

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.05.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.02.24 Bulletin 24/05.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PKvitality Société par actions simpli-
fiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : PIERART Luc, HUANG Yulin et
TOWNSEND Christopher.

73 Titulaire(s) : PKvitality Société par actions simplifiée
(SAS).

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

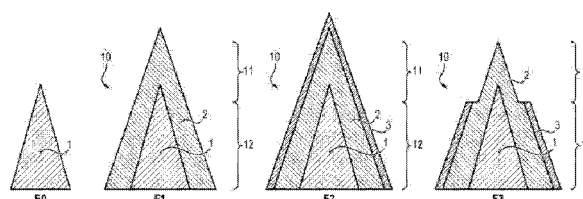
54 Procédé de fabrication d'une micro-aiguille et en particulier métallisation de la pointe d'une microaiguille.

57 Procédé de fabrication d'une micro-aiguille et en par-
ticulier métallisation de la pointe d'une microaiguille.

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une
microaiguille (10), la microaiguille (10) comprenant une
base (12) et une pointe (11), le procédé comprenant les
étapes suivantes :

- fourniture (E0) d'un fut (1) en pointe ;
- dépôt (E1') d'une couche (2) conductrice recouvrant le
fut (1) ;
- dépôt (E2) d'une couche isolante (3) ayant une épais-
seur x sur la couche (2) conductrice ;
- retrait (E3) de la couche isolante (3) de manière à défi-
nir une pointe (11) conductrice de la microaiguille (10) au
moyen d'un laser (5), le laser (5) étant configuré pour retirer
une épaisseur y supérieure ou égale à l'épaisseur x de sorte
à dénuder la pointe (11) de la totalité de l'épaisseur de la
deuxième couche isolante (3) et d'une portion d'épaisseur
de la couche (2) conductrice, afin que la pointe (11) soit dé-
nudée de toute l'épaisseur x de la couche isolante (3), la mi-
croaiguille (10) ainsi obtenue comprenant une base (12)
isolante et une pointe (11) conductrice.

Figure pour l'abrégé : Fig. 2



Description

Titre de l'invention : TITRE DE L'INVENTION

- [0001] Procédé de fabrication d'une micro-aiguille et en particulier métallisation de la pointe d'une microaiguille.
- [0002] DOMAINE TECHNIQUE GENERAL
- [0003] La présente invention concerne la fabrication de microaiguilles d'un dispositif de surveillance corporelle via l'analyse de liquide corporel, typiquement interstitiel, à l'aide de telles microaiguilles. Elle concerne plus spécifiquement la formation de la pointe d'une micro-aiguille et notamment sa métallisation.
- [0004] ETAT DE L'ART
- [0005] Certaines pathologies comme le diabète nécessitent une surveillance quotidienne de paramètres biochimiques du corps humain, c'est-à-dire des concentrations en certains composés (la glycémie dans l'exemple du glucose).
- [0006] On connaît aujourd'hui des systèmes évolués qui se contentent d'analyser le liquide interstitiel, c'est-à-dire le fluide qui remplit l'espace entre les capillaires sanguins et les cellules. Il a en effet une composition ionique proche de celle du plasma sanguin.
- [0007] Ces systèmes évolués permettent ainsi de surveiller les paramètres biochimiques souhaités de façon transcutanée, c'est-à-dire sans nécessité de percer régulièrement la peau et de prélever.
- [0008] On connaît des dispositifs avec microaiguilles, qui ont l'avantage d'être moins invasives que des aiguilles classiques. Toutefois, il est important que ces microaiguilles restent en place.
- [0009] Il existe pour cela des dispositifs à demeure, où des microaiguilles sont maintenues sur la peau avec une bande adhésive. Toutefois, on souhaite pouvoir effectuer un contrôle en continu ou quasi-continu, ce qui requiert des dispositifs autonomes. On pourra citer le dispositif GlucoWatch, qui utilise l'iontophorèse (et non pas des aiguilles).
- [0010] Toutefois, lorsqu'un tel dispositif comporte des microaiguilles, il peut exister des interférences liées à la sueur présente sur la peau. La sueur pouvant en effet entrer en contact avec la base de la microaiguille et donc fausser les mesures.
- [0011] Pour résoudre cela, il existe des solutions visant à masquer certaines parties des microaiguilles, par exemple la base, pour éviter qu'elles n'interfèrent. A ce titre, le document US 2014/0275897 décrit l'utilisation d'un revêtement isolant pour masquer certaines parties des microaiguilles. Et une des techniques utilisées afin de retirer l'épaisseur de ce revêtement isolant de la tête de la microaiguille est de mettre en place un capuchon ou un masque recouvrant la tête de la microaiguille avant l'application de la couche d'isolant et de retirer ce capuchon ensuite (capuchon mécanique ou

chimique). Néanmoins, l'utilisation d'un capuchon n'est pas très pratique.

