

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 107 765**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **20 02055**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 L 1/18 (2019.12), B 82 Y 10/00**

①②

CERTIFICAT D'UTILITÉ

B3

⑤④ Capteur de détection de proximité et de mesure de force de contact combiné.

②② Date de dépôt : 28.02.20.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.09.21 Bulletin 21/35.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
certificat d'utilité : 11.03.22 Bulletin 22/10.

⑤⑥ Les certificats d'utilité ne font pas l'objet d'un
rapport de recherche.

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *NANOMADE LAB SAS* — FR.

⑦② Inventeur(s) : SEVERAC Fabrice et DUFOUR
Nicloas.

⑦③ Titulaire(s) : *NANOMADE LAB SAS*.

⑦④ Mandataire(s) : *IPSIDE*.

FR 3 107 765 - B3



Description

Titre de l'invention : Capteur de détection de proximité et de mesure de force de contact combiné

Domaine technique

[0001] L'invention appartient au domaine des capteurs dits tactiles, plus particulièrement des capteurs sous forme de film, applicables sur des surfaces souples ou rigides et capables de détecter la proximité d'un objet et le toucher du capteur par cet objet, ainsi que la force appliquée.

Technique antérieure

[0002] Les capteurs sous forme de film capables de détecter la proximité ou le contact d'un objet, tel qu'un doigt ou un stylet, sont couramment utilisés sur des écrans d'ordinateur, de téléphone intelligent ou de tablette informatique.

[0003] Deux technologies sont principalement utilisées à cette fin : la détection capacitive et la détection résistive.

[0004] La détection capacitive détecte la présence d'un objet « flottant » (*hover* en termes anglosaxons) à faible distance du capteur, par la modification de capacitance d'un circuit électrique due à la présence de cet objet.

[0005] La détection résistive détecte le contact d'un objet sur l'écran, par la déformation d'une couche supérieure de l'écran, déformation détectée par des jauges de contrainte ou plus simplement par la fermeture de microcontacts électriques sous l'effet de cette déformation.

[0006] Ainsi ces capteurs permettent de détecter un toucher selon une force suffisante, mais ne permettent généralement pas de caractériser cette force, c'est-à-dire d'en mesurer l'intensité, il s'agit d'une détection tout ou rien.

[0007] Des capteurs capacitifs sont également utilisables pour détecter un toucher. Dans la mesure où la variation de capacitance est fonction de la distance entre l'objet et le capteur, une distance nulle, c'est-à-dire un toucher, est, au moins en théorie, détectable, comme exposé dans le document WO 2015/038842.

[0008] Toutefois, il s'agit encore une fois d'une détection de type tout ou rien, qui ne permet pas de quantifier l'intensité de la force appliquée.

[0009] Pour améliorer l'interactivité des objets pourvus de tels capteurs et augmenter les fonctionnalités activables via une interaction tactile avec leur utilisateur, il est utile d'associer sur un même écran des détections tactiles de proximité et de toucher.

[0010] Par exemple, la détection de proximité permet de détecter des mouvements rapides des doigts pour naviguer dans des menus, alors que la détection du toucher (avec une certaine force) permet de déclencher une action selon un principe de navigation dit «

peek and pop ».

[0011] Avantageusement, différentes actions sont déclenchables en fonction de la force d'application en un même point.

[0012] Pour ne citer que quelques exemples, la quantification de la force de toucher est également utile dans des applications de type tablette graphique pour mimer la réponse qu'aurait un crayon ou un pinceau en fonction de la force d'application du stylet.

[0013] Ainsi, les fonctionnalités de détection de proximité ainsi que de détection et de mesure de force de contact sont, pour de telles applications, en profonde synergie.

[0014] Le document WO 2014/018118 utilise un dispositif à ultrasons, générés par une pluralité d'éléments piézoélectriques répartis sur une surface tactile afin de détecter une proximité, un contact (toucher), et l'intensité de ce contact. Cependant, la mise en œuvre d'un tel dispositif nécessite une consommation conséquente d'énergie pour activer les différents dispositifs à ultrasons et du fait de la superposition des différents systèmes, la surface tactile est relativement épaisse.

[0015] Le document EP 2 877 911 décrit un procédé pour réaliser une surface tactile transparente comprenant un réseau de jauges de contraintes constituées d'assemblées de nanoparticules, capables de mesurer la force appliquée sur chacune des dites jauges de contrainte. Les jauges ainsi créées ont une sensibilité plusieurs milliers de fois supérieure à une jauge de contrainte classique.

[0016] Toutefois, si une telle surface tactile est capable de détecter un toucher en termes de point d'application et d'intensité de pression, elle ne permet pas de détecter une simple proximité.

[0017] De plus, les propriétés électriques des micro-capteurs de force utilisés dans cet exemple de l'art antérieur sont également sensibles à des facteurs environnementaux, tels que la température, produisant une dérive, et l'information qu'ils délivrent est également sujette à des phénomènes d'hystérésis.

[0018] La figure 1, relative à l'art antérieur, montre un exemple d'information, en tension (102), délivrée en fonction du temps (101) par un tel capteur de force constitué d'une assemblée de nanoparticules conductrices ou semi-conductrices en suspension colloïdale dans un ligand isolant, lors de l'application d'une force sur ledit capteur, par exemple un toucher.

[0019] Selon cet exemple, le toucher est appliqué entre les temps t_0 et t_1 .

[0020] L'intensité de la force est proportionnelle à la différence ($V_1 - V_0$), or, si V_1 est mesurable, la connaissance de V_0 est indispensable pour déterminer l'intensité de la force.

[0021] Cette valeur V_0 dépend de facteurs environnementaux et est susceptible de varier dans le temps, notamment avec la température.

[0022] Pour pallier cette difficulté, le document WO 2018/130672 décrit un dispositif de

compensation de la dérive avec l'utilisation de résistances de référence et un montage en demi-pont de Wheastone.

[0023] Cette solution implique une installation plus complexe et ne résout pas les phénomènes d'hystérésis (103), où le capteur continue à délivrer une information après le temps t_1 alors que la force n'est plus appliquée.

[0024] Ce phénomène d'hystérésis est gênant pour des applications où une réactivité élevée de la surface tactile est recherchée.

