



(11) **EP 2 942 111 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**11.11.2015 Bulletin 2015/46**

(51) Int Cl.:  
**B05D 1/26 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **15166479.4**

(22) Date de dépôt: **05.05.2015**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**MA**

(72) Inventeurs:  
• **Picard, Emmanuel**  
**38410 Saint Martin d'Uriage (FR)**  
• **Cordeiro, Julien**  
**71240 Varennes-le-Grand (FR)**  
• **Berton, Kévin**  
**38100 Grenoble (FR)**  
• **Peyrade, David**  
**38430 Moirans (FR)**  
• **Zelsmann, Marc**  
**38330 Biviers (FR)**

(30) Priorité: **08.05.2014 FR 1454166**

(71) Demandeurs:  
• **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES**  
**75015 Paris (FR)**  
• **CNRS**  
**75794 Paris Cedex 16 (FR)**  
• **Universite Joseph Fourier - Grenoble**  
**38041 Grenoble Cedex 9 (FR)**

(74) Mandataire: **Novaimo**  
**Bâtiment Europa 2**  
**310 avenue Marie Curie**  
**Archamps Technopole**  
**74166 Saint-Julien-en-Genevois Cedex (FR)**

(54) **DISPOSITIF DE RÉALISATION D'UN DÉPÔT DE PARTICULES SUR UN SUBSTRAT ET PROCÉDÉ DE DÉPÔT UTILISANT UN TEL DISPOSITIF**

(57) Dispositif (10) de dépôt de particules par voie liquide, comprenant:  
- une première chambre (11),  
- une deuxième chambre (12),  
- un orifice de communication entre la première chambre

(11) et la deuxième chambre (12), et  
- un évent prévu dans la deuxième chambre et mettant en communication la deuxième chambre et un milieu (200) extérieur au dispositif.

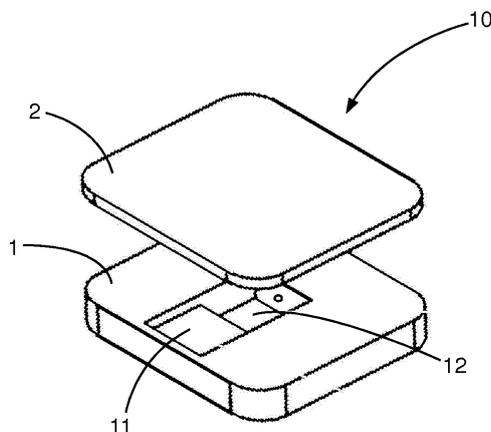


FIG.1

**EP 2 942 111 A2**

## Description

**[0001]** L'invention concerne le domaine de la répartition de particules sur une surface. L'invention concerne en particulier un dispositif de dépôt de particules par voie liquide ou un dispositif pour le dépôt de particules par voie liquide. L'invention concerne encore un procédé de dépôt de particules par voie liquide. L'invention concerne enfin un produit obtenu par le procédé selon l'invention.

**[0002]** Il est connu de déposer sur une surface des particules en suspension dans un liquide. On peut déposer du liquide sur la surface puis d'évaporer le liquide.

**[0003]** Toutefois, il est délicat de déposer des particules sur des surfaces de manière répétable selon ce processus. En effet, la quantité des particules déposées dépend de la manière de déposer le liquide. Pour maîtriser cette quantité, il est nécessaire de déposer un volume calibré de ce liquide pour avoir toujours la même quantité de matière à disposition afin de remplir des structures d'un substrat structuré avec les particules.

**[0004]** Lorsque les volumes de liquide à déposer sont faibles et que les tailles deviennent petites, des phénomènes de capillarité deviennent prépondérants et compliquent les choses.

**[0005]** Le but de l'invention est de fournir un dispositif de dépôt de particules par voie liquide améliorant les dispositifs connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un dispositif simple et permettant des opérations de dépôt de particules par voie liquide qui soient répétables, fiables et précises.

**[0006]** Selon l'invention, le dispositif de dépôt de particules par voie liquide, comprend:

- une première chambre,
- une deuxième chambre,
- un orifice de communication entre la première chambre et la deuxième chambre, et
- un événement prévu dans la deuxième chambre et mettant en communication la deuxième chambre et un milieu extérieur au dispositif.