PRESENTATION DE L'INVENTION

- [0012] Un but de l'invention est de proposer une solution simple et précise pour obtenir une microaiguille qui permet d'éviter les interférences liées à la sueur par l'utilisation d'un isolant sur une partie seulement de la microaiguille.
- [0013] A ce titre, l'invention concerne, selon un premier aspect un procédé de fabrication d'une microaiguille, la microaiguille comprenant une base et une pointe, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- [0014] - fourniture d'un fut en pointe ;
- [0015] - dépôt d'une couche conductrice recouvrant le fut ;
- [0016] - dépôt d'une couche isolante ayant une épaisseur x sur la couche conductrice ;
- [0017] - retrait de la couche isolante de manière à définir une pointe conductrice de la microaiguille au moyen d'un laser, le laser étant configuré pour retirer une épaisseur y supérieure ou égale à l'épaisseur x de sorte à dénuder la pointe de la totalité de l'épaisseur de la deuxième couche isolante et d'une portion d'épaisseur de la couche conductrice, afin que la pointe soit dénudée de toute l'épaisseur x de la couche isolante, la microaiguille ainsi obtenue comprenant une base isolante et une pointe conductrice.
- [0018] L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :
- [0019] - le laser comprend un intervalle de tolérance t , la couche conductrice ayant une épaisseur supérieure de $0,1 \mu m$ à l'intervalle de tolérance du laser utilisé au cours de l'étape de retrait de manière à ce que la couche conductrice à l'issue de l'étape de retrait présente une épaisseur supérieure ou égale à $0,1 \mu m$;
- [0020] - la couche conductrice comprend au moins une première sous couche conductrice recouvrant le fut et au moins une deuxième sous couche conductrice recouvrant la première sous couche conductrice, la deuxième sous-couche ayant une épaisseur supérieure à l'épaisseur de la première sous-couche ;
- [0021] - la deuxième sous couche conductrice est déposée selon un procédé différent de celui mis en œuvre pour déposer la première sous-couche conductrice ;
- [0022] - la couche conductrice comprend une sous couche intermédiaire disposée entre la première sous couche conductrice et la deuxième sous couche conductrice, la sous-couche intermédiaire est en matériau identique à celui de la deuxième sous-couche conductrice et présente une épaisseur inférieure à l'épaisseur de la deuxième sous-couche conductrice ;
- [0023] - la sous-couche intermédiaire est déposée selon un procédé identique à celui mis en œuvre pour déposer la première sous-couche conductrice ;

- [0024] - la couche conductrice présente une épaisseur comprise entre 0,1 μm et 7 μm ;
- [0025] - la couche isolante est en matériau isolant électriquement et biocompatible présentant une épaisseur comprise entre 1 μm et 20 μm ;
- [0026] L'invention concerne selon un deuxième aspect une microaiguille, susceptible d'être obtenue par un procédé selon le premier aspect de l'invention.
- [0027] La microaiguille est telle la couche conductrice a une épaisseur supérieure de 0,1 μm à l'intervalle de tolérance du laser utilisé au cours de l'étape de retrait.
- [0028] Le laser permet de retirer la couche isolante de la pointe de la microaiguille en une seule étape en s'affranchissant d'étapes de masquage et démasquage. Et pour s'assurer que le laser retire bien toute l'épaisseur de cette couche isolante la couche conductrice est suffisamment épaisse pour prendre en compte les incertitudes induites par le laser tout en garantissant le maintien d'une certaine épaisseur de couche conductrice.
- [0029] En outre, le fait d'avoir une pointe conductrice suffisamment épaisse procure une microaiguille résistante à l'usure dans le temps.
- [0030] Dans un mode de réalisation, la couche conductrice est une simple monocouche conductrice d'épaisseur supérieure à l'intervalle de tolérance du laser.
- [0031] Dans un mode de réalisation la couche conductrice est composée de deux sous-couches permettant de favoriser le maintien de la couche conductrice sur le fut en pointe.
- [0032] Dans un mode de réalisation la couche conductrice est composée de deux sous-couches d'une sous-couche intermédiaire disposée entre les deux sous-couches conductrices afin de garantir une épaisseur de la couche supérieure à l'intervalle de tolérance du laser et d'empêcher la délamination entre les sous-couches.

PRESENTATION DES FIGURES

- [0033] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation préférentiel. Cette description sera donnée en référence aux dessins annexés dans lesquels :
- [0034] La [Fig.1] illustre un dispositif de surveillance corporelle selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0035] La [Fig.2] illustre des étapes d'un procédé de formation de la pointe d'une microaiguille selon un mode de réalisation ;
- [0036] La [Fig.3] illustre schématiquement des étapes du procédé selon l'invention ;
- [0037] La [Fig.4] illustre une microaiguille dont la pointe est obtenue selon un mode de réalisation selon lequel la couche conductrice est constituée de deux sous-couches conductrices ;
- [0038] La [Fig.5] illustre une microaiguille dont la pointe est obtenue selon un mode de réalisation selon lequel la couche conductrice est constituée de sous-couches

conductrices ;

[0039] La [Fig.6] illustre une microaiguille dont la pointe est obtenue selon un mode de réalisation selon lequel la couche conductrice est constituée de deux sous-couches conductrices et d'une sous-couche intermédiaire ;

[0040] La [Fig.7] illustre une microaiguille dont la pointe est obtenue selon un mode de réalisation selon lequel est constituée de sous-couches conductrices et d'une sous-couche intermédiaire.

[0041] Sur l'ensemble des figures les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0042] *Architecture générale d'un dispositif de surveillance corporelle*

[0043] La [Fig.1] illustre un dispositif 100 de surveillance corporelle comprenant un boîtier 200, un capteur 30 et un patch adhésif 40.

[0044] Le capteur 30 est ici un capteur à aiguilles prévu pour fournir une mesure de courant électrique au sein du liquide interstitiel du porteur du dispositif 100.

[0045] Des aiguilles 10 sont avantageusement disposées sur une face interne 31 du capteur 30. Cette face interne 31 est destinée à être placée sur la peau du porteur.

[0046] Le capteur 30 est assemblé au patch adhésif 40 et constituent ensemble une capsule. Le capteur 30 peut aussi être amovible par rapport au patch 40. Une telle capsule est avantageusement montée amovible avec le boîtier 200. En particulier, la capsule et donc le capteur 30 s'engage de manière préférée dans une cavité 210 du boîtier 200 située sur sa face destinée à être en contact avec la peau. Le capteur 30 comprend une face externe 32 opposée à la face interne 31.