Résumé de l'invention

[0025] L'invention vise à résoudre les inconvénients de l'art antérieur et concerne à cette fin, selon un premier mode de réalisation, un capteur élémentaire de proximité et de force de contact combiné comprenant :

- un substrat isolant ;
- une piste conductrice déposée sur ledit substrat, configurée pour produire un capteur capacitif ;
- un capteur de force constitué d'une assemblée de nanoparticules conductrices ou semi-conductrices en suspension colloïdale dans un ligand électriquement isolant et déposé sur ledit substrat ;
- des pistes conductrices déposées sur le substrat pour alimenter électriquement et collecter les informations des capteurs ainsi formés ;
- une couche de protection recouvrant les pistes conductrices et l'assemblée de nanoparticules.

[0026] Selon un deuxième mode de réalisation le capteur élémentaire de proximité et de force de contact combiné objet de l'invention comprend :

- un premier ensemble comprenant un premier substrat isolant sur lequel est déposé un capteur de force constitué d'une assemblée de nanoparticules conductrices ou semi-conductrices en suspension colloïdale dans un ligand électriquement isolant ;
- superposé à ce premier ensemble, un deuxième ensemble comprenant un deuxième substrat isolant sur lequel est déposé une piste conductrice configurée pour produire un capteur capacitif ;
- des pistes conductrices déposées sur les substrats respectifs pour alimenter électriquement et collecter les informations des capteurs ainsi formés ;
- une couche de protection recouvrant les deux ensembles.

[0027] Ainsi, quelque soit le mode de réalisation, ces dispositifs objets de l'invention permettent de mettre en œuvre le procédé objet de l'invention pour la détection et la caractérisation d'une force de contact sur lesdits capteur, en s'affranchissant des phénomènes de dérive et d'hystérésis par la combinaison des informations issues du

capteur de proximité et du capteur de force.

[0028] Ainsi, l'invention concerne également un procédé pour la détection et la mesure de l'intensité d'une force de toucher par un objet électriquement conducteur sur une surface tactile, lequel procédé met en œuvre un capteur élémentaire combiné selon l'invention, quelque soit son mode réalisation, et qui comprend des étapes consistant à :

- i. ajuster la sensibilité du capteur capacitif de sorte à détecter une distance définie entre ledit capteur et un objet conducteur ;
- ii. lorsque l'objet conducteur est détecté, par le capteur capacitif, à une distance inférieure ou égale à la distance définie en i), mesurer la conductivité du capteur de force et prendre la valeur ainsi mesurée comme valeur de référence V_0 ;
- iii. lorsqu'une force est appliquée au moyen de l'objet, mesurer la conductivité V_1 du capteur sous l'action de cette force et en déduire l'intensité de la force par différence avec la valeur de référence V_0 déterminée en ii) ($V_1 - V_0$) et délivrer la valeur de cette intensité ;
- iv. lorsque l'appui de l'objet sur la surface est relâché et que la distance détectée par le capteur capacitif devient supérieure ou égale à la distance déterminée en i) délivrer une valeur d'intensité de force égale à 0.

[0029] Dans la mesure où tout toucher de la surface implique nécessairement que l'objet réalisant le contact avec ladite surface se rapproche et s'éloigne de la surface, la sélection judicieuse de la distance à l'étape i) permet de détecter l'imminence d'un contact puis l'instant de son relâchement, de sorte à corriger et s'affranchir des phénomènes de dérive et d'hystérésis du capteur de force.

[0030] Ainsi, le capteur de force et le capteur capacitif, le cas échéant déposés sur le même substrat, coopèrent pour fournir une détection et une mesure fiable de la force de toucher, permettant la réalisation d'un dispositif moins épais et plus facile à réaliser que les exemples de l'art antérieur fournissant les mêmes fonctionnalités.

[0031] L'invention concerne également une surface tactile comprenant une pluralité de capteurs élémentaires combinés selon l'un quelconque des modes de réalisation et une pluralité de capteurs capacitifs dans laquelle le nombre total de capteurs capacitifs est supérieur au nombre de capteurs de force.

[0032] Ce mode de réalisation d'une surface tactile est économique en limitant le nombre de capteurs de force installés.

[0033] L'invention est avantageusement mise en œuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposés ci-après, lesquels sont à considérer individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.

[0034] Selon un exemple de réalisation du capteur objet de l'invention le substrat est

constitué de polyimide, alternativement le substrat est constitué de PET (Polyethylene Terephthalate) pour la réalisation d'un capteur transparent.

- [0035] Selon un exemple de réalisation, le capteur de force est constitué de nanoparticules sont des particules d'oxyde d'indium dopé à l'étain ($\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$) (ITO) et le ligand est un acide (aminométhyl)phosphonique et les pistes conductrices sont constituées d'ITO.
- [0036] Ainsi le capteur objet de l'invention est transparent.
- [0037] Avantageusement le capteur comprend une couche exposée au toucher constituée d'un matériau électriquement isolant le capteur combiné étant rapporté sur la face opposée à la face exposée au toucher de ladite couche.
- [0038] Ainsi ledit capteur permet de fonctionnaliser la surface d'un matériau.
- [0039] Selon des exemples de réalisation la couche exposée au toucher est constituée d'un polymère, de cuir, de bois, de verre ou d'une céramique.
- [0040] Selon un mode de réalisation du procédé objet de l'invention mettant en œuvre une surface tactile dans laquelle le nombre de capteurs capacitifs supérieur au nombre de capteurs de force, l'étape ii) du procédé comprend la détermination de la localisation sur la surface tactile du point d'application du toucher en fonction du capteur capacitif où la distance minimale est détectée, la mesure la conductivité de chacun des capteurs de force à cet instant et le recalage de l'information qu'ils délivrent en fonction de la valeur ainsi mesurée, et l'étape iii) comprend la détermination de l'effort appliqué en combinant les informations issues des capteurs de force en fonction de la localisation du point d'application déterminé à cette étape ii).
- [0041] Ainsi, par la coopération entre les capteurs capacitifs et les capteurs de force, la force appliquée en un point de la surface tactile est mesurée même si la densité de capteurs de force est inférieure à la densité de capteurs capacitifs.

