

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/103380 A1

(43) Date de la publication internationale
22 juin 2017 (22.06.2017)

- (51) Classification internationale des brevets :
A61N 5/06 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/053248
- (22) Date de dépôt international :
7 décembre 2016 (07.12.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1562698 17 décembre 2015 (17.12.2015) FR
- (71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; Bâtiment Le Ponant D, 25, Rue Leblanc, 75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : CHABROL, Claude; 3, Avenue Pierre Mendès France, 38320 Poisat (FR). BENABID, Alim-Louis; 23 bis, Avenue de l'Eygala, 38240 Meylan (FR).
- (74) Mandataire : CABINET BEAUMONT; 1, Rue Champollion, 38000 Grenoble (FR).

- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : IMPLANTABLE DEVICE FOR OPTICAL STIMULATION OF THE BRAIN

(54) Titre : DISPOSITIF IMPLANTABLE POUR LA STIMULATION OPTIQUE DU CERVEAU

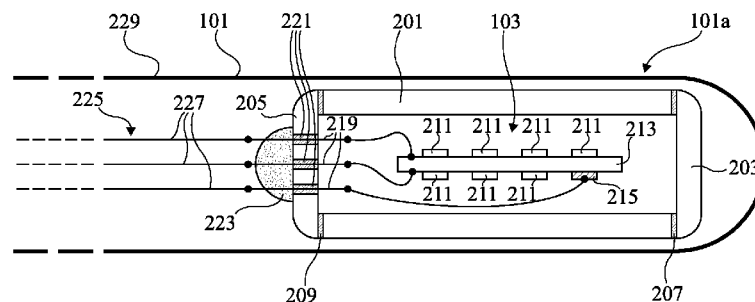
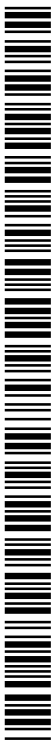


Fig 2

(57) Abstract : The invention relates to an implantable device for optical stimulation of an organ of the human or animal body, having a probe (101) comprising a tube (201) made of a first transparent material, this tube being hermetically closed by at least one stopper (203, 205); at least one light source (103) arranged inside the tube (201); a plurality of electrical connection elements (219) extending through the stopper (203; 205) and electrically connecting said at least one light source (103) to the outside of the tube (201); and a linking cable (225) arranged outside the tube (201) and connected to said connection elements (219).

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif implantable pour la stimulation optique d'un organe du corps humain ou animal, comportant une sonde (101) comprenant un tube (201) en un premier matériau transparent, ce tube étant hermétiquement fermé par au moins un bouchon (203, 205); au moins une source lumineuse (103) disposée à l'intérieur du tube (201); une pluralité d'éléments de connexion électrique (219) traversant le bouchon (203; 205) et reliant électriquement ladite au moins une source lumineuse (103) à l'extérieur du tube (201); et un câble de liaison (225) disposé à l'extérieur du tube (201), connecté audits éléments de connexion (219).



WO 2017/103380 A1

DISPOSITIF IMPLANTABLE POUR LA STIMULATION OPTIQUE DU CERVEAU

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR15/62698 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine

5 La présente demande concerne le domaine des dispositifs implantables pour la stimulation, par irradiation optique, d'organes du corps humain ou animal, et en particulier pour la stimulation optique profonde du cerveau.

Exposé de l'art antérieur

10 La stimulation cérébrale profonde ("deep brain stimulation" en anglais) est une technique thérapeutique comportant l'implantation dans le cerveau d'un patient d'un dispositif permettant de stimuler des parties spécifiques du cerveau. On a notamment proposé des traitements de certains
15 dysfonctionnements neuronaux, dont la maladie de parkinson, par irradiation optique de parties du cerveau avec une source de lumière émettant dans le domaine de l'infrarouge.

On a déjà proposé des dispositifs implantables permettant de mettre en oeuvre des traitements par irradiation
20 optique profonde du cerveau au moyen d'une fibre optique introduite dans le cerveau du patient, par l'intermédiaire de laquelle de la lumière provenant d'une source de lumière placée à

l'extérieur du cerveau est guidée vers le cerveau. Un exemple d'un tel dispositif est décrit dans la demande de brevet FR3010321 précédemment déposée par le demandeur.

L'utilisation de fibres optiques présente toutefois des limitations. En particulier, une fibre optique ne permet d'éclairer qu'une surface relativement restreinte du cerveau, en raison de la forte directivité de la lumière qu'elle projette à sa sortie. En outre, les pertes de couplage dans la fibre optique obligent à utiliser une source lumineuse adaptée (par exemple laser, de préférence à LED), ce qui se traduit par une consommation électrique relativement élevée du dispositif.

