

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

①① N° de publication : **3 044 409**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **15 61581**
⑤① Int Cl⁸ : **G 01 J 5/34 (2017.01), G 06 K 9/00**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **CAPTEUR DE MOTIF THERMIQUE COMPORTANT UNE PORTION PYROELECTRIQUE SUPERIEURE A FORTE CONDUCTIVITE THERMIQUE.**

②② **Date de dépôt** : 30.11.15.

③③ **Priorité** :

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 02.06.17 Bulletin 17/22.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention** : 26.01.18 Bulletin 18/04.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦① **Demandeur(s)** : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES et SAFRAN Société anonyme — FR.

⑦② **Inventeur(s)** : ALIANE ABDELKADER.

⑦③ **Titulaire(s)** : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES, SAFRAN Société anonyme.

⑦④ **Mandataire(s)** : BREVALEX Société à responsabilité limitée.

FR 3 044 409 - B1



**CAPTEUR DE MOTIF THERMIQUE COMPORTANT UNE PORTION
PYROELECTRIQUE SUPERIEURE A FORTE CONDUCTIVITE THERMIQUE**

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR

L'invention se rapporte à un capteur de motif thermique, ou transducteur de variation temporelle de température en une différence de potentiels électriques, comportant des capacités pyroélectriques, avantageusement utilisé pour réaliser une capture d'empreinte digitale.

10 L'invention s'applique au domaine des capteurs de type actif, c'est-à-dire comprenant au moins un élément chauffant destiné à chauffer les pixels.

Il est connu de réaliser un capteur d'empreinte digitale comportant des moyens de détection thermique. Ces moyens de détection thermique peuvent correspondre à des éléments pyroélectriques, des diodes, des thermistances ou tout autre élément sensible à la température permettant de
15 convertir une variation de température en une variation de potentiel ou de courant électrique.

La détection d'empreinte digitale peut être réalisée par des capteurs dits « passifs » exploitant une différence entre la température du doigt et celle du capteur, comme décrit dans les documents US 4 394 773, US 4 429 413 et US 6 289 114. Ces capteurs ont toutefois pour inconvénient de réaliser une mesure qui dépend uniquement de la différence entre la température du doigt et celle du capteur. Il peut donc arriver que le niveau du signal obtenu soit nul lorsque le doigt et le capteur sont à la même température, ou que le contraste
20 des images capturées varie, ce qui pose alors des problèmes lors du traitement ultérieur des images obtenues (par exemple, une inversion des températures entraîne une inversion de l'image obtenue).

Pour éliminer les problèmes soulevés par les capteurs thermiques passifs, et surtout dans le cas d'une acquisition statique où le doigt ne bouge pas, des capteurs d'empreintes dits « actifs » ont été proposés, comme par exemple ceux décrits dans les documents US 6 091 837 et EP 2 385 486 A1. Dans un tel capteur, chaque pixel comporte une capacité pyroélectrique formée de deux électrodes superposées l'une au-dessus de l'autre et entre lesquelles une portion de matériau pyroélectrique est disposée, et un élément chauffant. Cet élément chauffant dissipe une certaine quantité de chaleur dans le pixel, et l'échauffement du pixel est mesuré au bout d'un certain temps d'acquisition en présence du doigt sur le capteur. Cela permet de distinguer, au niveau de chaque pixel, la présence d'une crête ou d'une vallée de l'empreinte détectée suivant que la chaleur est absorbée par la peau (pixel en présence d'une crête de l'empreinte) ou conservée dans le pixel (pixel en présence d'une vallée de l'empreinte). Cela conduit à une température finale plus faible dans le cas d'un pixel en présence d'une crête de l'empreinte, où la chaleur est absorbée par la peau, par rapport à un pixel en présence d'une vallée de l'empreinte.

Dans la littérature, les capacités pyroélectriques sont fabriquées verticalement avec un élément chauffant réalisé autour, ou au-dessus et à côté, des électrodes de la capacité. Une telle disposition de l'élément chauffant n'est pas efficace car le matériau pyroélectrique, par exemple le PVDF (polyfluorure de vinylidène) ou le P(VDF-TrFE) (poly(fluorure de vinylidène-trifluoroéthylène)), n'est pas un bon conducteur thermique, le transfert de la chaleur à l'intérieur de la capacité pyroélectrique étant très faible. La différence de température entre les crêtes et les vallées dans la couche de matériau pyroélectrique, représentative de la sensibilité du capteur, est donc également très faible. En raison de cette faible différence de température, il est nécessaire d'injecter une puissance importante dans l'élément chauffant, engendrant une consommation de courant importante par le capteur. Enfin, lorsque l'élément chauffant est réalisé à partir d'une même couche conductrice que celle servant à la réalisation d'une des

électrodes, il se pose un problème d'encombrement entre cette électrode et l'élément chauffant, et un compromis doit être fait entre la place occupée par l'élément chauffant et celle occupée par l'électrode.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

5 Un but de la présente invention est de proposer un capteur de motif thermique dont la sensibilité est améliorée, consommant moins de courant pour chauffer ses pixels et permettant de s'affranchir du compromis entre la surface occupée par les électrodes et celle occupée par l'élément chauffant.

10 Pour cela, l'invention propose un capteur de motif thermique comportant plusieurs pixels, chaque pixel comprenant au moins une capacité pyroélectrique formée par, ou comportant, au moins un empilement comprenant au moins :

- une électrode inférieure ;
- une portion pyroélectrique inférieure disposée sur l'électrode inférieure et comprenant un matériau A correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;

- une portion pyroélectrique supérieure disposée sur la portion pyroélectrique inférieure et comportant un composé formé de, ou comprenant, un matériau B correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène, et de nanoparticules et/ou de microparticules d'un matériau C correspondant à un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou du ZnO et/ou du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;

- un élément chauffant comprenant au moins une portion de matériau électriquement conducteur disposée entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure et telle qu'une ou plusieurs parties de la portion

pyroélectrique inférieure soient directement en contact contre une ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique supérieure ;

- une électrode supérieure disposée sur la portion pyroélectrique supérieure.

5 Il est proposé de réaliser une capacité pyroélectrique améliorée en performances en utilisant deux portions distinctes de matériau pyroélectrique de compositions différentes séparées l'une de l'autre par l'élément chauffant. Le matériau de portion pyroélectrique supérieure est un composé formé de, ou comprenant du, PVDF et/ou d'au moins un copolymère du PVDF, appelé matériau
10 B, formant une matrice, ou film, semi-cristallin dans laquelle sont dispensées des nanoparticules et/ou des microparticules, ou des nanocristaux et/ou microcristaux, d'un matériau C correspondant à :

- un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou

15 - du ZnO et/ou

- du PVDF et/ou

- au moins un copolymère du PVDF.

Ces nanoparticules et/ou microparticules ajoutées dans le matériau B de la portion pyroélectrique supérieure permettent d'améliorer la
20 conductivité thermique de la portion pyroélectrique supérieure. Ainsi, seule la partie de matériau pyroélectrique se trouvant du côté du motif thermique à détecter présente une conductivité thermique améliorée, ce qui permet d'obtenir un meilleur échange thermique et une meilleure sensibilité au contact avec le motif thermique à détecter grâce à l'emploi de ce composé. Cette meilleure
25 sensibilité est également due au fait que le matériau pyroélectrique de la portion supérieure présente une meilleure conductivité thermique que celle du matériau pyroélectrique de la portion inférieure, améliorant ainsi la différence de température obtenue entre la portion pyroélectrique supérieure et la portion

pyroélectrique inférieure lors d'une mesure d'un motif thermique, et permettant de conserver des bonnes valeurs pour les capacités pyroélectriques formées.

En outre, la disposition de l'élément chauffant entre les deux portions de matériaux pyroélectriques contribue également à cette amélioration de la sensibilité du capteur. Par exemple, lorsque le capteur correspond à un capteur d'empreinte digitale, le doigt présent sur le capteur absorbe bien l'énergie thermique fournie par l'élément chauffant grâce à la bonne conductivité thermique des portions pyroélectriques supérieures des pixels, et une variation de température importante sera présente dans les portions pyroélectriques inférieures des pixels. Par rapport aux capteurs de l'art antérieur, cette augmentation de la différence de température permet de réduire la puissance électrique devant être injectée dans l'élément chauffant.

De plus, le pouvoir pyroélectrique de la portion pyroélectrique supérieure n'est pas amoindri par la présence du matériau C car ce matériau présente également des propriétés pyroélectriques et permet notamment d'augmenter le coefficient pyroélectrique de la portion pyroélectrique supérieure.

Enfin, la disposition de l'élément chauffant au sein du matériau pyroélectrique, entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure, permet de résoudre les problèmes d'encombrement entre l'élément chauffant et l'une des électrodes.

Ledit au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène d'au moins l'une des portions pyroélectriques inférieure et supérieure peut correspondre à du poly(fluorure de vinylidène-trifluoroéthylène) (ou P(VDF-TrFE)) et/ou du poly(fluorure de vinylidène-trifluoroéthylène-chlorofluoroéthylène) (ou P(VDF-TrFE-CFE)) et/ou du poly(fluorure de vinylidène-trifluoroéthylène-chlorotrifluoroéthylène) (ou P(VDF-TrFE-CTFE)).

Le capteur peut être tel que :

- le matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite comporte du BaTiO_3 et/ou du PbZrTiO_3 et/ou du BaSrTiO_3 et/ou du CaSrTiO_3 et/ou du BaTiZrO_3 et/ou du SrTiO_3 , et/ou

5 - une proportion en poids du matériau C dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure est comprise entre environ 5 % et 20 %, et/ou

- les nanoparticules et/ou les microparticules du matériau C sont réparties de manière aléatoire dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure, et/ou

- les matériaux A et B sont similaires.

10 La portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant peut comporter plusieurs segments conducteurs joints les uns à la suite des autres en formant une portion conductrice continue et entre lesquels la portion pyroélectrique inférieure est directement en contact avec la portion pyroélectrique supérieure, et/ou la portion de matériau électriquement
15 conducteur de l'élément chauffant peut être traversée par au moins une ouverture au niveau de laquelle la portion pyroélectrique inférieure est directement en contact avec la portion pyroélectrique supérieure. Lorsque la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant comporte plusieurs segments conducteurs, ces segments peuvent être disposés tels qu'ils
20 forment un motif de serpent. En variante, la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant peut être traversée par plusieurs ouvertures régulièrement réparties dans la portion de matériau électriquement conducteur.

L'électrode inférieure peut comporter une couche de titane
25 d'épaisseur comprise entre environ 50 nm et 500 nm et une couche de TiN d'épaisseur comprise entre environ 10 nm et 500 nm, et/ou l'électrode supérieure peut comporter une couche de titane d'épaisseur comprise entre environ 30 nm et 100 nm et une couche d'AlSi ou d'AlCu d'épaisseur comprise entre environ 100 nm et 700 nm. Dans une telle configuration, la couche d'AlSi ou

d'AlCu réalise une passivation de la couche de titane, protégeant ainsi le titane contre l'oxydation. De plus, la couche d'AlSi ou d'AlCu ne réagit pas avec le matériau pyroélectrique si elle est déposée directement en contact avec ce matériau pyroélectrique.