Brève description des dessins

- [0042] L'invention est exposée ci-après selon ses modes de réalisation préférés, nullement limitatifs, et en référence aux figures 1 à 6 dans lesquelles :
- [fig.1] la figure 1 relative à l'art antérieur montre la réponse temporelle d'un capteur de force mettant en œuvre une assemblée de nanoparticules dont la conductivité varie selon la force appliquée audit capteur ;
- [fig.2] la figure 2 montre selon une vue de dessus, un premier mode de réalisation d'un capteur combiné élémentaire selon l'invention ;
- [fig.3] la figure 3 est une vue en coupe AA du capteur de la figure 2 selon une coupe définie sur cette même vue ;
- [fig.4] la figure 4 représente un autre mode de réalisation d'un capteur combiné élémentaire selon l'invention selon une vue en coupe comme la figure 3 ;

[fig.5] la figure 5 illustre la mise en œuvre d'un capteur élémentaire pour la détection d'un toucher le la mesure de la force de toucher, figure 5A, selon une vue en coupe lors de la détection de proximité, figure 5B selon une vue en coupe lors du toucher, figure 5C, l'évolution temporelle du signal issue du capteur de force, traité en fonction de l'information temporelle du signal du capteur capacitif figure 5D ;

[fig.6] la figure 6 représente selon une vue de dessus en éclaté un exemple de réalisation d'une surface tactile combinant une pluralité de capteurs élémentaires selon l'invention ;

[fig.7] la figure 7 montre l'organigramme d'un exemple de procédé mettant en œuvre un capteur élémentaire selon l'invention ;

[fig.8] et la figure 8 est un exemple d'organigramme d'un procédé mettant en œuvre une surface tactile selon l'invention.

[0043] Les dessins sont des représentations de principe et ne sont pas représentatifs de l'échelle des différents éléments qu'ils représentent.

Description des modes de réalisation

[0044] Figure 2 selon un exemple de réalisation un capteur combiné élémentaire objet de l'invention comprend un substrat isolant (210) sur lequel sont déposées, par des techniques connues de l'art antérieur, des pistes conductrices concentriques (221, 222) constituant un capteur capacitif.

[0045] Le substrat isolant (210) est, selon des exemples de réalisation, un polymère, par exemple un polyimide ou un PET, ou une céramique.

[0046] Lesdites pistes concentriques (221, 222) sont par exemple constituées de cuivre, d'ITO ($\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$) pour réaliser un capteur transparent ou de tout autre matériau conducteur.

[0047] Elles sont déposées, par exemple, par photolithographie ou par lithographie douce.

[0048] Au centre du capteur est déposée une assemblée de nanoparticule constituant un capteur de force.

[0049] Selon un exemple de réalisation, adapté à la réalisation d'un capteur transparent, lesdites nanoparticules sont des nanoparticules d'ITO en suspension colloïdale dans un ligand isolant, par exemple un acide (aminométhyl) phosphonique ($\text{CH}_6\text{NO}_3\text{P}$).

[0050] Selon d'autres exemples de réalisation les nanoparticules sont des nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO) ou des nanoparticules d'or (Au).

[0051] L'assemblée de nanoparticules (230) est une assemblée monocouche ou multicouche, déposée sur le substrat, par exemple, par dépôt capillaire convectif ou par une méthode dite « d'évaporation de goutte » telle que décrite dans le document EP 2 877 911, sans que ces exemples ne soient exhaustifs ni limitatifs.

[0052] L'assemblée de nanoparticules (230) est fermement liée au substrat (210), par

exemple par l'intermédiaire d'un coupleur chimique.

- [0053] À titre d'exemple, le coupleur chimique est un silane (SiH_4), apte à interagir avec des groupements OH de la surface du substrat préalablement activée par un traitement UV-Ozone et comportant à l'autre extrémité du coupleur un groupement carboxylique (COOH) apte à se greffer sur un groupe amine (NH_2) préalablement greffé à la surface des nanoparticules.
- [0054] L'assemblée de nanoparticules (230) constitue une jauge de déformation, dont la conductivité électrique varie en fonction de la distance relative entre les nanoparticules de l'assemblée.
- [0055] Cette variation de conductivité ou réciproquement de résistance électrique est attribuée à la conduction par effet tunnel entre les nanoparticules, et cet effet fournit un facteur de jauge très élevé, beaucoup plus élevé que ce qu'il est possible d'obtenir avec un film piézorésistif, ce qui permet de mesurer de très faibles déformations.
- [0056] À titre d'exemple, la variation proportionnelle de la résistance d'un tel capteur de force élémentaire, constitué d'une assemblée de nanoparticules d'ITO dans un ligand à base d'acide phosphonique, fait apparaître une évolution exponentielle de la réponse en fonction de la déformation subie par ledit capteur élémentaire, avec un facteur de jauge atteignant la valeur de 85 sur une plage de déformation de -1 %, en compression, à +1 % en traction pour une résistance de l'ordre de $2000 \cdot 10^3$ Ohm en l'absence de déformation.
- [0057] Ainsi ce capteur de force élémentaire est très sensible et permet de détecter une force d'appui ou de toucher, même relativement faible, appliquée audit capteur, qui peut ainsi constituer son propre corps d'épreuve. En d'autres termes, la déformation du substrat n'est pas nécessaire pour détecter un effort appliqué et l'agencement représenté figure 2 est réalisable sur un substrat rigide tel que du dioxyde de silicium (SiO_2) ou de nitrure de silicium (Si_3N_4) tout en permettant une mesure de la force appliquée au capteur.
- [0058] Des pistes conductrices (240), représentées ici selon une représentation de principe, également déposées sur le substrat (210), permettent l'alimentation électrique et la collecte des données du capteur capacitif et du capteur de force.
- [0059] Figure 3, une couche protectrice (310) constituée d'un matériau isolant, par exemple un polyimide, ou un PET pour la réalisation d'un capteur transparent, est déposée sur le capteur ainsi créé.
- [0060] Selon cet exemple de réalisation, le capteur élémentaire combiné objet de l'invention a un diamètre compris entre 10 mm et 30 mm et une épaisseur comprise entre 50 μm et 300 μm sans que ces valeurs ne soient limitatives.
- [0061] Figure 4, selon un autre mode de réalisation, le capteur élémentaire combiné objet de l'invention est réalisé en 2 couches (401, 402), la première couche (401) comprenant,

selon cet exemple de réalisation, un substrat (201₁) sur lequel est déposé le capteur de force (230) selon une technologie identique à ce qui a été exposé ci-avant, et une couche (310₁) de protection, et superposée à cette première couche (401), une seconde couche (402) comprenant un substrat (210₂) sur lequel sont déposés les pistes conductrices (221, 222) réalisant le capteur capacitif.

[0062] Une couche de protection (310₂) est posée sur ledit capteur capacitif.

[0063] Figure 5, selon un exemple de mise en œuvre le capteur élémentaire combiné objet de l'invention est rapporté sur une face d'un substrat (510) isolant, la face opposée (511) dudit substrat étant exposée au toucher.