**[0007]** L'événement et l'orifice de communication peuvent être disposés à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre ou sensiblement à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre et/ou l'événement et l'orifice de communication peuvent être disposés sur deux parois opposées ou sensiblement opposées de la deuxième chambre.

**[0008]** La première chambre et la deuxième chambre peuvent présenter respectivement une première paroi et une deuxième paroi disposées l'une dans la continuité de l'autre. La première chambre et la deuxième chambre peuvent présenter notamment un plafond commun.

**[0009]** La première chambre peut être parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique et/ou la deuxième chambre peut être parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique.

**[0010]** Le volume de la première chambre peut être inférieur au volume de la deuxième chambre, voire le

volume de la première chambre peut être inférieur à la moitié du volume de la deuxième chambre, voire le volume de la première chambre peut être inférieur au tiers du volume de la deuxième chambre.

**[0011]** La hauteur de la première chambre peut être inférieure à la hauteur de la deuxième chambre, voire la hauteur de la première chambre peut être inférieure à la moitié de la hauteur de la deuxième chambre, voire la hauteur de la première chambre peut être inférieure au tiers de la hauteur de la deuxième chambre.

**[0012]** Le dispositif peut comprendre une embase et un couvercle amovible et/ou rapporté sur l'embase.

**[0013]** Le dispositif peut être réalisé en un matériau à base de silicone, notamment en PDMS.

**[0014]** Le volume de la première chambre peut être d'environ 30 à 40 mm<sup>3</sup> et/ou le volume de la deuxième chambre peut être d'environ 100 mm<sup>3</sup>.

**[0015]** Selon l'invention, le procédé de dépôt de particules sur une surface d'un substrat comprend l'utilisation d'un dispositif défini précédemment.

**[0016]** Le procédé peut comprendre les étapes suivantes,

- Mettre en place le dispositif sur la surface du substrat ;
- Alimenter la première chambre en un liquide chargé en particules, notamment au travers d'une paroi de la première chambre ;
- Evaporer le liquide.

**[0017]** L'étape d'alimentation de la première chambre en un liquide chargé en particules peut être réalisée grâce à un outil, notamment une aiguille, dont le diamètre de l'extrémité est inférieur à la hauteur de la première chambre.

**[0018]** L'invention porte aussi sur un produit obtenu par la mise en oeuvre du procédé défini précédemment.

**[0019]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une vue en perspective éclatée d'un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus de l'embase du dispositif selon le premier mode de réalisation, les dimensions étant indiquées en mm.

La figure 3 est une vue en coupe, selon le plan III-III, de l'embase du dispositif selon le premier mode de réalisation.

La figure 4 est une vue de dessus du dispositif selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 5 est une vue en coupe du dispositif selon le deuxième mode de réalisation.

La figure 6 est une vue en coupe du dispositif selon le deuxième mode de réalisation, le dispositif étant utilisé pour mettre en oeuvre une première étape de

réalisation d'un procédé de dépôt selon l'invention. La figure 7 est une vue en coupe du dispositif selon le deuxième mode de réalisation, le dispositif étant utilisé pour mettre en oeuvre une deuxième étape de réalisation d'un procédé de dépôt selon l'invention.

**[0020]** Un premier mode de réalisation d'un dispositif 10 de dépôt de particules par voie liquide selon l'invention est décrit ci-après en référence aux figures 1 à 3. Un deuxième mode de réalisation d'un dispositif 10 de dépôt de particules par voie liquide selon l'invention est décrit ci-après en référence aux figures 4 et 5. Les deux modes de réalisation diffèrent l'un de l'autre seulement par des caractéristiques de dimensions et par la présence d'un couvercle 2 amovible ou rapporté sur une embase 1 dans le premier mode, ou d'un couvercle étant, dans le deuxième mode, soit fixé à l'embase, soit étant monobloc avec l'embase.

**[0021]** Le dispositif 10 comprend:

- une première chambre 11,
- une deuxième chambre 12,
- un orifice 13 ou canal ou passage de communication entre la première chambre 11 et la deuxième chambre 12, et
- un évent 14 prévu dans la deuxième chambre et mettant en communication la deuxième chambre et un milieu extérieur 200 au dispositif.

