



## TRANSISTOR À EFFET DE CHAMP ORGANIQUE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR14/57316 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

### Domaine

5 La présente demande concerne un dispositif électronique et son procédé de fabrication.

### Exposé de l'art antérieur

Certains composants électroniques d'un dispositif électronique comprennent une portion semiconductrice en un  
10 matériau organique semiconducteur en contact avec une portion isolante. Un exemple d'un tel composant électronique correspond à un transistor organique à effet de champ dans lequel la portion isolante correspond à l'isolant de grille et dans lequel le canal est formé dans la portion semiconductrice. Un autre exemple de  
15 composant électronique correspond à une capacité métal-isolant-semiconducteur.

La réalisation d'une portion en un matériau organique semiconducteur met généralement en oeuvre des procédés par voie humide, notamment des procédés sol-gel. Un inconvénient des  
20 procédés de fabrication par voie humide est que l'interface entre la portion isolante et la portion semiconductrice peut comprendre un nombre important de défauts.

La présence de défauts à l'interface entre la portion semiconductrice et la portion isolante peut perturber le fonctionnement du composant électronique. En effet, certaines propriétés du composant électronique, notamment la mobilité des porteurs de charges, peuvent dépendre de l'état de l'interface entre la portion semiconductrice et la portion isolante. A titre d'exemple, dans le cas d'un transistor organique à effet de champ, la présence de défauts à l'interface entre la portion semiconductrice et la portion isolante peut entraîner des phénomènes d'hystérésis lors du fonctionnement du transistor.

#### Résumé

Un objet d'un mode de réalisation vise à pallier tout ou partie des inconvénients des dispositifs électroniques comprenant une portion semiconductrice en un matériau organique semiconducteur en contact avec une portion isolante et de leurs procédés de fabrication décrits précédemment.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que le fonctionnement du dispositif électronique n'est pas ou peu perturbé par la présence de défauts à l'interface entre la portion semiconductrice et la portion isolante.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que la portion semiconductrice est réalisée par des procédés de fabrication par voie humide.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un dispositif électronique comprenant au moins un composant électronique comportant une portion semiconductrice en un matériau semiconducteur organique en contact avec une première portion isolante en un premier matériau isolant électriquement et des moyens de chauffage de l'interface entre la portion semiconductrice et la première portion isolante.

Selon un mode de réalisation, les moyens de chauffage comprennent une piste conductrice d'un matériau conducteur électriquement, la première portion isolante étant interposée entre la portion semiconductrice et la piste conductrice

Selon un mode de réalisation, la piste conductrice est au contact de la première portion isolante.

Selon un mode de réalisation, le premier matériau isolant électriquement a une conductivité thermique comprise entre  
5 20 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> et 100 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

Selon un mode de réalisation, le premier matériau isolant électriquement est l'alumine.

Selon un mode de réalisation, le matériau conducteur électriquement a une résistivité comprise entre 0,03 Ω/m et  
10 10 Ω/m.

Selon un mode de réalisation, la piste conductrice est en oxyde d'étain et d'aluminium, en carbone, en un métal, notamment l'argent, le cuivre, l'or, le nickel, le palladium, le platine, l'aluminium ou un alliage ou un mélange d'au moins deux  
15 de ces métaux, en un mélange d'au moins l'un de ces métaux et de carbone, notamment un mélange d'argent et de carbone, ou en un polymère conducteur, par exemple le PEDOT : PSS ou un polyaniline.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend, en outre, une deuxième portion isolante recouvrant la première  
20 portion isolante, la deuxième portion isolante étant en un deuxième matériau isolant électriquement, la conductivité thermique du deuxième matériau isolant électriquement étant inférieure à la conductivité thermique du premier matériau isolant électriquement.

25 Selon un mode de réalisation, la piste conductrice est recouverte par la deuxième portion isolante.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend des portions conductrices électriquement s'étendant sur la deuxième portion isolante et au travers de la deuxième portion isolante et  
30 venant au contact des extrémités de la piste conductrice.