[0064] Ainsi, la surface (511) de ce substrat (510) est fonctionnalisée et permet de détecter un toucher sur cette surface et de mesurer la force d'application de ce toucher.

[0065] Selon des exemples de réalisation non limitatif, ledit substrat (510) est constitué d'un polymère, de verre, de céramique, de cuir ou de bois. La sensibilité du capteur de force permet de détecter une faible déformation, et ainsi de détecter et mesurer une force de toucher même si ce substrat est relativement rigide.

[0066] Figure 5A, lorsqu'un objet électriquement conducteur, par exemple un doigt (500), est approché de la surface (511) ainsi fonctionnalisée, à un temps t_0 , sa présence est détectée, avant même qu'il n'y ait contact, dès lors que celui-ci se trouve à une distance inférieure ou égale à une distance minimale (590) du capteur capacitif.

[0067] Cette distance minimale (590) est ajustable selon les caractéristiques du capteur et un seuil défini sur le signal délivré par ledit capteur capacitif.

[0068] A titre d'exemple, la distance minimale est sélectionnée à toute valeur entre 0 et 10 mm selon l'application visée.

[0069] A cette fin, le capteur objet de l'invention est connecté à un circuit électronique apte à réaliser ces fonctions ainsi que les étapes du procédé exposé ci-après.

[0070] Ainsi, au temps t_0 , figure 5D, en observant la valeur du signal (522) délivré par le capteur capacitif en fonction du temps (501), l'information (523) délivrée par ledit capteur franchit un seuil C_0 correspondant au franchissement de la distance minimale (590). Puis, dès lors que l'objet (500) entre en contact avec la surface, l'information délivrée par le capteur capacitif n'évolue plus ou très peu, même si la pression appliquée augmente.

[0071] En revenant à la figure 1, lorsque la proximité de l'objet (500, figure 5) est détectée, la valeur V_0 délivrée par le capteur de force au temps t_0 est mesurée et prise pour valeur de référence, en faisant correspondre à cette valeur une force égale à 0, puisqu'il n'y a pas contact, comme le montre la figure 5C, qui représente la valeur (502) du signal (503) délivré par le capteur de force en fonction du temps (501), modifiée par le traitement.

[0072] Ainsi, tout phénomène de dérive de l'information délivrée par le capteur de force,

notamment du fait de variations de température, est compensé.

- [0073] Figure 5B, lorsque l'objet (500) entre en contact avec la surface fonctionnalisée (511) et applique une force de toucher sur celle-ci, la conductivité du capteur de force est modifiée proportionnellement à la force appliquée, et celui-ci délivre, figure 5C, une information V_1 correspondant à une force proportionnelle à $V_1 - V_0$, corrigée de la valeur de dérive initiale V_0 du capteur de force (230).
- [0074] Lorsque la pression de toucher est relâchée au temps t_1 , à bref instant ($t_1 + e$) suivant ce relâchement, l'objet (500) se trouve à une distance de la surface (511), supérieure ou égale à la distance minimale (590), et, figure 5D, l'information délivrée par le capteur capacitif franchit le seuil C_0 en sens inverse.
- [0075] Lorsque le franchissement de ce seuil C_0 est détecté sur le capteur capacitif, l'information délivrée par le capteur de force est considérée égale à 0. Ainsi, le retour différé à 0 de l'information délivrée par le capteur de force, du fait des phénomènes d'hystérésis, est également masqué.
- [0076] Ainsi, l'utilisation combinée du capteur de force et du capteur capacitif permet de mesurer une force appliquée, et le cas échéant de déclencher des actions en fonction du niveau de cette force, en s'affranchissant des phénomènes de dérive et d'hystérésis inhérents à ce type de capteur de force et tels que représentés figure 1.
- [0077] La figure 5 représente un capteur combiné selon le premier mode de réalisation de celui-ci, l'homme du métier comprend que les mêmes principes sont applicables dans le cas d'un capteur combiné correspondant au mode de réalisation représenté figure 4.
- [0078] Figure 6, une pluralité de capteurs élémentaires sont associés en grille de sorte à former une surface tactile apte à détecter un toucher, sa localisation sur la grille et l'effort de pression exercé.
- [0079] La figure 6 représente un mode de réalisation combinant une pluralité de capteurs selon le mode de réalisation représenté figure 4. L'homme du métier adapte ce principe au mode de réalisation du capteur élémentaire représenté figure 3.
- [0080] Ladite surface tactile comprend un substrat (610), constitué d'une matière électriquement isolante, et comportant une surface exposée au toucher.
- [0081] Sur la face opposée à cette surface exposée au toucher du substrat (610) est rapportée une première couche (620) comprenant une grille de capteurs capacitifs (625), tels que la couche supérieure (402) de la figure 4.
- [0082] Sous la couche (620) portant la grille de capteurs capacitifs est rapportée une couche (630) comprenant une grille de capteurs de force (635) constitués d'assemblées de nanoparticules, tels que la couche inférieure (401) de la figure 4.
- [0083] Selon un premier exemple de réalisation (non représenté) le nombre de capteurs de force (635) est égal au nombre de capteurs capacitifs (625) et lesdits capteurs de force sont localisés centrés par rapport aux capteurs capacitifs.