[0047] Le boîtier 200 et la capsule peuvent présenter des formes complémentaires, ce qui limite l'effort nécessaire pour la bonne insertion de la capsule contre le boîtier 200.

[0048] Le patch 40 comporte une couche adhésive, ou est lui-même formé en un matériau adhésif. Le patch permet donc l'attache de la capsule à la peau du porteur, et favorise le maintien des aiguilles 10 dans le liquide interstitiel. Le patch 40 présente par exemple une forme annulaire, et recouvre la capsule.

[0049] Le capteur 30 ici illustré est de forme circulaire avec un orifice central 33 mais elle peut prendre d'autres formes : rectangulaire, oblongue, ellipsoïdale avec ou sans orifice central. L'orifice central 33 permet de positionner correctement le capteur 30 dans la cavité 210 du boîtier qui comprend un plot central de positionnement (non représenté).

[0050] Le capteur 30 comprend donc des éléments qui permettent de prélever le liquide soit d'amener les signaux détectés par chaque microaiguille vers le boîtier 200 pour traitement (non décrit ici).

[0051] Le capteur 30 peut prendre la forme d'une plaque de plastique, d'un circuit imprimé

(rigide ou flexible en silicium), d'une plaque en métal non conducteur comme par exemple de l'aluminium.

- [0052] Le patch adhésif 40 est adapté pour être collé à la peau et supporte le capteur 30 et permet de détacher le boîtier 200 sans enlever le capteur 30 en le gardant collée au corps. Une telle configuration permet d'éviter d'enlever le capteur pour certaines opérations qui n'impliquent que le boîtier : rechargement de la batterie, réparation, remplacement, extraction des données vers un ordinateur.
- [0053] Le boîtier 200 est, avantageusement, en forme de boîtier de montre et comprend des moyens d'attaches 230 du dispositif au poignet d'un utilisateur. Il s'agit notamment d'un bracelet adapté pour entourer le poignet d'un utilisateur. Le bracelet est de préférence réglable.
- [0054] Le boîtier 200 loge plusieurs éléments permettant d'analyser ou d'extraire du liquide interstitiel. A ce titre, on pourra se référer au document WO 2019/141743 au nom du déposant qui décrit en détail la mesure et la détection d'une grandeur physique à partir de microaiguilles au contact d'un liquide corporel pouvant être prélevé ou non.
- [0055] Avantageusement, la montre comprend en outre une interface de communication sans fil, par exemple via un réseau de télécommunications de type 3G et/ou 4G et/ou 5G et/ou Wi-Fi et/ou Bluetooth et/ou NFC et/ou DECT.
- [0056] Également, la montre peut comprendre un indicateur lumineux tel qu'une diode, qui peut être utilisé pour signaler la fin d'une opération de préparation du capteur.
- [0057] Les aiguilles 10 sont avantageusement des micro-aiguilles. Le capteur 30 comporte de préférence entre quatre et cinquante micro-aiguilles voire quatre cent microaiguilles. Bien entendu, un nombre différent peut être considéré sans que cela ne limite la description de l'invention ici faite.
- [0058] On entend par micro-aiguille, une aiguille présentant une hauteur faible de préférence entre 10 μm et 1000 μm , de préférence entre 0,3 mm et 0,8mm. La hauteur des micro-aiguilles est suffisamment faible pour éviter le contact avec un nerf de douleur mécanique du porteur lorsque le dispositif est porté.
- [0059] Les microaiguilles 10 permettent de mesurer le liquide corporel.
- [0060] Les microaiguilles 10 sont pleines pour analyser directement le liquide. Pour analyser du liquide, les microaiguilles ne prélèvent pas de liquide et intègrent le capteur sur leur surface sous la forme d'un revêtement tel qu'un matériau biochimique apte à réagir avec l'analyse à effectuer sur le liquide.
- [0061] La longueur des aiguilles 10 est ainsi suffisamment réduite pour éviter le contact avec un nerf de l'utilisateur, pour limiter la douleur causée par le port du dispositif 100.
- [0062] Chaque aiguille présente par exemple une forme pyramidale.
- [0063] Dans le présent exemple, chaque aiguille 10 comprend à sa surface au moins un

matériau chimique ou biochimique apte à réagir avec l'analyte corporel dont on souhaite obtenir une mesure (c'est-à-dire ici le glucose). Un matériau apte à réagir avec l'analyte corporel est par exemple une enzyme capable d'oxyder l'analyte corporel.

