

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
17 octobre 2013 (17.10.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2013/153307 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
*G06F 3/044* (2006.01) *H03K 17/96* (2006.01)  
*H01L 41/08* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2013/050673

(22) Date de dépôt international :  
28 mars 2013 (28.03.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1253320 11 avril 2012 (11.04.2012) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **ALIANE, Abdelkader**; 10 Rue Hippolyte Muller, F-38100 Grenoble (FR). **BENWADIH, Mohammed**; 5 Avenue du Général de Gaulle, F-94500 Champsigny / Marne (FR). **HAON, Olivier**; 12 Lotissement Hambeau, F-38960 Saint Etienne De Crossey (FR).

(74) Mandataires : **VUILLERMOZ, Bruno** et al.; Cabinet Laurent & Charras, Le Contemporain, 50 Chemin de la Bruyère, F-69574 DARDILLY Cédex (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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.

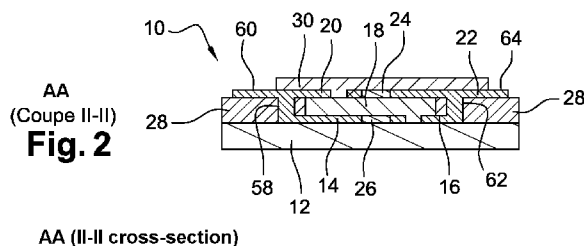
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

(54) Title : TOUCH-SENSITIVE SENSOR AND METHOD FOR PRODUCING SUCH A SENSOR

(54) Titre : CAPTEUR TACTILE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL CAPTEUR



(57) Abstract : This touch-sensitive sensor (10) comprises a layer of piezoelectric material (18) interposed between first and second electrically conductive elements (20, 22) and at least one third conductive element (14, 16) comprising a surface opposite at least one of the first and second conductors (20, 22).

(57) Abrégé : Ce capteur tactile (10) comporte une couche de matériau piézoélectrique (18) intercalée entre d'une part, des premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22), et d'autre part, au moins un troisième élément conducteur (14, 16) comprenant une surface en regard d'au moins l'un des premier et deuxième conducteurs (20, 22).



WO 2013/153307 A1

**CAPTEUR TACTILE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL CAPTEUR****DOMAINE DE L'INVENTION**

- 5 L'invention a trait aux capteurs dits « tactiles », c'est-à-dire détectant la présence d'un objet à leur surface, et notamment aux capteurs tactiles dits « capacitifs » détectant ladite présence au moyen d'une variation d'une propriété capacitive induite par la présence de l'objet à proximité ou au contact du capteur. L'invention a trait également à un capteur de pression détectant la présence d'une force au contact du capteur au moyen d'une
- 10 génération d'une tension électrique aux bornes du capteur.

L'invention trouve particulièrement application dans les écrans, les claviers, et les pavés tactiles.

15 **ETAT DE LA TECHNIQUE**

- On connaît des capteurs tactiles qui détectent la présence d'un doigt à leur surface par la variation de capacité qui en résulte. Ces capteurs, usuellement désignés sous l'expression de « capteurs tactiles capacitifs », sont par exemple utilisés dans les écrans, les claviers,
- 20 et les pavés tactiles d'ordinateurs, de téléphones dits « intelligents » (ou « smartphone »), ou encore de tablettes.

- De tels capteurs comportent usuellement au moins deux électrodes formées à la surface d'une couche diélectrique, et définissant avec ladite couche une capacité de valeur
- 25 connue. Cette capacité forme avec un doigt localisé à proximité de, ou au contact du capteur un système capacitif, dont la capacité est différente de celle du capteur seul. La mesure de la différence de capacité résultant de la présence d'un doigt, et sa comparaison à la capacité du capteur seul, permet ainsi de détecter le doigt.

- 30 Toutefois, la détection de la présence d'un doigt à proximité ou au contact du capteur ne suffit généralement pas à caractériser une action de l'utilisateur. En effet, l'utilisateur entend usuellement déclencher une action au moyen d'un écran, d'un clavier, ou d'un pavé tactile en pressant effectivement ce dernier. Or, si les capteurs capacitifs « enregistrent » une variation de capacité en présence d'un doigt, ils ne permettent pas de
- 35 détecter la pression exercée par ce dernier.

**EXPOSE DE L'INVENTION**

Le but de la présente invention est de proposer un capteur capacitif qui détecte également la pression exercée à sa surface par un objet, notamment un doigt.

5

A cet effet, l'invention a pour objet un capteur tactile comportant une couche de matériau piézoélectrique intercalée entre d'une part, des premier et deuxième éléments conducteurs électriques, et d'autre part au moins un troisième élément conducteur comprenant une surface en regard d'au moins l'un des premier et deuxième éléments conducteurs.

10

L'expression « en regard » signifie, notamment, que la surface projetée des éléments conducteurs disposés sur une première face de la couche de matériau piézoélectrique, projection réalisée selon un axe orthogonal au plan principal de ladite couche, sur la seconde face de celle-ci, coïncide au moins partiellement avec les éléments conducteurs disposés sur la seconde face.

15

En d'autres termes, la couche diélectrique d'un capteur tactile capacitif de l'état de la technique est remplacée par une couche piézoélectrique et est intercalée entre des éléments conducteurs ou « électrodes ». Ainsi, le capteur selon l'invention comporte une première capacité formée par les premier et deuxième éléments conducteurs et la couche piézoélectrique, qui permet une détection capacitive d'un doigt à proximité desdits éléments conducteurs de manière classique, et une seconde capacité formée des éléments conducteurs intercalant la couche piézoélectrique et présentant des surfaces en regard. En appuyant sur le capteur, le matériau piézoélectrique se déforme et libère donc des charges électriques qui sont collectées par les éléments conducteurs en regard, ce qui fait varier la tension entre ces derniers. La variation de tension est ainsi une image de la pression exercée par un objet à la surface du capteur.

20

25

30

Selon un mode de réalisation de l'invention, les premier et deuxième éléments conducteurs comprennent chacun un peigne, et les peignes des premier et deuxième éléments conducteurs sont interdigités, une telle structure permettant de détecter de manière capacitive la présence d'un objet sur une large surface.

35

Plus particulièrement, la couche de matériau piézoélectrique est intercalée entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs et d'autre part le troisième élément conducteur et un quatrième élément conducteur, dans lequel les troisième et quatrième éléments conducteurs comprennent chacun un peigne, les peignes des troisième et quatrième éléments conducteurs étant interdigités. En outre, des dents du premier élément

conducteur sont disposées en regard de dents du quatrième élément conducteur, et des dents du deuxième élément conducteur sont disposées en regard de dents du troisième élément conducteur. Une telle structure permet de définir une capacité entre chaque paire de dents en regard, ce qui permet d'augmenter la sensibilité du capteur. En outre, le capteur présente une structure symétrique et permet une détection capacitive et de pression sur ses deux faces.

Avantageusement, le premier élément conducteur est connecté électriquement au troisième élément conducteur et, le deuxième élément conducteur est connecté électriquement au quatrième élément conducteur. Ainsi donc, les capacités présentes dans le capteur selon l'invention sont connectées en parallèle. Non seulement le nombre de connexions est minimum, mais en outre il est possible, à l'aide d'une unique tension entre deux bornes du capteur, par exemple deux bornes connectés respectivement aux premier et deuxième éléments conducteurs, de mesurer à la fois les variations de capacité en raison de la présence d'un doigt à proximité du capteur et les variations de tension induites par la libération de charges sous l'effet d'une pression exercée sur le capteur.

Notamment, l'agencement des premier, deuxième, troisième et quatrième éléments conducteurs réalisés sous forme de peignes interdigités et connectés électriquement de cette manière, définit une capacitance maximale entre les faces de la couche de matériau piézoélectrique. En effet, le premier et le troisième éléments conducteurs forment ensemble une première structure en trois dimensions avec des dents alternativement disposées sur une face puis sur l'autre face de la couche piézoélectrique. De même, le deuxième et troisième éléments conducteurs forment ensemble une seconde structure tridimensionnelle dont les dents sont disposées alternativement sur les faces de la couche piézoélectrique. De cette manière, il est obtenu une capacitance verticale élevée, chaque portion de la première structure disposée sur une face de la couche piézoélectrique étant en regard d'une portion correspondante de la seconde structure disposée sur l'autre face de la couche piézoélectrique. La capacité totale résultante, qui est la somme des capacités sur les faces de la couche piézoélectrique et de la capacité entre les faces de celle-ci, est ainsi très élevée. Ceci permet notamment de diminuer la tension électrique d'alimentation entre les deux structures.

Selon un mode de réalisation, des éléments en graphène sont formés dans et/ou au contact d'une part des premier et second éléments conducteurs, et d'autre part, de la couche de matériau piézoélectrique. Des éléments en graphène sont également formés dans et/ou au contact d'une part des deuxième et quatrième éléments conducteurs, et d'autre part, la

couche de matériau piézoélectrique, et en regard des éléments en graphène réalisés dans et/ou au contact des premier et deuxième éléments conducteurs.

5 Le graphène est un matériau dont la conductivité électrique augmente fortement en fonction de la température. Ainsi, lorsqu'un doigt est au contact, ou à proximité des éléments en graphène, ceux-ci s'échauffent, ce qui augmente leur conductivité, et fait donc chuter leur résistance électrique. Les charges libérées par le matériau piézoélectrique sont alors collectées de manière plus efficace par les éléments de graphène, ce qui augmente donc la sensibilité du capteur.

10

Plus particulièrement, les éléments comportant du graphène sont des plots de graphène réalisés dans les éléments conducteurs. Il est ainsi possible de réaliser un réseau de plots en graphène, et donc de s'assurer qu'au moins une partie d'entre eux est échauffée par la présence d'un doigt. En variante, les éléments conducteurs sont entièrement constitués de graphène.

15

Selon un mode de réalisation de l'invention, le matériau piézoélectrique est semi-cristallin ou cristallin. Plus particulièrement, le matériau piézoélectrique est un matériau ferroélectrique cristallin polarisé en moyenne perpendiculairement aux surfaces en regard entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs et d'autre part le au moins un troisième élément conducteur.

20

Dans des applications privilégiées, l'empilement de la couche piézoélectrique et des éléments conducteurs est formé sur un substrat flexible et/ou recouvert d'une couche flexible de protection, c'est-à-dire un substrat et une couche qui se déforment sans casser, par exemple un substrat et une couche en matière plastique. Pour des raisons évidentes de robustesse du capteur, il est préférable que la couche piézoélectrique ne se désolidarise pas du substrat ou de la couche flexible lors des déformations appliquées au capteur. Une structure cristalline est usuellement plus déformable qu'une structure amorphe, et présente donc un risque moindre de se désolidariser du substrat et de la couche flexible.