- [0084] Avantageusement, le nombre de capteurs de force (635) est réduit par rapport au nombre de capteurs capacitifs (625) et lesdits capteurs de forces sont localisés centrés, ou non, par rapport auxdits capteurs capacitifs.
- [0085] Ce mode de réalisation, utilisant un nombre de capteurs de force réduit est plus économique.
- [0086] En effet, quelque soit le point d'application de la force de toucher sur la surface tactile ainsi créée, l'effort de toucher est évalué, connaissant ce point d'application, et déduit des signaux délivrés par un des capteurs de force, par exemple celui le plus proche du point d'application, ou par la combinaison des informations délivrées par plusieurs de ces capteurs, au minimum 3 capteurs de force pour une surface tactile plane, selon des variantes de mise en œuvre.
- [0087] La localisation du point d'application du toucher sur la surface tactile est obtenue à partir de la grille de capteurs capacitifs (625).
- [0088] Ce principe reste valable en cas de points de toucher multiples.
- [0089] Ce mode de réalisation permet de réaliser une surface tactile comprenant une densité élevée de capteurs capacitifs, de réalisation plus économique que les capteurs de force, et ainsi d'obtenir une localisation précise du ou des points d'application du toucher, puis d'évaluer la force appliquée lors de ces touchers par un traitement approprié des informations délivrées par un nombre réduit de capteurs de force (635) de réalisation plus coûteuse, en fonction de localisation du ou des points d'application du toucher.
- [0090] Le procédé mis en œuvre reste similaire, à savoir que dès que la proximité d'un objet conducteur est détecté à une distance inférieure ou égale à la distance minimale (590 figure 5) d'un des capteurs capacitifs, la valeur V_0 délivré par chacun des capteurs de force est mesurée de sorte à recalculer l'information délivrée par chacun desdits capteur, l'effort d'application est déterminé en combinant les informations issues desdits capteurs de force en fonction de la localisation du point d'application de l'effort donné par le réseau de capteurs capacitifs, puis, lorsque l'objet s'éloigne de la surface tactile d'une distance supérieure ou égale à la distance minimale, l'effort est remis à 0.
- [0091] L'homme du métier comprend que l'utilisation d'un nombre réduit de capteurs de force par rapport au nombre de capteurs capacitifs est applicable à une surface tactile de forme autre que plane, par exemple une surface en simple ou double courbure, dès lors que cette forme est stable.
- [0092] Pour une surface tactile souple et de forme variable, par exemple une surface tactile appliquée sur un vêtement, le mode de réalisation comprenant un nombre de capteurs de force équivalent à celui des capteurs capacitifs et centrés par rapport à ceux-ci est préférable.
- [0093] Ainsi, le dispositif objet de l'invention offre dans ses variantes de réalisation des possibilités d'application très variées.

- [0094] Figure 7, la mise en œuvre du procédé objet de l'invention à l'échelle d'un capteur élémentaire, quelque soit son mode de réalisation, comprend, selon une fréquence ou par intervalle de temps définis, la lecture (710) du signal issu du capteur capacitif et la comparaison (715) de la valeur du signal ainsi lue à une valeur définie C_0 représentative d'une distance minimale entre un objet et le capteur capacitif.
- [0095] Selon cet exemple de réalisation, et en référence aux figures 5A et 5D, lorsque cette distance est inférieure ou égale à une distance minimale, le signal délivré par le capteur capacitif est supérieur ou égal à une valeur C_0 .
- [0096] Dans le cas (716) où le signal délivré par le capteur capacitif reste inférieur à C_0 , aucune autre action n'est déclenchée et la scrutation du signal à la fréquence ou par intervalle de temps donnés continue.
- [0097] Dans le cas (717) où le signal délivré par le capteur capacitif franchit le seuil C_0 et donc qu'un objet se trouve à proximité dudit capteur, au cours d'étapes d'initialisation du capteur de force, la valeur délivrée par le capteur de force est lue (720) et au cours d'une étape de détermination de la dérive (730) la valeur ainsi lue (V_0) est utilisée comme valeur de référence.
- [0098] La mesure de l'effort appliqué est réalisée en regard de cette référence tant que l'objet est en contact avec la surface tactile. A cette fin le signal de sortie du capteur capacitif est comparé (735) à la valeur C_0 correspondant à la distance minimale, et tant que (737) la valeur délivrée par ce capteur reste supérieure à la valeur C_0 , le signal issu du capteur de force est mesuré (740) et, au cours d'une étape recalage (750), recalé par rapport à la valeur V_0 déterminée lors de l'étape de détermination de la dérive (730) réalisée dans la même séquence d'acquisition.
- [0099] Le procédé décrit figure 7 dans le cas d'un capteur élémentaire, s'étend au cas d'une surface tactile comprenant autant de capteurs élémentaires, avec des étapes supplémentaires consistant à localiser sur la grille de capteurs capacitifs celui où est détectée la proximité, et en fonction de cette information, appliquer les étapes de lecture de l'information délivrée (720) de mesure de dérive (730), de mesure de la force appliquée (740) et de recalage (750) au capteur de force le plus proche du capteur capacitif pour lequel la proximité du toucher est détectée.
- [0100] Figure 8, dans le cas où la surface tactile comprend une densité nettement plus importante de capteurs capacitifs comparativement au nombre de capteurs de force, au cours d'une étape (810) de scrutation, les informations délivrées par les capteurs capacitif sont sondées à intervalle de temps régulier et l'information délivrée par chaque capteur est comparée (815) à celle, C_0 , correspondant au seuil de distance minimale.
- [0101] Lorsque ce seuil est dépassé (817) sur l'un des capteurs, au cours d'une étape (820) de localisation, la position du capteur capacitif activé est déterminée.

- [0102] Au cours d'une étape de détermination de dérive (830) l'information délivrée par chacun des capteurs de force est lue et cette information est assignée (840) à chacun des capteurs de force respectifs comme valeur de recalage.
- [0103] Tout au long du toucher (847), l'information issue des capteurs de force est acquise (850), recalée (860) pour chaque capteur par la valeur évaluée lors de l'étape (830) de détermination de dérive.
- [0104] Puis, en fonction du point d'application de l'effort, déterminé lors de l'étape de localisation (820), l'effort appliqué au point considéré est estimé (870) en combinant les informations issues des capteurs de forces.
- [0105] La description ci-avant et les exemples de réalisation montrent que l'invention atteint le but visé et que la combinaison d'un capteur capacitif et d'un capteur de force comprenant une assemblée de nanoparticules, mis en œuvre par le procédé objet de l'invention permet de fonctionnaliser une surface de manière économique pour en faire surface tactile, de détecter un toucher de ladite surface, de localiser ce toucher sur la surface et de mesurer l'effort de toucher appliqué en résolvant les insuffisances de l'art antérieur, notamment relatives aux phénomènes de dérive et d'hystérésis observés dans l'information délivrée par les capteurs de force.