Selon un mode de réalisation, la deuxième portion isolante est en oxyde de zirconium (ZrO<sub>2</sub>), en polystyrène (PS), en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), en polymère fluoré, en polyvinylpyrrolidone (PVP), en parylène, en polyimide (PI), en  
35 polyfluorure de vinylidène (PVDF), en un copolymère du PVDF,

notamment le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène) (P(VDF-TrFE)), le poly(fluorure de vinylidène - tétrafluoroéthylène), le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorofluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE)) ou le  
5 poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorotrifluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE))), en un mélange de deux ou plus de deux copolymères du PVDF ou en un mélange de PVDF et d'au moins un copolymère du PVDF, ou un mélange de deux ou plus de ces composés.

10 Selon un mode de réalisation, le composant électronique est un transistor à effet de champ comprenant un isolant de grille comportant la première portion isolante, le canal du transistor étant formé dans la portion semiconductrice.

Un mode de réalisation prévoit également une utilisation  
15 du dispositif électronique tel que défini précédemment, comprenant une première étape de chauffage de l'interface entre la portion semiconductrice et la première portion isolante à une température comprise entre 35°C et 65°C et une deuxième étape de commande du composant électronique, les première et deuxième étapes pouvant  
20 être distinctes ou au moins en partie confondues.

#### Brève description des dessins

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

la figure 1 est une vue en coupe d'un exemple de transistor organique à effet de champ ;

la figure 2 représente des courbes d'évolution du courant de drain en fonction de la tension de grille du transistor à effet de champ représenté en figure 1 pour deux tensions drain-source différentes ;  
30

les figures 3 et 4 sont des vues en coupe d'un mode de réalisation d'un transistor organique à effet de champ ;

la figure 5 représente une courbe d'évolution de la  
35 température à l'interface entre le matériau semiconducteur et la

grille du transistor à effet de champ représenté sur les figures 3 et 4 en fonction de la puissance électrique fournie à la résistance de chauffage du transistor ;

la figure 6 représente des courbes d'évolution du courant de drain en fonction de la tension de grille du transistor à effet de champ représenté sur les figures 3 et 4 pour deux tensions drain-source différentes ; et

la figure 7 est une vue avec coupe d'un autre mode de réalisation d'un transistor à effet de champ ; et

les figures 8A à 8F sont des vues avec coupe de structures obtenues à des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du transistor à effet de champ représenté sur les figures 3 et 4.

#### Description détaillée

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. Dans la suite de la description, les expressions "sensiblement", "environ" et "approximativement" signifient "à 10 % près". En outre, on entend par "couche principalement constituée d'un matériau" ou "couche à base d'un matériau" qu'une couche comporte une proportion supérieure ou égale à 95 % dudit matériau, cette proportion étant préférentiellement supérieure à 99 %.

Dans la suite de la description, on appelle "matériau isolant électriquement" un matériau dont la résistivité est supérieure à  $10^5 \Omega.m$  et on appelle "matériau semiconducteur" un matériau dont la résistivité électrique est comprise entre et  $0,1 \Omega.m$  et  $10^3 \Omega.m$ .

La figure 1 est une vue en coupe d'un exemple d'un dispositif électronique 10 comprenant un transistor organique 11 à effet de champ dit "à grille haute". Le dispositif électronique 10 comprend du bas vers le haut :

un substrat 12 ;

des portions conductrices électriquement 14, 16 sur le substrat 12 ;

une couche semiconductrice 18 recouvrant les portions conductrices 14, 16 et une partie du substrat 12 ;

une couche isolante électriquement 20 recouvrant la couche semiconductrice 18 ; et

5 une portion conductrice électriquement 22 recouvrant la couche isolante 20.

La portion conductrice 22 forme la grille du transistor 11. La couche isolante 20 correspond à l'isolant de grille du transistor 11. Les portions conductrices 14 et 16 forment les  
10 contacts de drain et de source du transistor 11. Le canal du transistor 11 est formé dans la couche semiconductrice 18.