25

30

En outre, le capteur peut voir sa température fortement varier au cours de son fonctionnement. Une autre source de faiblesse mécanique provient de la différence de coefficient thermique d'expansion existant entre la couche piézoélectrique, le substrat et la couche de protection, que le substrat et la couche soient flexibles ou non. Notamment, si en raison d'une variation importante de température, les dilations et les contractions de ces divers éléments diffèrent de manière trop importante, on peut observer leur désolidarisation.

35

Certains matériaux ferroélectriques présentent une structure cristalline ainsi qu'une polarisation électrique spontanée, notamment les ferroélectriques pyroélectriques polaires cristallins. En polarisant ces ferroélectriques de manière permanente par application d'un champ électrique approprié, ceux-ci présentent alors une propriété piézoélectrique. Par exemple, la couche de matériau piézoélectrique est obtenue par application, entre deux faces d'une couche de matériau ferroélectrique cristallin pyroélectrique polaires, d'un champ électrique d'une intensité comprise entre 30 MV/m (Méga Volt par mètre) et 60 MV/m entre 1 heure et 8 heures, et en portant la couche de matériau ferroélectrique à une température inférieure à la température de Curie dudit matériau.

10

Il est ainsi obtenu une couche piézoélectrique cristalline ayant une bonne tenue mécanique en raison de sa nature cristalline avec le substrat et la couche flexible. En outre, on observe que de tels matériaux ferroélectriques présentent un coefficient d'expansion thermique proche des matériaux couramment utilisés pour les substrats flexibles, notamment les substrats en plastique, tels que le polynaphtalate d'éthylène (« PEN ») et le poly(éthylène téréphtalate) (« PET »).

15

Notamment, le matériau ferroélectrique est du polyfluorure de vinylidène (« PVDF ») en phase bêta qui est une phase présentant des caractéristiques piézoélectriques, un copolymère de polyfluorure de vinylidène : Poly (VDF-TrFe) poly(vinylidene fluoride – trifluoroethylene), du titano-zirconate de plomb ou du titanate de baryum.

20

Selon un mode de réalisation, la couche de piézoélectrique est réalisée sur un substrat flexible, notamment un substrat en plastique, tel qu'un substrat en polyéthylène naphtalate (« PEN ») ou en poly(éthylène téréphtalate) (« PET »).

25

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un capteur tactile du type précité.

Plus particulièrement, l'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un capteur tactile, consistant :

30

- à réaliser une couche de matériau ferroélectrique cristallin ou semi-cristallin intercalée entre d'une part des premier et deuxième éléments conducteurs et d'autre part au moins un troisième élément conducteur comprenant une surface en regard d'au moins l'un des premier et deuxième éléments conducteurs ; et

35

- à appliquer un champ électrique entre d'une part les premier et second éléments conducteurs et d'autre part le au moins troisième élément conducteur, le champ électrique ayant une intensité comprise entre 30 MV/m et 60 MV/m et étant appliqué entre 1 heure et 8 heures, en chauffant la couche de matériau ferroélectrique à une température inférieure à la température de Curie dudit matériau.

Selon un mode de réalisation :

- la réalisation de la couche piézoélectrique intercalée entre les éléments conducteurs comprend la réalisation de ladite couche intercalée entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs et d'autre part le troisième élément conducteur et un quatrième élément conducteur, chacun des éléments conducteurs comportant un peigne, les peignes des premier et deuxième éléments conducteurs étant interdigités, les peignes des troisième et quatrième éléments conducteurs étant interdigités, des dents du premier élément conducteur étant disposées en regard de dents du quatrième élément conducteur, et des dents du deuxième élément conducteur étant disposées en regard de dents du troisième élément conducteur,
- le procédé comporte en outre la réalisation d'un premier élément de connexion connectant électriquement le premier élément conducteur et le troisième élément conducteur, et d'un second élément de connexion connectant le deuxième élément conducteur et le quatrième élément conducteur ; et
- le champ électrique est obtenu en appliquant une différence de potentiels entre les premier et second éléments de connexion.

Selon un mode de réalisation, le matériau ferroélectrique comporte du polyfluorure de vinylidène, un copolymère de polyfluorure de vinylidène, notamment un poly (VDF-TrFe), du titano-zirconate de plomb, du titanate de baryum ou un mélange de ceux-ci.

En appliquant le champ électrique entre les éléments conducteurs constitutifs des capacités du capteur, on obtient ainsi une polarisation optimale du matériau ferroélectrique, ladite polarisation est dû à l'orientation des dipôles dans le matériau ferroélectrique suite à l'application d'un champ électrique.

Selon un mode de réalisation, la couche de matériau ferroélectrique intercalée entre les éléments conducteurs est réalisée :

- en formant le au moins un troisième élément conducteur sur une face d'un substrat flexible ;
- en formant la couche de matériau ferroélectrique sur le troisième élément conducteur et le substrat ; et

- en formant les premier et deuxième éléments conducteurs sur la couche de matériau ferroélectrique.

## BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

5

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée uniquement à titre d'exemple, et réalisée en relation avec les dessins annexés, dans lesquels des références identiques désignent des éléments identiques ou analogues, et dans lesquels :

10

- la figure 1 est une vue schématique de dessus d'un capteur selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe dans le plan II-II du capteur de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue de dessus des électrodes avant (portion gauche de la figure) et  
15 arrière (portion droite de la figure) du capteur des figures 1 et 2 illustrant également les différentes capacités présentes dans ce capteur entre les différentes parties d'électrodes en présence;
- la figure 4 est un schéma électrique équivalent du capteur des figures 1 et 2 ;
- la figure 5 est une vue schématique en coupe dans le plan II-II illustrant un mode de  
20 détection capacitif du capteur des figures 1 et 2 ;
- la figure 6 est une vue schématique en coupe dans le plan II-II illustrant un mode de détection combinant une détection capacitive et de pression du capteur des figures 1 et 2 ; et
- les figures 7 à 20 sont des vues schématiques de dessus et en coupe illustrant un  
25 procédé de fabrication d'un capteur selon l'invention.

## DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

En se référant aux figures 1 et 2, un capteur tactile selon l'invention comporte :

- 30 ▪ un substrat **12**, notamment un substrat flexible en plastique, par exemple un substrat constitué de Poly éthylène naphtalate (« PEN ») ou de poly éthylène téréphtalate) (« PET »), et d'une épaisseur comprise entre 25 et 200 micromètres ;
- des électrodes métalliques **14**, **16** réalisées sur le substrat **12**, ou électrodes « arrière »,  
par exemple d'une épaisseur comprise entre 30 et 500 nanomètres, et constituées d'or,  
35 d'argent, de platine, de cuivre, de nickel, de tungstène, de titane ou autres ;
- une couche de matériau piézoélectrique **18** réalisée sur les électrodes arrière **14**, **16**,  
notamment une couche d'épaisseur comprise entre 1 et 10 micromètres ;



- des électrodes métalliques **20, 22** réalisées sur la couche piézoélectrique **18**, ou électrode « avant », par exemple d'une épaisseur comprise entre 2 et 15 micromètres, et constituées d'or, d'argent, de platine, de cuivre, de nickel, de tungstène, de titane ou autres. Les électrodes avant **20, 22** sont disposées en regard des électrodes **14, 16** de manière à présenter avec celles-ci une surface en regard ;
- des plots en graphène **24, 26**, réalisés dans les électrodes avant **18** et arrière **14** et au contact avec la couche piézoélectrique **18** ; et
- une encapsulation des électrodes avant **20, 22** et de la couche piézoélectrique **18**, comportant une couche de protection latérale **28** réalisée sur le substrat **12** et une couche de protection supérieure **30** (non représentée sur la figure 1) réalisée sur les électrodes avant **20, 22** et la couche piézoélectrique **18**, et définissant une surface tactile. Les couches de protection **28** et **30** sont constituées d'un matériau isolant, notamment une couche diélectrique de faible constante diélectrique, par exemple de type polymère fluoré ou polyimide. Avantageusement, la couche de protection **30** est flexible de manière à se déformer sous la pression exercée par un doigt et présente à cet effet une épaisseur comprise entre 100 nm à 5 µm.

Les électrodes avant **20, 22** comprennent avantageusement chacune un peigne **34, 36**. Les peignes **34, 36** des électrodes avant sont interdigités, des dents **38** d'un peigne **34** étant intercalées entre des dents **40** de l'autre peigne **36**.

Par exemple, les peignes **34, 36** ont des dents **38, 40** parallèles et de même longueur, fixées respectivement à des armatures **42, 44**.

Par la suite, le peigne **34** sera dénommé peigne « de gauche » en raison de son armature **42** disposée à gauche sur les figures, et le peigne **36** sera désigné peigne de « droite » en raison de son armature **44** disposée à droite sur les figures.

En se référant à la figure 3, qui illustre en vue de dessus les électrodes avant (à gauche de la figure 3) et les électrodes arrière (à droite de la figure 3), les électrodes arrière **14, 16** comprennent également chacune un peigne **46, 48**, les peignes **46, 48** des électrodes arrière sont interdigités, des dents **50** d'un peigne **46** étant intercalées entre des dents **52** de l'autre peigne **48**.

Les dents **50, 52** des peignes **46, 48** sont respectivement fixées à des armatures **54, 56**. Par la suite, le peigne **46** sera dénommé peigne « de gauche » en raison de son armature **54** disposée à gauche sur les figures, et le peigne **48** sera désigné peigne de « droite » en raison de son armature **56** disposée à droite sur les figures.

Le peigne de gauche avant **34** est identique, à une réflexion près, au peigne de droite arrière **48** et est disposé en regard de celui-ci. De même, le peigne de droite avant **36** est identique, à une réflexion près, au peigne de gauche arrière **48** et est disposé en regard de celui-ci. Ainsi, les dents **38, 40** des peignes de droite et de gauche avant **34, 36** sont  
5 disposées en regard des dents **50, 52** des peignes de gauche et de droite arrière **46, 48** respectivement.

Le capteur **10** comporte en outre des éléments de connexion connectant électriquement les peignes de gauche avant et arrière **34, 46**, notamment un via métallisé traversant **58**  
10 formé dans l'épaisseur de la couche de protection **28**, ainsi qu'une plage métallique **60** connectée électriquement aux peignes de gauche **34, 46** et formée sur la couche de protection **28**. De manière analogue, le capteur **10** comporte des éléments de connexion connectant électriquement les peignes de droite avant et arrière **36, 48**, notamment un via métallisé traversant **62** formé dans l'épaisseur de la couche de protection **28**, ainsi qu'une  
15 plage métallique **64** connectée électriquement aux peignes de droite **36, 48** et formée sur la couche de protection **28**.