Un autre exemple de dispositif implantable permettant de mettre en oeuvre des traitements par irradiation optique est décrit dans le document US5782896.

Il serait souhaitable de pouvoir disposer d'un dispositif pour l'irradiation optique profonde du cerveau, ce dispositif palliant tout ou partie des inconvénients des dispositifs connus.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un dispositif implantable pour la stimulation optique d'un organe du corps humain ou animal, comportant une sonde comprenant un tube en un premier matériau transparent, ce tube étant hermétiquement fermé par au moins un bouchon ; au moins une source lumineuse disposée à l'intérieur du tube ; une pluralité d'éléments de connexion électrique traversant le bouchon et reliant électriquement ladite au moins une source lumineuse à l'extérieur du tube ; et un câble de liaison disposé à l'extérieur du tube, connecté audits éléments de connexion.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte en outre une gaine en un deuxième matériau transparent enrobant le tube et le câble.

Selon un mode de réalisation, le deuxième matériau est un matériau élastomère.

Selon un mode de réalisation, le premier matériau est du saphir ou de la silice.

Selon un mode de réalisation, la sonde a une forme longiligne, le tube étant situé à une première extrémité de la sonde et le câble de liaison reliant la source lumineuse à une deuxième extrémité de la sonde opposée à la première extrémité.

5 Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte en outre un module d'alimentation et de contrôle relié électriquement à la source lumineuse par l'intermédiaire du câble de liaison.

Selon un mode de réalisation, la source lumineuse comprend une ou plusieurs diodes électroluminescentes.

10 Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte en outre un capteur adapté à détecter une éventuelle fuite dans le tube.

Selon un mode de réalisation, le capteur comprend une diode électroluminescente organique située à l'intérieur du tube.

15 Selon un mode de réalisation, le capteur comprend en outre un circuit de mesure d'une grandeur représentative de l'impédance de la diode électroluminescente organique et/ou du rendement lumineux de la diode électroluminescente organique.

20 Selon un mode de réalisation, un matériau de remplissage transparent est disposé à l'intérieur du tube.

Selon un mode de réalisation, la sonde comprend en outre des électrodes adaptées à la mise en oeuvre d'une stimulation électrique d'un organe du corps humain ou animal.

Brève description des dessins

25 Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

30 la figure 1 est une représentation schématique d'un exemple d'un mode de réalisation d'un dispositif implantable pour l'irradiation optique du cerveau ;

la figure 2 illustre plus en détail une partie du dispositif de la figure 1 ; et

35 la figure 3 représente une variante de réalisation du dispositif décrit en relation avec les figures 1 et 2.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. Par souci de clarté, seuls les éléments qui sont utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

La figure 1 est une représentation schématique d'un exemple d'un mode de réalisation d'un dispositif implantable pour l'irradiation optique du cerveau. Ce dispositif comporte une sonde 101 de forme longiligne dont une première extrémité ou extrémité distale 101a est destinée à être implantée à l'intérieur du cerveau en vis-à-vis d'une partie du cerveau que l'on souhaite stimuler. La sonde 101 a par exemple la forme générale d'une tige, par exemple une tige à section circulaire. La sonde 101 a par exemple la forme générale et les dimensions d'une sonde de type DBS (de l'anglais "Deep Brain Stimulation"), outil couramment utilisé dans le domaine des implantations intracérébrales. A titre d'exemple, la largeur de la sonde 101 (c'est-à-dire son diamètre dans le cas d'une tige à section circulaire) est comprise entre 0,5 et 5 mm et de préférence entre 1,3 et 2,5 mm, et sa longueur est comprise entre 5 cm et 1 m et de préférence entre 15 et 30 cm. La sonde 101 est de préférence souple ou flexible pour limiter les risques de lésion/détérioration des tissus. En pratique, un outil rigide peut être utilisé pour la mise en place chirurgicale de la sonde. La sonde 101 comprend, du côté de son extrémité distale 101a, une source lumineuse 103 adaptée à irradier des portions du cerveau situées en vis-à-vis de l'extrémité distale de la sonde. La sonde 101 comprend en outre un câble de liaison (câble 225 des figures 2 et 3, non visible sur la figure 1) reliant électriquement la source lumineuse 103 à une deuxième extrémité ou extrémité proximale 101b de la sonde.