- [0064] De manière avantageuse, le capteur 30 comprend plusieurs microaiguilles qui consistent en un réseau de microaiguilles en ce qu'elles sont électriquement connectées entre elles par groupe. Les microaiguilles transpercent la peau pour venir au contact du liquide interstitiel lorsque le capteur est au contact de la peau.
- [0065] Description générale d'un procédé de formation de la pointe d'une microaiguille
- [0066] La [Fig.2] décrit un procédé de fabrication d'une microaiguille selon un mode de réalisation dans lequel la microaiguille 10 est constituée d'un fut 1 en pointe et comprend une base 12 et une pointe 11. Le fut 1 en pointe est comme on va le voir plus loin un support sur lequel différentes couches de matériaux sont déposées pour définir la microaiguille 10 pour le capteur 30.
- [0067] La base 12 est la partie inférieure de la microaiguille et représente entre 1/2 et 4/5 de la taille totale de la microaiguille 10, la pointe 11 représente la partie supérieure de la microaiguille 10 et représente donc entre 1/5 et 1/2 de la hauteur totale de la microaiguille 10. La partie supérieure de la microaiguille est celle qui est destinée à être en contact avec la peau de l'utilisateur.
- [0068] Un tel procédé permet d'obtenir une microaiguille 10 dont la pointe 11 est conductrice et la base 12 est isolante.
- [0069] En relation aussi avec la [Fig.3], le procédé comprend la fourniture d'un fut en pointe 1 par exemple en silicium, en polymère, en plastique ou en métal (étape E0). D'autres matériaux sont possibles.
- [0070] Une couche de métal 2 conductrice est appliquée de manière uniforme sur le fut en pointe 1 (étape E1). L'épaisseur de cette couche 2 conductrice est comprise entre 0,1µm et 7 µm.
- [0071] Comme on le verra par la suite, la couche de métal 2 peut être obtenue de différentes manières.
- [0072] Ensuite, une couche isolante 3 d'épaisseur x est appliquée de manière uniforme au-dessus de la couche 2 conductrice (étape E2). La couche d'isolant 3 recouvre donc ici la couche 2 conductrice précédemment déposée.
- [0073] La couche isolante 3 est un polymère (par exemple en parylène). Cette couche est déposée selon un procédé de dépôt (en anglais, coating) de type connu de l'homme du métier. Il peut s'agir d'un dépôt par vaporisation (en anglais, spray), par bain ou vaporisation sous vide. Cette couche isolante 3 permet d'isoler la base de la microaiguille de la pointe. En effet, il peut exister des interférences liées à la sueur présente sur la peau lorsque la microaiguille est insérée. La sueur peut en effet entrer en contact avec la base de la microaiguille et donc fausser les mesures.

- [0074] Puis un retrait (étape E3) de la couche 3 isolante pour obtenir une pointe 11 conductrice de la microaiguille 10 est mis en œuvre. En particulier, le retrait consiste à retirer une épaisseur y supérieure ou égale à l'épaisseur x de sorte à dénuder la pointe 11 de la totalité de l'épaisseur de la couche isolante 3 et d'une portion d'épaisseur de la couche 2 conductrice, afin que la pointe 11 soit dénudée de toute l'épaisseur x de la couche isolante 3, la microaiguille 10 ainsi obtenue comprenant une base 12 isolante et une pointe 11 conductrice.
- [0075] Un tel retrait est avantageusement mis en œuvre au moyen d'un laser.
- [0076] De manière connue, le laser possède une imprécision de $\pm t/2$ μm définissant un intervalle de tolérance t mm. En outre, comme on l'aura compris, le laser doit permettre de retirer la totalité de l'épaisseur de la couche 3 isolante de la partie pointe 11 de la microaiguille 10 afin d'être certain d'obtenir une pointe 11 conductrice. Ainsi, pour s'assurer de l'effectivité de cette étape, le laser est configuré pour retirer une couche d'épaisseur y supérieure à l'épaisseur x de la couche 3 isolante et permet donc outre la couche 3 isolante de retirer une partie de l'épaisseur de la couche 2 conductrice de la pointe 11 de la microaiguille 10. Le laser ainsi que ses paramètres sont adaptés au type de couche à retirer et sont connus de l'homme du métier.
- [0077] Cependant, comme la pointe 11 doit être conductrice, il faut s'assurer que le laser ne retire pas la totalité de l'épaisseur de la couche 2 conductrice au cours de l'étape de retrait par laser. En effet, l'épaisseur de la couche conductrice 2 minimale doit être supérieure ou égale à une épaisseur minimale E_{min} typiquement égale à $0,1 \mu m$ afin d'avoir une microaiguille 10 suffisamment conductrice. L'épaisseur minimale peut bien entendu être définie différemment.
- [0078] Il est donc nécessaire de prendre en compte les incertitudes liées à l'enlèvement par laser. La borne inférieure $y-t/2$ de l'épaisseur retirée, due à l'incertitude du laser lors de l'enlèvement de matière, doit être supérieure à l'épaisseur $x \mu m$ de la couche 3 isolante. Il faut donc prévoir une couche 2 conductrice d'épaisseur supérieure ou égale à l'intervalle de tolérance t plus une valeur au moins égale à l'épaisseur minimale E_{min} soit ici de $0,1 \mu m$. La couche 2 conductrice doit donc avoir une épaisseur supérieure ou égale à $t + E_{min}$ soit ici à $t + 0,1 \mu m$.
- [0079] L'épaisseur de la couche 2 conductrice est telle qu'elle favorise la conductivité électrique qu'elle est compatible de la couche active qui doit recouvrir au moins partiellement la pointe de la microaiguille et qu'elle permet un retrait notamment par laser de la couche 3 isolante. La couche active est une couche biochimique apte à réagir avec des analytes dont la concentration est à analyser.
- [0080] A l'issue de l'étape de retrait (étape E3), on obtient une microaiguille 10 telle qu'illustrée sur la [Fig.2] au-dessus de l'étape E3. L'utilisation d'un laser au cours de cette étape permet d'obtenir une coupe franche de la couche 3 isolante au niveau de la

limite entre la base 11 et la pointe 12. La précision de la coupe franche est comprise entre $0,1\mu\text{m}$ à $0,9\mu\text{m}$.

[0081] La microaiguille 10 comprend un fut en pointe 1 recouverte uniformément par une couche 2 conductrice, elle-même recouverte uniformément par une couche isolante 3 d'épaisseur x . La pointe 11 de la microaiguille 10 est dénudée de la totalité de l'épaisseur de la couche isolante 3 et d'une partie de l'épaisseur de la couche 2 conductrice comme illustré sur la [Fig.2]. Le fut en pointe 1 de la microaiguille 10 reste intact, son épaisseur n'est pas entamée. L'épaisseur de la couche 2 conductrice est suffisamment importante pour garantir une épaisseur minimale par exemple de $0,1\mu\text{m}$ après l'enlèvement de toute l'épaisseur x de la couche d'isolant 3 de la pointe 11 de la microaiguille 10.