Un plot de graphène **24, 26** est par ailleurs réalisé dans chacune des dents des peignes **34, 36, 46, 48**, un plot de graphène d'un peigne avant étant de préférence disposé en regard  
20 d'un plot de graphène d'un peigne arrière, ce qui permet de conserver la symétrie globale du capteur **10**.

De manière avantageuse, les plots en graphène **24, 26** présente une aire comprise entre 50  $\mu\text{m}$  x 50  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  x 500  $\mu\text{m}$ , et est donc particulièrement adaptée à la dimension du  
25 capteur. Comme cela est connu en soi, le graphène est un matériau dont la conductivité électrique augmente fortement avec la température. Ainsi, à mesure que la température augmente, par exemple en raison de la présence d'un doigt, les charges électriques libérées par le matériau piézoélectrique de la couche **18** sous l'effet d'une pression exercée sur celle-ci sont localement très nombreuses et sont collectées plus aisément au  
30 moyen desdits plots, ce qui augmente d'autant la capacité électrique de l'ensemble tel que cela sera décrit plus en détail par la suite.

Comme cela est illustré à la figure 3, la structure des électrodes venant d'être décrite définit donc en combinaison avec la couche piézoélectrique **18** :  
35 

- une capacité  $C_{favi}$  entre chaque paire de dents adjacentes **38, 40** des peignes avant **36, 38** ;
- une capacité  $C_{fari}$  entre chaque paire de dents adjacentes **50, 52** des peignes arrière **46, 48** ;

- une capacité  $C_{pi}$  entre chaque paire de dents **38**, **52** en regard des peignes avant de gauche **34** et arrière de droite **48** et entre chaque paire de dents **40**, **50** en regard des peigne avant de droite **36** et arrière de gauche **46** ;
- une connexion en parallèle de l'ensemble des capacités  $C_{favi}$ ,  $C_{fari}$ ,  $C_{pi}$  ainsi définies.

5

La figure 4 illustre un schéma électrique équivalent du capteur **10** venant d'être décrit entre les plages métalliques **60**, **64**. Ce schéma illustre trois capacités en parallèle, à savoir :

- une première capacité  $C_p$  égale à la somme  $\sum_i C_{pi}$  des capacités  $C_{pi}$ ,
- 10 ▪ une deuxième capacité  $C_{fav}$  égale à la somme  $\sum_i C_{favi}$  des capacités  $C_{favi}$ , et
- une troisième capacité  $C_{far}$  égale à la somme  $\sum_i C_{fari}$  des capacités  $C_{fari}$ .

On note notamment qu'il est formé deux électrodes tridimensionnelles indépendantes, à savoir une première électrode formée du peigne avant gauche **34**, du peigne arrière gauche **46** et de l'élément de connexion **58**, et une seconde électrode formée du peigne avant droit **3**, du peigne arrière droit **48** et de l'élément de connexion **62**. Chacune de ces électrodes comporte des dents qui sont alternativement disposées sur la face avant et sur la face arrière de la couche piézoélectrique **18** et pour chacun des portions d'une électrode disposée sur une face de la couche **18**, il existe une portion correspondante en regard sur l'autre face la couche **18**. De cette manière, la capacité « verticale »  $C_p$  est maximale. De même pour chaque face de la couche **18**, une portion de la première électrode est en regard d'au moins une, et deux concernant les dents non extrêmes, portion correspondante de la seconde électrode. Les capacités « horizontales »  $C_{fav}$  et  $C_{far}$  sont chacune maximale. Il en résulte une capacité globale entre les deux électrodes qui est maximale. Ceci permet notamment, si souhaité, de diminuer les tensions d'alimentation entre ces deux électrodes.

La couche piézoélectrique **18** est avantageusement une couche réalisée en matériau ferroélectrique semi-cristallin ou cristallin polarisé, notamment un matériau ferroélectrique à base de PVDF (polyfluorure de vinylidène) et/ou de copolymères de PVDF, par exemple un poly (VDF-TrFe) avec des compositions adaptées, de PZT (titano-zirconate de plomb), de BaTiO<sub>3</sub> (titanate de baryum), de PbTiO<sub>3</sub> (titanate de plomb), ou d'un mélange de ces matériaux.

De manière avantageuse, le matériau ferroélectrique de la couche **18** est polarisé, en moyenne, selon une direction perpendiculaire aux plans dans lesquels les électrodes avant **20**, **22** et arrière **14**, **16** sont réalisées. Par exemple, une telle polarisation est obtenue de

manière permanente en appliquant entre les deux faces de la couche **18** un champ électrique d'une intensité comprise entre 30 MV/m et 60 MV/m sur l'épaisseur de la couche **18**, entre 1 heure et 8 heures, et en portant la couche **18** à une température inférieure à la température de Curie du matériau ferroélectrique.

5

Pour plus de détails concernant la polarisation d'un matériau ferroélectrique, on pourra par exemple se reporter au document US 5 494 617.

10

De cette manière, le matériau ferroélectrique est polarisé perpendiculairement aux surfaces en regard des électrodes avant et arrière, ce qui permet d'obtenir dans ladite direction un effet piézoélectrique important. Notamment, le champ électrique est appliqué aux moyens des électrodes avant et arrière elles-mêmes en connectant les plages métalliques **60**, **64** à une source de tension. De cette manière, les dipôles du matériau ferroélectrique de la couche **18** sont orientés selon les lignes de champ électrique entre ces électrodes, ce qui optimise l'effet piézoélectrique.

15

Le capteur selon l'invention combine ainsi deux modes de détection différents pour détecter la présence d'un doigt à sa surface, à savoir un mode de détection capacitif et un mode de détection piézoélectrique. Plus particulièrement, la tension entre les plages **60**, **64** varie en fonction de la variation de capacité liée à la présence d'un doigt et la libération de charges par la couche **18** sous l'effet d'une pression exercée sur celle-ci.

20

Notamment, lorsqu'il n'y a pas d'objet à proximité du capteur **10**, ce dernier présente donc une capacité de valeur prédéterminée entre les plages **60**, **64**. En revanche, lorsqu'un objet, notamment un doigt **70**, se rapproche des électrodes avant **20**, **22**, ou des électrodes arrière **14**, **16**, sans appuyer sur le capteur **10**, comme cela est illustré à la figure schématique en coupe 5, une capacité nouvelle, dont la valeur dépend de la distance  $x$  entre l'objet **70** et le capteur **10**, est ajoutée en parallèle des capacités  $C_p$ ,  $C_{fav}$  et  $C_{far}$  déjà présentes dans le capteur **10**. La capacité totale entre les plages **60** et **64** est donc modifiée. En connectant les plages **60** et **64** à un dispositif de mesure de capacité, il est ainsi possible de mesurer la variation de capacité entre lesdites plages **60**, **64**, et donc de détecter la présence du doigt **70**. De tels dispositifs, ou « capacimètres », sont classiques et ne seront donc pas décrits plus en détail.

30

En mode de détection piezoélectrique, après l'alignement des dipôles dans le matériau ferroélectrique, ce matériau est rendu piezoélectrique, c'est-à-dire que des charges électriques sont générées lorsqu'une pression est exercée sur la couche **18** suivant la direction de polarisation. Ainsi lorsqu'un objet, par exemple un doigt **70**, appuie sur la

35

face avant ou arrière du capteur **10**, tel que cela est illustré à la figure schématique en coupe 7, il en résulte une variation de la tension entre les plages métalliques **60**, **64**. En connectant les plages **60** et **64** à un dispositif de mesure de tension, il est ainsi possible de mesurer ladite variation de tension, et donc de détecter la pression exercée par un objet sur le capteur **10**, notamment un doigt **70**.

En outre, lorsqu'un doigt **70** est en contact avec le détecteur sans appuyer sur celui-ci au dessus d'un plot de graphène **24**, **26**, ce dernier subit un chauffage local important en raison de la très bonne conductivité thermique du graphène, ce qui fait chuter la résistance électrique du graphène. Ce faisant, il est obtenu un meilleur passage des électrons au travers de l'interface entre le matériau piézoélectrique et le plot de graphène et par conséquent un champ électrique élevé à cette interface. En outre, avec l'effet de la température au niveau de cette interface, on constate que la constante piézoélectrique du matériau piézoélectrique augmente, ce qui augmente corrolairement la sensibilité de ce capteur lorsque le doigt exerce une pression sur le capteur. De plus, le graphène a pour effet d'augmenter localement la capacitance du capteur.

Il va à présent être décrit en relation avec les figures 7 à 20 un procédé de fabrication d'un capteur tactile selon l'invention.

20

Le procédé débute par la réalisation d'un substrat flexible **12** en plastique, par exemple un substrat constitué de poly éthylène naphtalate (« PEN ») ou de poly éthylène téréphtalate (« PET ») d'une épaisseur comprise entre 25 et 200 micromètres, puis se poursuit par le dépôt sur le substrat **12**, par exemple par pulvérisation ou évaporation physique, d'une métallisation **72** sur une épaisseur comprise entre 30 et 500 nanomètres, par exemple de l'or (Au), de l'argent (Ag), du platine (Pt), du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du tungstène (W), ou du titane (Ti).

La métallisation **72** comporte deux armatures **54**, **56** à partir desquelles sont réalisées des dents **50**, **52** parallèles, de même longueur et intercalées. Les dents **50**, **52** ne sont pas complétées et comportent des manques **74** aux emplacements désirés pour les plots de graphène. Chacune des armatures **54**, **56** est par ailleurs raccordée à une plage métallique **76**, **78** (figure 7 en vue de dessus et figure 8 en coupe selon le plan VIII-VIII).

Lors d'une étape suivante, des plots de graphène conducteur **26**, d'une épaisseur comprise entre 100 nm et quelques  $\mu\text{m}$ , sont déposés, par exemple par sérigraphie, sur les manques **74** formés dans les dents **50**, **52** (figure 9 en vue de dessus et figure 10 en coupe

selon le plan X-X). Les électrodes arrière **14**, **16** décrites précédemment sont ainsi obtenues.