Le dispositif de la figure 1 comprend de plus un module 105 d'alimentation et de commande de la source lumineuse 103, comportant par exemple une batterie électrique et un circuit de contrôle adapté à commander la source lumineuse 103 pour mettre
5 en oeuvre des stimulations souhaitées du cerveau. Dans l'exemple représenté, le dispositif comporte en outre un câble 107 reliant le module 105 à l'extrémité proximale 101b de la sonde 101. Plus particulièrement, l'extrémité du câble 107 opposée au module 105 est couplée ou connectée électriquement à l'extrémité proximale
10 de la sonde 101, de manière à permettre au module 105 d'alimenter et de commander la source 103.

En pratique, pour minimiser les risques pour le patient, seule la sonde 101 est effectivement implantée dans le cerveau du patient, les autres éléments du dispositif étant maintenus à
15 l'extérieur du cerveau pendant toute la durée du traitement. A titre d'exemple, les éléments du dispositif de la figure 1 autres que la sonde 101 peuvent être implantés dans d'autres parties du corps du patient. Le module d'alimentation et de contrôle 105 peut par exemple être implanté au niveau du thorax du patient. Le
20 couplage entre le câble 107 et la sonde 101 est de préférence détachable ou amovible de façon à pouvoir effectuer certaines opérations de maintenance du module 105 ou du câble 107 sans avoir à extraire la sonde 101 du cerveau du patient. Dans l'exemple représenté, le couplage entre le câble 107 et la sonde 101 est
25 effectué par l'intermédiaire d'un connecteur 109, ce connecteur comportant une partie 109₁ montée solidaire du câble 107 et une partie 109₂ montée solidaire de la sonde 101. Les parties 109₁ et 109₂ du connecteur 109 sont adaptées à coopérer de manière détachable ou amovible pour établir une connexion électrique entre
30 le câble 107 et le câble de liaison de la sonde 101. Le connecteur 109 peut par exemple être implanté sous le cuir chevelu ou dans un logement préalablement fraisé dans la boîte crânienne du patient.

La figure 2 représente plus en détail un exemple de
35 réalisation de la sonde 101 du dispositif de la figure 1. La

figure 2 représente plus particulièrement la partie distale de la sonde 101.

La sonde 101 comporte, du côté de son extrémité distale 101a, un tube 201 en un matériau biocompatible transparent, par exemple du saphir ou de la silice, à l'intérieur duquel est
5 disposée la source lumineuse 103. Le tube 201 présente par exemple une section circulaire. A titre d'exemple, la largeur du tube 201 (c'est-à-dire son diamètre dans le cas d'un tube à section circulaire) est comprise entre 1 et 2 mm, et sa longueur est
10 comprise entre 1 et 10 mm. Le tube 201 est par exemple disposé de façon que son axe central longitudinal coïncide sensiblement avec l'axe central longitudinal de la sonde. Le tube 201 peut être réalisé en un matériau rigide, par exemple un matériau présentant un module de Young supérieur à 10 GPa. Le tube transparent 201
15 est hermétiquement fermé à ses extrémités par des bouchons 203 et 205. Les bouchons 203 et 205 sont par exemple (mais non nécessairement) transparents. Le bouchon 203 peut être intégré au tube 201 de manière à former une seule pièce avec le tube 201. A titre d'exemple, les bouchons 203 et 205 sont en le même matériau bio-
20 compatible transparent que le tube 201 de façon à faciliter l'assemblage, par exemple par soudure laser ou brasure métallique. Dans l'exemple représenté, le bouchon 203 est tourné vers la partie distale 101a de la sonde, et le bouchon 205 est tourné vers la partie proximale 101b de la sonde. Le bouchon 203 est
25 hermétiquement fixé sur toute sa périphérie à une première extrémité du tube 201, par exemple par soudure, ou par une brasure hermétique biocompatible 207, par exemple une brasure à l'or. Le bouchon 205 est hermétiquement fixé sur toute sa périphérie à l'extrémité opposée du tube 201, par exemple par soudure ou par
30 une brasure hermétique biocompatible 209, par exemple une brasure à l'or. La fixation des bouchons 203 et 205 aux extrémités du tube 201 est par exemple réalisée par soudure thermosonique ou par thermocompression. Ces méthodes présentent l'avantage de pouvoir être réalisées à relativement basse température, par exemple à
35 une température inférieure à 200°C, ce qui permet de ne pas

endommager les composants placés à l'intérieur du tube 201. A titre de variante, la fixation des bouchons 203 et 205 aux extrémités du tube 201 se fait par soudure laser à travers le matériau et sans apport de matière. Une fois les bouchons 203 et 205 en place, l'ensemble comprenant le tube 201 et les bouchons 203 et 205 forme un boîtier hermétique adapté à isoler l'ensemble des composants non biocompatibles qu'il contient, par exemple un boîtier présentant un taux de fuite à l'hélium inférieur à 10^{-6} atm.cm³/s et de préférence inférieur à 10^{-8} atm.cm³/s, avec 1 atm = 101325 Pa. A titre d'exemple, le boîtier est fermé sous atmosphère neutre (sans oxygène), par exemple sous argon.