5 L'épaisseur de la portion pyroélectrique inférieure et/ou l'épaisseur de la portion pyroélectrique supérieure peut être comprise entre environ 1 μm et 5 μm .

Les pixels peuvent être disposés sur une face avant d'un substrat de sorte que la portion pyroélectrique inférieure de chaque pixel soit
10 disposée entre le substrat et la portion pyroélectrique supérieure dudit pixel.

Les pixels peuvent être disposés en formant une matrice de plusieurs lignes et plusieurs colonnes, et les éléments chauffants des pixels de chacune des lignes de pixels peuvent être formés par une portion continue de matériau électriquement conducteur. Une telle configuration est avantageuse
15 lorsque les pixels sont lus ligne par ligne car une seule commande de chauffage peut alors être appliquée pour tous les pixels d'une même ligne destinés à être lus.

L'une des électrodes inférieure et supérieure de chaque pixel peut être reliée électriquement à un potentiel électrique fixe, par exemple à la
20 masse du capteur. L'autre des électrodes inférieure et supérieure de chaque pixel peut dans ce cas servir d'électrode de lecture du pixel, c'est-à-dire former l'électrode sur laquelle les charges électriques générées dans la capacité pyroélectrique sont destinées à être lues.

Le capteur peut comporter en outre une couche de protection recouvrant ledit empilement de chaque pixel et comportant des ouvertures
25 formant des accès à des contacts électriques des électrodes inférieure et supérieure de chaque pixel.

Le capteur peut être un capteur d'empreinte digitale. En variante, le capteur peut être apte à réaliser une détection piézoélectrique ou une détection de température.

L'invention porte également sur un procédé de réalisation d'un
5 capteur de motif thermique comportant plusieurs pixels, chaque pixel comprenant au moins une capacité pyroélectrique formée par, ou comprenant, au moins un empilement obtenu au moins la mise en œuvre des étapes suivantes :

- réalisation d'une électrode inférieure ;
- 10 - réalisation d'une portion pyroélectrique inférieure disposée sur l'électrode inférieure et comprenant un matériau A correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;
- réalisation d'un élément chauffant comprenant au moins une
15 portion de matériau électriquement conducteur disposée sur la portion pyroélectrique inférieure ;
- réalisation d'une portion pyroélectrique supérieure sur la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant qui est telle qu'une ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique inférieure soient
20 directement en contact contre une partie ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique supérieure, la portion pyroélectrique supérieure comportant un composé formé de, ou comprenant, un matériau B correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène, et de nanoparticules et/ou de microparticules d'un matériau C
25 correspondant à un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou du ZnO et/ou du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;
- réalisation d'une électrode supérieure disposée sur la portion pyroélectrique supérieure.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 5 - les figures 1 et 2 représentent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe d'un pixel d'un capteur de motif thermique, objet de la présente invention, selon un mode de réalisation particulier ;
- les figures 3 à 8 représentent des simulations de variations de différences de température entre les portions pyroélectriques inférieure et
10 supérieure dans des pixels de capteurs de motif thermique ;
- les figures 9A à 9I représentent des étapes d'un procédé de réalisation d'un capteur de motif thermique, objet de la présente invention, selon un mode de réalisation particulier ;
- la figure 10 représente une variante de réalisation d'un
15 élément chauffant d'un capteur de motif thermique, objet de la présente invention.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

20 Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

 Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et
25 peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On se réfère tout d'abord à la figure 1 qui représente une vue de dessus d'un pixel 102 d'un capteur 100 de motif thermique selon un mode de réalisation particulier, et à la figure 2 qui représente une vue en coupe de ce même pixel 102, montrant notamment une capacité pyroélectrique du pixel 102 qui forme l'élément de détection thermique du pixel 102. Dans ce mode de réalisation particulier, le capteur 100 correspond à un capteur d'empreinte digitale. Sur la figure 1, les différents éléments superposés du pixel 102 sont représentés comme étant transparents afin de les rendre visibles.

Le capteur 100 comporte un substrat 104 correspondant par exemple à un substrat de verre ou un substrat de semi-conducteur tel que du silicium. Un substrat 104 de verre peut être avantageusement utilisé lorsque le capteur 100 comporte un circuit de lecture réalisé à partir de transistors TFT (transistor en couches minces, ou « Thin-Film Transistor »), tandis qu'un substrat 104 de semi-conducteur peut être utilisé lorsque le circuit de lecture du capteur 100 comporte des transistors réalisés en technologie MOS. Le substrat 104 peut également être un substrat souple, comprenant par exemple un matériau plastique tel que du polyimide et/ou du PEN (poly(naphtalate d'éthylène)) et/ou du PET (poly(téréphtalate d'éthylène)), sur lequel les composants électroniques du capteur 100 sont réalisés par technologie électronique imprimée (par exemple via une réalisation avec des têtes d'écriture de type jet d'encre, ou par lithographie sur plastique, ou encore en technologie TFT sur substrat souple de plastique ou de métal).

Bien qu'un seul pixel 102 soit représenté sur les figures 1 et 2, le capteur 100 comporte plusieurs pixels 102 disposés en formant une matrice de plusieurs lignes et plusieurs colonnes de pixels 102.

Chacun des pixels 102 du capteur 100 comporte des moyens de mesure, ou de détection, thermique formant une capacité pyroélectrique. Chaque capacité pyroélectrique comporte :

- au moins une électrode inférieure 106 électriquement conductrice et disposée sur une face avant 108 du substrat 104 ;
 - au moins une portion pyroélectrique inférieure 110 comportant du matériau pyroélectrique et disposée au moins sur l'électrode inférieure 106 (sur la figure 2, une partie du matériau pyroélectrique formant de la portion pyroélectrique inférieure 110 s'étend également sur la face avant 108 du substrat 104, à côté de l'électrode inférieure 106) ;
 - au moins une portion pyroélectrique supérieure 112 comportant du matériau pyroélectrique et disposée sur la portion pyroélectrique inférieure 110 ;
 - un élément chauffant 114 formé par au moins une portion de matériau électriquement conducteur disposée entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure 110, 112 ;
 - au moins une électrode supérieure 116 électriquement conductrice et disposée sur la portion pyroélectrique supérieure 112.
- Le matériau pyroélectrique de la portion pyroélectrique inférieure 110 est appelé matériau A et correspond à du PVDF et/ou au moins un copolymère du PVDF tel que du P(VDF-TrFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CTFE).
- Le matériau pyroélectrique de la portion pyroélectrique supérieure 112 est un composé comprenant d'une part d'un matériau B correspondant à du PVDF et/ou au moins un copolymère du PVDF tel que du P(VDF-TrFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CTFE), et d'autre part des nanoparticules et/ou des microparticules d'un matériau C correspondant à :
- un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou
 - du ZnO et/ou
 - du PVDF et/ou

- au moins un copolymère du PVDF tel que du P(VDF-TrFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CFE) et/ou du P(VDF-TrFE-CTFE).

Dans le mode de réalisation particulier décrit ici, le matériau pyroélectrique de la portion pyroélectrique supérieure 112 correspond à un composé formé de P(VDF-TrFE) (matériau B) et de nanoparticules de BaTiO₃ (matériau C). De manière avantageuse, les matériaux A et B sont similaires, ce qui facilite la réalisation des portions pyroélectriques 110, 112 du capteur 100. Le pourcentage en poids, ou taux de charge, du matériau C dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure 112 est par exemple compris entre environ 5 % et 50 %, et avantageusement compris entre environ 5 % et 20 % ou entre environ 10 % et 20 %. D'autres types de matériaux pyroélectriques de structure cristalline de type pérovskite peuvent remplacer le BaTiO₃ comme par exemple le titanate de zirconate de plomb (PZT) (PbZrTiO₃), le titanate de strontium et de baryum (BaSrTiO₃), le titanate de strontium et de calcium (CaSrTiO₃), le titanate de zirconate de baryum (BaZrTiO₃), le titanate de strontium (SrTiO₃). Les nanoparticules et/ou microparticules du matériau C sont avantageusement dispersées de manière aléatoire dans le matériau B.

L'épaisseur de chacune des portions pyroélectriques 110, 112 est par exemple comprise entre environ 1 µm et 5 µm.

Les électrodes 106, 116 comportent chacune au moins un matériau électriquement conducteur, par exemple un matériau métallique tel que du Ti et/ou du Pt et/ou du Ni et/ou de l'Al et/ou de l'Ag et/ou de l'AlSi et/ou de l'AlCu. Dans une configuration avantageuse, l'électrode inférieure 106 est formée d'un empilement de Ti/TiN, avec une épaisseur de titane comprise entre environ 50 nm et 500 nm et une épaisseur de TiN comprise entre environ 10 nm et 500 nm, et l'électrode supérieure 116 est formée d'un empilement de type Ti/AlSi ou Ti/AlCu avec une épaisseur de titane comprise entre environ 30 nm et 100 nm et une épaisseur d'AlSi ou d'AlCu comprise entre

environ 100 nm et 700 nm. De manière générale, l'épaisseur de chacune des électrodes 106, 116 peut être comprise entre environ 10 nm et 800 nm.

Chacune des électrodes 106, 116 peut être contactée électriquement via des contacts électriques, l'un référencé 107 correspondant à celui de l'électrode inférieure 106 et l'autre référencé 109 correspondant à celui de l'électrode supérieure 116, formés à partir de la même ou des mêmes couches conductrices ayant servies à la réalisation des électrodes 106, 116. L'une des électrodes 106, 116, par exemple l'électrode inférieure 106, est reliée électriquement à la masse du capteur 100 et l'autre électrode, par exemple l'électrode supérieure 116, sert d'électrode de lecture du pixel 102, c'est-à-dire d'électrode sur laquelle les charges électriques générées par la capacité pyroélectrique du pixel sont récupérées via le contact électrique 109.

L'élément chauffant 114 est réalisé dans le matériau pyroélectrique du pixel 102, entre les portions pyroélectriques 110 et 112. Sur l'exemple des figures 1 et 2, l'élément chauffant 114 est formé par une portion d'au moins un matériau électriquement conducteur, par exemple un matériau métallique tel que du Ti et/ou du Pt et/ou du Ni et/ou de l'Al et/ou de l'Ag et/ou de l'AlSi et/ou de l'AlCu., réalisée sous la forme d'un serpent, c'est-à-dire formée de plusieurs premiers segments conducteurs disposés les uns à côté des autres et parallèlement les uns par rapport aux autres, et reliés électriquement en série au niveau de leurs extrémités par des deuxièmes segments conducteurs agencés sensiblement perpendiculairement aux premiers segments. La largeur W_L des segments conducteurs formant l'élément chauffant 114 est par exemple comprise entre environ 1 μm et 20 μm , la longueur L des premiers segments conducteurs de l'élément chauffant 114 est par exemple comprise entre environ 50 μm et 500 μm , et la largeur W du motif en serpent formé par ces segments conducteurs est par exemple comprise entre environ 25 μm et 500 μm .

La portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant 114 est telle que des parties de la portion pyroélectrique inférieure 110 sont directement en contact avec des parties de la portion pyroélectrique supérieure 112. Dans le mode de réalisation décrit en liaison avec les figures 1 et 2, ce contact est obtenu entre les segments conducteurs formant le serpentin. Ainsi, au niveau de ces parties des portions pyroélectriques 110, 112 en contact direct les unes avec les autres, les électrodes inférieure et supérieure 106, 116 sont directement en regard l'une avec l'autre, sans qu'une partie conductrice de l'élément chauffant 114 soit interposée entre les électrodes 106, 116, ce qui permet d'avoir la capacité pyroélectrique se formant entre les électrodes 106, 116 sans que l'élément chauffant 114 ne soit vu comme une électrode.

L'élément chauffant 114 est apte à chauffer les matériaux des portions pyroélectriques 110 et 112 par effet Joule grâce à un courant circulant depuis une première extrémité 113 vers une deuxième extrémité 115 de l'élément chauffant 114. Lors du fonctionnement du capteur 100, un signal de chauffage (tension ou courant constant) est appliqué sur la première extrémité 113 de l'élément chauffant 114, et un courant circule donc dans l'élément chauffant 114, ce qui provoque son échauffement ainsi que celui du matériau pyroélectrique des portions 110, 112.

Le fait que l'une des deux extrémités 113, 115 de l'élément chauffant 114 soit reliée à la masse confère également au capteur 100 une protection vis-à-vis des éventuelles décharges électrostatiques, les courants liés à ses décharges pouvant s'écouler dans ce cas à la masse via l'élément chauffant 114. Cette protection est obtenue lors de la lecture du capteur 100 au cours de laquelle les deux extrémités 113, 115 de l'élément chauffant 114 sont reliées à la masse.

La disposition de l'élément chauffant 114 au sein même de l'ensemble de matériau pyroélectrique formé par les portions pyroélectriques 110 et 112 permet d'améliorer le chauffage, en termes de répartition de la

chaleur et d'intensité de chauffe, du matériau pyroélectrique par rapport à un élément chauffant qui serait disposé sur ou à côté du matériau pyroélectrique. De plus, avec une telle configuration, aucun problème d'encombrement ou de disposition entre cet élément chauffant 114 et les électrodes 106, 116 ne se pose
5 puisque l'élément chauffant 114 n'est pas réalisé à partir du même niveau de matériau électriquement conducteur que ceux servant à la réalisation des électrodes 106, 116.

La présence de l'élément chauffant 114 entre les portions pyroélectriques 110, 112 n'est pas gênante pour la lecture des pixels 102. En
10 effet, lors de la lecture, l'élément chauffant 114 peut être relié à la masse, la valeur de la capacité pyroélectrique étant lue par courant continu. Ainsi, l'élément chauffant 114 ne perturbe pas cette lecture.

Dans cette configuration, l'élément chauffant 114 est directement en contact avec l'ensemble du matériau pyroélectrique des
15 capacités pyroélectriques. Le chauffage des pixels 102 réalisé par cet élément chauffant 114 est donc optimal et maximisé du fait de la disposition de l'élément chauffant 114 au sein même du matériau pyroélectrique du pixel 102. La chaleur générée par l'élément chauffant 114 est donc diffusée verticalement et envoyée directement dans le matériau pyroélectrique des portions pyroélectriques 110,
20 112.

L'électrode supérieure 116 est recouverte, au niveau de la partie du pixel 102 sur laquelle un doigt est destiné à venir se poser, par une couche de protection 118 dont une face supérieure 120 correspond à la surface sur laquelle se trouve le motif thermique destiné à être détecté par le capteur
25 100, par exemple un doigt dont l'empreinte est destinée à être détectée. Cette couche de protection 118 peut comporter préférentiellement du ZnO et/ou de l'AlN et/ou de l'IGZO (« Indium Galium Zinc Oxide ») et/ou de l'IZO (« Indium Zinc Oxide ») et/ou de l'ATO (« Antimony Tin Oxide ») et/ou de l'Al₂O₃ et/ou du SiN faiblement contraint à faible température. D'autres matériaux sont aussi

envisageables pour former cette couche de protection 118, comme par exemple du polyimide, du PVDF et/ou l'un de ses copolymères, du PMMA, etc. Le ou les matériaux utilisés ainsi que l'épaisseur de la couche de protection 118 sont choisis pour obtenir un bon transfert de la chaleur depuis sa face avant 120 vers la capacité pyroélectrique. Ainsi, la couche de protection 118 est réalisée telle qu'elle ne soit ni trop thermiquement résistive (car la chaleur ne la traverserait pas), ni trop thermiquement conductrice (car la chaleur partirait dans ce cas sur les côtés, vers les autres pixels, provoquant de la diathermie au sein du capteur), ni trop épaisse (pour avoir un transfert de chaleur s'opérant entre la face avant 120 et la capacité pyroélectrique), ni trop fine (l'épaisseur de la couche 118 étant tout de même suffisante pour que son rôle de protection soit rempli). Cette couche 118 peut par exemple comporter une résine à base de PMMA d'épaisseur égale à environ 2 μm . Selon d'autres exemples, la couche 118 peut comporter du ZnO d'épaisseur égale à environ 2 μm , ou de l'IGZO d'épaisseur égale à environ 1 μm , ou encore du PVDF d'épaisseur égale à environ 1 μm .

Les figures 3 et 4 représentent des résultats de simulations réalisées pour un pixel 102 tel que précédemment décrit en liaison avec les figures 1 et 2, dans lequel la portion pyroélectrique inférieure 110 comporte du P(VDF-TrFE) et la portion pyroélectrique supérieure 112 comporte du P(VDF-TrFE) dans lequel des nanoparticules, ou nano-cristaux, de BaTiO_3 sont dispensées de manière aléatoire avec taux de charge égal à environ 15 %.

Sur la figure 3, l'abscisse représente le temps pendant lequel l'élément chauffant 114 réalise le chauffage du pixel 102, avec une puissance constante d'environ 5 mW par pixel 102. La courbe 10 de la figure 3 représente une variation d'une différence de température entre les portions pyroélectriques 110, 112 (les températures sont considérées au milieu de chacune des portions pyroélectriques 110, 112) obtenue pour un pixel 102 tel que précédemment décrit lorsque ce pixel 102 est en contact avec de l'air, correspondant par exemple au cas d'un pixel 102 qui serait en contact avec une vallée d'une

empreinte digitale. La courbe 12 de la figure 3 représente la variation de la différence de température entre les portions pyroélectriques 110, 112 (températures considérées au milieu de chacune des portions pyroélectriques 110, 112) obtenue lorsque ce pixel 102 est en contact avec de la peau, correspondant par exemple au cas d'un pixel 102 qui serait en contact avec une crête d'une empreinte digitale. La courbe 18 de la figure 4 représente la différence entre les valeurs de la courbe 12 et celles de la courbe 10, représentant donc la différence de température obtenue entre un pixel en contact avec de l'air et un pixel en contact avec de la peau pour le capteur 100.

A titre de comparaison, la courbe 14 de la figure 3 représente la variation de la différence de température entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure 110, 112 (températures considérées au milieu de chacune des portions pyroélectriques 110, 112) obtenue pour un pixel 102 de structure analogue à celui pour lequel les courbes 10 et 12 ont été obtenues mais dont la portion pyroélectrique supérieure est composée de P(VDF-TrFE) dans lequel des nanoparticules, ou nano-cristaux, de P(VDF-TrFE) sont réparties de manière aléatoire, lorsque ce pixel 102 est en contact avec de l'air. La courbe 16 de la figure 3 représente la variation de la différence de température obtenue entre de telles portions pyroélectriques inférieure et supérieure 110, 112 (températures considérées au milieu de chacune des portions pyroélectriques 110, 112) lorsque ce pixel est en contact avec de la peau. La courbe 20 de la figure 4 représente la différence entre les valeurs de la courbe 16 et celles de la courbe 14, représentant donc la différence de température obtenue entre un tel pixel 102 en contact avec de l'air et un tel pixel 102 en contact avec de la peau pour ce capteur à portions pyroélectriques supérieure composée de P(VDF-TrFE) et de nanoparticules de P(VDF-TrFE).

Le fait d'utiliser le composé P(VDF-TrFE)/nanoparticules de BaTiO₃ dans la portion pyroélectrique supérieure 112 augmente la sensibilité de détection dans la capacité pyroélectrique avec un ΔT égal à 0,93 K entre deux

pixels dont l'un est en contact avec de l'air et l'autre est en contact avec de la
peau, et un ΔT égal à 0,72 K lorsque la portion pyroélectrique supérieure
comporte un composé de P(VDF-TrFE)/nanoparticules de P(VDF-TrFE), lors d'une
mesure effectuée à une durée d'environ 200 μs (valeurs issues des courbes 18 et
5 20). Cette amélioration est due au bon transfert thermique entre l'élément
chauffant 114 et les vallées/crêtes du doigt via la portion pyroélectrique
supérieure 112 composée des matériaux B et C et disposée au-dessus de
l'élément chauffant 114. Cette bonne conductivité thermique est assurée par la
présence du matériau C, avantageusement réparti de façon aléatoire, dans la
10 matrice formée par le matériau B dans la portion pyroélectrique supérieure 112.

A titre de comparaison, des mesures similaires sont réalisées
pour des pixels de structure analogue mais dans lesquels les portions
pyroélectriques inférieure et supérieure comportent chacune un composé
P(VDF-TrFE)/nanoparticules de $BaTiO_3$. Sur la figure 5, la courbe 22 représente la
15 variation de température obtenue dans la portion pyroélectrique inférieure pour
un tel pixel en contact avec de l'air, et la courbe 24 représente la variation de
température obtenue dans la portion pyroélectrique supérieure pour ce même
pixel. La courbe 26 représente la variation de température obtenue dans la
portion pyroélectrique inférieure pour un pixel en contact avec de la peau, et la
20 courbe 28 représente la variation de température obtenue dans la portion
pyroélectrique supérieure pour ce même pixel. Sur la figure 6, la courbe 30
représente la différence entre les valeurs de la courbe 24 et celles de la courbe
22, représentant donc la différence de température obtenue entre les portions
pyroélectriques inférieure et supérieure pour un pixel en contact avec de l'air
25 pour ce capteur à portions pyroélectriques inférieure et supérieure comportant
chacune un composé P(VDF-TrFE)/nanoparticules de $BaTiO_3$, et la courbe 32
représente la différence entre les valeurs de la courbe 28 et celles de la courbe
26, représentant donc la différence de température obtenue entre les portions
pyroélectriques inférieure et supérieure pour un pixel en contact avec de la peau

pour ce capteur à portions pyroélectriques inférieure et supérieure comportant chacune un composé P(VDF-TrFE)/nanoparticules de BaTiO₃.