L'épaisseur du substrat 12 peut être comprise entre 5  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ . Le substrat 12 peut être un substrat rigide ou un substrat flexible. Un substrat flexible peut, sous l'action d'une  
15 force extérieure, se déformer, notamment se plier, sans se casser ou se déchirer. Un exemple de substrat rigide comprend un substrat en silicium, en germanium ou en verre. De préférence, le substrat 12 est un film flexible. Un exemple de substrat flexible comprend un film en PEN (polyéthylène naphtalate), PET (polyéthylène  
20 téréphtalate), PI (polyimide) ou PEEK (polyétheréthercétone). De préférence, le substrat 12 peut avoir une épaisseur de 10  $\mu\text{m}$  à 300  $\mu\text{m}$  et présenter un comportement flexible.

Les portions conductrices 14, 16, 22 peuvent avoir une épaisseur comprise entre 20 nm et 100 nm. Elles peuvent être  
25 réalisées en oxyde d'étain et d'aluminium, en un matériau métallique, notamment en argent, en or, en nickel, en palladium, en platine, en aluminium ou un alliage ou un mélange d'au moins deux des matériaux, ou en un polymère conducteur, par exemple le poly(3, 4-éthylènedioxythiophène) : poly(styrène sulfonate)  
30 (PEDOT : PSS).

La couche semiconductrice 18 a une épaisseur comprise entre 60 nm et 200 nm. La couche semiconductrice 18 est en un matériau organique semiconducteur. Elle peut être composée de  
35 petites molécules organiques de type N, notamment des pérylènes et leurs dérivés, de petites molécules organiques de type P,

notamment des pentacènes et leurs dérivés, de polymères de type P, notamment des polythiophènes et leurs dérivés, ou de polymères de type N, notamment des vinylènes, des polymères contenant des unités azoles, des polythiophènes et leurs dérivés.

5           La couche isolante 20 a une épaisseur comprise entre 50 nm et 500 nm. Elle peut être réalisée en un oxyde, par exemple de l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ou du dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), ou en un polymère isolant, par exemple du polystyrène.

10           A titre de variante, le transistor à effet de champ peut être du type "à grille basse". Dans ce cas, il comprend successivement :

un substrat ;

une portion conductrice électriquement, formant la grille du transistor, sur le substrat ;

15           une couche isolante électriquement, formant l'isolant de grille du transistor, recouvrant la portion conductrice et le substrat ;

une couche semiconductrice, dans laquelle est formée le canal du transistor, recouvrant la couche isolante ; et

20           des portions conductrices électriquement, formant les contacts de drain et de source du transistor, sur la couche semiconductrice.

25           La figure 2 représente des courbes A1, A2, B1, B2 d'évolution du courant  $I_d$  de drain en fonction de la tension  $V_g$  appliquée à la grille du transistor 11.

30           Les courbes A1, A2, B1 et B2 ont été obtenues avec un transistor à effet de champ 11 ayant la structure représentée en figure 1 dans lequel le substrat 12 était en PEN, les portions conductrices 14 et 16 étaient en or et avaient une épaisseur de 30 nm, la couche semiconductrice 18 était en pentacène et avait une épaisseur de 100 nm, la couche isolante 20 était réalisée avec le polymère fluoré commercialisé par la société Bellex sous l'appellation Cytop et avait une épaisseur de 700 nm et la portion conductrice 22 était en argent et avait une épaisseur de 500 nm.

Les courbes A1 et A2 ont été obtenues dans le cas où la tension entre le drain et la source était de -5 V, ce qui correspond à un régime de fonctionnement linéaire du transistor 11, et les courbes B1 et B2 ont été obtenues dans le cas où la tension entre le drain et la source était de -40 V, ce qui correspond à un régime de fonctionnement en saturation du transistor 11. Les courbes A1 et B1 ont été obtenues en faisant décroître la tension de grille  $V_g$  de 10 V à -40 V tandis que les courbes A2 et B2 ont été obtenues en faisant croître la tension de grille  $V_g$  de -40 V à 10 V.