Préalablement à la fermeture hermétique du tube 201, la source lumineuse 103 de la sonde est disposée à l'intérieur du tube 201. La source lumineuse comprend un ou plusieurs émetteurs de lumière 211. Les émetteurs 211 peuvent être des diodes laser, par exemple des diodes laser à cavité verticale à émission par la surface (VCSEL), des diodes électroluminescentes (LED), par exemple des diodes électroluminescentes organiques (OLED), ou toutes autres sources lumineuses adaptées. Dans l'exemple représenté, les émetteurs 211 sont montés sur un support 213, par exemple une carte de circuit imprimé. Les émetteur 211 peuvent par exemple être disposés sur une même face d'une carte de circuit imprimé, ou sur les deux faces opposées d'une carte de circuit imprimé comme cela est représenté en figure 2. Les émetteurs 211 peuvent être identiques ou similaires et commandables simultanément. A titre de variante, la source de lumière 103 comprend des émetteurs 211 présentant des propriétés distinctes, par exemple des bandes de longueurs d'ondes d'émission distinctes. De plus, les émetteurs 211 de la source de lumière 103 peuvent être commandables individuellement. A titre d'exemple, la source de lumière 103 comprend des émetteurs 211 adaptés à émettre dans une bande de longueurs d'ondes comprise dans la plage allant de 650 à 1100 nm. Plus généralement, toute autre gamme de longueurs d'ondes d'émission peut être prévue, par exemple la gamme allant de 400 à 650 nm pour des applications d'optogénétique.

La sonde 101 peut en outre comporter, à l'intérieur du tube 201, un capteur 215 adapté à surveiller l'herméticité du boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205. Dans l'exemple représenté, le capteur 215 est monté sur le même support
5 213 que les émetteurs 211 de la source lumineuse 103. Le capteur d'herméticité 215 comprend par exemple un capteur de la pression interne du tube 201, ou un capteur du taux d'humidité à l'intérieur du tube 201.

A titre de variante, le capteur 215 comprend une ou
10 plusieurs diodes électroluminescentes organiques (OLED). Les diodes électroluminescentes organiques sont en effet connues pour voir leurs performances se dégrader en présence d'humidité ou d'oxygène. Dans cet exemple, on prévoit de mesurer des caractéristiques d'une ou plusieurs diodes électroluminescentes
15 organiques pour détecter la présence éventuelle d'oxygène ou d'humidité dans des proportions anormales à l'intérieur du boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205, et en déduire la présence d'une fuite dans le boîtier. En particulier, en présence d'humidité ou d'oxygène, le rendement lumineux d'une
20 diode électroluminescente organique décroît relativement rapidement. Ainsi, le capteur 215 peut comporter une diode électroluminescente organique et un capteur photosensible adapté à mesurer l'intensité lumineuse émise par cette diode. Le module d'alimentation et de commande 105 peut alors être adapté, à partir
25 des mesures fournies par le capteur photosensible, à détecter une éventuelle fuite dans le boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205. Il est en outre connu que l'impédance d'une diode électroluminescente organique augmente relativement rapidement en présence d'humidité ou d'oxygène. Ainsi, le capteur 215
30 peut comporter une diode électroluminescente organique, le module 105 étant adapté à mesurer l'impédance de cette diode et à détecter, à partir des mesures d'impédance réalisées, une éventuelle fuite dans le boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205. On notera que dans le cas où le capteur 215
35 comprend une diode électroluminescente organique, cette diode peut

être utilisée non seulement pour la surveillance d'étanchéité du boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205, mais aussi comme émetteur de lumière pour l'irradiation optique du cerveau du patient. Dans le cas où le capteur 215 comprend un
5 capteur photosensible, ce dernier peut en outre être utilisé pour surveiller les signaux lumineux d'irradiation émis par les émetteurs 211.

Lorsque le module 105 détecte, à partir des mesures fournies par le capteur 215, une fuite dans le boîtier formé par
10 le tube 201 et les bouchons 203 et 205, il déclenche par exemple une alarme pour signaler que la sonde 101 doit être remplacée.