Revendications

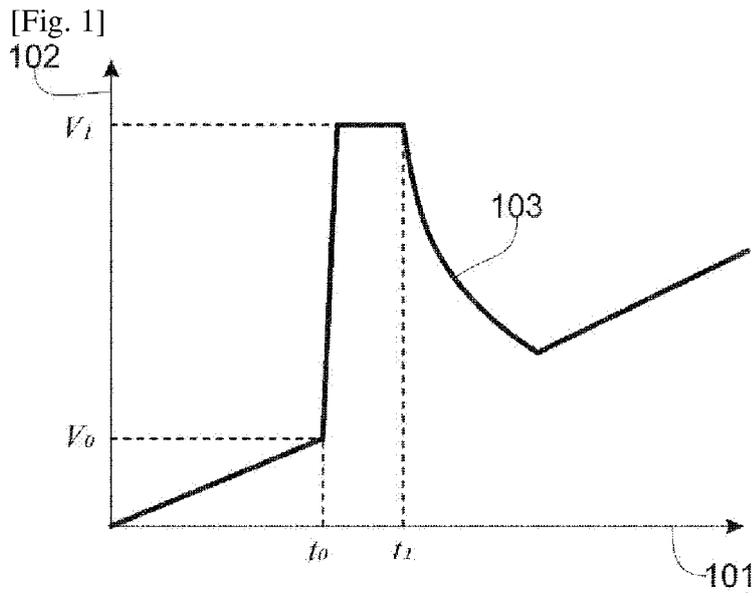
- [Revendication 1] Capteur élémentaire de proximité et de force de contact combiné comprenant :
- un substrat isolant (210) ;
 - des pistes conductrices (221, 222) déposées sur ledit substrat (210), configurées pour produire un capteur capacitif ;
 - un capteur de force (230, 635) constitué d'une assemblée de nanoparticules conductrices ou semi-conductrices en suspension colloïdale dans un ligand électriquement isolant et déposé sur ledit substrat (210) ;
 - des pistes conductrices (240) déposées sur le substrat (210) pour alimenter électriquement et collecter les informations des capteurs (230, 625, 635) ainsi formés
 - une couche de protection (310) recouvrant les pistes conductrices et l'assemblée de nanoparticules.
- [Revendication 2] Capteur élémentaire de proximité et de force de contact combiné comprenant :
- un premier ensemble (401) comprenant un premier substrat isolant (210₁) sur lequel est déposé un capteur de force (230) constitué d'une assemblée de nanoparticules conductrices ou semi-conductrices en suspension colloïdale dans un ligand électriquement isolant ;
 - superposé à ce premier ensemble, un deuxième ensemble (402) comprenant un deuxième substrat (210₂) isolant sur lequel est déposé des pistes conductrices (221, 222) configurées pour produire un capteur capacitif ;
 - des pistes conductrices déposées sur les substrats respectifs (210₁, 210₂) pour alimenter électriquement et collecter les informations des capteurs ainsi formés ;
 - une couche de protection (310₁, 310₂) recouvrant les deux ensembles.
- [Revendication 3] Capteur selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel un substrat (210, 210₁, 210₂) est constitué de polyimide.
- [Revendication 4] Capteur selon la revendication 1, dans lequel le substrat est constitué de

PET, le capteur de force (230) est constitué de nanoparticules d'oxyde d'indium dopé à l'étain ($\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$) (ITO) et le ligand est un acide (aminométhyl) phosphonique et les pistes conductrices (221, 222) sont constituées d'ITO.

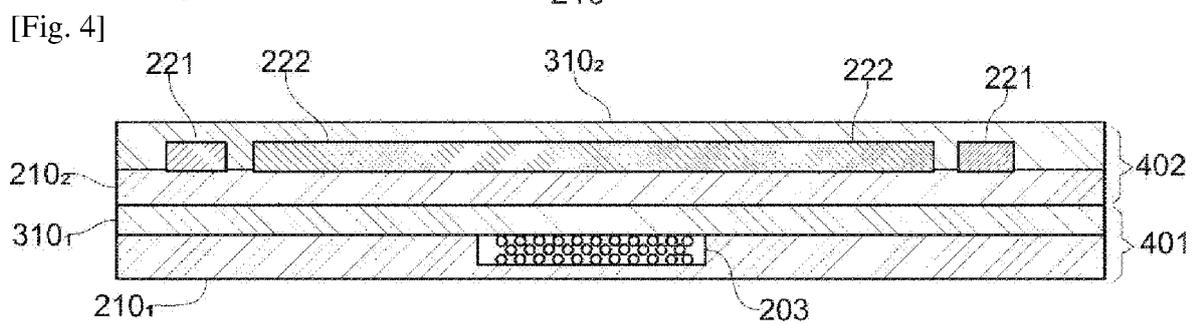
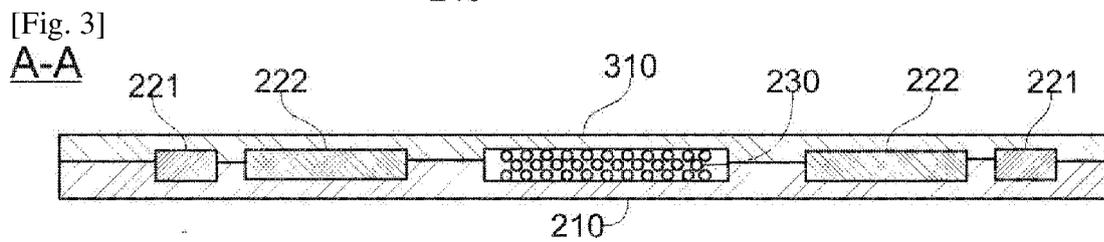
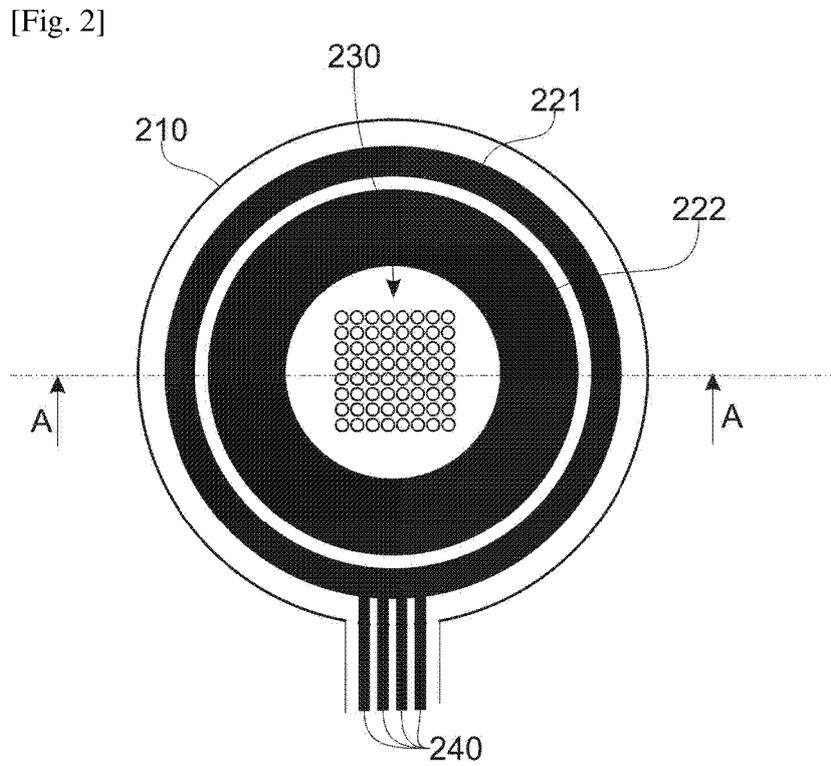
- [Revendication 5] Capteur élémentaire combiné selon la revendication 1 ou la revendication 2, comprenant une couche exposée au toucher (510, 610) constituée d'un matériau électriquement isolant, le capteur combiné étant rapporté sur la face opposée à la face (511) exposée au toucher de ladite couche (510).
- [Revendication 6] Capteur combiné selon la revendication 5, dans lequel la couche exposée au toucher (510) comprend un polymère, du cuir, du bois, du verre ou une céramique.
- [Revendication 7] Surface tactile comprenant une pluralité de capteurs élémentaires combinés selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.
- [Revendication 8] Surface tactile selon la revendication 7, comprenant une pluralité de capteurs capacitifs (625) et dans laquelle le nombre total de capteurs capacitifs est supérieur au nombre de capteurs de force (635).
- [Revendication 9] Procédé pour la détection et la mesure de l'intensité d'une force de toucher par un objet (500) électriquement conducteur sur une surface tactile comprenant un capteur combiné selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :
- i. ajuster la sensibilité du capteur capacitif de sorte à détecter une distance définie entre ledit capteur et un objet conducteur ;
 - ii. lorsque (717) l'objet conducteur est détecté par le capteur capacitif, à une distance inférieure ou égale à la distance définie en i), mesurer la conductivité du capteur de force (720) et prendre la valeur ainsi mesurée (730) comme valeur de référence V_0 ;
 - iii. lorsqu'une force est appliquée au moyen de l'objet, mesurer (740) la conductivité V_1 du capteur de force (230, 635) sous l'action de cette force et en déduire l'intensité de la force (750) par différence avec la valeur de référence V_0 déterminée en ii) ($V_1 - V_0$) et délivrer la valeur de cette intensité ;
 - iv. lorsque l'appui de l'objet sur la surface est relâché et que la distance détectée par le capteur capacitif devient supérieure ou égale à la distance déterminée en i) délivrer une valeur