Le procédé se poursuit par le dépôt, par exemple par sérigraphie ou impression jet  
5 d'encre, d'une couche piézoélectrique **18**, d'une épaisseur comprise entre 1 et 10 micromètres, sur les électrodes arrière **14**, **16** en laissant libre les plages métalliques **76**, **78** (figure 11 en vue de dessus et figure 12 en coupe selon le plan XII-XII). Le matériau piézoélectrique est avantageusement un ferroélectrique cristallin polaire, notamment du PVDF, un copolymère de PVDF, du PZT, du BaTiO<sub>3</sub> ou du PbTiO<sub>3</sub>.

10

Une couche **28** de diélectrique d'isolation est ensuite réalisée sur le substrat **12** autour de, et à hauteur de la couche **18** en laissant libre les plages métalliques **76**, **78**, et plus particulièrement une couche diélectrique non ferroélectrique, comme par exemple une  
15 couche diélectrique fluoropolymère à faible constante diélectrique (figure 13 en vue de dessus et figure 14 en coupe selon le plan XIV-XIV). Par exemple, la couche **28** est déposée pleine plaque par sérigraphie ou impression jet d'encre avec des ouvertures de vias pour dégager les plages **76**, **78**.

20

Le procédé se poursuit alors par le dépôt sur la couche **18** et la couche **28**, par exemple par pulvérisation ou évaporation physique, d'une métallisation **80** sur une épaisseur comprise entre 2 et 15 micromètres, par exemple de l'or (Au), de l'argent (Ag), du platine (Pt), du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du tungstène (W), ou du titane (Ti).

25

La métallisation **80** comporte deux armatures **42**, **44** à partir desquelles sont réalisées des dents **38**, **40** parallèles, de même longueur et intercalées. Les dents **38**, **40** ne sont pas complétées et comportent des manques **82** aux emplacements désirés pour les plots de graphène **24**. Les armatures **42**, **44** sont par ailleurs respectivement raccordées aux plages métalliques **76**, **78**, la métallisation **80** remplissant les ouvertures réalisées dans la couche **28** au droit des plages **76**, **78**.

30

Enfin, la métallisation **80** comporte des plages **60**, **64** respectivement raccordées aux armatures **42**, **44** (figure 15 en vue de dessus et figure 16 en coupe selon le plan XVI-XVI).

35

Des plots de graphène conducteur **24**, d'une épaisseur comprise entre 100 nm et 10 µm, sont ensuite déposés, par exemple par sérigraphie, sur les manques **82** formés dans les dents **38**, **40** (figure 17 en vue de dessus et figure 18 en coupe selon le plan XVIII-XVIII). Les électrodes avant **20**, **22** décrites précédemment sont ainsi obtenues.

Une couche flexible de protection et d'isolation **30** diélectrique de faible constante diélectrique, par exemple une couche de polymère fluoré ou de polyimide d'une épaisseur comprise entre 100 nm et 5  $\mu$ m, est ensuite déposée sur les électrodes avant **20**, **22**, la couche **18** et sur la couche de protection **28**, en laissant dégagées les plages métalliques **60**, **64** (figure 19 en vue de dessus et figure 20 en coupe selon le plan XX-XX).

Le procédé se termine alors par l'application d'une tension entre les plages métalliques **60**, **64**, par exemple au moyen d'une source de tension, de manière à définir entre les électrodes avant et arrière un champ électrique ayant une intensité comprise entre 30 MV/m et 60 MV/m sur l'épaisseur de la couche **18**. La tension, et donc le champ, est appliqué entre 1 heure et 8 heures, et le capteur est chauffé à une température inférieure à la température de Curie dudit matériau, par exemple en disposant le capteur sur un support chauffant régulé en température. Le matériau ferroélectrique acquiert ainsi des propriétés piézoélectriques décrites précédemment.

Il a été décrit un mode de réalisation d'un capteur selon l'invention, dans lequel les électrodes avant et arrière comprennent des peignes interdigités et disposés en regard. La géométrie, la dimension des peignes ainsi que le nombre de dents sont avantageusement choisis pour régler les capacités en présence dans le capteur.

De même, le capteur peut, en variante, posséder une seule électrode en face arrière disposant d'une surface en regard des électrodes disposées en face avant.

De même, il a été décrit un schéma de connexion des capacités en parallèle. En variante, les électrodes ne sont pas connectées entre elles et sont soumises à un potentiel qui leur est propre.

De même, il a été décrit une couche piézoélectrique réalisée à partir d'un matériau ferroélectrique cristallin polarisé. En variante, la couche de piézoélectrique peut être réalisée en un matériau piézoélectrique quelconque, ou en un matériau piézoélectrique cristallin non ferroélectrique.

De même, il a été décrit des plots de graphène réalisés dans les électrodes avant et arrière. En variante, seule les électrodes avant comprennent de tels plots.

En variante également, les plots de graphène sont réalisés sur la couche piézoélectrique et au contact des électrodes sans en faire partie.

En variante également, les électrodes avant et/ou arrière sont constituées de graphène.

**REVENDICATIONS**

1. Capteur tactile (10) comportant une couche de matériau piézoélectrique (18) intercalée entre d'une part, des premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22), et d'autre part, au moins un troisième élément conducteur (14, 16) comprenant une surface en regard d'au moins l'un des premier et deuxième conducteurs (20, 22).  
5
2. Capteur tactile selon la revendication 1, dans lequel les premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) comprennent chacun un peigne (34, 36), et dans lequel les peignes (34, 36) des premier et deuxième éléments conducteurs (20, 22) sont interdigités.  
10
3. Capteur tactile selon la revendication 2, dans lequel la couche de matériau piézoélectrique (18) est intercalée entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part, le troisième élément conducteur et un quatrième élément conducteur (14, 16), dans lequel les troisième et quatrième éléments conducteurs électriques (14, 16) comprennent chacun un peigne (46, 48), les peignes (46, 48) des troisième et quatrième éléments conducteurs (14, 16) étant interdigités, et dans lequel :  
15  
20
  - des dents (38) du premier élément conducteur (20) sont disposées en regard de dents (52) du quatrième élément conducteur (16); et
  - des dents (40) du deuxième élément conducteur (22) sont disposées en regard de dents (50) du troisième élément conducteur (14).
4. Capteur tactile selon la revendication 3, dans lequel le premier élément conducteur (20) est connecté électriquement au troisième élément conducteur (14), et dans lequel le deuxième élément conducteur (22) est connecté électriquement au quatrième élément conducteur (16).  
25  
30
5. Capteur tactile selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des éléments en graphène (24) sont formés dans et/ou au contact d'une part des premier et second éléments conducteurs électriques (20, 22), et d'autre part de la couche de matériau piézoélectrique (18).  
35



6. Capteur tactile selon la revendication 5 et l'une des revendications 3 et 4, dans lequel des éléments en graphène (26) sont formés dans et/ou au contact d'une part des deuxièmes et quatrième éléments conducteurs (14, 16) et d'autre part de la couche de matériau piézoélectrique (18), et en regard des éléments en graphène (24) réalisés dans et/ou au contact des premier et deuxième éléments conducteurs (20, 22).
7. Capteur tactile selon l'une des revendications 5 et 6, dans lequel les éléments (24, 26) comportant du graphène sont des plots de graphène réalisés dans les éléments conducteurs (14, 16, 20, 22).
8. Capteur tactile selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau piézoélectrique (18) est un matériau ferroélectrique cristallin ou semi-cristallin polarisé en moyenne perpendiculairement aux surfaces en regard entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part le au moins un troisième élément conducteur (14, 16).
9. Capteur tactile selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau piézoélectrique (18) est un matériau ferroélectrique cristallin ou semi-cristallin polarisé selon des lignes de champ électrique apparaissant entre les surfaces en regard entre d'une part les premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part le au moins un troisième élément conducteur (14, 16) lorsqu'une différence de potentiels est appliquée entre lesdites surfaces en regard.
10. Capteur tactile selon l'une des revendications 8 et 9, dans lequel le matériau ferroélectrique (18) comporte du polyfluorure de vinylidène, un copolymère de polyfluorure de vinylidène, notamment du poly (VDF-TrFe), du titano-zirconate de plomb, du titanate de baryum ou un mélange de ceux-ci.
11. Capteur tactile selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche de piézoélectrique (18) est réalisée sur un substrat flexible (12).

12. Procédé de fabrication d'un capteur tactile, consistant :
- à réaliser une couche de matériau ferroélectrique cristallin ou semi-cristallin (18) intercalée entre d'une part des premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part au moins un troisième élément conducteur (14, 16) comprenant une surface en regard d'au moins l'un des premier et deuxième éléments conducteurs (20, 22); et
  - à appliquer un champ électrique entre d'une part les premier et second éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part le au moins troisième élément conducteur (14, 16), le champ électrique ayant une intensité comprise entre 30 MV/m et 60 MV/m et étant appliqué entre 1 heure et 8 heures, en chauffant la couche de matériau ferroélectrique à une température inférieure à la température de Curie dudit matériau.
13. Procédé de fabrication d'un capteur tactile selon la revendication 12, dans lequel :
- la réalisation de la couche piézoélectrique (18) intercalée entre les éléments conducteurs comprend la réalisation de ladite couche (18) intercalée entre d'une part, les premier et deuxième éléments conducteurs électriques (20, 22) et d'autre part, le troisième élément conducteur (14) et un quatrième élément conducteur (16), chacun des éléments conducteurs (14, 16, 20, 22) comportant un peigne (34, 36, 46, 48), les peignes (34, 36) des premier et deuxième éléments conducteurs (20, 22) étant interdigités, les peignes (46, 48) des troisième et quatrième éléments conducteurs (14, 16) étant interdigités, des dents (38) du premier élément conducteur (20) étant disposées en regard de dents (52) du quatrième élément conducteur (16), et des dents (40) du deuxième élément conducteur (22) étant disposées en regard de dents (50) du troisième élément conducteur (14);
  - on réalise un premier élément de connexion (58) connectant électriquement le premier élément conducteur (20) et le troisième élément conducteur (14) et un second élément de connexion (62) connectant le deuxième élément conducteur (22) et le quatrième élément conducteur (16); et
  - le champ électrique est obtenu en appliquant une différence de potentiels entre les premier et second éléments de connexion (58, 62).
14. Procédé de fabrication d'un capteur tactile selon la revendication 12 ou 13, dans lequel le matériau ferroélectrique (18) comporte du polyfluorure de vinylidène, un copolymère de polyfluorure de vinylidène, notamment du poly (VDF-TrFe), du titano-zirconate de plomb, du titanate de baryum ou un mélange de ceux-ci.