Les courbes A1 et A2 ne se superposent pas et les courbes B1 et B2 ne se superposent pas. Ceci est représentatif de phénomènes d'hystérésis.

Les inventeurs ont mis en évidence que les perturbations du comportement d'un composant électronique dus aux défauts à l'interface entre la couche semiconductrice et la couche isolante peuvent être réduites, voire supprimées, lorsque la température de l'interface est supérieure à un seuil de température. Dans ce but, le dispositif électronique comprend des moyens de chauffage de l'interface.

La figure 3 est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un dispositif électronique 30 comprenant un transistor organique à effet de champ 31 dit "à grille haute". A titre de variante, le transistor 31 peut avoir une structure "à grille basse". Les éléments communs avec le dispositif électronique 10 représenté en figure 1 sont désignés par les mêmes références.

Le dispositif électronique 30 comprend :

une première couche isolante électriquement 32 recouvrant la couche semiconductrice 18 et formant une interface 33 avec la couche semiconductrice 18 ;

une piste 34 d'un matériau conducteur électriquement et résistif sur la première couche isolante 32, la piste 34 ayant des première et deuxième extrémités opposées 36, 38 ;

une deuxième couche isolante électriquement 40 recouvrant la piste 34 et la première couche isolante 32 ; et

des portions conductrices électriquement 42, 44 s'étendant sur et au travers de la deuxième couche isolante 40, la portion conductrice 42 étant au contact de la première extrémité 36 de la piste 34 et la portion conductrice 44 étant au contact de la deuxième extrémité 38 de la piste 34.

La figure 4 est une vue en coupe de la figure 3 selon la ligne IV-IV. Dans le présent mode de réalisation, la piste 34 serpente sur la couche semiconductrice 18 en formant des zigzags.

La première couche isolante 32 a une épaisseur comprise entre 50 nm et 200 nm. Le matériau isolant électriquement de la couche isolante 32 a une conductivité thermique supérieure à  $15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , de préférence comprise entre  $20 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $100 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . La première couche isolante 32 peut être réalisée en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

La deuxième couche isolante 40 a une épaisseur comprise entre 100 nm et 500 nm. Le matériau isolant électriquement composant la couche isolante 40 a une conductivité thermique inférieure au matériau composant la couche isolante 32, par exemple inférieure à  $1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , de préférence comprise entre  $0,1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . La deuxième couche isolante 40 peut être réalisée en oxyde de zirconium ( $\text{ZrO}_2$ ), en polystyrène (PS), en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), en polymère fluoré, notamment le Cytop, en polyvinylpyrrolidone (PVP), en parylène, en polyimide (PI), en polyfluorure de vinylidène (PVDF), en un copolymère du PVDF, en un mélange de deux ou plus de deux copolymères du PVDF ou en un mélange de PVDF et d'au moins un copolymère du PVDF, ou un mélange de deux ou plus de ces composés. A titre d'exemple, des copolymères du PVDF sont le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène) (P(VDF-TrFE)), le poly(fluorure de vinylidène - tétrafluoroéthylène), le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorofluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE)) et le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorotrifluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE)). De préférence, le matériau composant la deuxième couche isolante 40 a une permittivité absolue qui augmente avec

la température, ce qui est le cas pour le PVDF et ses copolymères décrits précédemment.

La piste conductrice 34 peut être réalisée en oxyde d'étain et d'aluminium, en carbone, en un métal, notamment l'argent, le cuivre, l'or, le nickel, le palladium, le platine, l'aluminium ou un alliage ou un mélange d'au moins deux de ces métaux, en un mélange d'au moins l'un des métaux cités précédemment et de carbone, notamment un mélange d'argent et de carbone, ou en un polymère conducteur, par exemple le PEDOT : PSS ou un polyaniline. Les portions conductrices 42, 44 et la piste conductrice 34 peuvent être réalisées dans le même matériau ou dans des matériaux différents.