La sonde 101 comprend en outre des éléments de connexion électrique 219 traversant le boîtier formé par le tube 201 et les bouchons 203 et 205 et reliant électriquement à l'extérieur du
15 boîtier les composants situés dans le tube 201. Plus particulièrement, la sonde 101 comprend au moins deux éléments de connexion électrique 219 isolés reliés respectivement à une borne d'alimentation positive et à une borne d'alimentation négative de la source de lumière 103. D'autres éléments de connexion 219 peuvent
20 en outre être prévus pour l'alimentation des composants situés à l'intérieur du tube 201 et/ou pour la communication avec ces composants. Dans l'exemple représenté chaque élément de connexion électrique 219 comprend une tige conductrice traversant de part en part le bouchon 205 par l'intermédiaire d'un trou ou via percé
25 dans ce bouchon. Chacun des vias est fermé hermétiquement par une brasure 221 en un matériau biocompatible, par exemple une brasure à l'or. La partie extérieure des éléments de connexion 219 peut être totalement ou partiellement noyée dans une goutte de résine 223 déposée sur la face extérieure du bouchon 205, de façon à
30 renforcer la résistance mécanique de la zone d'interconnexion. Les éléments de connexion électrique 219 peuvent être en un matériau conducteur biocompatible, par exemple du platine iridié.

La sonde 101 comprend de plus, à l'extérieur du tube 201, un câble de liaison 225 reliant électriquement les éléments
35 de connexion 219 à l'extrémité proximale 101b de la sonde. Le

câble 225 comprend une pluralité de brins conducteurs isolés 227 connectés respectivement aux différents éléments de connexion 219. Les brins 227 peuvent être réalisés en un matériau conducteur biocompatible, par exemple en acier inoxydable.

5 Dans l'exemple de la figure 2, la sonde 101 comprend de plus une gaine de protection 229 en un matériau biocompatible transparent enrobant le tube 201 et le câble de liaison 227. La gaine 229 est par exemple en un matériau élastomère transparent, par exemple en silicone ou en polyuréthane. A titre d'exemple, la
10 gaine 229 est en matériau présentant un module de Young compris entre 1 et 1000 MPa de façon à conférer une certaine flexibilité à la sonde 101.

Pour limiter les réflexions parasites de la lumière émise par la source 103, les parois internes du tube 201 peuvent
15 être revêtues d'une couche antireflet. A titre de variante, un matériau de remplissage transparent d'indice adapté, par exemple un matériau d'indice inférieur à celui du matériau du tube 201, par exemple du silicone, peut être injecté à l'intérieur du tube 201. Le matériau de remplissage peut notamment être choisi pour
20 avoir une conductivité thermique supérieure à celle de l'air. Ainsi, un avantage supplémentaire est que la présence du matériau de remplissage permet d'améliorer la dissipation de la chaleur produite par la source lumineuse, et d'améliorer en conséquence la durée de vie des composants.

25 Un avantage du dispositif décrit en relation avec les figures 1 et 2 réside dans le fait qu'il permet de mettre en oeuvre des stimulations optiques du cerveau plus variées qu'avec un dispositif à fibre optique. En particulier, le dispositif décrit permet d'irradier des surfaces plus importantes du cerveau
30 qu'un dispositif à fibre optique. En outre, la source lumineuse 103 peut comporter des émetteurs 211 émettant simultanément dans des bandes de longueurs d'ondes distinctes.

De plus, la disposition de la source lumineuse à l'extrémité distale de la sonde 101, c'est-à-dire directement en
35 vis-à-vis des régions à stimuler, permet de réduire la puissance

de la source lumineuse et les pertes par couplage (présentes dans le cas d'un dispositif comprenant une source déportée et une fibre optique) et par conséquent la consommation électrique du dispositif par rapport à un dispositif à fibre optique.

5 Un autre avantage du dispositif décrit en relation avec les figures 1 et 2 est que la gaine d'enrobage peut être agencée de façon à conférer à la sonde 101 une forme générale et des propriétés mécaniques similaires à celles de dispositifs de stimulation cérébrale profonde électrique existants, ou à celles
10 des dispositifs de stimulation cérébrale profonde optique à fibre optique existants. Ainsi, l'implantation de la sonde 101 peut être réalisée au moyen d'outils et de techniques chirurgicales déjà éprouvés. En outre, ce système reste compatible avec les éléments de contrôle de stimulation standard et la connectique associée.