La différence de températures entre deux pixels dont l'un est en contact avec de l'air et l'autre est en contact avec de la peau, dans le capteur à portions pyroélectriques inférieure et supérieure comportant chacune un composé P(VDF-TrFE)/nanoparticules de BaTiO₃, correspondant à la différence entre les courbes 30 et 32, est au plus de 0,05 K, ce qui est bien inférieur aux valeurs des courbes 18 et 20 qui représentent la différence de températures entre deux pixels dont l'un est en contact avec de l'air et l'autre est en contact avec de la peau, dans un capteur dont seule la portion pyroélectrique supérieure comporte l'ajout du matériau C. Cette plus grande différence de température entre pixels traduit la meilleure sensibilité du capteur obtenue lorsqu'un tel ajout est réalisé uniquement dans la portion pyroélectrique supérieure 112, et donc l'obtention d'un bon contraste pour la détection, grâce à la forte variation de température dans la capacité pyroélectrique des pixels 102 entre les portions pyroélectriques 110, 112, combinée au fait que les matériaux des portions pyroélectriques 110, 112 ont tous les deux un bon coefficient pyroélectrique.

Les courbes représentées sur les figures 5 et 6 montrent que la sensibilité obtenue pour un capteur dont les portions pyroélectriques inférieure et supérieure comportent chacune un composé des matériaux B et C est plus faible que lorsque seule la portion pyroélectrique supérieure comporte un tel composé et que la portion pyroélectrique inférieure comporte uniquement du P(VDF-TrFE). Cela provient du fait que la présence du matériau C améliore la conductivité thermique du matériau pyroélectrique, mais que cette amélioration de la conductivité thermique du matériau pyroélectrique n'est souhaitable que dans la portion pyroélectrique proche du motif thermique à détecter afin de conserver une bonne différence de température entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure, et obtenir ainsi un capteur 100 ayant une bonne sensibilité de mesure.

Egalement à titre de comparaison, des mesures similaires sont réalisées pour des pixels de structure analogue mais dans lesquels la portion pyroélectrique supérieure comporte uniquement du P(VDF-TrFE) et la portion pyroélectrique inférieure comporte un composé P(VDF-TrFE)/nanoparticules de BaTiO₃. Sur la figure 7, la courbe 34 représente la variation de température obtenue dans la portion pyroélectrique inférieure pour un pixel en contact avec de l'air, et la courbe 36 représente la variation de température obtenue dans la portion pyroélectrique supérieure pour ce même pixel. La courbe 34 représente également la variation de température obtenue dans la portion pyroélectrique inférieure pour un pixel en contact avec de la peau, et la courbe 38 représente la variation de température obtenue dans la portion pyroélectrique supérieure pour ce même pixel. Sur la figure 8, la courbe 40 représente la différence entre les valeurs de la courbe 34 et celles de la courbe 36, représentant donc la différence de température obtenue entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure pour un pixel en contact avec de l'air pour ce capteur, et la courbe 42 représente la différence entre les valeurs de la courbe 34 et celles de la courbe 38, représentant donc la différence de température obtenue entre les portions pyroélectriques inférieure et supérieure pour un pixel en contact avec de la peau pour ce capteur.

Ces courbes représentées sur les figures 7 et 8 montrent que la sensibilité obtenue pour ce capteur dont la portion pyroélectrique inférieure comporte un composé des matériaux B et C et la portion pyroélectrique supérieure comporte uniquement du P(VDF-TrFE) est plus faible que lorsque seule la portion pyroélectrique supérieure comporte le composé des matériaux B et C et que la portion pyroélectrique inférieure comporte uniquement du P(VDF-TrFE). Cela provient du fait que la portion pyroélectrique supérieure comportant uniquement du P(VDF-TrFE) a une mauvaise conductivité thermique, les transferts de chaleur étant alors difficiles entre le doigt présent sur le capteur et l'élément chauffant.

Un procédé de réalisation d'une capacité pyroélectrique d'un pixel 102 du capteur 100 similaire à celui des figures 1 et 2 est décrit en liaison avec les figures 9A à 9I.

5 Le capteur 100 est réalisé à partir du substrat 104. Le matériau du substrat 104 (verre, semi-conducteur, plastique, etc.) est choisi selon la technologie avec laquelle les différents éléments électroniques du capteur 100 sont réalisés. Le substrat 104 est tout d'abord nettoyé afin d'éliminer les résidus présents sur celui-ci. Le type de nettoyage mis en œuvre est fonction du matériau du substrat 104.

10 La deuxième étape consiste à déposer sur la face avant 108 du substrat 104 une première couche électriquement conductrice 150, par exemple métallique, à partir de laquelle l'électrode inférieure 106 est destinée à être réalisée (figure 9A). La couche 150 peut comporter un ou plusieurs des matériaux précédemment décrits pour former l'électrode inférieure 106 du capteur 100
15 représenté sur les figures 1 et 2. La couche 150 peut être déposée en phase vapeur PVD par pulvérisation (« sputtering »), sérigraphie, vaporisation (« spraying ») ou même par jet d'encre, selon les matériaux destinés à être déposés et leurs épaisseurs. L'épaisseur de la couche 150 correspond à l'épaisseur souhaitée de l'électrode inférieure 106.

20 Comme représenté sur la figure 9B, la structure de l'électrode inférieure 106 et du contact électrique 107 est définie en mettant en œuvre une étape de photolithographie et de gravure de la couche 150 (par exemple par plasma ou par gravure humide).

25 En variante, l'électrode inférieure 106 et le contact électrique 107 pourraient être directement formés par un dépôt localisé ne nécessitant pas de mise en œuvre d'une gravure.

Une première couche de matériau pyroélectrique destinée à former la portion pyroélectrique inférieure 110 est ensuite déposée sur l'ensemble de la structure précédemment réalisée. Cette première couche de

matériau pyroélectrique (matériau A) est par exemple déposée par « spin coating » (dépôt à la tournette), avec une épaisseur comprise entre environ 1 μm et 5 μm selon l'épaisseur souhaitée pour la portion pyroélectrique inférieure 110. Un recuit est ensuite mis en œuvre à une température par exemple comprise

5 entre environ 80°C et 100°C, pendant une durée par exemple comprise entre environ 10 et 30 minutes. Ce recuit permet de réaliser une cristallisation du matériau pyroélectrique. Une photolithographie et une gravure (par exemple avec un plasma O_2 ou une combinaison SF_6/O_2) sont alors mises en œuvre afin de supprimer une partie de la couche de matériau pyroélectrique recouvrant le

10 contact électrique 107 de l'électrode inférieure 106 (figure 9C). En variante, un dépôt localisé peut être mis en œuvre, comme par exemple la sérigraphie ou la vaporisation, ou même le dépôt par jet d'encre, pour obtenir directement la portion pyroélectrique inférieure 110 telle que représenté sur la figure 9C.

Au moins une deuxième couche électriquement conductrice

15 destinée à former l'élément chauffant 114 est ensuite déposée sur la structure obtenue à ce stade du procédé, recouvrant ainsi la portion pyroélectrique inférieure 110 (figure 9D). La couche 152 peut comporter un ou plusieurs des matériaux précédemment décrits pour former l'élément chauffant 114 du capteur 100 des figures 1 et 2. Selon la nature du matériau de la couche 152,

20 celui-ci peut être déposé par PVD, jet d'encre, vaporisation ou encore sérigraphie. Des parties non représentées sur la figure 9D de la couche 152 sont destinées à former les extrémités 113 et 115 aux bornes desquelles le signal de chauffage est destiné à être appliqué.

L'élément chauffant 114 est ensuite formé par la mise en œuvre

25 d'une étape de photolithographie et d'une étape de gravure de la couche 152 précédemment déposée selon le motif de l'élément chauffant 114, par exemple sous la forme de plusieurs segments formant ensemble un motif de serpent, comme précédemment décrit en liaison avec les figures 1 et 2 (figure 9E).

Là encore, un dépôt localisé de la couche 152 peut être mis en œuvre pour obtenir directement l'élément chauffant 114 sans mise en œuvre d'une gravure.

Comme représenté sur la figure 9F, une deuxième couche de matériau pyroélectrique 154 destinée à former la portion pyroélectrique supérieure 112 est ensuite réalisée sur l'ensemble de la structure précédemment obtenue. La couche 154 correspond à une couche de PVDF et/ou d'au moins un copolymère du PVDF (matériau B) dans laquelle sont dispensées, avantagement de manière aléatoire, des nanoparticules et/ou des microparticules d'au moins un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou de ZnO et/ou de PVDF et/ou d'au moins un copolymère du PVDF (matériau C). La couche 154 est déposée par la mise en œuvre d'un dépôt à la tournette, une vaporisation ou une sérigraphie, avec une épaisseur (au niveau de l'élément chauffant 114) correspondant à celle souhaitée pour la portion pyroélectrique supérieure 112. La couche 154 subit un recuit à une température par exemple comprise entre environ 90°C et 120°C pendant une durée par exemple comprise entre environ 5 minutes et 1 heure. Ce recuit permet de finaliser l'évaporation des solvants utilisés pour former la couche 154 et réaliser la cristallisation du matériau pyroélectrique de la couche 154.

Des étapes de photolithographie et de gravure de la couche 154 sont ensuite mises en œuvre, formant la portion pyroélectrique supérieure 112 (figure 9G). Cette gravure peut être mise en œuvre en utilisant par exemple un plasma de type C_4F_8/O_2 , SF_6/O_2 ou encore CF_4/O_2 . Lors de cette gravure, les portions conductrices restantes issues des couches 150 et 152 précédemment déposées et qui ne sont pas positionnées sous la portion pyroélectrique supérieure 112 servent de couche d'arrêt de gravure. Cette gravure permet notamment de révéler le contact électrique 107 précédemment recouvert par la couche 154, ainsi qu'une partie 155 de la couche 152 destinée à servir à la réalisation du contact électrique 109.

Au moins une troisième couche électriquement conductrice est ensuite déposée sur l'ensemble de la structure précédemment réalisée, et gravée afin de former l'électrode supérieure 116 et le contact électrique 109 de l'électrode supérieure 116 (figure 9H). La nature du ou des matériaux de cette
5 couche électriquement conductrice, ainsi que l'épaisseur de cette couche peuvent correspondre aux exemples de matériaux et épaisseur précédemment décrits pour la portion pyroélectrique supérieure 112 du capteur 100 des figures 1 et 2. La gravure mise en œuvre peut correspondre à une gravure par plasma ou par voie humide, selon la nature du ou des matériaux à graver.