**[0022]** Le milieu extérieur est l'atmosphère ambiante, notamment l'air ambiant. L'évent est disposé dans une paroi verticale de la deuxième chambre qui n'est pas destinée à venir en contact avec un liquide qui sera injecté dans les chambres.

**[0023]** Les première et deuxième chambres reliées par l'orifice de communication forment donc une cavité unique.

**[0024]** L'orifice de communication peut ne pas présenter de section d'aire plus réduite que celle que présente la chambre de plus petite dimension, au moins au voisinage de l'orifice.

**[0025]** Comme vu précédemment, la première chambre et la deuxième chambre sont réalisées dans le dispositif, en particulier dans l'embase 1. Le couvercle 2 ferme la première chambre et la deuxième chambre d'un côté du dispositif. De l'autre côté du dispositif, la deuxième chambre présente une ouverture 129 destinée à être obturée par une surface 101 d'un substrat à traiter comme décrit plus bas, c'est-à-dire une surface sur laquelle on doit déposer des particules. La première chambre et la deuxième chambre présentent avantageusement respectivement une première paroi 111 de couvercle et une deuxième paroi 121 disposées l'une dans la continuité de l'autre. Ainsi, le couvercle peut former un plafond commun 111, 121 à la première chambre et à la deuxième chambre.

**[0026]** De préférence, l'évent et l'orifice de communi-

cation sont disposés à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre ou sensiblement à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre. Notamment, l'évent et l'orifice de communication peuvent être disposés sur deux parois 122, 125 opposées ou sensiblement opposées de la deuxième chambre, notamment des parois parallèles ou sensiblement parallèles. L'avantage d'une telle disposition ou configuration sera donnée plus bas.

**[0027]** Par exemple, la première chambre est parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique et/ou la deuxième chambre est parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique. Par exemple, la première chambre présente un fond 119 et des parois latérales 113, 114 et 115. Par exemple, la deuxième chambre présente des parois latérales 122, 123, 124 et 125.

**[0028]** Le volume de la première chambre est inférieur au volume de la deuxième chambre. Le volume de la première chambre peut notamment être inférieur à la moitié du volume de la deuxième chambre, voire le volume de la première chambre peut être inférieur au tiers du volume de la deuxième chambre.

**[0029]** Notamment, le volume de la première chambre est d'environ 30 à 40 mm<sup>3</sup> et/ou le volume de la deuxième chambre est d'environ 100 mm<sup>3</sup>. Avec les dimensions des chambres du dispositif de la figure 3, le volume de la première chambre vaut 36 mm<sup>3</sup> et le volume de la deuxième chambre vaut 108 mm<sup>3</sup>. Il est évident que des volumes plus importants peuvent être mis en jeu en utilisant des chambres couvrant des surfaces pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de cm<sup>3</sup> et sur lesquelles on doit déposer des particules.

**[0030]** La hauteur h' de la première chambre est de préférence inférieure à la hauteur h de la deuxième chambre, voire la hauteur h' de la première chambre est inférieure à la moitié de la hauteur h de la deuxième chambre, voire la hauteur h' de la première chambre est inférieure au tiers de la hauteur h de la deuxième chambre. Par exemple, h vaut 3 mm et h' vaut entre 0,5 mm et 1,5 mm, notamment 1 mm.

**[0031]** La deuxième chambre est reliée à la première chambre par l'orifice 13, ayant une aire de section égale au tiers de la surface d'un côté de la deuxième chambre à laquelle est connectée la première chambre. La première chambre peut mesurer la même largeur que la deuxième chambre et/ou leurs parois supérieures 111, 121 peuvent être coplanaires.

**[0032]** Le dispositif est de préférence réalisé en un matériau à base de silicone, notamment en PDMS (ou polydiméthylsiloxane). Les faces horizontales, c'est-à-dire le couvercle, peuvent être réalisées en verre.

**[0033]** La réalisation du dispositif peut être effectuée par exemple par moulage de PDMS dans un moule en aluminium. D'autres matériaux peuvent être utilisés mais la mouillabilité de ces matériaux par le liquide utilisé devra être semblable à celle du PDMS par l'eau.

**[0034]** Un mode d'exécution d'un procédé de dépôt de particules sur une surface 101 d'un substrat 100 est décrit ci-après en référence aux figures 6 et 7.