**15.** Procédé de fabrication d'un capteur tactile selon la revendication 12, 13 ou 14, dans lequel la couche de matériau ferroélectrique (18) intercalée entre les éléments conducteurs est réalisée :

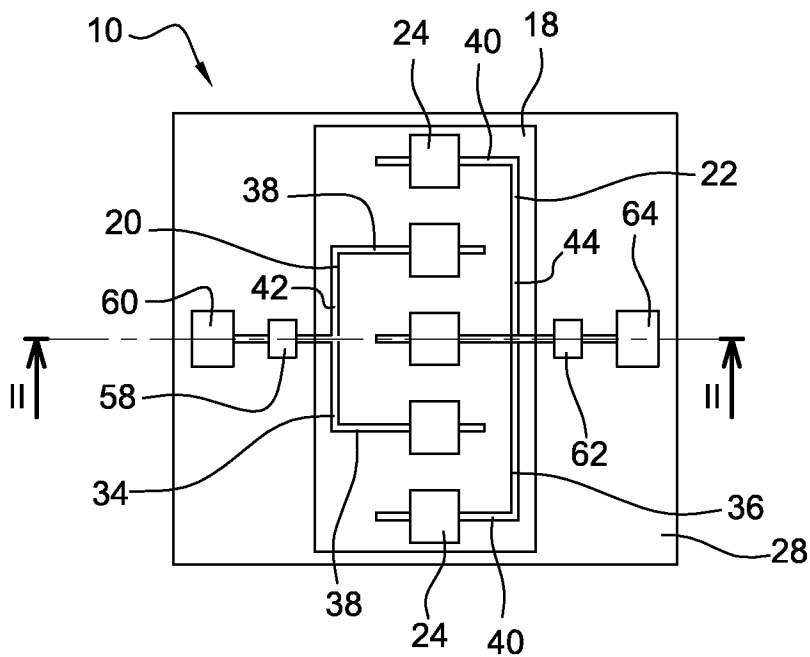
- en formant le au moins un troisième élément conducteur (14, 16) sur une face d'un substrat flexible (12) ;
- en formant la couche de matériau ferroélectrique (18) sur le troisième élément conducteur (14, 16) et le substrat (12); et
- en formant les premier et deuxième éléments conducteurs (20, 22) sur la couche de ferroélectrique (18).

5

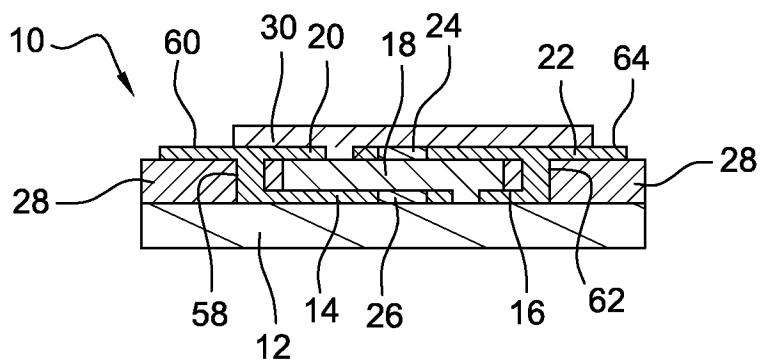
10

1/6

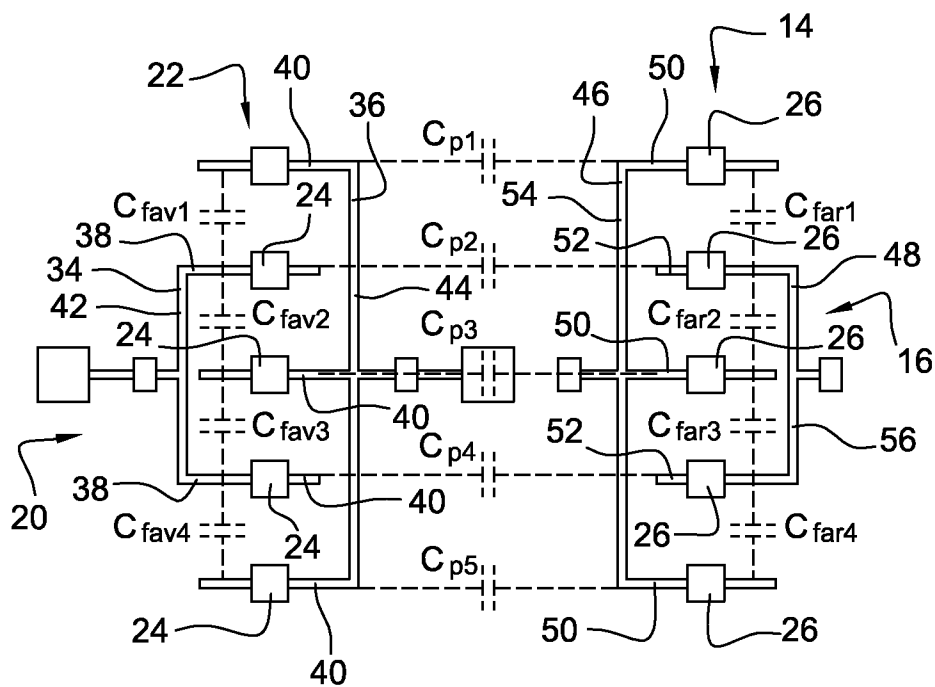
**Fig. 1**



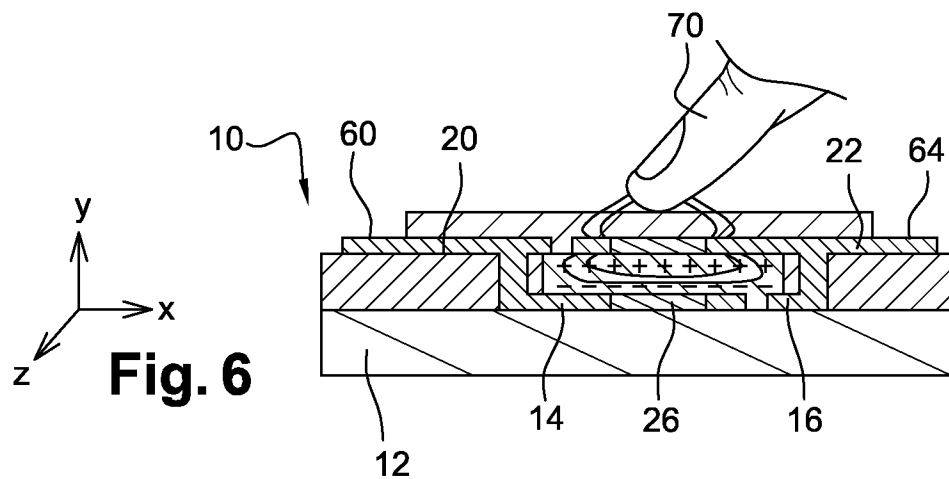
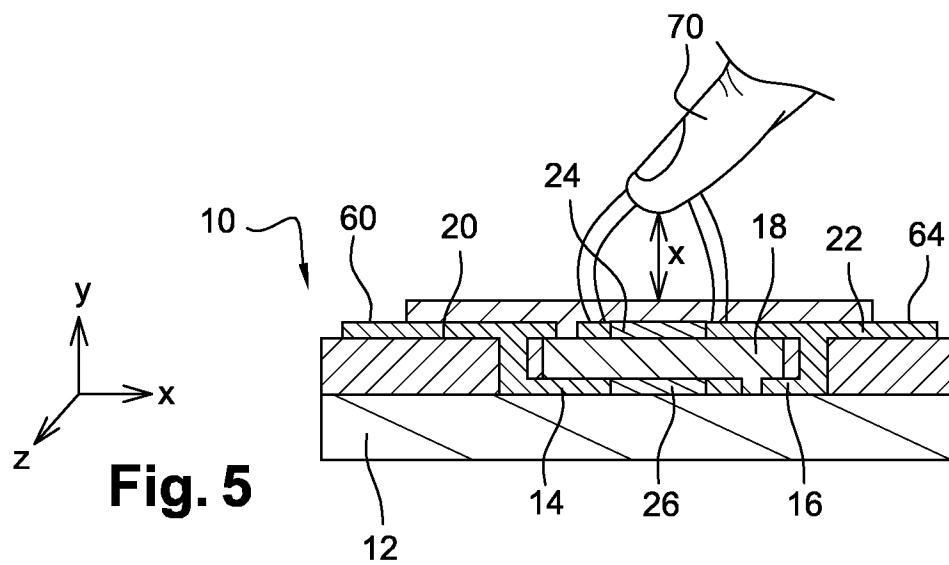
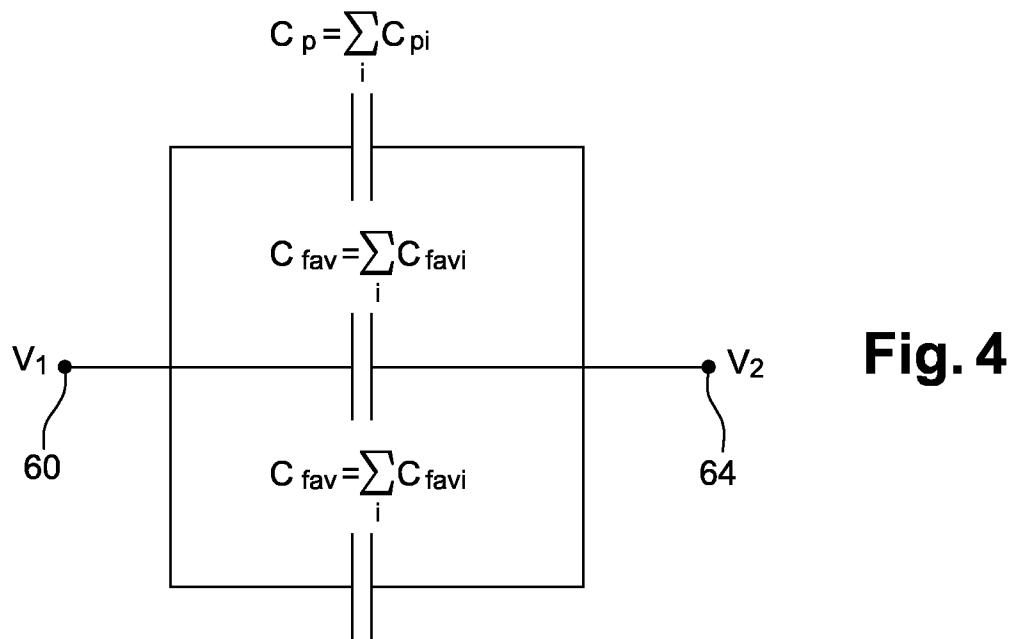
(Coupe II-II)  
**Fig. 2**