[0082] La couche 2 conductrice est avantageusement constituée d'une ou plusieurs couches superposées entre elles.

Couche conductrice 2

[0083] Selon un mode de réalisation et comme illustré sur la [Fig.4], la couche conductrice 2 est avantageusement constituée de deux sous-couches conductrices 21, 23 : une première sous couche 21 conductrice et une deuxième sous-couche 23 conductrice.

[0084] La couche isolante 3 recouvre dans ce cas la deuxième sous-couche 23 conductrice.

[0085] En choisissant convenablement les matériaux et les épaisseurs des première et deuxième sous-couches 21, 23 conductrices on obtient une couche conductrice 2 compatible du fut 1 et de la couche isolante 3 en termes d'adhésion entre les couches. Un phénomène de délamination est ainsi évité entre la couche conductrice ainsi obtenue, le fut 1 et la couche isolante 3.

[0086] En effet, avoir une unique couche pour la couche conductrice 2 peut conduire à un problème d'adhésion avec le fut 1 ou avec la couche isolante 3, problème accentué compte tenu de l'épaisseur requise pour la couche conductrice 2.

[0087] Ainsi, on prévoit que l'épaisseur de la première sous-couche 21 conductrice est inférieure à celle de la deuxième sous-couche 23 conductrice. De la sorte, la première sous-couche 21 favorise le maintien de la deuxième sous-couche conductrice 23 plus épaisse et donc de la couche conductrice 2 tout en permettant le maintien de la couche isolante 3 sur la deuxième sous couche conductrice 23.

[0088] Le dépôt de la couche conductrice 2 consiste ici au dépôt uniforme d'une première sous-couche 21 conductrice (étape E11) selon un premier procédé et au dépôt uniforme d'une deuxième sous-couche conductrice 23 recouvrant la première sous-couche 21 conductrice (étape E12) selon un deuxième procédé. Le premier procédé et le deuxième procédé peuvent être identiques. Toutefois, en fonction du type de procédé utilisé et l'épaisseur à déposer, il peut être avantageux de mettre en œuvre des procédés différents.

- [0089] Ainsi et de manière préférée, le premier procédé est tel qu'il permet de déposer des couches d'une première épaisseur tandis que le deuxième procédé est tel qu'il permet de déposer des couches d'une deuxième épaisseur différente de la première épaisseur. Ainsi, le deuxième procédé permet de déposer des couches d'épaisseur supérieure à celles déposées par le premier procédé. Par exemple le premier procédé permet de déposer des couches d'épaisseur comprise entre 0,1 μm et 0,2 μm tandis que le deuxième procédé permet de déposer des couches d'épaisseur comprise entre 0,5 μm et 7 μm .
- [0090] Selon ce mode de réalisation on obtient alors une deuxième sous-couche 23 conductrice d'épaisseur supérieure à celle de la première sous-couche 21 conductrice.
- [0091] A l'issue de l'étape de retrait de la couche isolante on obtient une microaiguille telle qu'illustrée sur la [Fig.5]. Sur cette figure, la microaiguille 10 comprend un fut en pointe 1 recouverte uniformément par une couche 2 conductrice, elle-même recouverte uniformément par une couche isolante 3 d'épaisseur x .
- [0092] Selon un mode de réalisation, la deuxième sous-couche 23 conductrice est constituée du même matériau conducteur que celui constituant la première sous-couche 21 conductrice. Ceci favorise l'adhésion entre les deux couches.
- [0093] Selon un mode de réalisation, la deuxième sous-couche 23 conductrice est constituée d'un matériau conducteur différent de celui constituant la première sous-couche 21 conductrice. Dans ce cas, on veillera à ce que les matériaux choisis sont compatibles pour adhérer l'un à l'autre.
- [0094] Dans le cas où les matériaux de la première sous couche 21 ou de la deuxième sous couche 23 sont différents, on veillera à ce que le matériau de la deuxième sous-couche conductrice 23 soit en matériau plus conducteur que celui de la première sous couche conductrice 21.
- [0095] A titre d'exemple la première sous-couche 21 et/ou la deuxième sous-couche 21 sont en cuivre, en nickel, en or, en argent ou titane, etc.
- [0096] La première sous-couche 21 est en matériau choisi pour adhérer au fut en pointe tout en permettant à la deuxième sous-couche 23 d'adhérer à la première sous-couche 21.
- [0097] De manière complémentaire, pour éviter un phénomène de délamination entre la première sous couche 21 conductrice et la deuxième sous couche 23 conductrice provoqué par la superposition de couches d'épaisseurs différentes et/ou de matériaux différents, l'une et/ou l'autre des surfaces de ces sous couches 21, 23 en contact présentent une rugosité de surface pour améliorer l'adhésion entre les deux.
- [0098] A l'issue de l'étape de retrait (étape E3), de préférence, par laser, comme illustré sur la [Fig.5], la pointe 11 de la microaiguille 10 est dénudée de la totalité de l'épaisseur x de la couche isolante 3 et une partie de l'épaisseur de la couche 2 conductrice. L'épaisseur de la couche conductrice 2 est suffisamment importante afin de garantir

une épaisseur minimale E_{min} (soit par exemple $0,1\mu m$) après l'enlèvement de la couche d'isolant 3 de la pointe 11 de la microaiguille 10 ; le fut en pointe 1 de la microaiguille 10 reste intacte, son épaisseur n'est pas entamée. Comme dit précédemment, et afin de prendre en compte l'incertitude t du laser tout en garantissant la présence d'une épaisseur minimale de couche conductrice après l'enlèvement de la totalité de l'épaisseur x de la couche isolante 3, l'épaisseur de la couche conductrice est supérieure ou égale à $t + E_{min}$; t étant l'intervalle de tolérance totale du laser utilisé lors de l'étape E3.