15 La figure 3 représente une variante de réalisation du dispositif décrit en relation avec les figures 1 et 2. La figure 3 représente plus particulièrement la partie distale de la sonde 101 du dispositif.

La sonde 101 de la figure 3 comprend les mêmes éléments
20 que la sonde 101 de la figure 2, agencés sensiblement de la même manière. La sonde 101 de la figure 3 diffère de la sonde 101 de la figure 2 en ce qu'elle comporte en outre, au niveau de sa partie distale, des électrodes 301 (quatre dans l'exemple représenté) adaptées à la mise en oeuvre d'une stimulation
25 électrique profonde du cerveau. Les électrodes 301 sont disposées sur la périphérie extérieure de la gaine 229 et sont destinées à être placées directement en contact avec les tissus du cerveau. Les électrodes 301 ont par exemple la forme d'anneaux entourant la gaine 229. Chaque électrode 301 a par exemple une largeur
30 (c'est-à-dire une distance dans l'axe longitudinal de la sonde 101) comprise entre 0,5 et 3 mm, par exemple de l'ordre de 1 mm. La distance (dans l'axe longitudinal de la sonde 101) entre deux électrodes 301 voisines est par exemple comprise entre 0,2 et 2 mm, par exemple de l'ordre de 0,5 mm. Les électrodes 301 sont par
35 exemple disposées en amont de la sonde par rapport à la source

lumineuse 103. A titre d'exemple, la distance (dans l'axe longitudinal de la sonde 101) entre la source lumineuse 103 et l'électrode 301 la plus proche de la source lumineuse 103 est comprise entre 0,5 mm et 1 cm, par exemple de l'ordre de 1 mm.

5 Dans l'exemple de la figure 3, le câble de liaison 225 reliant la partie distale de la sonde 101 à son extrémité proximale 101b comprend en outre des brins conducteurs isolés 303 connectés respectivement aux différentes électrodes 301.

Dans l'exemple de la figure 3, le module de commande 105
10 (figure 1) du dispositif est non seulement adapté à commander la source lumineuse 103 pour mettre en oeuvre des stimulations optiques du cerveau, mais est en outre adapté à commander les électrodes 301 (par l'intermédiaire des brins conducteurs 303) pour mettre en oeuvre des stimulations électriques du cerveau,
15 par exemple simultanément à la mise en oeuvre des stimulations optiques, ou en alternance avec les stimulations optiques.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se
20 limitent pas aux exemples de matériaux et de dimensions susmentionnés.

En outre, on a décrit ci-dessus un exemple de réalisation dans lequel le tube 101 est un tube initialement ouvert à ses deux extrémités, des bouchons 203 et 205 étant utilisés pour
25 fermer hermétiquement les deux extrémités du tube. A titre de variante, le tube 101 peut être initialement ouvert à une seule de ses extrémités, auquel cas un seul bouchon peut être utilisé pour fermer le tube.

Par ailleurs, les modes de réalisation décrits ne sont
30 pas limités à l'exemple susmentionné d'application à l'irradiation profonde du cerveau. A titre de variante, les dispositifs décrits peuvent être utilisés pour la stimulation profonde d'organes du corps humain ou animal autres que le cerveau.

REVENDICATIONS

1. Dispositif implantable pour la stimulation optique d'un organe du corps humain ou animal, comportant une sonde (101) comprenant :

un tube (201) en un premier matériau transparent, ce
5 tube étant hermétiquement fermé par au moins un bouchon (203, 205) ;

au moins une source lumineuse (103) disposée à l'intérieur du tube (201) ;

une pluralité d'éléments de connexion électrique (219)
10 traversant le bouchon (203 ; 205) et reliant électriquement ladite au moins une source lumineuse (103) à l'extérieur du tube (201) ;

un câble de liaison (225) disposé à l'extérieur du tube (201), connecté audits éléments de connexion (219) ; et

un capteur (215) adapté à détecter une éventuelle fuite
15 dans le tube (201).

2. Dispositif selon la revendication 1, comportant en outre une gaine (229) en un deuxième matériau transparent enrobant le tube (201) et le câble (225).

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le
20 deuxième matériau est un matériau élastomère.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le premier matériau est du saphir ou de la silice.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications
25 1 à 4, dans lequel la sonde (101) a une forme longiligne, le tube (201) étant situé à une première extrémité (101a) de la sonde (101) et le câble de liaison (225) reliant la source lumineuse à une deuxième extrémité (101b) de la sonde (101) opposée à la première extrémité (101a).