10 Le pixel 102 est ensuite achevé en déposant et en gravant la couche de protection 118 (figure 9I). Le ou les matériaux de la couche de protection 118 peuvent correspondre à ceux précédemment décrits pour la couche de protection 118 du capteur 100 des figures 1 et 2. Le dépôt du matériau de la couche de protection 118 peut se faire par voie physique (PVD) à faible
15 température ou par voie liquide (dépôt à la tournette, vaporisation ou jet d'encre). La gravure mise en œuvre permet notamment de former des accès aux contacts électriques 107, 109 à travers la couche de protection 118. Lorsque le matériau de la couche de protection 118 est déposé de manière localisée, comme par exemple par vaporisation ou par jet d'encre, la couche de protection 118 est
20 formée dès le dépôt de manière localisée et il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre une gravure de ce matériau.

Du fait que les matériaux des portions pyroélectriques 110, 112 comportent du PVDF et/ou au moins un des copolymères du PVDF, il est nécessaire de mettre en œuvre, avant la première utilisation du capteur 100, une
25 étape de polarisation initiale des matériaux pyroélectriques des portions pyroélectriques 110, 112 en appliquant une tension électrique continue aux bornes de ces matériaux, via les électrodes 106, 116, afin d'obtenir un coefficient pyroélectrique de ces matériaux adapté à une détection thermique. Cette polarisation est réalisée une seule fois pour toute la durée de vie des matériaux

pyroélectriques. Cette polarisation par courant continue peut se faire à une température ambiante ou à chaud (jusqu'à environ 100°C). Lorsque la polarisation est réalisée à une température ambiante, il est possible d'appliquer une tension continue jusqu'à environ 120 V/ μm (Volt par micron d'espacement entre les deux électrodes 106, 116) pendant une durée par exemple comprise 5 entre environ 1 et 5 minutes. Lorsque la polarisation est réalisée à chaud, par exemple à une température d'environ 90°C, une tension continue par exemple comprise entre environ 50 et 80 V/ μm peut être appliquée pendant une durée par exemple comprise entre environ 1 et 5 minutes. La température est ensuite 10 abaissée jusqu'à atteindre la température ambiante, puis le champ électrique appliqué sur les matériaux pyroélectriques, via la tension continue appliquée, est stoppé. Une telle polarisation permet aux matériaux pyroélectriques des portions 110, 112 d'atteindre des coefficients pyroélectriques compris entre environ 30 et 80 $\mu\text{C}/(\text{m}^2.\text{K})$, selon le taux de charge des nanoparticules/microparticules du 15 matériau C dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure 112.

La matrice de pixels 102 du capteur 100 est lue ligne par ligne grâce à des transistors de sélection intégrés dans chaque pixel 102 et via un circuit électronique de lecture disposé en pieds de colonnes (non représenté sur les figures) permettant de réaliser soit une lecture directe des charges générées 20 par chaque pixel (lecture en courant), soit de réaliser une lecture en tension des pixels 102 via l'utilisation d'un transistor monté en suiveur de tension.

Diverses méthodes de calibration, utilisant par exemple un pixel de référence ayant une capacité calorifique connue, peuvent être mises en œuvre. De telles méthodes sont décrites par exemple dans le document 25 FR 2 959 814.

Dans les différents exemples décrits précédemment, le capteur 100 est utilisé en tant que détecteur d'empreinte digitale. Toutefois, le capteur 100 peut être utilisé pour réaliser une détection de motifs thermiques autres que des empreintes digitales, du fait que chaque pixel 102 du capteur 100 lit la

capacité calorifique placée au-dessus de lui et cela quelle que soit la nature du motif thermique détecté. Ainsi, un capteur comportant des pixels 102 tels que précédemment décrits peut être apte à réaliser une détection piézoélectrique ou à réaliser une détection de température.

5 Par exemple, le capteur 100 peut servir à la réalisation d'un imageur infrarouge non refroidi. Les pixels 102 du capteur 100, par exemple tels que décrits précédemment en liaison avec les figures 1 et 2, sont dans ce cas intégrés sur un capteur optique de type CCD ou CMOS collectant les charges électriques générées par le capteur 100. Un tel imageur comporte en outre une
10 lentille infrarouge filtrant la lumière arrivant sur le capteur 100. Afin que le capteur 100 puisse être soumis à une différence de température (nécessaire compte tenu de la mesure réalisée par les capacités pyroélectriques), l'imageur comporte un dispositif permettant successivement de bloquer la lumière infrarouge arrivant sur le capteur 100 puis de laisser passer cette lumière. Un tel
15 dispositif peut correspondre à un « chopper », c'est-à-dire une roue munie d'un trou et tournant devant le capteur 100. Un élément absorbeur peut être ajouté sur le matériau pyroélectrique des pixels 102 afin d'améliorer l'absorption du rayonnement infrarouge reçu.

 Dans l'exemple de pixel 102 précédemment décrit, l'élément
20 chauffant 114 est réalisé sous la forme de segments de matériau électriquement conducteur reliés en série les uns aux autres selon un motif de serpent. En variante, l'élément chauffant 114 peut correspondre à une ou plusieurs portions de matériau électriquement conducteur de forme autre qu'un serpent. Un autre exemple de réalisation de l'élément chauffant 114 est représenté sur la
25 figure 10. Selon cet autre exemple, la portion électriquement conductrice formant l'élément chauffant 114 correspond à une ligne rectangulaire métallique de largeur « W » par exemple comprise entre environ 25 μm et 500 μm et de longueur « L » comprise entre environ 50 μm et 500 μm . Des trous 122 de diamètre d par exemple compris entre environ 1 μm et 10 μm sont réalisés à

travers la portion de matériau électriquement conducteur formant l'élément chauffant 114.

Dans tous les cas, l'élément chauffant 114 est structuré selon une forme telle que des parties des portions pyroélectriques inférieure et supérieure 110, 112 soient directement en contact les unes avec les autres, et donc que des parties des électrodes 106, 116 soient en regard l'une de l'autre sans que des parties de l'élément chauffant 114 ne soient disposées entre ces parties des électrodes 106, 116. Cela permet aux électrodes 106, 116 et au matériau pyroélectrique des portions pyroélectriques 110, 112 de former la capacité pyroélectrique telle que les électrodes 106, 116 forment des armatures conductrices entre lesquelles un matériau diélectrique, formé par les matériaux des portions pyroélectriques 110, 112, est disposé. Dans l'exemple précédemment décrit en liaison avec la figure 2, la forme de serpentín de l'élément chauffant 114 permet à des parties des électrodes 106, 116 d'être en regard l'une de l'autre entre les segments électriquement conducteurs formant le serpentín. Dans l'exemple précédemment décrit en liaison avec la figure 10, les trous 122 permettent également cette formation de la capacité pyroélectrique.

Quelle que soit la forme de l'élément chauffant 114, les dimensions de celui-ci et les niveaux de tension ou de courant appliqués pour réaliser le chauffage du matériau pyroélectrique sont ajustés en fonction de la puissance de chauffage souhaitée. Afin d'obtenir une bonne sensibilité de détection, la puissance électrique injectée dans l'élément chauffant 114 peut être comprise entre environ 0,5 mW/pixel et 5 mW/pixel.

REVENDEICATIONS

1. Capteur (100) de motif thermique comportant plusieurs pixels (102), chaque pixel (102) comprenant au moins une capacité pyroélectrique formée par au moins un empilement comprenant au moins :
- 5
- une électrode inférieure (106) ;
 - une portion pyroélectrique inférieure (110) disposée sur l'électrode inférieure (106) et comprenant un matériau A correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;

10

 - une portion pyroélectrique supérieure (112) disposée sur la portion pyroélectrique inférieure (110) et comportant un composé comprenant un matériau B correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène, et des nanoparticules et/ou des

15

 - microparticules d'un matériau C correspondant à un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou du ZnO et/ou du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;
 - un élément chauffant (114) comprenant au moins une portion de matériau électriquement conducteur disposée entre les portions

20

 - pyroélectriques inférieure et supérieure (110, 112) et telle qu'une ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique inférieure (110) soient directement en contact contre une ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique supérieure (112) ;
 - une électrode supérieure (116) disposée sur la portion

25

 - pyroélectrique supérieure (112).
2. Capteur (100) selon la revendication 1, dans lequel ledit au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène d'au moins l'une des portions pyroélectriques inférieure et supérieure (110, 112) correspond à du

poly(fluorure de vinylidène–trifluoroéthylène) et/ou du poly(fluorure de vinylidène– trifluoroéthylène-chlorofluoroéthylène) et/ou du poly(fluorure de vinylidène– trifluoroéthylène-chlorotrifluoroéthylène).

5 3. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :

- le matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite comporte du BaTiO_3 et/ou du PbZrTiO_3 et/ou du BaSrTiO_3 et/ou du CaSrTiO_3 et/ou du BaZrTiO_3 et/ou du SrTiO_3 , et/ou

10 - une proportion en poids du matériau C dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure (112) est comprise entre environ 5 % et 20 %, et/ou

- les nanoparticules et/ou les microparticules du matériau C sont réparties de manière aléatoire dans le composé de la portion pyroélectrique supérieure (112), et/ou

15 - les matériaux A et B sont similaires.

 4. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant (114) comporte plusieurs segments conducteurs joints les uns à la suite des autres en formant une portion conductrice continue et entre lesquels la portion pyroélectrique inférieure (110) est directement en contact avec la portion pyroélectrique supérieure (112), et/ou dans lequel la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant (114) est traversée par au

20

 moins une ouverture (122) au niveau de laquelle la portion pyroélectrique inférieure (110) est directement en contact avec la portion pyroélectrique supérieure (112).

25

5. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'électrode inférieure (106) comporte une couche de titane d'épaisseur comprise entre environ 50 nm et 500 nm et une couche de TiN d'épaisseur comprise entre environ 10 nm et 500 nm, et/ou dans lequel
5 l'électrode supérieure (116) comporte une couche de titane d'épaisseur comprise entre environ 30 nm et 100 nm et une couche d'AlSi ou d'AlCu d'épaisseur comprise entre environ 100 nm et 700 nm.

6. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes,
10 dans lequel l'épaisseur de la portion pyroélectrique inférieure (110) et/ou l'épaisseur de la portion pyroélectrique supérieure (112) est comprise entre environ 1 μm et 5 μm .

7. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes,
15 dans lequel les pixels (102) sont disposés sur une face avant (108) d'un substrat (104) de sorte que la portion pyroélectrique inférieure (110) de chaque pixel (102) soit disposée entre le substrat (104) et la portion pyroélectrique supérieure (112) dudit pixel (102).

8. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes,
20 dans lequel les pixels (102) sont disposés en formant une matrice de plusieurs lignes et plusieurs colonnes, et les éléments chauffants (114) des pixels de chacune des lignes de pixels (102) sont formés par une portion continue de matériau électriquement conducteur.

9. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes,
25 dans lequel l'une des électrodes inférieure et supérieure (106, 116) de chaque pixel (102) est reliée électriquement à un potentiel électrique fixe.

10. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre une couche de protection recouvrant ledit empilement de chaque pixel (102) et comportant des ouvertures formant des accès à des contacts électriques (107, 109) des électrodes inférieure et supérieure (106, 116) de chaque pixel (102).

11. Capteur (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le capteur (100) est un capteur d'empreinte digitale.

12. Procédé de réalisation d'un capteur (100) de motif thermique comportant plusieurs pixels (102), chaque pixel (102) comprenant au moins une capacité pyroélectrique formée par au moins un empilement obtenu au moins la mise en œuvre des étapes suivantes :

- réalisation d'une électrode inférieure (106) ;
- réalisation d'une portion pyroélectrique inférieure (110) disposée sur l'électrode inférieure (106) et comprenant un matériau A correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;
- réalisation d'un élément chauffant (114) comprenant au moins une portion de matériau électriquement conducteur disposée sur la portion pyroélectrique inférieure (110) ;
- réalisation d'une portion pyroélectrique supérieure (112) sur la portion de matériau électriquement conducteur de l'élément chauffant (114) qui est telle qu'une ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique inférieure (110) soient directement en contact contre une partie ou plusieurs parties de la portion pyroélectrique supérieure (112), la portion pyroélectrique supérieure (112) comportant un composé comprenant un matériau B correspondant à du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène, et des nanoparticules et/ou des microparticules d'un matériau C

correspondant à un matériau pyroélectrique de structure cristalline de type pérovskite et/ou du ZnO et/ou du polyfluorure de vinylidène et/ou au moins un copolymère de polyfluorure de vinylidène ;

- réalisation d'une électrode supérieure (116) disposée sur la
- 5 portion pyroélectrique supérieure (112).