- [0099] Selon un mode de réalisation illustré sur la [Fig.6], la couche conductrice 2 est constituée de la première sous couche 21 conductrice et de la deuxième sous-couche 23 conductrice et d'une sous-couche 22 intermédiaire disposée entre la première sous couche 21 conductrice et la deuxième sous-couche 23 conductrice.
- [0100] Par conséquent le dépôt de la couche conductrice 2 comprend le dépôt de la première sous-couche 21 conductrice (étape E11') suivi du dépôt de la sous couche 22 intermédiaire (étape E12') suivi du dépôt de la deuxième sous-couche 23 conductrice (étape E13'). La couche intermédiaire 22 est de préférence déposée juste après le dépôt de la première couche conductrice 21 pour éviter une oxydation de la première sous couche 21 conductrice.
- [0101] L'ajout de la couche intermédiaire 22 diminue encore le phénomène de délamination notamment celui entre les première et deuxième sous couches conductrices 21, 23.
- [0102] En particulier, on prévoit que l'épaisseur de la sous-couche 22 intermédiaire est sensiblement identique à celui de la première sous couche 21. En outre, cette sous couche intermédiaire 22 est en matériau identique à celui de la deuxième sous couche 23.
- [0103] Comme précédemment, la première sous-couche conductrice 21 est déposée selon un premier procédé et la deuxième sous-couche conductrice est déposée selon un deuxième procédé afin d'obtenir une deuxième sous-couche 23 conductrice d'épaisseur supérieure à celle de la première sous couche 21 conductrice.
- [0104] La sous couche 22 intermédiaire est-elle déposée selon le premier procédé identique à celui utilisé pour déposer la première sous couche 21.
- [0105] Enfin, ici encore on peut prévoir que les surfaces de contact entre les couches présentent une rugosité de surface pour améliorer l'adhésion entre les couches. Le fait que la sous-couche 22 intermédiaire et la première sous-couche 21 conductrice présentent une épaisseur sensiblement similaire permet d'éviter la délamination entre ces sous-couches 22, 21. Et le fait que la deuxième sous-couche 23 conductrice et la sous-couche 22 intermédiaire soient constituées du même matériau permet d'éviter la délamination tout en permettant la création d'une surépaisseur grâce au dépôt de la deuxième sous-couche 23 conductrice. Selon ce mode de réalisation, le phénomène de délamination est particulièrement réduit.

[0106] A l'issue de l'étape de retrait on obtient une microaiguille telle qu'illustrée sur la [Fig.7]. Sur cette figure, la pointe 11 de la microaiguille 10 est dénudée de la totalité de l'épaisseur x de la couche isolante 3 selon le procédé de la [Fig.2] et une partie de l'épaisseur de la couche 2 conductrice. L'épaisseur de la couche conductrice 2 est suffisamment importante afin de garantir une épaisseur minimale de $0,1\mu\text{m}$ après l'enlèvement de la couche d'isolant 3 de la pointe 11 de la microaiguille 10 ; le fut en pointe 1 de la microaiguille 10 reste intacte, son épaisseur n'est pas entamée. Comme dit précédemment, et afin de prendre en compte l'incertitude du laser tout en garantissant la présence d'une épaisseur minimale de $0,1\text{ mm}$ de couche conductrice après l'enlèvement de la totalité de l'épaisseur x de la couche isolante 3, l'épaisseur de la couche conductrice est supérieure ou égale à $t + E_{\text{min}}$; t étant l'intervalle de tolérance totale du laser utilisé lors de l'étape E3.

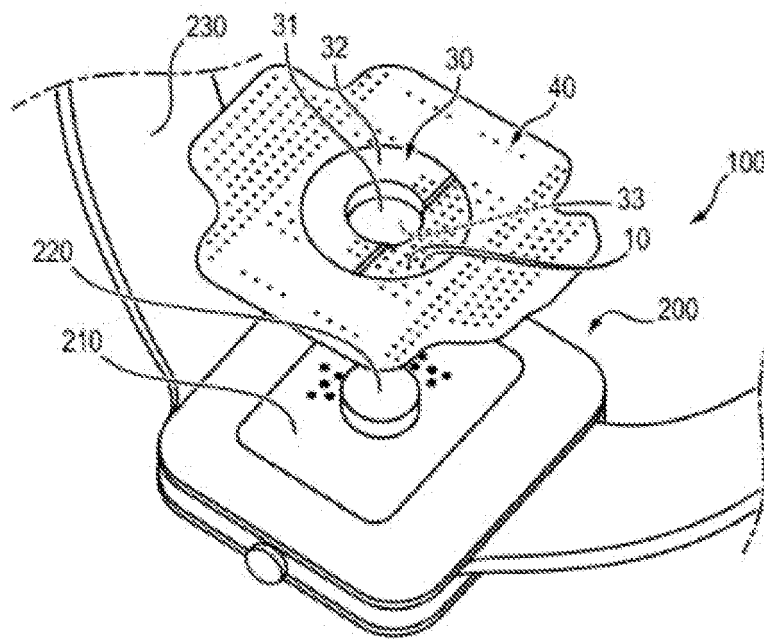
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une microaiguille (10), la microaiguille (10) comprenant une base (12) et une pointe (11), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- fourniture (E0) d'un fut (1) en pointe ;
 - dépôt (E1, E11, E12, E11', E12', E13') d'une couche (2) conductrice recouvrant le fut (1) ;
 - dépôt (E2) d'une couche isolante (3) ayant une épaisseur x sur la couche (2) conductrice ;
 - retrait (E3) de la couche isolante (3) de manière à définir une pointe (11) conductrice de la microaiguille (10) au moyen d'un laser (5), le laser (5) étant configuré pour retirer une épaisseur y supérieure ou égale à l'épaisseur x de sorte à dénuder la pointe (11) de la totalité de l'épaisseur de la deuxième couche isolante (3) et d'une portion d'épaisseur de la couche (2) conductrice, afin que la pointe (11) soit dénudée de toute l'épaisseur x de la couche isolante (3), la microaiguille (10) ainsi obtenue comprenant une base (12) isolante et une pointe (11) conductrice.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le laser comprend un intervalle de tolérance t , la couche (2) conductrice ayant une épaisseur supérieure de 0,1 mm à l'intervalle de tolérance du laser utilisé au cours de l'étape de retrait (E3) de manière à ce que la couche (2) conductrice à l'issue de l'étape de retrait présente une épaisseur supérieure ou égale à 0,1 μm .
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche (2) conductrice comprend au moins une première sous couche (21) conductrice recouvrant le fut (1) et au moins une deuxième sous couche (23) conductrice recouvrant la première sous couche (21) conductrice, la deuxième sous-couche (23) ayant une épaisseur supérieure à l'épaisseur de la première sous-couche (21).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel la deuxième sous couche (23) conductrice est déposée selon un procédé différent de celui mis en œuvre pour déposer la première sous-couche (21) conductrice.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel la couche (2) conductrice comprend une sous couche (22) intermédiaire disposée entre la première sous couche (21) conductrice et la deuxième sous couche (23) conductrice, la sous-couche intermédiaire (22) est en matériau identique