Selon un mode de réalisation, la piste conductrice 34 a une épaisseur comprise entre 10 nm et 5000 nm. La piste conductrice 34 peut avoir une largeur comprise entre 100 nm et la largeur du canal du transistor. La piste conductrice 34 peut avoir une longueur totale comprise entre la longueur du canal du transistor et 100 nm.

Selon un mode de réalisation, le matériau composant la piste conductrice 34 a une résistivité comprise entre 0,03  $\Omega/\text{m}$  et 10  $\Omega/\text{m}$ . Le matériau composant la piste conductrice 34 peut avoir une résistance carrée comprise entre 0,03  $\Omega/\square$  et 10  $\Omega/\square$  pour une épaisseur comprise entre 30 nm et 6  $\mu\text{m}$ . La résistance totale de la piste conductrice 34 peut être comprise entre 10 ohms et 1000 ohms.

Le matériau composant la piste conductrice 34 est choisi avec une résistivité suffisante pour la piste conductrice 34 s'échauffe par effet Joule lorsqu'elle est traversée par un courant. Ceci entraîne une élévation de la température à l'interface 33 entre la couche semiconductrice 18 et la couche isolante 32. De préférence, lorsque le transistor 31 est utilisé, la température à l'interface 33 est comprise entre 30°C et 90°C, de préférence entre 35°C et 65°C.

Le fait d'utiliser deux couches isolantes 32, 40 permet de façon avantageuse de favoriser et de confiner le transfert de

chaleur depuis la piste conductrice 34 vers l'interface 33. Le fait que le matériau composant la deuxième couche isolante 40 a une permittivité absolue qui augmente avec la température permet d'améliorer les propriétés de conduction du transistor 31 puisque la température à l'interface 33 est augmentée en fonctionnement.

La figure 5 représente une courbe C d'évolution de la température à l'interface 33 en fonction de la puissance électrique fournie à la piste conductrice 34. La courbe C a été obtenue avec un dispositif électronique 30 dans lequel le substrat 12 était en PEN, les portions conductrices 14 et 16 étaient en or et avaient une épaisseur de 30 nm, la couche semiconductrice 18 était en pentacène et avait une épaisseur de 50 nm, la première couche isolante 32 était en alumine et avait une épaisseur de 500 nm, la deuxième couche isolante 40 était en Cytop et avait une épaisseur de 500 nm, la piste conductrice 34 était en argent et avait une résistance de 25,3 ohms, et les portions conductrices 42, 44 étaient en argent et avaient une épaisseur de 4  $\mu$ m.

Les inventeurs ont mis en évidence que l'élévation de la température à l'interface 33 permet de réduire, voire de supprimer, les perturbations du fonctionnement du transistor 31 dues aux défauts à cette interface.

Selon un mode de réalisation, le chauffage de l'interface 33 et la commande du transistor 31 sont réalisés à des étapes distinctes. A titre d'exemple, dans une première phase, on fait passer un courant dans la piste conductrice 34 de façon à élever la température à l'interface 33, par exemple en appliquant une tension comprise entre 1 V et 15 V entre les portions conductrices 42, 44 et, dans une deuxième phase, la portion conductrice 42 est laissée flottante et la portion conductrice 44 est amenée au potentiel de commande du transistor 31.

Selon un autre mode de réalisation, le chauffage de l'interface 33 et la commande du transistor 31 sont réalisés à des étapes au moins en partie simultanées. Une tension, par exemple comprise entre 1 V et 15 V, est appliquée entre les portions conductrices 42 et 44, ce qui entraîne le passage d'un

courant dans la piste conductrice 34 et l'élévation de la température à l'interface 33. Simultanément, le transistor 31 est, en outre, commandé par cette même tension.

La figure 6 représente des courbes D1 et E1 d'évolution  
5 du courant  $I_d$  de drain en fonction de la tension  $V_g$  appliquée entre les portions conductrices 42 et 44 du transistor 31. Les courbes A1, A2, B1, B2 décrites précédemment sont, en outre, représentées en figure 6.