30 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant en outre un module (105) d'alimentation et de contrôle relié électriquement à la source lumineuse (103) par l'intermédiaire du câble de liaison (225).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la source lumineuse (103) comprend une ou plusieurs diodes électroluminescentes (211).

5 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel ledit capteur (215) comprend une diode électroluminescente organique située à l'intérieur du tube (201).

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel ledit capteur (215) comprend en outre un circuit de mesure d'une grandeur représentative de l'impédance de la diode
10 électroluminescente organique et/ou du rendement lumineux de la diode électroluminescente organique.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel un matériau de remplissage transparent est disposé à l'intérieur du tube (201).

15 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la sonde (101) comprend en outre des électrodes (301) adaptées à la mise en oeuvre d'une stimulation électrique d'un organe du corps humain ou animal.

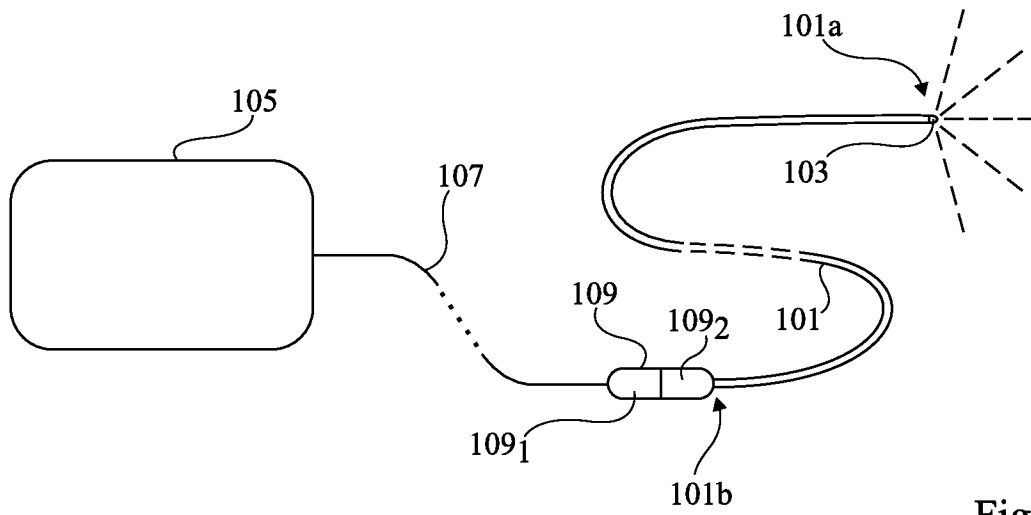


Fig 1

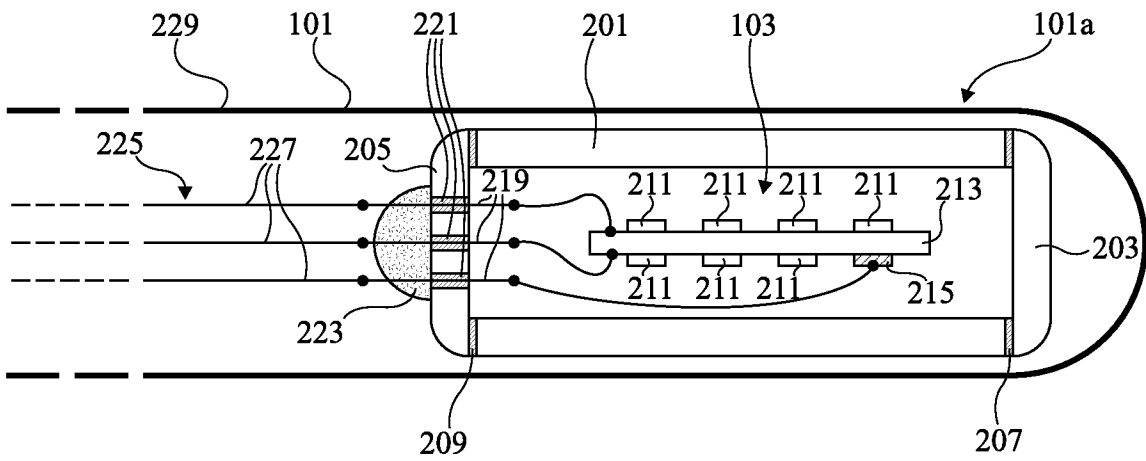


Fig 2

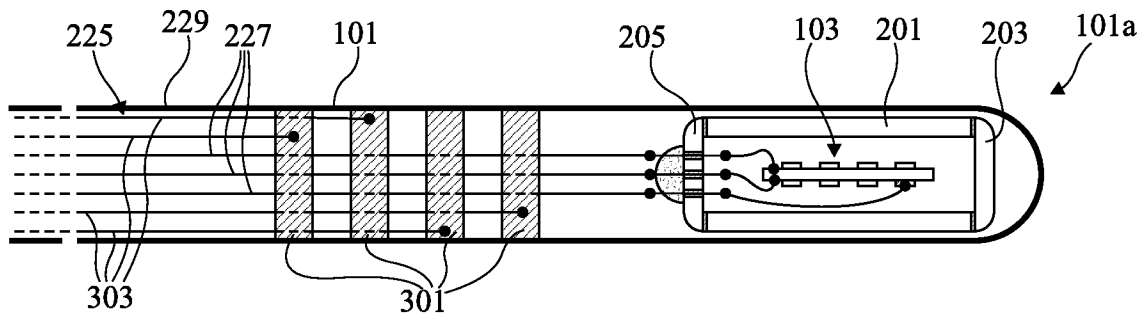


Fig 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/053248

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61N5/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 782 896 A (CHEN JAMES C [US] ET AL) 21 July 1998 (1998-07-21) abstract column 7, lines 7-40 figures 1,2 claim 9	1-11
A	US 2009/118800 A1 (DEISSEROTH KARL [US] ET AL) 7 May 2009 (2009-05-07) abstract paragraph [0031] figure 3A	1-11
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 7 March 2017	Date of mailing of the international search report 17/03/2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Grochol, Jana
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/053248

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/155371 A1 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]; SCHNEIDER M BRET [US]; DEISSEROTH KA) 23 December 2009 (2009-12-23) page 14, line 27 - page 15, line 2 figures 1,2A abstract -----	1-11
A	FR 3 010 321 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 13 March 2015 (2015-03-13) cited in the application abstract -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/053248

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5782896	A	21-07-1998	AU 5511398 A
			US 5782896 A