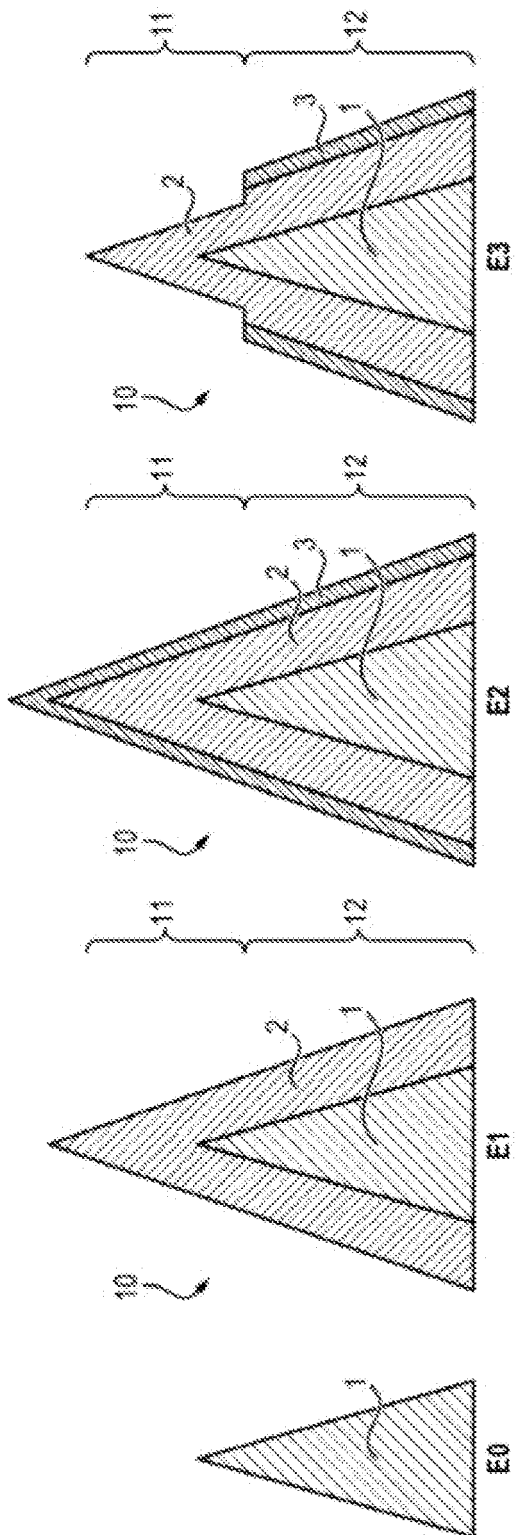
à celui de la deuxième sous-couche (23) conductrice et présente une épaisseur inférieure à l'épaisseur de la deuxième sous-couche (23) conductrice.

- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, dans lequel la sous-couche intermédiaire (22) est déposée selon un procédé identique à celui mis en œuvre pour déposer la première sous-couche (21) conductrice.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche (2) conductrice présente une épaisseur comprise entre $0,1\ \mu m$ et $7\ \mu m$.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche (3) isolante est en matériau isolant électriquement et biocompatible présentant une épaisseur comprise entre $1\ \mu m$ et $20\ \mu m$.
- [Revendication 9] Microaiguille (10) obtenue par un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