**[0035]** Le procédé comprend l'utilisation d'un dispositif selon défini ou décrit précédemment.

**[0036]** Le procédé de dépôt comprend les étapes suivantes,

- Mettre en place le dispositif 10 sur la surface 101 du substrat 100 comme représenté à la figure 6 ;
- Alimenter la première chambre 11 en un liquide 30 chargé en particules, notamment au travers d'une paroi 111 de la première chambre, comme représenté à la figure 6 ;
- Évaporer le liquide, comme représenté à la figure 7.

**[0037]** L'étape d'alimentation de la première chambre 11 en un liquide 30 chargé en particules est réalisée grâce à un outil 110, notamment une aiguille, dont le diamètre de l'extrémité est avantageusement inférieur à la hauteur  $h'$  de la première chambre 11.

**[0038]** Une fois le dispositif positionné sur la surface du substrat sur laquelle les particules doivent être déposées, il faut remplir d'abord la première chambre, puis le remplissage se poursuit dans la deuxième chambre, le liquide introduit dans la première chambre migrant vers la deuxième chambre via l'orifice 13. Ce remplissage se fait grâce à un outil qui permet de percer une paroi de la première chambre, notamment la paroi 111 ou la paroi 115. Le remplissage se poursuit jusqu'à couvrir la surface 101 de substrat sur laquelle des particules doivent être déposées et s'arrête avant le remplissage complet de la deuxième chambre, c'est-à-dire avant que la paroi 122 présentant l'évent 14 ne soit mouillée. La dose de liquide contenue dans l'outil doit donc être calibrée et inférieure au volume de la cavité formée par les première et deuxième chambres. Durant le remplissage, du fait des phénomènes de capillarité, le liquide mouille progressivement les parois 125, 101, 121, 123 et 124 après être sorti par l'orifice 13 et le front 31 de liquide progresse vers la paroi 122 en chassant le gaz, notamment l'air contenu dans la deuxième chambre, via l'évent 14.

**[0039]** Grâce à la configuration du dispositif, il est possible d'imposer des conditions de mouillage au liquide avant son entrée dans la deuxième chambre. La première chambre doit être complètement remplie (ou sensiblement, il peut rester une ou plusieurs poches d'air) avant le début du remplissage de la deuxième chambre. Le liquide va donc se répartir dans la deuxième chambre, depuis l'orifice 13 de communication et donc uniquement en mouillant progressivement les surfaces de la deuxième chambre, par exemple en mouillant progressivement cinq des parois de la deuxième chambre. La paroi 122 présentant l'évent 14 se retrouve face au front de liquide, mais n'est pas atteint par le liquide, le volume de liquide étant déterminé ou calibré pour éviter qu'il vienne mouiller cette paroi. Le front de liquide 31 peut ainsi être formé sensiblement parallèlement à la paroi 122. Cet effet est obtenu par les dispositions relatives de l'évent et de l'orifice de communication dans la deuxième chambre. Les événement et orifice sont par exemple disposés à

l'opposé l'un de l'autre ou sensiblement à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre.

**[0040]** La première chambre peut être remplie sans aucune contrainte sur la position de l'outil 110 assurant le remplissage, notamment l'aiguille 110. Le diamètre de l'extrémité de l'outil 110 est par exemple de 0.5mm de diamètre. Cet outil permet de percer le matériau du dispositif afin d'injecter le liquide. L'effet obtenu est indépendant de la position de l'injection. En effet, lors de l'injection, l'extrémité de l'outil peut être perpendiculaire au fond 119 du dispositif. Alternativement, l'extrémité de l'outil peut être parallèle au fond 119 du dispositif. L'extrémité de l'outil peut encore occuper toute configuration intermédiaire.

**[0041]** Pour favoriser ou permettre l'évaporation du liquide comme représenté sur la figure 7, il est possible de réaliser un chauffage, notamment un chauffage du substrat 100 et/ou du dispositif 10. Lors de l'évaporation, le front de liquide 31 se déplace vers la paroi 125, le gaz d'évaporation du liquide étant évacué via l'évent 14. En se retirant, le front de liquide laisse sur les parois et sur la surface 101 du substrat, notamment dans des structures ou gravures 102 réalisées sur la surface 101, un dépôt 103 de particules qui se trouvaient préalablement en suspension dans le liquide. Selon la densité de particules dans le liquide et selon la forme et/ou la taille des structures, on peut ainsi déposer le nombre de particules que l'on veut dans chaque structure.