Les courbes D1 et E1 ont été obtenues avec un dispositif  
10 électronique 30 ayant la même structure que celui utilisé pour réaliser la figure 5 à la différence que la résistance de la piste conductrice 34 était de 600 ohms.

Les courbes D1 et E1 ont été obtenues après avoir appliqué une tension de 40 V entre les portions conductrices 42  
15 et 44 pendant 10 min, ce qui a entraîné une augmentation de la température de l'interface 33 jusqu'à environ 65°C.

La courbe D1 a été obtenue dans le cas où la tension entre le drain et la source était de -5 V et la courbe E1 a été  
20 obtenue dans le cas où la tension entre le drain et la source était de -40 V. Les courbes D1 et E1 ont été obtenues en faisant croître puis décroître la tension  $V_g$  sur une plage de tensions. Il n'a pas été observé de phénomènes d'hystérésis.

Chaque courbe A1, A2, B1, B2, D1 et E1 comprend successivement de la droite vers la gauche des première, deuxième  
25 et troisième zones Z1, Z2, Z3 délimitées très schématiquement en figure 6. Dans la première zone Z1, le courant  $I_d$  varie modérément en fonction de  $V_g$  et est à un niveau bas. Ceci correspond à un transistor à l'état bloqué. Dans la troisième zone Z3, le courant  $I_d$  varie modérément en fonction de  $V_g$  et est à un niveau haut.  
30 Ceci correspond à un transistor à l'état passant. Dans la deuxième zone Z2 entre les première et troisième zones Z1 et Z3, le courant varie plus fortement en fonction de  $V_g$  du niveau bas au niveau haut. Ceci correspond au passage de l'état passant à l'état bloqué du transistor. Il est souhaitable que la pente de la courbe  
35 d'évolution du courant  $I_d$  en fonction de  $V_g$  soit la plus élevée

possible dans la zone Z2. La pente des courbes D1 et E1 est, de façon avantageuse, augmentée par rapports aux courbes A1, A2, B1 et B2 dans la deuxième zone Z2.

La figure 7 est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un dispositif électronique 50 comprenant un transistor 51 à effet de champ dit "à grille haute". Les éléments communs avec le dispositif électronique 30 représenté sur les figures 3 et 4 sont désignés par les mêmes références.

Par rapport au dispositif électronique 30, les couches isolantes 32 et 40 sont remplacées par une seule couche isolante électriquement 52 recouvrant la couche semiconductrice 18. Le dispositif 50 comprend, en outre, une piste 54 d'un matériau conducteur sur la couche isolante 52. La piste 54 relie deux portions conductrices 56, 58 s'étendant sur la couche isolante 52.

La couche isolante 52 a une épaisseur comprise entre 100 nm et 500 nm. La couche isolante 52 peut être réalisée dans le même matériau que la couche isolante 32. La piste conductrice 54 peut avoir la même forme et la même composition que la piste conductrice 34 décrite précédemment. Les portions conductrices 56, 58 peuvent avoir la même composition que les portions conductrices 42, 44 décrites précédemment.

Le fonctionnement du transistor 51 est analogue au fonctionnement du transistor 31 décrit précédemment. La structure du transistor 51 est, de façon avantageuse, plus simple que la structure du transistor 31.

Les figures 8A à 8F illustrent des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du transistor 31 à effet de champ représenté sur les figures 3 et 4.

La figure 8A représente la structure obtenue après la formation des portions conductrices 14, 16 sur le substrat 12.