			WO 9832491 A1

US 2009118800	A1	07-05-2009	US 2009118800 A1
			US 2013317575 A1

WO 2009155371	A1	23-12-2009	AU 2009260029 A1
			AU 2016204027 A1
			CA 2728238 A1
			EP 2303406 A1
			JP 5859066 B2
			JP 2011525130 A
			JP 2014205047 A
			JP 2016064174 A
			MY 156389 A
			SG 191593 A1
			US 2011172653 A1
			US 2013289676 A1
			US 2016015996 A1
			WO 2009155371 A1

FR 3010321	A1	13-03-2015	NONE

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. A61N5/06 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) A61N</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 782 896 A (CHEN JAMES C [US] ET AL) 21 juillet 1998 (1998-07-21) abrégé colonne 7, lignes 7-40 figures 1,2 revendication 9	1-11
A	----- US 2009/118800 A1 (DEISSEROTH KARL [US] ET AL) 7 mai 2009 (2009-05-07) abrégé alinéa [0031] figure 3A ----- -/--	1-11
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p>		<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p>		
<p>"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)</p>		
<p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p>		
<p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p>		
<p>7 mars 2017</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>17/03/2017</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Grochol, Jana</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WO 2009/155371 A1 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]; SCHNEIDER M BRET [US]; DEISSEROTH KA) 23 décembre 2009 (2009-12-23) page 14, ligne 27 - page 15, ligne 2 figures 1,2A abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11
A	<p>FR 3 010 321 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 13 mars 2015 (2015-03-13) cité dans la demande abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/053248

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5782896	A	21-07-1998	AU 5511398 A	18-08-1998
			US 5782896 A	21-07-1998
			WO 9832491 A1	30-07-1998

US 2009118800	A1	07-05-2009	US 2009118800 A1	07-05-2009
			US 2013317575 A1	28-11-2013

WO 2009155371	A1	23-12-2009	AU 2009260029 A1	23-12-2009
			AU 2016204027 A1	18-08-2016
			CA 2728238 A1	23-12-2009
			EP 2303406 A1	06-04-2011
			JP 5859066 B2	10-02-2016
			JP 2011525130 A	15-09-2011
			JP 2014205047 A	30-10-2014
			JP 2016064174 A	28-04-2016
			MY 156389 A	15-02-2016
			SG 191593 A1	31-07-2013
			US 2011172653 A1	14-07-2011
			US 2013289676 A1	31-10-2013
			US 2016015996 A1	21-01-2016
			WO 2009155371 A1	23-12-2009

FR 3010321	A1	13-03-2015	AUCUN	