**[0042]** L'évent peut être couplé à un système d'aspiration. Le réglage du système d'aspiration peut, associé avec le chauffage, améliorer l'efficacité du dépôt de particules.

**[0043]** Dans le cas où des particules doivent être déposées sur une grande surface de substrat et dans le cas où la cavité présente un grand volume, le dispositif peut comprendre plusieurs événements. Les événements sont de préférence répartis sur la paroi 125. Il est également possible de supprimer la paroi 125. L'ouverture de la deuxième chambre à ce niveau constitue un événement de grandes dimensions.

**[0044]** Le dispositif 10 peut ensuite être retiré ou déposé. Autrement dit, le dispositif 10 peut être enlevé ou séparé du substrat. On obtient alors un produit 100 ou un substrat 100 réalisé par la mise en oeuvre du procédé défini ou décrit précédemment. On obtient donc un produit 100 ou un substrat 100 sur lequel des particules ont été déposées.

**[0045]** Grâce à la solution décrite plus haut, il est possible d'obtenir une introduction de l'outil qui amène le liquide qui ne détruit ou n'endommage pas le substrat. Lorsque la quantité de liquide souhaitée est déterminée, l'opération devient reproductible puisque la quantité déposée sera toujours identique.

**[0046]** Lorsque l'on injecte un liquide dans une cellule dont le volume est similaire à celui du liquide injecté, il est très difficile d'être déterministe sur les faces qui vont être en contact avec le liquide. Grâce à la solution décrite plus haut, il est ainsi possible d'injecter un liquide dans

un volume fermé, par exemple de forme parallélépipédique, avec un outil, de manière déterministe. Le remplissage est reproductible et indépendant de la dextérité de l'opérateur. On sait que seules certaines parois déterminées de la deuxième chambre seront mouillées par le liquide. Enfin, grâce à la géométrie du dispositif, il est possible de ne pas détériorer les parois de la deuxième chambre ou la surface du substrat (par piqure de la paroi ou de la surface).

**[0047]** Un dépôt de particules sur une surface peut permettre l'analyse ultérieure des particules et/ou leur caractérisation. Un dépôt de particules sur une surface peut permettre une fonctionnalisation de la surface où les particules assurent une fonction déterminée, notamment une fonction qu'elles assurent intrinsèquement.

**[0048]** Dans ce document, par « événement », on entend toute ouverture ou passage ou tout ensemble d'ouvertures ou de passages permettant l'évacuation de gaz.

## Revendications

1. Dispositif (10) de dépôt de particules par voie liquide, comprenant:
  - une première chambre (11),
  - une deuxième chambre (12),
  - un orifice (13) de communication entre la première chambre (11) et la deuxième chambre (12), et
  - un événement (14) prévu dans la deuxième chambre et mettant en communication la deuxième chambre et un milieu (200) extérieur au dispositif.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'événement et l'orifice de communication sont disposés à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre ou sensiblement à l'opposé l'un de l'autre dans la deuxième chambre et/ou **en ce que** l'événement et l'orifice de communication sont disposés sur deux parois (122, 125) opposées ou sensiblement opposées de la deuxième chambre.
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première chambre et la deuxième chambre présentent respectivement une première paroi (111) et une deuxième paroi (121) disposées l'une dans la continuité de l'autre, la première chambre et la deuxième chambre présentant notamment un plafond commun (111, 121).
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première chambre est parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique et/ou **en ce que** la deuxième chambre est parallélépipédique ou sensiblement parallélépipédique.
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume de la première chambre est inférieur au volume de la deuxième chambre, voire **en ce que** le volume de la première chambre est inférieur à la moitié du volume de la deuxième chambre, voire **en ce que** le volume de la première chambre est inférieur au tiers du volume de la deuxième chambre.
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la hauteur de la première chambre est inférieure à la hauteur de la deuxième chambre, voire **en ce que** la hauteur de la première chambre est inférieure à la moitié de la hauteur de la deuxième chambre, voire **en ce que** la hauteur de la première chambre est inférieure au tiers de la hauteur de la deuxième chambre.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif comprend une embase (1) et un couvercle (2) amovible et/ou rapporté sur l'embase.
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif est réalisé en un matériau à base de silicone, notamment en PDMS.
9. Procédé de dépôt de particules sur une surface (101) d'un substrat (100), comprenant l'utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes.
10. Procédé selon la revendication précédente, comprenant les étapes suivantes,
  - Mettre en place le dispositif sur la surface (101) du substrat (100) ;
  - Alimenter la première chambre (11) en un liquide (30) chargé en particules, notamment au travers d'une paroi (111) de la première chambre ;
  - Evaporer le liquide.
11. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape d'alimentation de la première chambre (11) en un liquide (30) chargé en particules est réalisée grâce à un outil (110), notamment une aiguille, dont le diamètre de l'extrémité est inférieur à la hauteur de la première chambre (11).
12. Produit (100) obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 9 à 11.