1/7

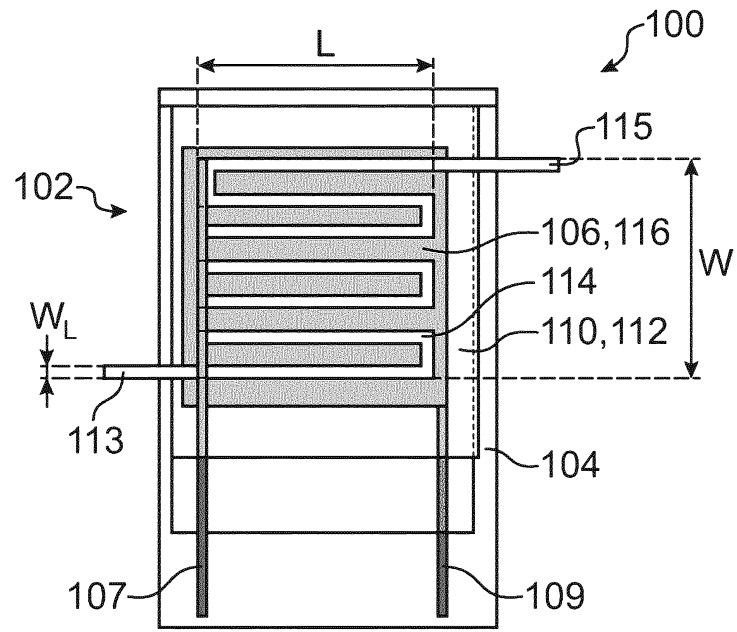


FIG. 1

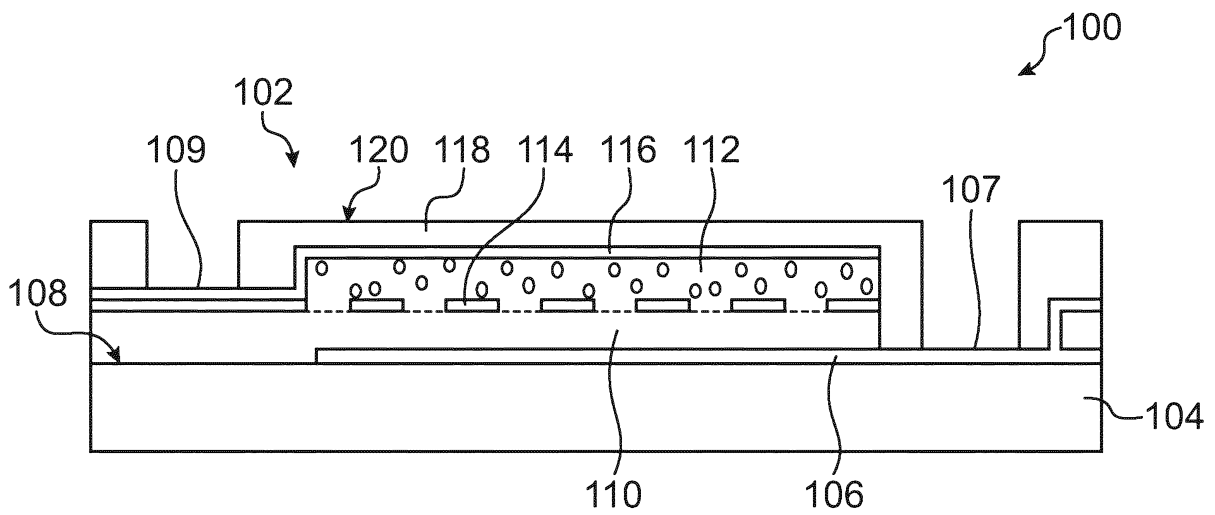


FIG. 2

2/7

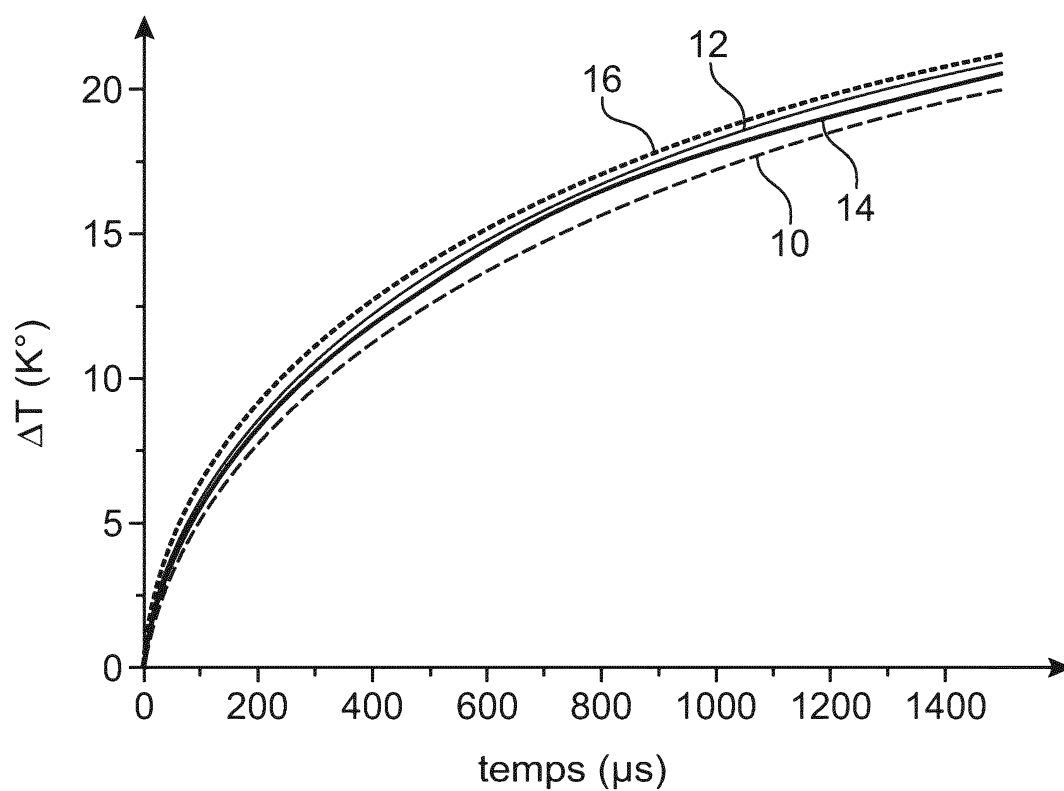


FIG.3

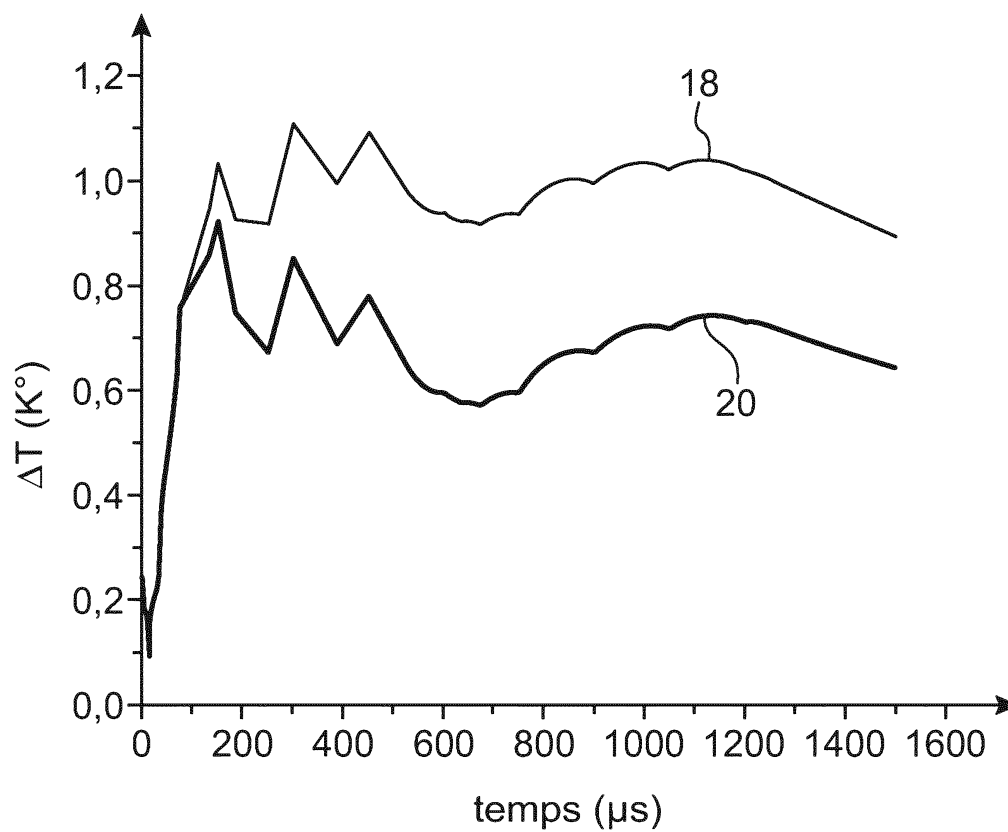


FIG.4

3/7

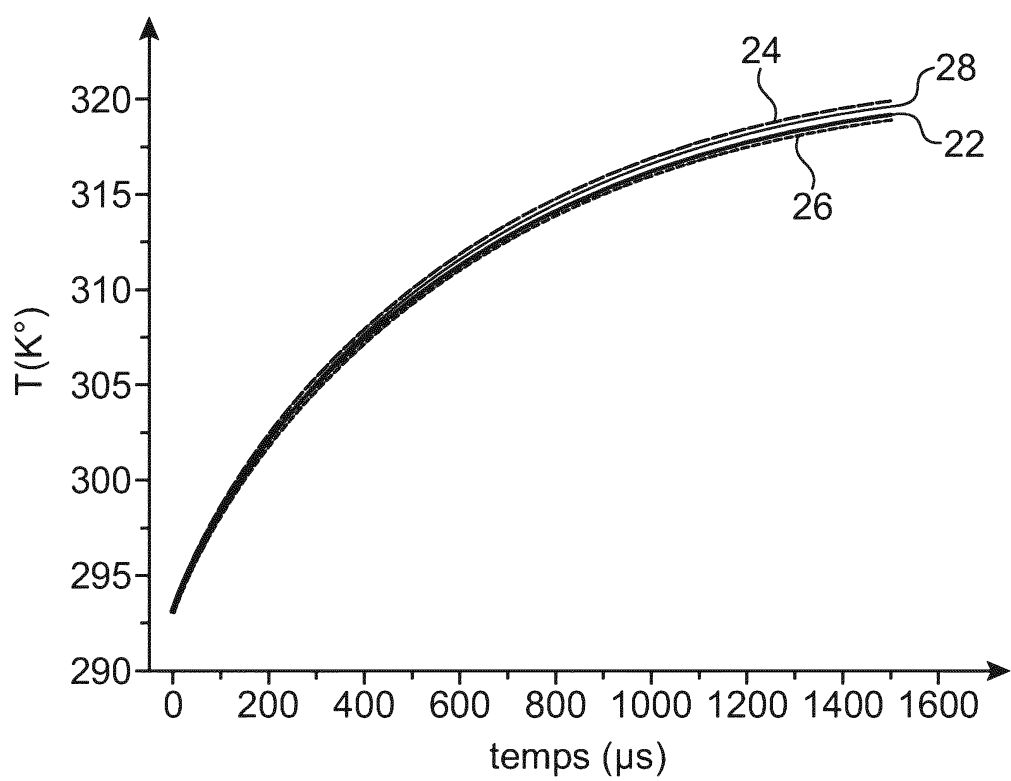


FIG.5

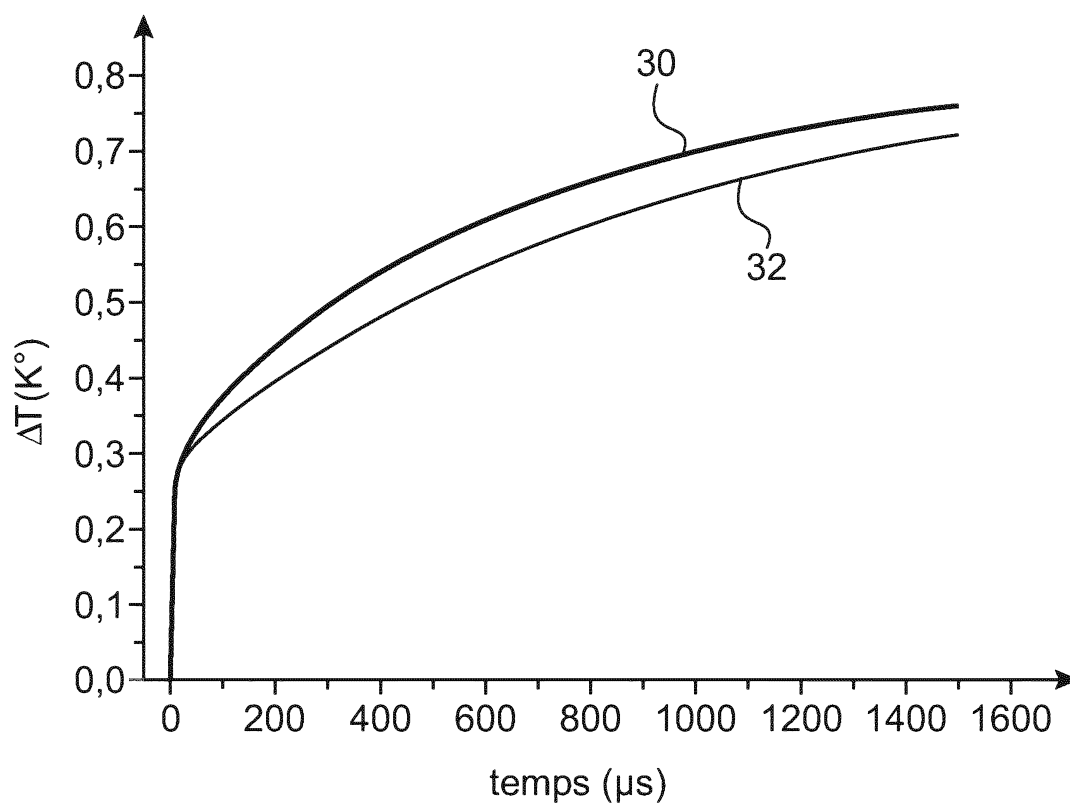


FIG.6

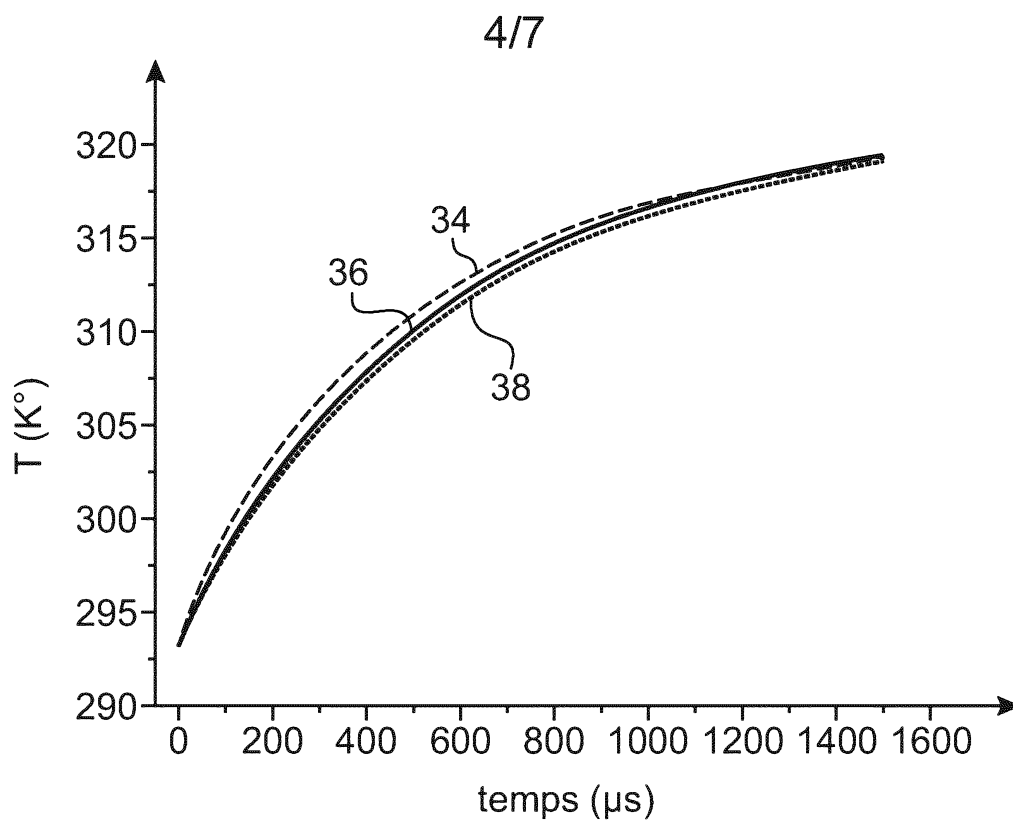


FIG.7

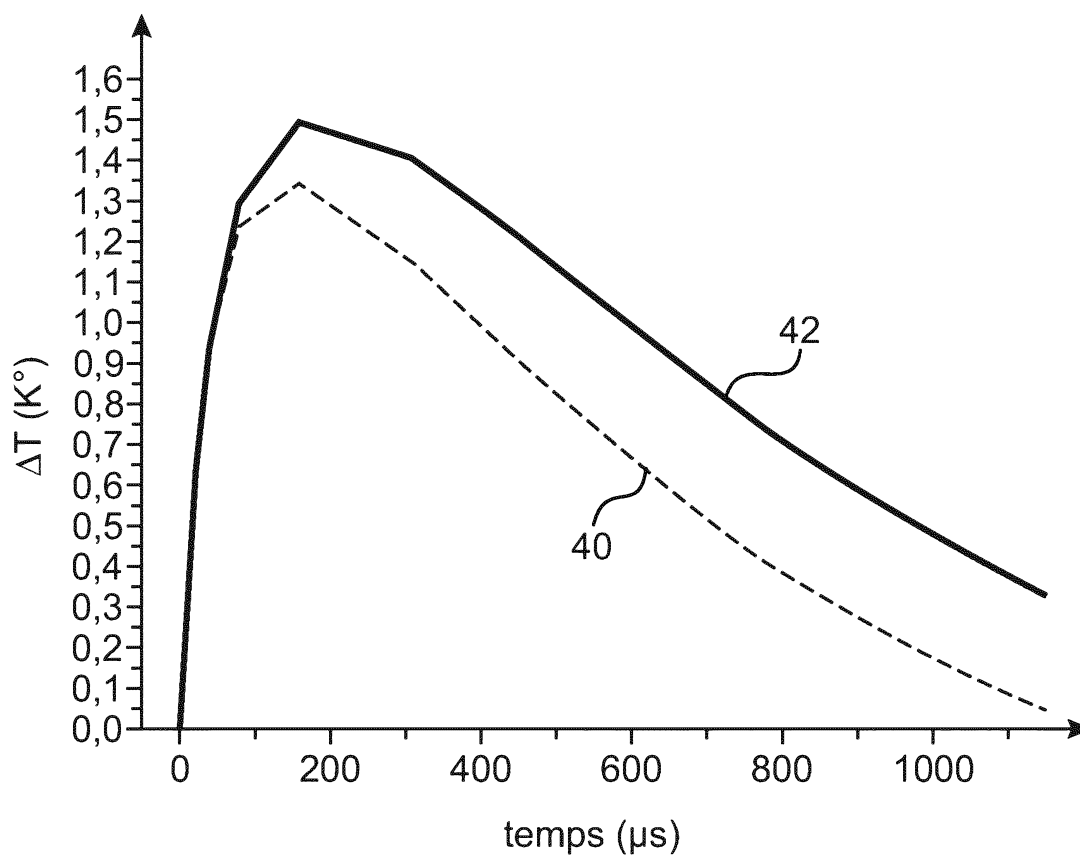


FIG.8

5/7

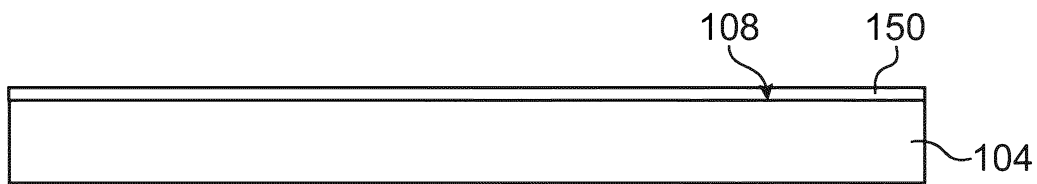


FIG. 9A

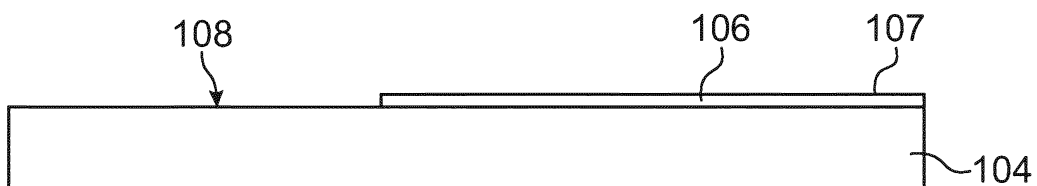


FIG. 9B

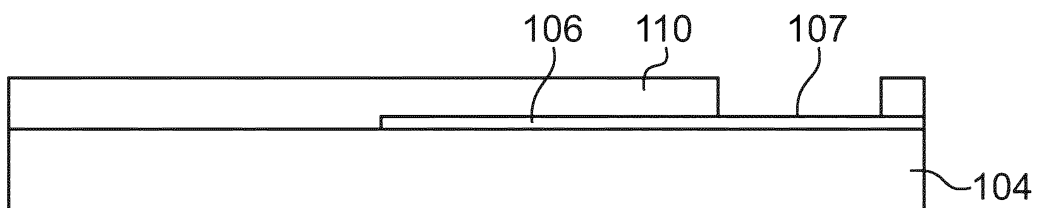


FIG. 9C

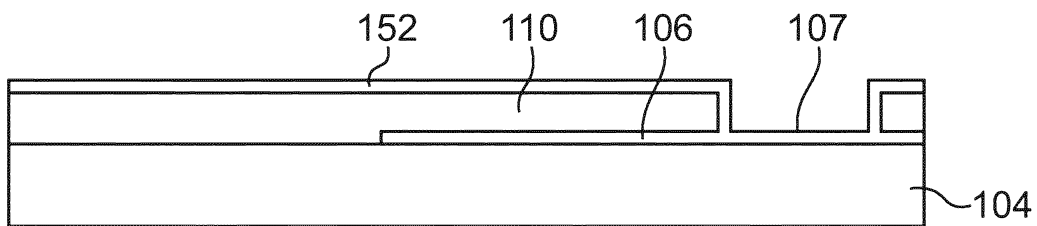


FIG. 9D

6/7

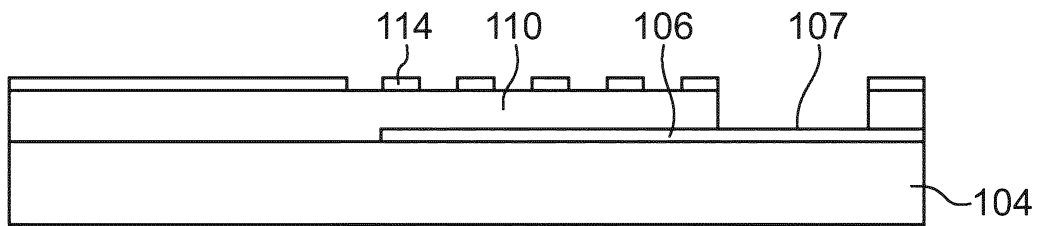


FIG.9E

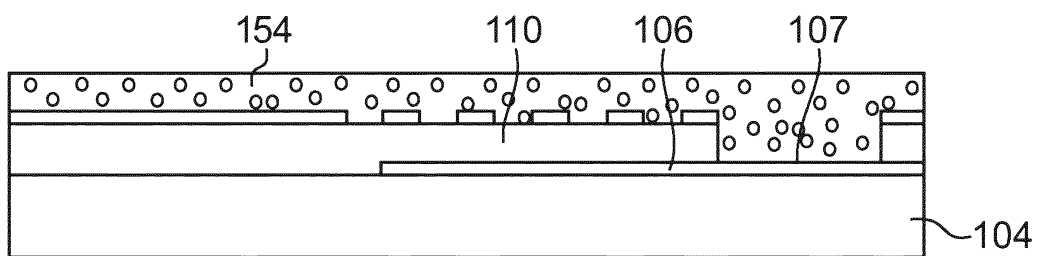


FIG.9F

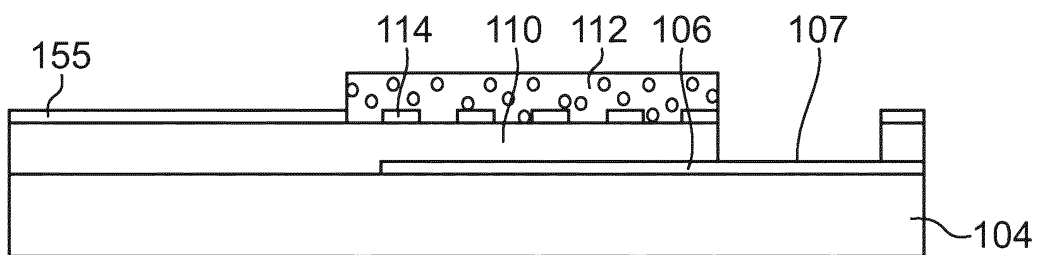


FIG.9G

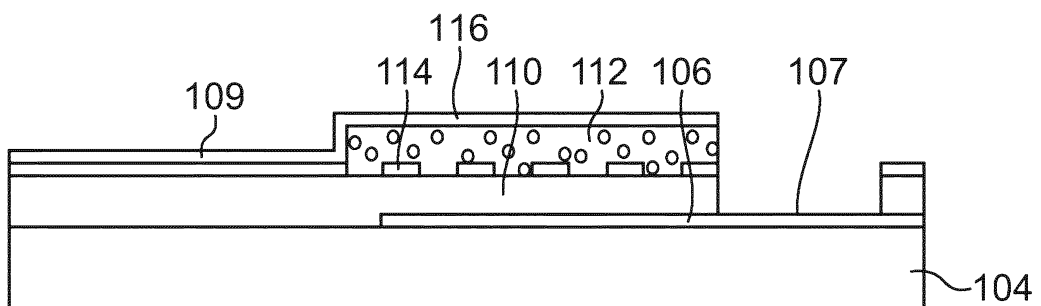


FIG.9H

7/7

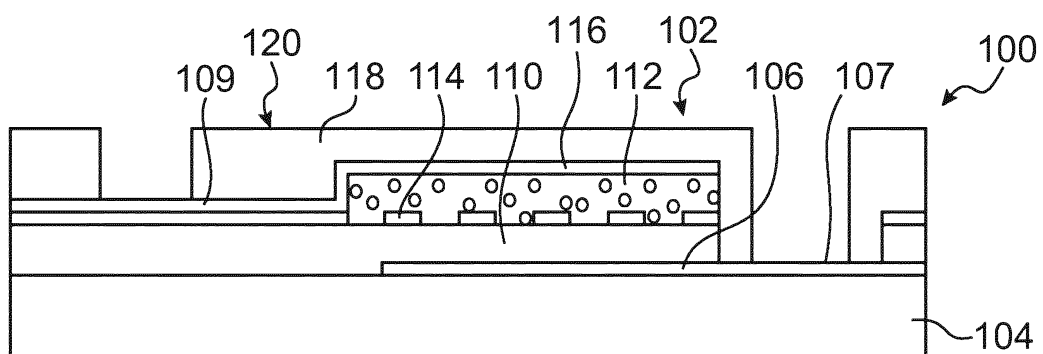


FIG. 9I

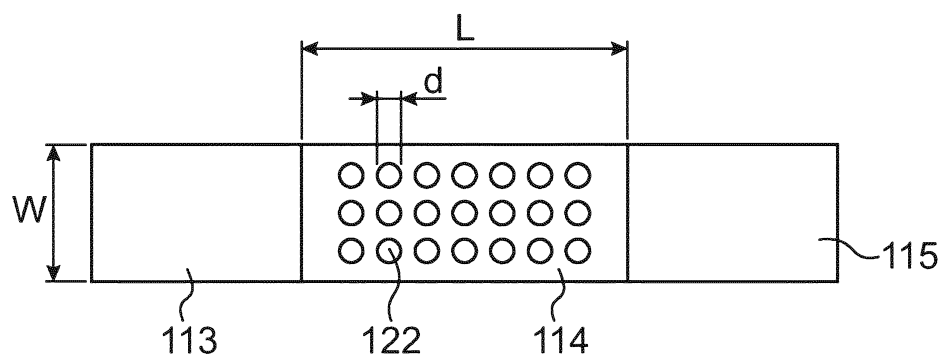


FIG. 10

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2011/280276 A1 (MAINGUET JEAN-FRANCOIS [FR] ET AL)
17 novembre 2011 (2011-11-17)

FR 3 013 510 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR])
22 mai 2015 (2015-05-22)

EP 0 840 250 A1 (THOMSON CSF [FR])
6 mai 1998 (1998-05-06)

JAMES S. LEE ET AL: "Highly Sensitive and Multifunctional Tactile Sensor Using Free-standing ZnO/PVDF Thin Film with Graphene Electrodes for Pressure and Temperature Monitoring", SCIENTIFIC REPORTS, vol. 5, 20 janvier 2015 (2015-01-20), page 7887, XP055294227, DOI: 10.1038/srep07887

JAYALAKSHMY M S ET AL: "Enhancement in pyroelectric detection sensitivity for flexible LiNbO3/PVDF nanocomposite films by inclusion content control", JOURNAL OF POLYMER RESEARCH, SPRINGER NETHERLANDS, NL, vol. 22, no. 3, 1 mars 2015 (2015-03-01), pages 1-11, XP035468882, ISSN: 1022-9760, DOI: 10.1007/S10965-015-0688-4 [extrait le 2015-03-01]

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES