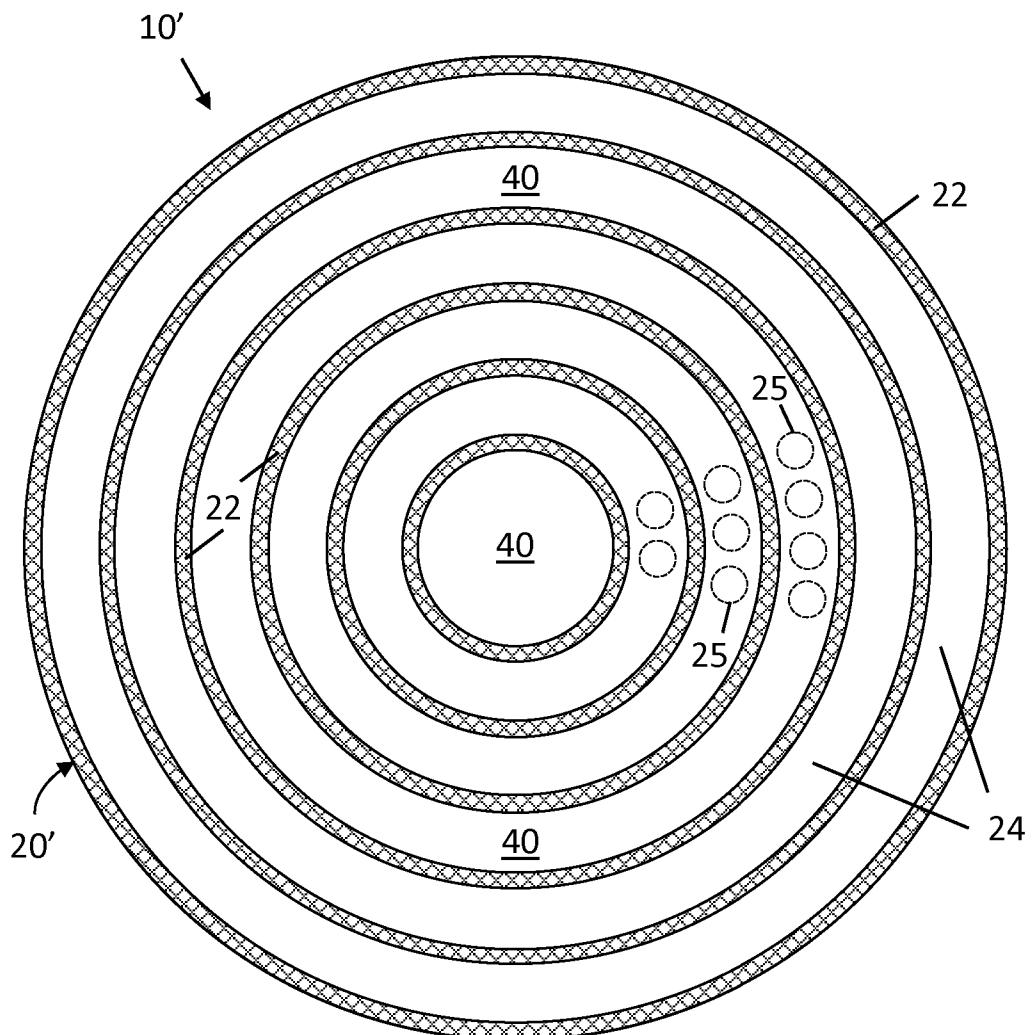


FIG. 5

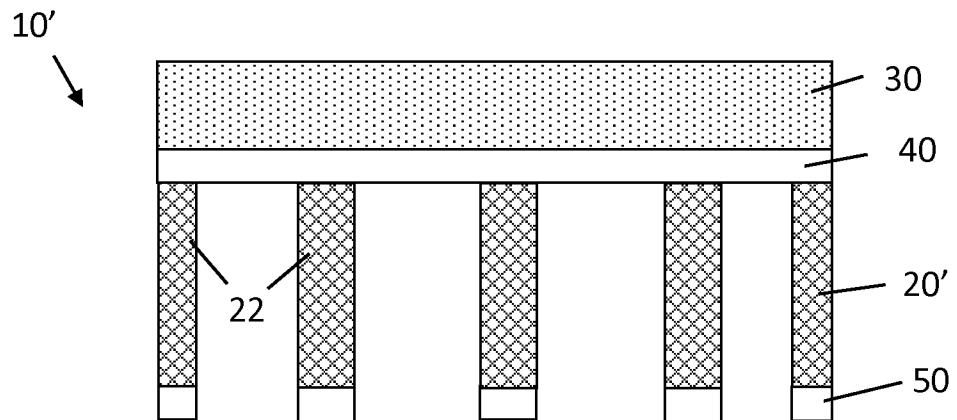


FIG. 6a

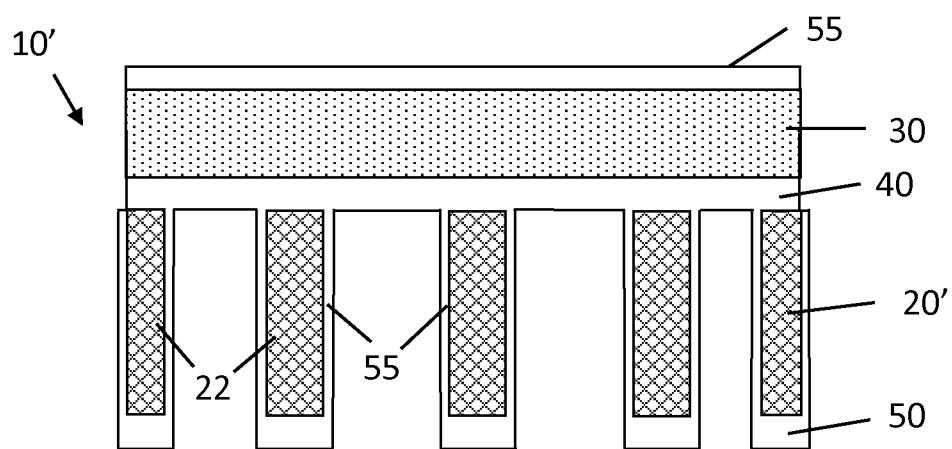


FIG. 6b

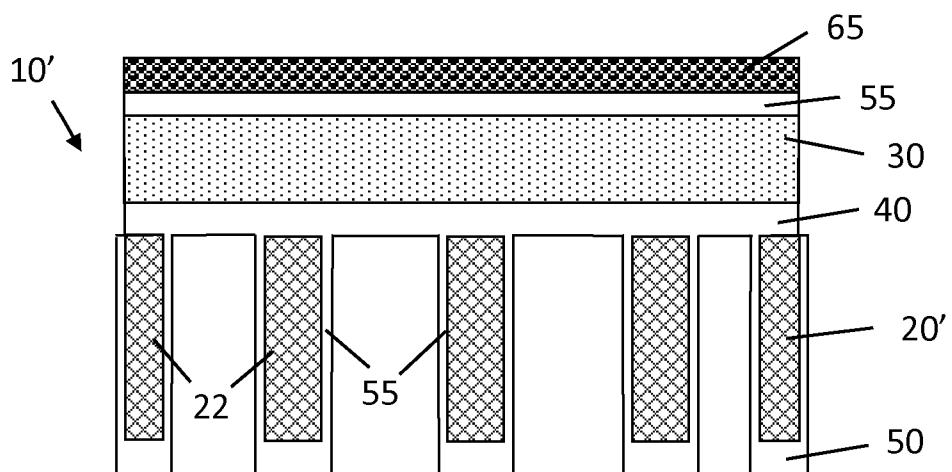


FIG. 6c

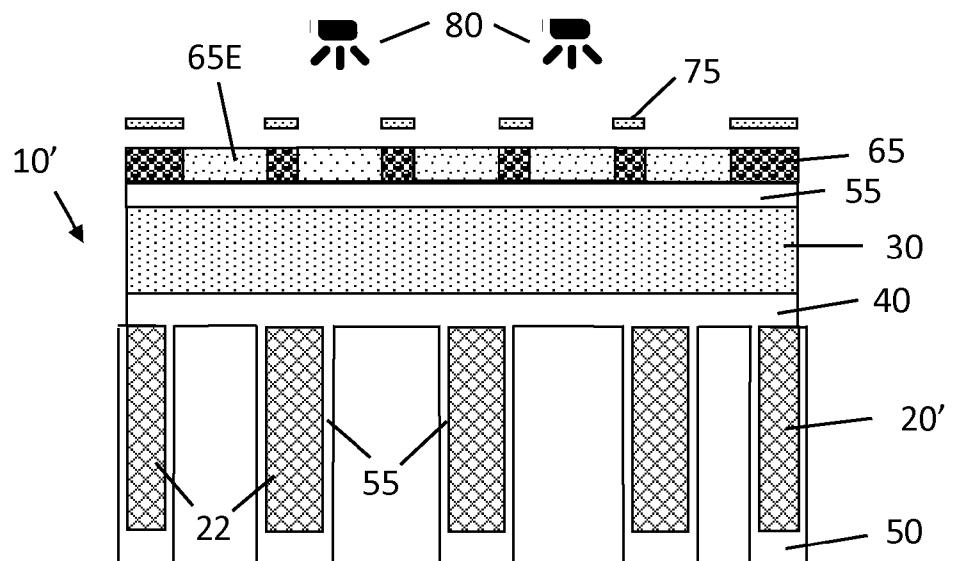


FIG. 6d

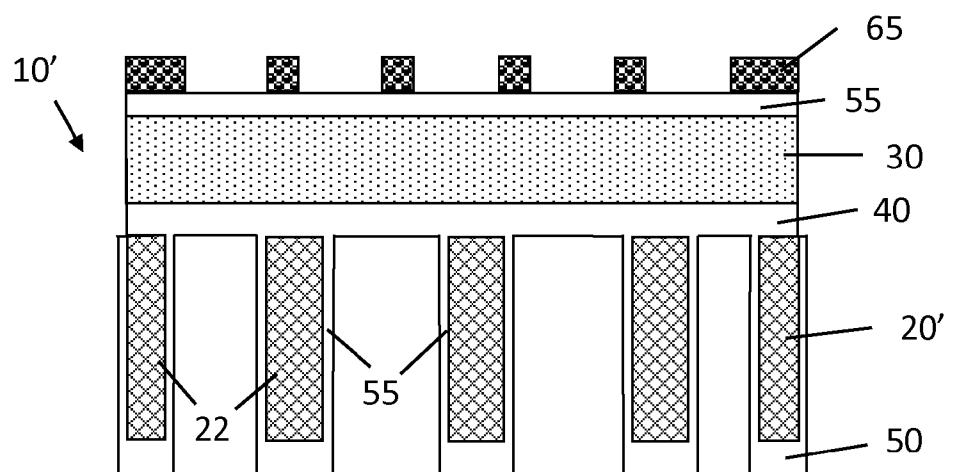


FIG. 6e

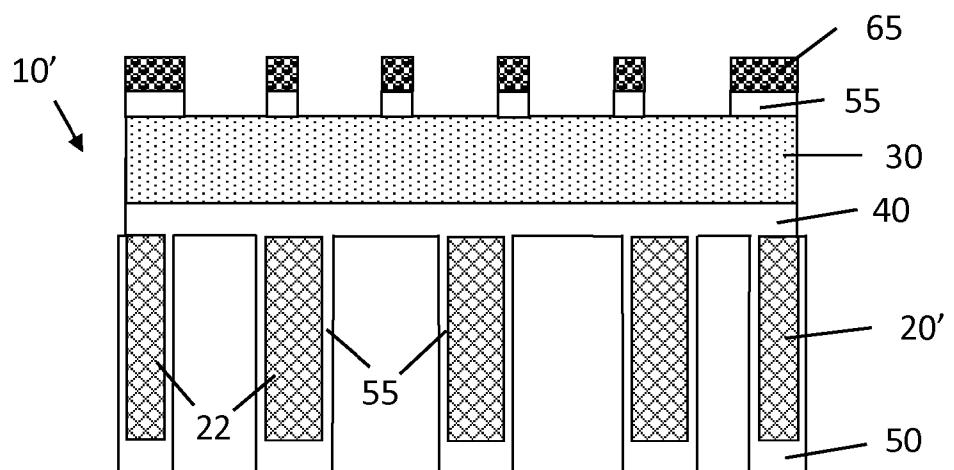


FIG. 6f

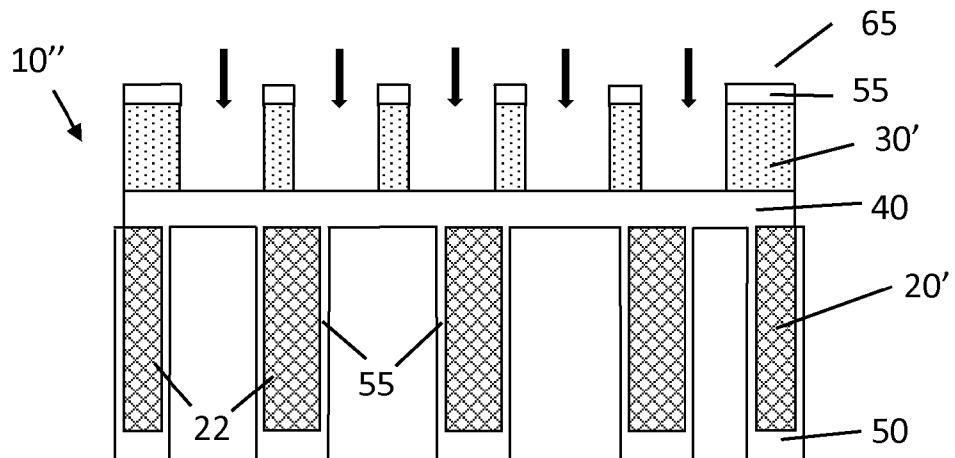


FIG. 6g

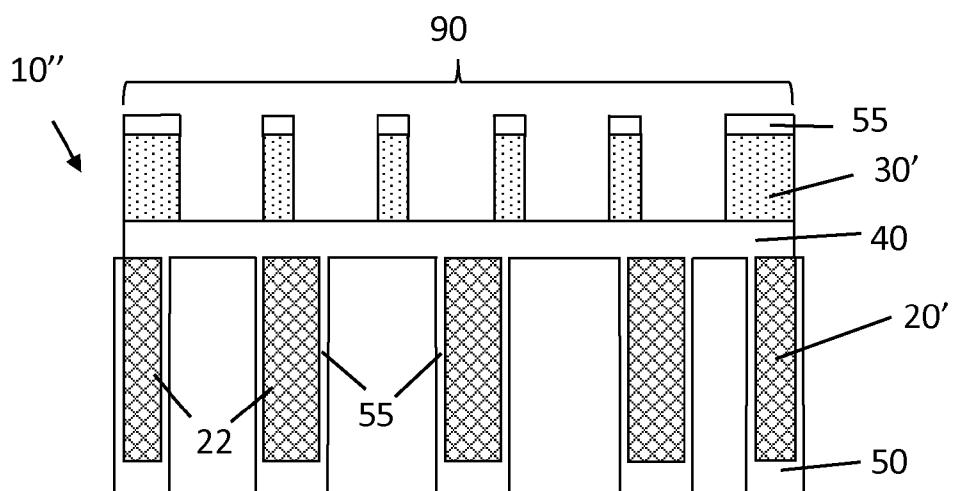


FIG. 6h

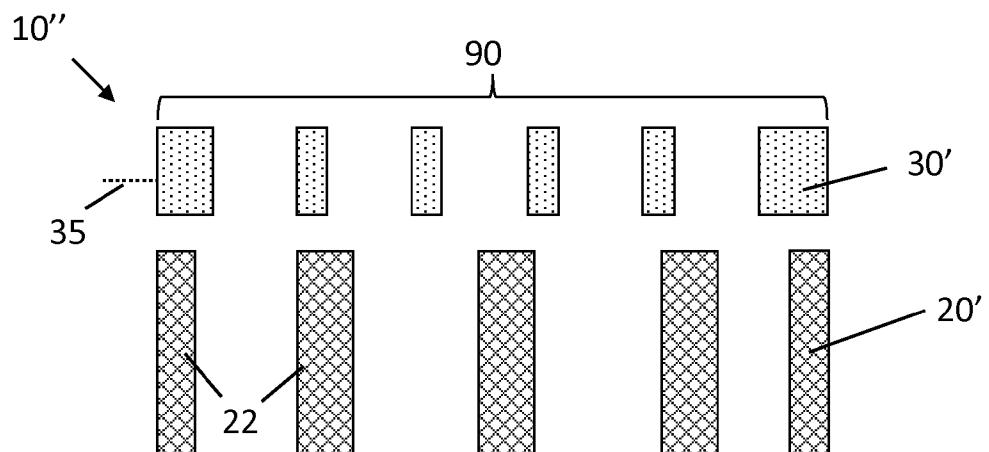


FIG. 6i

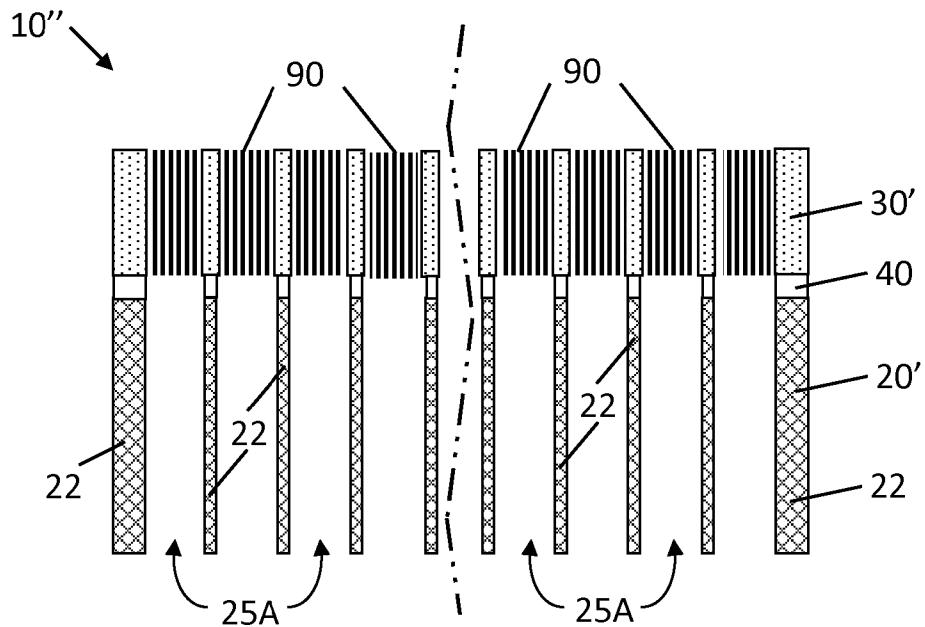


FIG. 7

## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

|   |                                  |  |                           |                               |     |                                  |
|---|----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|-----|----------------------------------|
| IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE   |                                  | COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE<br><br>BBS222684CH  |                           |                               |     |                                  |
| Demande nationale n°<br><br>7422023   |                                  | Date du dépôt<br><br>11-07-2023  |                           |                               |     |                                  |
| Pays du dépôt<br><br>CH   |                                  | Date de priorité revendiquée   |                           |                               |     |                                  |
| Déposant (Nom)<br><br>Richemont International SA  |                                  |  |                           |                               |     |                                  |
| Date de la requête d'une recherche de type international<br><br>26-07-2023  |                                  | Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international<br><br>SN84327 |                           |                               |     |                                  |
| <b>I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)<br><br>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB<br><br><b>Voir rapport de recherche</b>   |                                  |  |                           |                               |     |                                  |
| <b>II. DOMAINES RECHERCHES</b><br>Documentation minimale consultée<br><table border="1"> <tr> <td>Système de classification</td> <td>Symboles de la classification</td> </tr> <tr> <td>IPC</td> <td><b>Voir rapport de recherche</b></td> </tr> </table> Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés |                                  |  | Système de classification | Symboles de la classification | IPC | <b>Voir rapport de recherche</b> |
| Système de classification   | Symboles de la classification    |  |                           |                               |     |                                  |
| IPC   | <b>Voir rapport de recherche</b> |  |                           |                               |     |                                  |
| <b>III. <input type="checkbox"/> IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE</b> (Observations sur la feuille supplémentaire)<br><b>IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION</b> (Observations sur la feuille supplémentaire)  |                                  |  |                           |                               |     |                                  |

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

## RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 7422023

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
 INV. B81C99/00 G04B17/06  
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

B82B B81C G04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | no. des revendications visées |
|-----------|--|-------------------------------|
| A         | WO 2019/180177 A1 (NIVAROX SA [CH])<br>26 septembre 2019 (2019-09-26)<br>* page 5, lignes 17-21 *<br>* page 5, ligne 27 - page 6, ligne 5 *<br>* page 8, lignes 12-22 *<br>* figure 3 *<br>-----           | 1-15                          |
| A         | JP 2017 044533 A (CITIZEN WATCH CO LTD)<br>2 mars 2017 (2017-03-02)<br>* alinéa [0029]; figures 4-13 *   | 1-15                          |
| A         | US 2008/289182 A1 (ZAITSU YOSHITAKA [JP]<br>ET AL) 27 novembre 2008 (2008-11-27)<br>* alinéa [0077] - alinéa [0081] *<br>* alinéa [0120] *<br>* alinéa [0125] *<br>* figures 9A3, 9B3, 9C3, 9D3 *<br>----- | 1-15                          |

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## ° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

|  |   |
|--|---|
| Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée | Date d'expédition du rapport de recherche de type international |
| 18 octobre 2023  |   |

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Marzocchi, Olaf

1

## RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

CH 7422023

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s)      |  | Date de<br>publication   |
|---|------------------------|--|--|--|
| WO 2019180177                                   | A1<br>26-09-2019       | CN<br>EP<br>EP<br>JP<br>JP<br>KR<br>US<br>WO | 111819501 A<br>3543796 A1<br>3769160 A1<br>7100711 B2<br>2021535356 A<br>20200120949 A<br>2021080909 A1<br>2019180177 A1 | 23-10-2020<br>25-09-2019<br>27-01-2021<br>13-07-2022<br>16-12-2021<br>22-10-2020<br>18-03-2021<br>26-09-2019 |
| JP 2017044533                                   | A<br>02-03-2017        | JP<br>JP                                     | 6514993 B2<br>2017044533 A   | 15-05-2019<br>02-03-2017   |
| US 2008289182                                   | A1<br>27-11-2008       | JP<br>JP<br>US                               | 5121283 B2<br>2008254110 A<br>2008289182 A1  | 16-01-2013<br>23-10-2008<br>27-11-2008   |

Formulaire PCT/ISA/201 (annexe - familles de brevets) (Janvier 2004)