**Fig. 3**

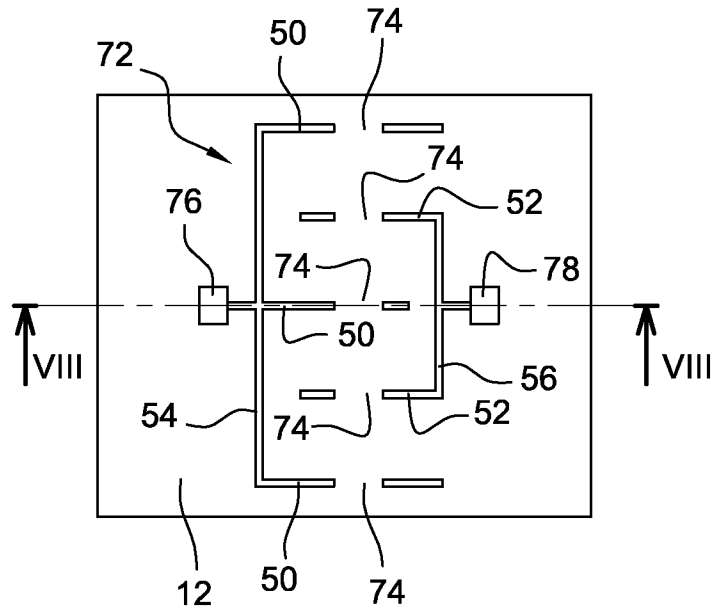


2 / 6



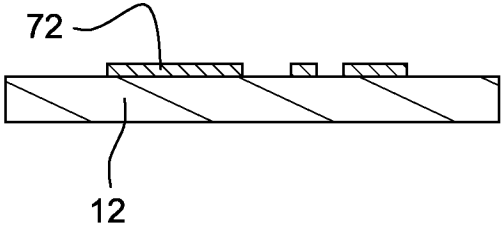
3 / 6

**Fig. 7**

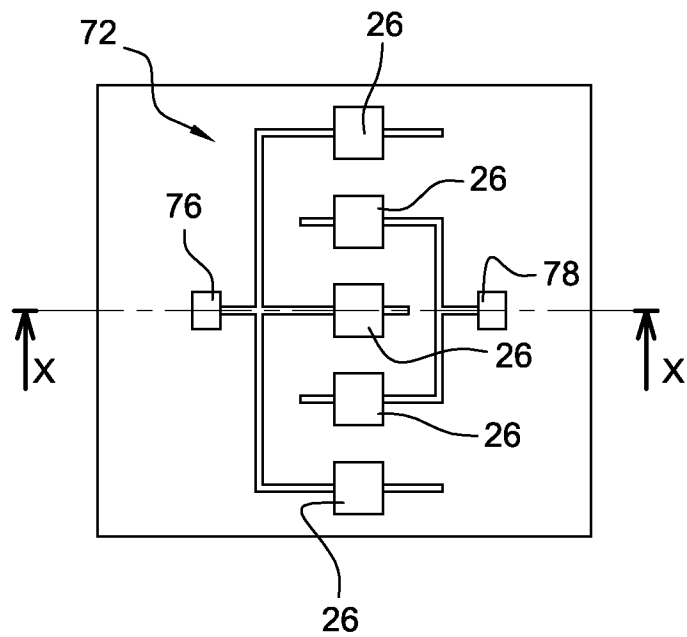


(Coupe VIII-VIII)

**Fig. 8**

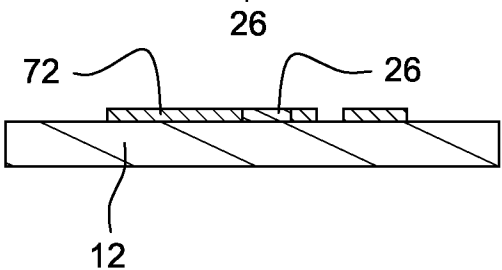


**Fig. 9**

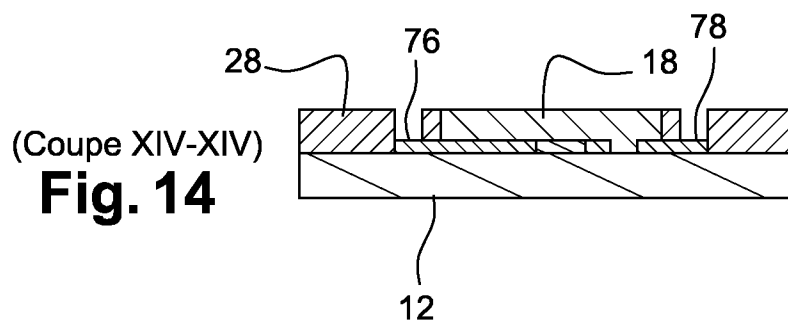
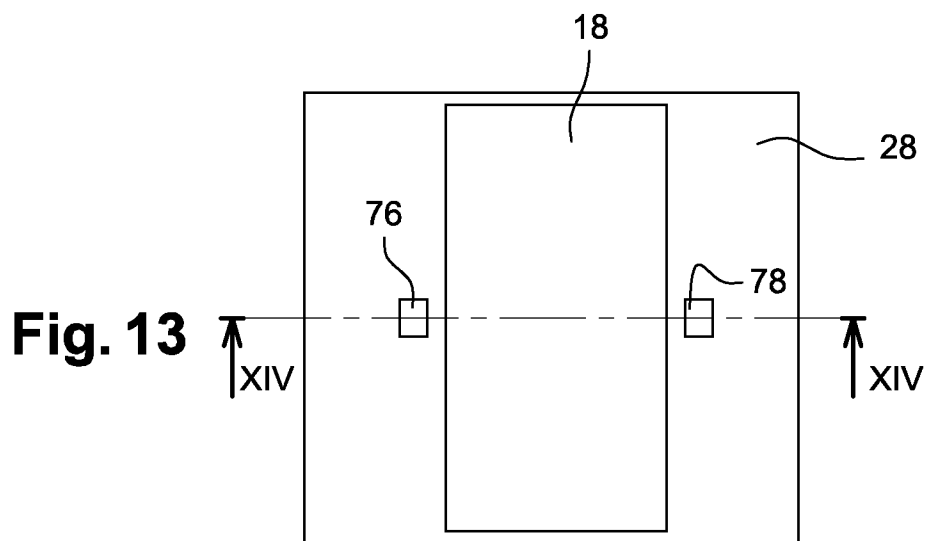
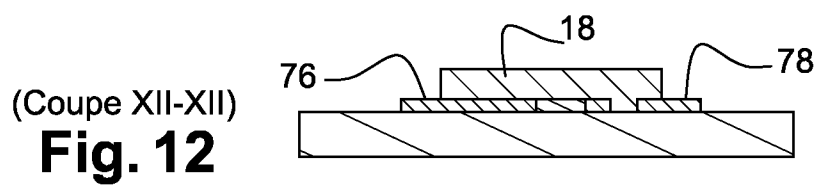
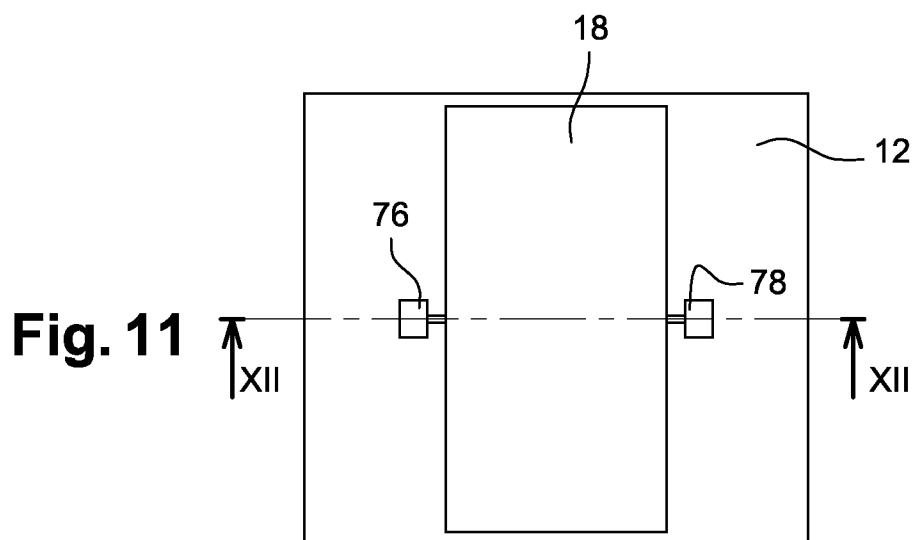


(Coupe X-X)