d'intensité de force égale à 0.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9 mettant en œuvre une surface tactile selon la revendication 8, dans lequel l'étape ii) comprend la détermination (820) de la localisation sur la surface tactile du point d'application du toucher en fonction de la localisation du capteur capacitif (625) pour lequel la distance minimale est détectée, la mesure de la conductivité (830) de chacun des capteurs de force (635) à cet instant et le recalage (860) de l'information qu'ils délivrent en fonction de la valeur ainsi mesurée, et dans lequel l'étape iii) comprend la détermination de l'effort appliqué en combinant (870) les informations issues des capteurs de force (635) en fonction de la localisation du point d'application déterminé à l'étape ii).

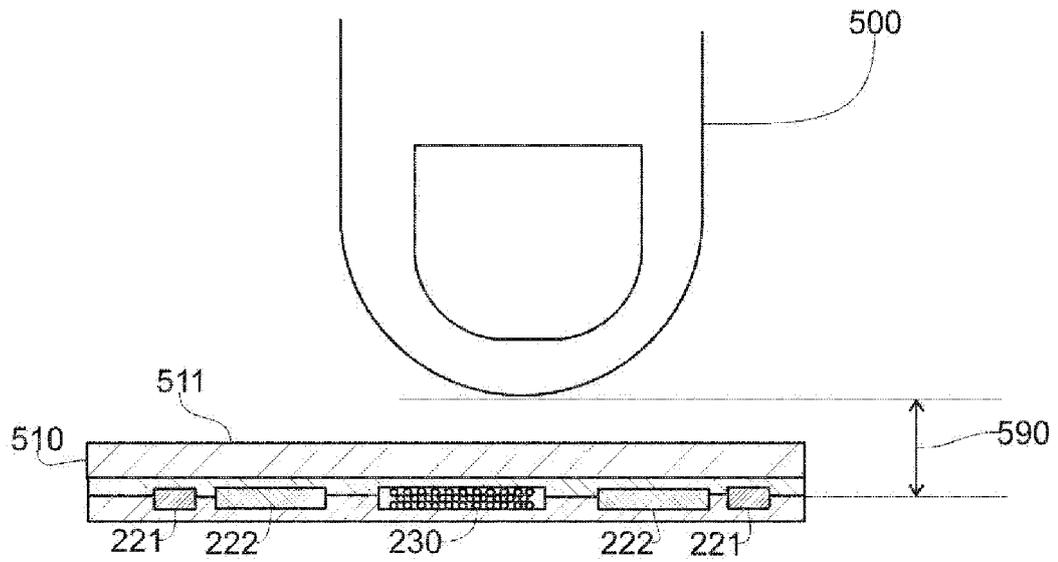


(art antérieur)

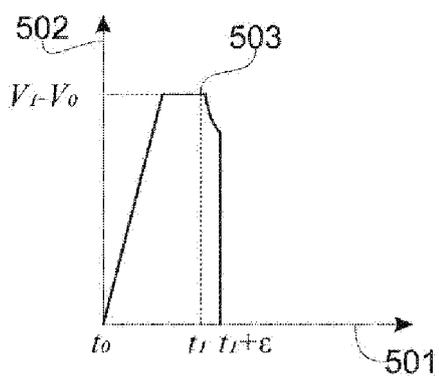
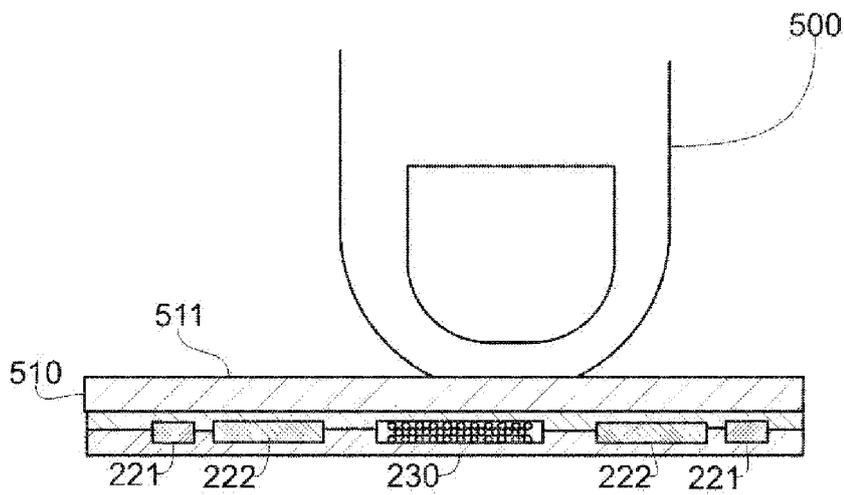