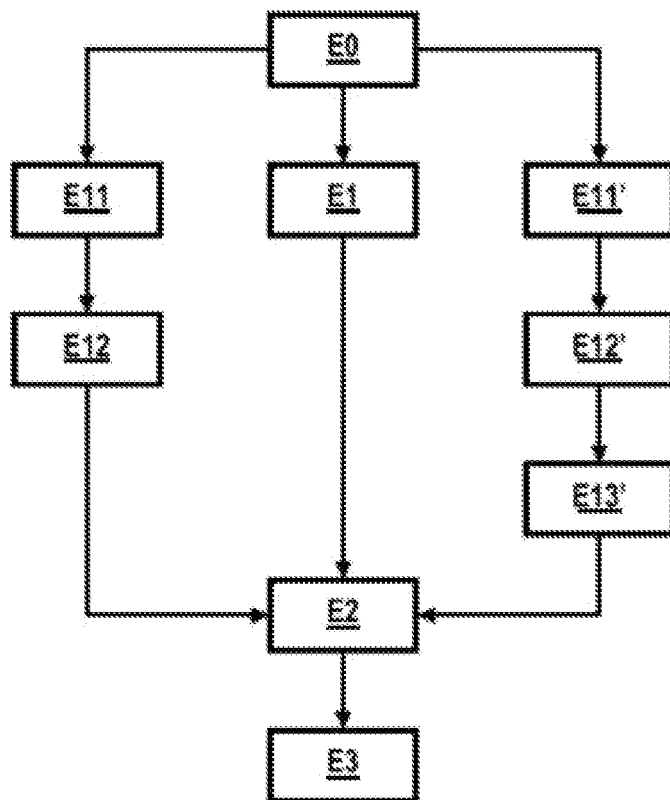
[Fig. 1]



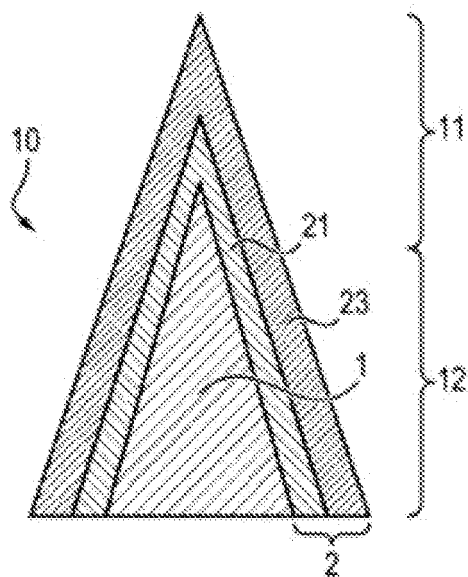
[Fig. 2]



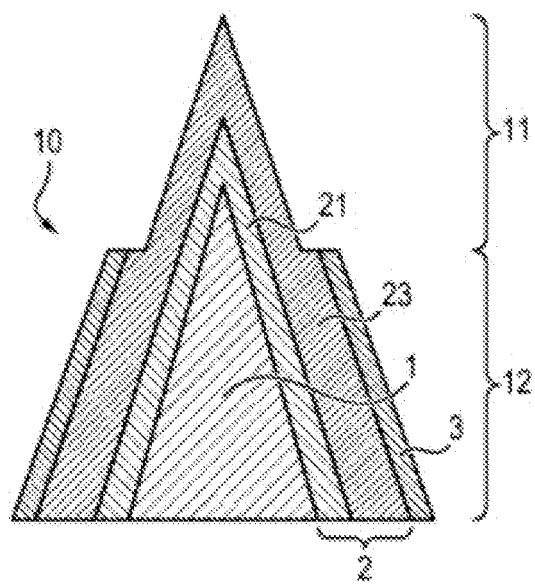
[Fig. 3]



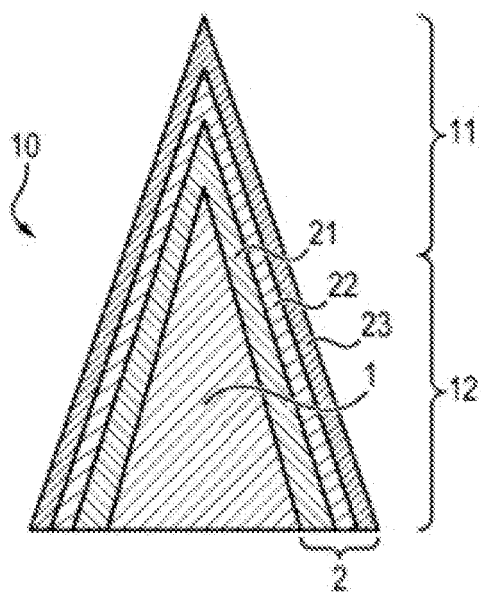
[Fig. 4]



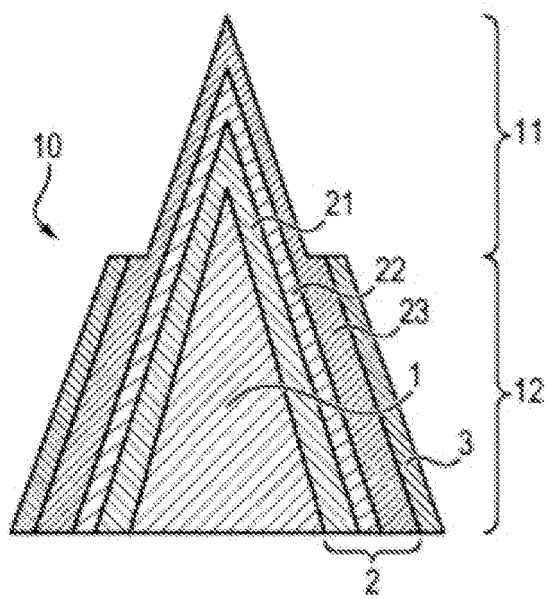
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2204981 FA 907680**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-02-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008150930 A2	11-12-2008	US 2008138581 A1 WO 2008150930 A2	12-06-2008 11-12-2008
US 2008063866 A1	13-03-2008	US 2008063866 A1 US 2013306356 A1	13-03-2008 21-11-2013
US 2009283425 A1	19-11-2009	AUCUN	
WO 2015143443 A1	24-09-2015	US 2017007813 A1 WO 2015143443 A1	12-01-2017 24-09-2015