**Fig. 10**

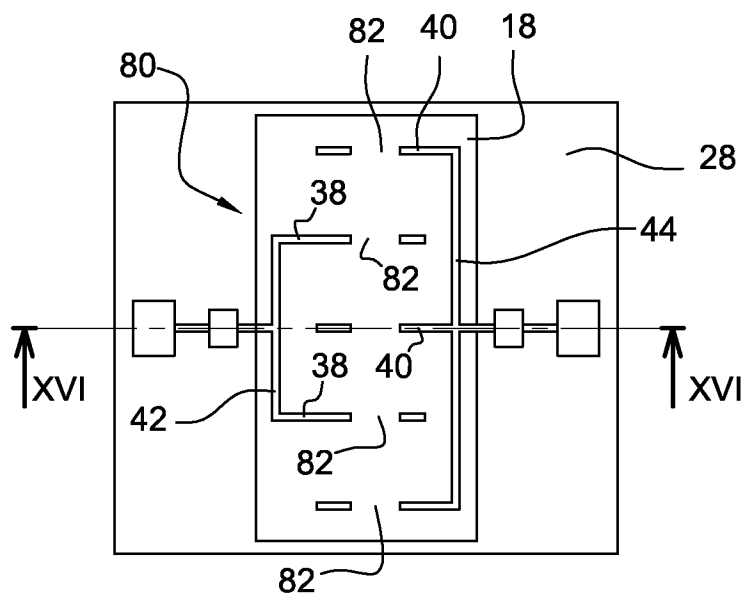


4 / 6



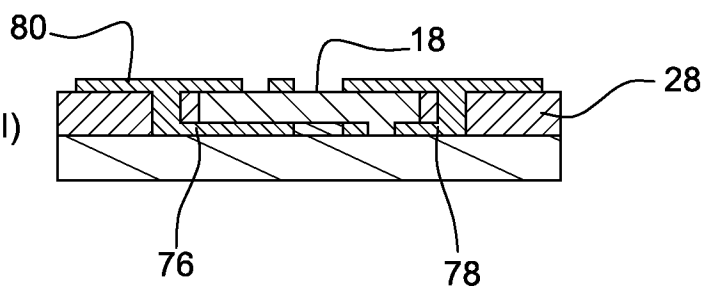
5 / 6

**Fig. 15**

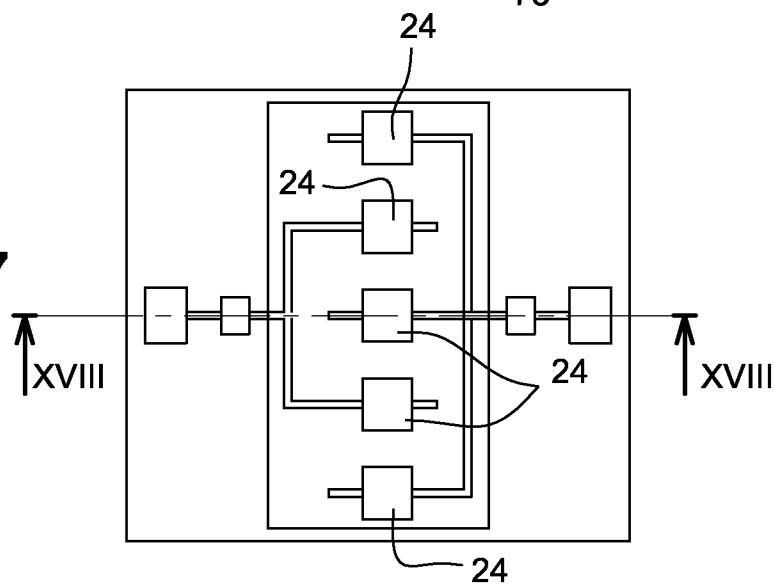


(Coupe XVI-XVI)

**Fig. 16**

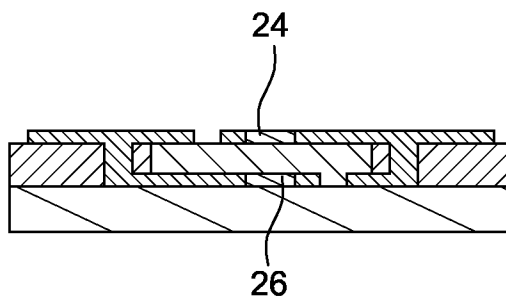


**Fig. 17**

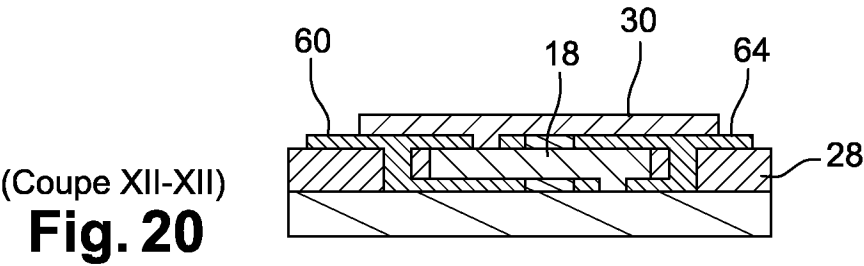
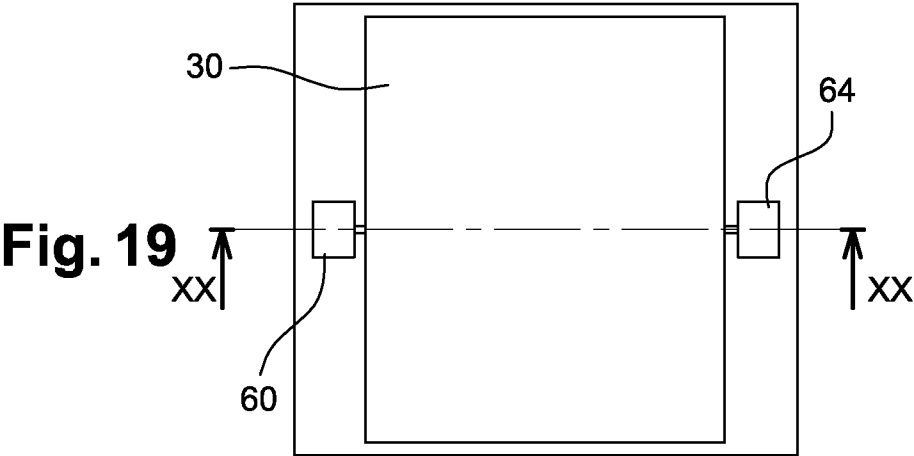


(Coupe XVIII-XVIII)

**Fig. 18**







# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/050673

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G06F3/044 ADD. H01L41/08      H03K17/96		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F G06K H03K H01L		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X  Y A	WO 2011/156447 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]; FREY MATTHEW H [US]; KIESCHKE ROBERT) 15 December 2011 (2011-12-15) page 2, line 8 - line 17 page 17, lines 6-10 page 19, line 24 - page 20, line 5 page 20, line 18 - page 22, line 15; figures 2-3b page 23, lines 4-14 page 23, line 28 - page 24, line 12 page 25, line 3 - line 13 page 35, line 23 - page 37, line 25; figures 4-6 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">           -----            -/--         </div>	1-4, 9-12, 14, 15  5, 6, 8 7, 13
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</span> </div>		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
6 September 2013	12/09/2013	
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  Chéron, Laurent	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2013/050673

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/068460 A1 (MORIYAMA NOBUHIRO [JP] ET AL) 18 March 2010 (2010-03-18)	8
A	paragraphs [0001] - [0008], [0024], [0027], [0028] paragraphs [0030] - [0032]; figure 3 paragraphs [0053] - [0055]; figure 1	10
X	US 2012/075201 A1 (GOLOVCHENKO MYKOLA [US] ET AL) 29 March 2012 (2012-03-29) paragraphs [0001], [0011], [0012] paragraphs [0023], [0025], [0029]; figure 2 paragraphs [0033] - [0043]; figures 5-7	1-4
X	EP 2 075 678 A2 (TPO DISPLAYS CORP [TW]) 1 July 2009 (2009-07-01) abstract paragraphs [0003] - [008,] paragraphs [0013] - [0024]; figure 1 paragraphs [0036] - [0046]; figures 6-8	1-4
X	EP 1 418 491 A2 (DELPHI TECH INC [US]) 12 May 2004 (2004-05-12) paragraphs [0022] - [0026]; figures 4-7b	1-4
X	US 2010/328264 A1 (YIP CHAK LAM PETER [HK]) 30 December 2010 (2010-12-30) paragraphs [0040] - [0041]; figures 4a-4d	1-4
X	EP 0 609 021 A2 (AT & T CORP [US]) 3 August 1994 (1994-08-03) page 3, lines 33-43; figure 2	1-4
X	US 2009/135031 A1 (ROCKWELL THOMAS LAWRENCE [US]) 28 May 2009 (2009-05-28) paragraph [0001] paragraphs [0038] - [0043]; figures 6-8	1-4
Y	KR 101 133 141 B1 (SAMSUNG TECHWIN CO LTD [KR]) 6 April 2012 (2012-04-06)	5,6
A	paragraphs [0001], [0006], [0017], [0018], [0020] - [0030], [0036], [0039], [0051] - [0056]; figures 1,2,3,5,6	7
Y	US 2011/155478 A1 (CHOI DUK-HYUN [KR] ET AL) 30 June 2011 (2011-06-30)	5
A	paragraphs [0042] - [0050]; figures 2-3	6,7
X	US 5 505 870 A (YOO KWANG SOO [KR] ET AL) 9 April 1996 (1996-04-09)	9,12,14
A	column 4, lines 13-37; figure 1	13,15
	----- -/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/050673

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 688 306 A (SONI PRAVIN L [US] ET AL) 25 August 1987 (1987-08-25)	9,12,14
A	column 1, lines 28-48 column 5, lines 29-59 column 6, line 43 - column 7, line 17 -----	13,15
X	EP 0 528 279 A1 (KUREHA CHEMICAL IND CO LTD [JP]) 24 February 1993 (1993-02-24)	9,12,14
A	page 6, lines 15-30 -----	13,15
X	US 2011/095997 A1 (PHILIPP HARALD [GB]) 28 April 2011 (2011-04-28) paragraphs [0004], [0005], [0009] paragraph [0039]; figure 2 paragraphs [0044] - [0051]; figures 3-5 paragraphs [0058] - [0069]; figures 10-11,12 paragraphs [0071], [0072]; figures 14,15 -----	1-4
X	US 2006/001655 A1 (TANABE KOJI [JP]) 5 January 2006 (2006-01-05) paragraphs [0074] - [0089], [0093]; figures 6-7 -----	1-4
X	US 5 494 617 A (IWAMOTO NANCY E [US]) 27 February 1996 (1996-02-27) cited in the application	10
Y	column 1, line 1 - column 2, line 27 column 2, line 49 - column 3, line 8 column 4, line 8 - line 55 -----	8
X	US 3 691 555 A (LOOSCHEN FLOYD W) 12 September 1972 (1972-09-12) column 4, line 47 - column 6, line 48; figures 3-7 -----	1-4
Y	US 2011/080368 A1 (LEE JONG YOUNG [KR] ET AL) 7 April 2011 (2011-04-07)	5
A	paragraphs [0029] - [0048]; figures 1-2 -----	6,7
A	US 5 336 422 A (SCHEINBEIM JERRY I [US] ET AL) 9 August 1994 (1994-08-09) column 1, lines 20-47 column 9, lines 20-47 column 10, line 58 - column 11, line 30 -----	9,12-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2013/050673

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**See extra sheet**

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:**

**1. Claims 1-4, 8, 10, 11**

**Comb-shaped interdigitated electrodes.**

**2. Claims 5-7**

**Graphene elements inserted into the electrodes.**

**3. Claims 9, 12-15**

**A method for generating the piezoelectric characteristic of the crystalline ferroelectric material layer of a touch and pressure sensor directly on the sensor.**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/050673

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011156447 A1	15-12-2011	CN 103069365 A EP 2580647 A1 JP 2013529803 A SG 186204 A1 TW 201209667 A US 2013082970 A1 WO 2011156447 A1	24-04-2013 17-04-2013 22-07-2013 30-01-2013 01-03-2012 04-04-2013 15-12-2011
US 2010068460 A1	18-03-2010	CN 101578717 A HK 1135510 A1 JP 5078362 B2 JP 2008171935 A US 2010068460 A1 US 2013122275 A1 WO 2008084787 A1	11-11-2009 28-12-2012 21-11-2012 24-07-2008 18-03-2010 16-05-2013 17-07-2008
US 2012075201 A1	29-03-2012	US 2012075201 A1 WO 2012044332 A1	29-03-2012 05-04-2012
EP 2075678 A2	01-07-2009	CN 101470557 A EP 2075678 A2 JP 2009163739 A TW 200928925 A US 2009167713 A1	01-07-2009 01-07-2009 23-07-2009 01-07-2009 02-07-2009
EP 1418491 A2	12-05-2004	EP 1418491 A2 US 2004080486 A1 US 2004119688 A1	12-05-2004 29-04-2004 24-06-2004
US 2010328264 A1	30-12-2010	CN 101952795 A EP 2252927 A1 US 2010328264 A1 WO 2009094918 A1	19-01-2011 24-11-2010 30-12-2010 06-08-2009
EP 0609021 A2	03-08-1994	EP 0609021 A2 JP H06242875 A US 5463388 A	03-08-1994 02-09-1994 31-10-1995
US 2009135031 A1	28-05-2009	NONE	
KR 101133141 B1	06-04-2012	NONE	
US 2011155478 A1	30-06-2011	KR 20110078179 A US 2011155478 A1	07-07-2011 30-06-2011
US 5505870 A	09-04-1996	JP 2777976 B2 JP H07297461 A US 5505870 A	23-07-1998 10-11-1995 09-04-1996
US 4688306 A	25-08-1987	CA 1267216 A1 US 4688306 A	27-03-1990 25-08-1987
EP 0528279 A1	24-02-1993	DE 69215599 D1 DE 69215599 T2 EP 0528279 A1 US 5288551 A	16-01-1997 19-06-1997 24-02-1993 22-02-1994
US 2011095997 A1	28-04-2011	NONE	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/050673

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006001655	A1	05-01-2006	NONE
US 5494617	A	27-02-1996	NONE
US 3691555	A	12-09-1972	NONE
US 2011080368	A1	07-04-2011	JP 2011076578 A 14-04-2011 KR 20110036435 A 07-04-2011 US 2011080368 A1 07-04-2011
US 5336422	A	09-08-1994	NONE



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050673

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G06F3/044

ADD. H01L41/08 H03K17/96

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

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

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

G06F G06K H03K H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2011/156447 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]; FREY MATTHEW H [US]; KIESCHKE ROBERT) 15 décembre 2011 (2011-12-15) page 2, ligne 8 - ligne 17	1-4, 9-12, 14, 15
Y	page 17, ligne 6-10	5, 6, 8
A	page 19, ligne 24 - page 20, ligne 5 page 20, ligne 18 - page 22, ligne 15; figures 2-3b page 23, ligne 4-14 page 23, ligne 28 - page 24, ligne 12 page 25, ligne 3 - ligne 13 page 35, ligne 23 - page 37, ligne 25; figures 4-6 ----- -/--	7, 13



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



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

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

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

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

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

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

"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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 septembre 2013

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/09/2013

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Chéron, Laurent

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2010/068460 A1 (MORIYAMA NOBUHIRO [JP] ET AL) 18 mars 2010 (2010-03-18)	8
A	alinéas [0001] - [0008], [0024], [0027], [0028] alinéas [0030] - [0032]; figure 3 alinéas [0053] - [0055]; figure 1	10
X	US 2012/075201 A1 (GOLOVCHENKO MYKOLA [US] ET AL) 29 mars 2012 (2012-03-29) alinéas [0001], [0011], [0012] alinéas [0023], [0025], [0029]; figure 2 alinéas [0033] - [0043]; figures 5-7	1-4
X	EP 2 075 678 A2 (TPO DISPLAYS CORP [TW]) 1 juillet 2009 (2009-07-01) abrégé alinéas [0003] - [008,] alinéas [0013] - [0024]; figure 1 alinéas [0036] - [0046]; figures 6-8	1-4
X	EP 1 418 491 A2 (DELPHI TECH INC [US]) 12 mai 2004 (2004-05-12) alinéas [0022] - [0026]; figures 4-7b	1-4
X	US 2010/328264 A1 (YIP CHAK LAM PETER [HK]) 30 décembre 2010 (2010-12-30) alinéas [0040] - [0041]; figures 4a-4d	1-4
X	EP 0 609 021 A2 (AT & T CORP [US]) 3 août 1994 (1994-08-03) page 3, ligne 33-43; figure 2	1-4
X	US 2009/135031 A1 (ROCKWELL THOMAS LAWRENCE [US]) 28 mai 2009 (2009-05-28) alinéa [0001] alinéas [0038] - [0043]; figures 6-8	1-4
Y	KR 101 133 141 B1 (SAMSUNG TECHWIN CO LTD [KR]) 6 avril 2012 (2012-04-06)	5,6
A	alinéas [0001], [0006], [0017], [0018], [0020] - [0030], [0036], [0039], [0051] - [0056]; figures 1,2,3,5,6	7
Y	US 2011/155478 A1 (CHOI DUK-HYUN [KR] ET AL) 30 juin 2011 (2011-06-30)	5
A	alinéas [0042] - [0050]; figures 2-3	6,7
X	US 5 505 870 A (YOO KWANG SOO [KR] ET AL) 9 avril 1996 (1996-04-09)	9,12,14
A	colonne 4, ligne 13-37; figure 1	13,15
	-/--	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050673

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 688 306 A (SONI PRAVIN L [US] ET AL) 25 août 1987 (1987-08-25)	9,12,14
A	colonne 1, ligne 28-48 colonne 5, ligne 29-59 colonne 6, ligne 43 - colonne 7, ligne 17 -----	13,15
X	EP 0 528 279 A1 (KUREHA CHEMICAL IND CO LTD [JP]) 24 février 1993 (1993-02-24)	9,12,14
A	page 6, ligne 15-30 -----	13,15
X	US 2011/095997 A1 (PHILIPP HARALD [GB]) 28 avril 2011 (2011-04-28) alinéas [0004], [0005], [0009] alinéa [0039]; figure 2 alinéas [0044] - [0051]; figures 3-5 alinéas [0058] - [0069]; figures 10-11,12 alinéas [0071], [0072]; figures 14,15 -----	1-4
X	US 2006/001655 A1 (TANABE KOJI [JP]) 5 janvier 2006 (2006-01-05) alinéas [0074] - [0089], [0093]; figures 6-7 -----	1-4
X	US 5 494 617 A (IWAMOTO NANCY E [US]) 27 février 1996 (1996-02-27) cité dans la demande	10
Y	colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 27 colonne 2, ligne 49 - colonne 3, ligne 8 colonne 4, ligne 8 - ligne 55 -----	8
X	US 3 691 555 A (LOOSCHEN FLOYD W) 12 septembre 1972 (1972-09-12) colonne 4, ligne 47 - colonne 6, ligne 48; figures 3-7 -----	1-4
Y	US 2011/080368 A1 (LEE JONG YOUNG [KR] ET AL) 7 avril 2011 (2011-04-07)	5
A	alinéas [0029] - [0048]; figures 1-2 -----	6,7
A	US 5 336 422 A (SCHEINBEIM JERRY I [US] ET AL) 9 août 1994 (1994-08-09) colonne 1, ligne 20-47 colonne 9, ligne 20-47 colonne 10, ligne 58 - colonne 11, ligne 30 -----	9,12-15

**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

**Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☒ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n<sup>os</sup> :
4. ☐ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n<sup>os</sup> :

**Remarque quant à la réserve** ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.

☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.

☒ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

**SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-4, 8, 10, 11

électrodes interdigitées en forme de peigne  
---

2. revendications: 5-7

éléments en graphène insérés dans les électrodes  
---

3. revendications: 9, 12-15

procédé pour générer la caractéristique piézoélectrique de la couche de matériau ferroélectrique cristallin d'un capteur tactile et de pression directement sur le capteur.  
---

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050673

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2011156447 A1	15-12-2011	CN 103069365 A EP 2580647 A1 JP 2013529803 A SG 186204 A1 TW 201209667 A US 2013082970 A1 WO 2011156447 A1	24-04-2013 17-04-2013 22-07-2013 30-01-2013 01-03-2012 04-04-2013 15-12-2011
US 2010068460 A1	18-03-2010	CN 101578717 A HK 1135510 A1 JP 5078362 B2 JP 2008171935 A US 2010068460 A1 US 2013122275 A1 WO 2008084787 A1	11-11-2009 28-12-2012 21-11-2012 24-07-2008 18-03-2010 16-05-2013 17-07-2008
US 2012075201 A1	29-03-2012	US 2012075201 A1 WO 2012044332 A1	29-03-2012 05-04-2012
EP 2075678 A2	01-07-2009	CN 101470557 A EP 2075678 A2 JP 2009163739 A TW 200928925 A US 2009167713 A1	01-07-2009 01-07-2009 23-07-2009 01-07-2009 02-07-2009
EP 1418491 A2	12-05-2004	EP 1418491 A2 US 2004080486 A1 US 2004119688 A1	12-05-2004 29-04-2004 24-06-2004
US 2010328264 A1	30-12-2010	CN 101952795 A EP 2252927 A1 US 2010328264 A1 WO 2009094918 A1	19-01-2011 24-11-2010 30-12-2010 06-08-2009
EP 0609021 A2	03-08-1994	EP 0609021 A2 JP H06242875 A US 5463388 A	03-08-1994 02-09-1994 31-10-1995
US 2009135031 A1	28-05-2009	AUCUN	
KR 101133141 B1	06-04-2012	AUCUN	
US 2011155478 A1	30-06-2011	KR 20110078179 A US 2011155478 A1	07-07-2011 30-06-2011
US 5505870 A	09-04-1996	JP 2777976 B2 JP H07297461 A US 5505870 A	23-07-1998 10-11-1995 09-04-1996
US 4688306 A	25-08-1987	CA 1267216 A1 US 4688306 A	27-03-1990 25-08-1987
EP 0528279 A1	24-02-1993	DE 69215599 D1 DE 69215599 T2 EP 0528279 A1 US 5288551 A	16-01-1997 19-06-1997 24-02-1993 22-02-1994
US 2011095997 A1	28-04-2011	AUCUN	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/050673

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006001655	A1	05-01-2006	AUCUN	
US 5494617	A	27-02-1996	AUCUN	
US 3691555	A	12-09-1972	AUCUN	
US 2011080368	A1	07-04-2011	JP 2011076578 A	14-04-2011
			KR 20110036435 A	07-04-2011
			US 2011080368 A1	07-04-2011
US 5336422	A	09-08-1994	AUCUN	