[Fig. 5]

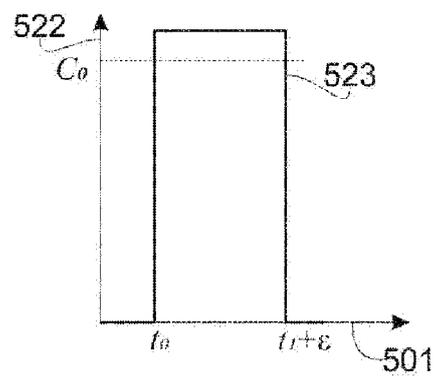
5A



5B

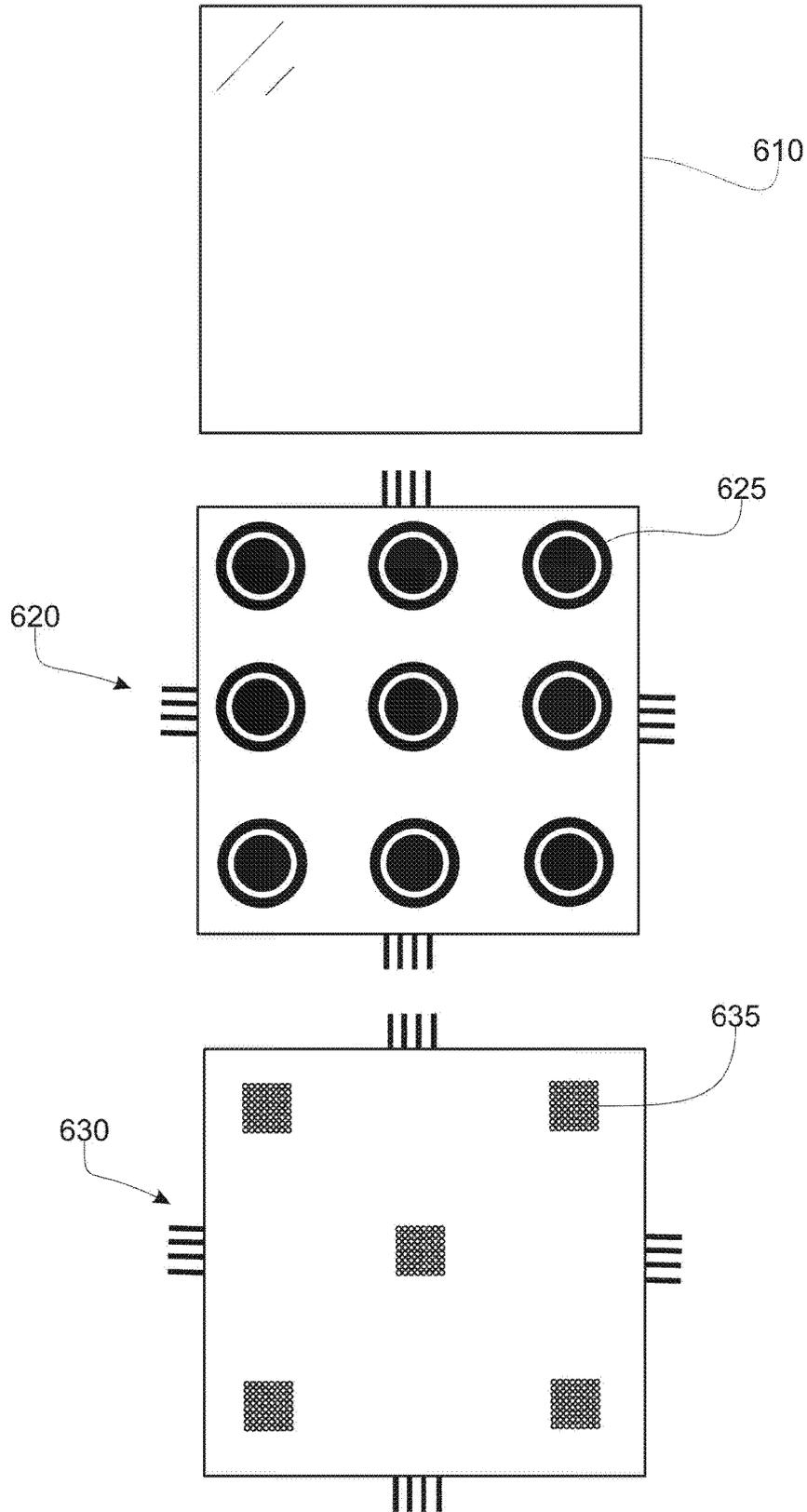


5C

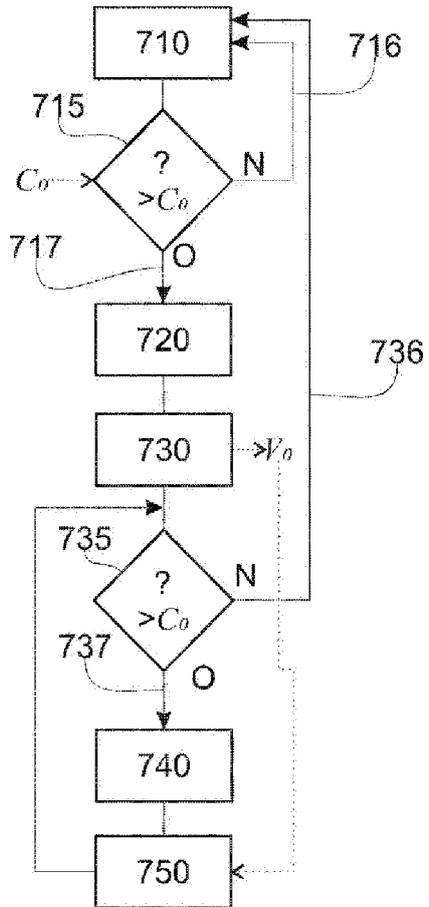


5D

[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]