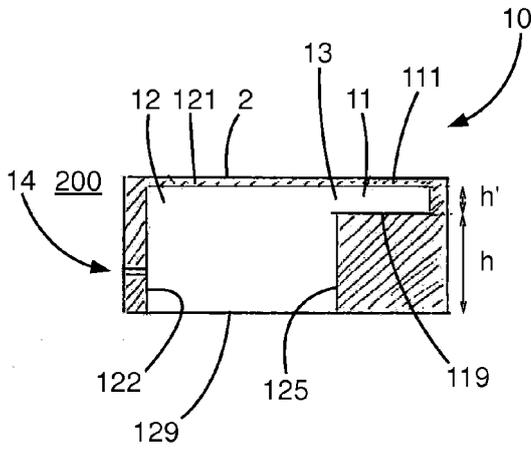


FIG. 5

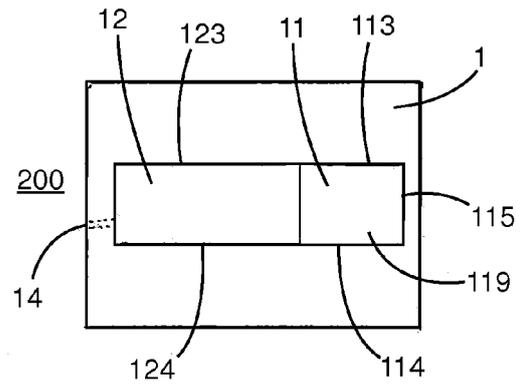


FIG. 4

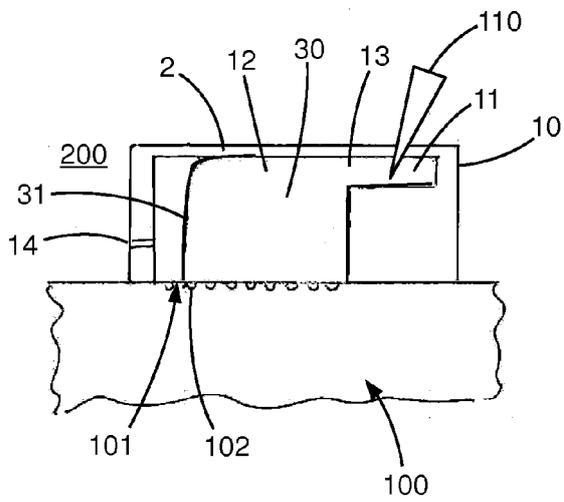


FIG. 6

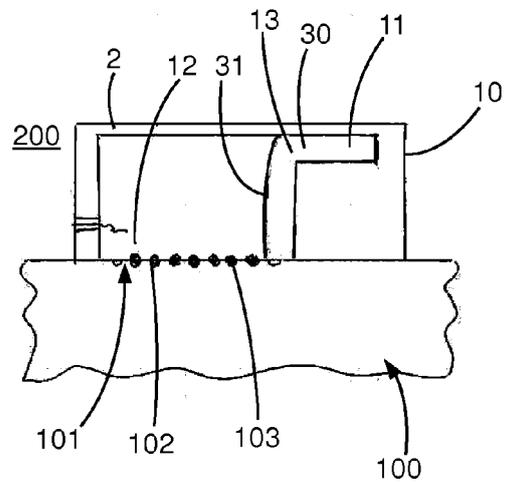


FIG. 7