Selon la nature du matériau, les portions conductrices 14, 16 peuvent être déposées par voie sèche, notamment par évaporation sous vide, ou par voie humide. Le procédé de formation des portions conductrices 14, 16 peut correspondre à un procédé

dit additif, par exemple par impression directe du matériau aux emplacements souhaités, par exemple par impression par jet d'encre, héliographie, sérigraphie, flexographie, revêtement par pulvérisation (en anglais spray coating) ou dépôt de gouttes (en anglais drop-casting). Le procédé de formation des portions conductrices 14, 16 peut correspondre à un procédé dit soustractif, dans lequel le matériau est déposé sur la totalité de la structure et dans lequel les portions non utilisées sont ensuite retirées, par exemple par photolithographie ou ablation laser. Selon le matériau considéré, le dépôt sur la totalité de la structure peut être réalisé par dépôt à la tournette, revêtement par pulvérisation, héliographie, revêtement par filière (en anglais slot-die coating), revêtement à la lame (en anglais blade-coating), flexographie ou sérigraphie.

La figure 8B représente la structure obtenue après la formation de la couche semiconductrice 18. La couche semiconductrice 18 peut être déposée par voie humide selon un procédé additif ou soustractif comme cela a été décrit précédemment. Une étape de séchage peut, en outre, être réalisée à une température entre 90°C et 100°C, pendant 10 minutes à 30 minutes.

La figure 8C représente la structure obtenue après la formation de la première couche isolante 32. La couche isolante 32 peut être déposée par un procédé sol-gel. La formation de la couche isolante 32 peut comprendre une étape de préparation d'un sol contenant le matériau isolant composant la couche isolante 32, une étape de dépôt du sol et une étape de séchage du gel. L'étape de préparation du sol peut comprendre la préparation d'une solution comprenant des précurseurs du matériau isolant. Les précurseurs peuvent être des alcoxydes métalliques et/ou des sels métalliques. Les réactions chimiques sont déclenchées lorsque les précurseurs sont mis en présence d'eau : l'hydrolyse des précurseurs intervient tout d'abord, puis la condensation des produits hydrolysés conduit à la gélification du système par la formation d'un réseau tridimensionnel du matériau isolant. Le sol

peut être agité pendant plusieurs heures. Selon un mode de réalisation, l'étape d'agitation du sol peut être effectuée à une température comprise entre 30°C et 80°C. Il est observé une augmentation de la viscosité du sol jusqu'à l'obtention du gel.

5 De préférence, l'étape de formation de la couche isolante 32 est réalisée avant l'obtention du gel, lorsque le sol a la viscosité souhaitée.

Le procédé de formation de la couche isolante 32 peut correspondre à un procédé additif ou soustractif comme cela a été décrit précédemment. L'étape de séchage peut être réalisée par un recuit ultraviolet ou laser.

La figure 8D représente la structure obtenue après la formation de la piste conductrice 34. La piste conductrice 34 peut être déposée par un procédé additif ou soustractif comme cela a été décrit précédemment. Une étape de séchage peut, en outre, être réalisée à une température entre 90°C et 100°C, pendant 10 minutes à 30 minutes.

La figure 8E représente la structure obtenue après la formation de la deuxième couche isolante 40. La couche isolante 40 peut être formée par un procédé additif ou soustractif comme cela a été décrit précédemment. Une étape de séchage peut, en outre, être réalisée à une température entre 90°C et 100°C, pendant 10 minutes à 30 minutes.

La figure 8F représente la structure obtenue après la formation des portions conductrices 42, 44. Les portions conductrices 42, 44 peuvent être formées de la même façon que les portions conductrices 14, 16. Une étape de séchage peut être réalisée à une température entre 90°C et 100°C, pendant 10 minutes à 30 minutes.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que les modes de réalisation aient été décrits pour des transistors à effet de champ, il est clair qu'ils s'appliquent à tout type de composant électronique organique comprenant une interface entre une portion d'un matériau

semiconducteur organique et une portion isolante, par exemple une capacité Métal-Isolant-Semiconducteur (capacité MIS).

**REVENDEICATIONS**

1. Dispositif électronique (30 ; 50) comprenant au moins un composant électronique (31 ; 51) comportant une portion semiconductrice (18) en un matériau semiconducteur organique en contact avec une première portion isolante (32 ; 52) en un premier  
5 matériau isolant électriquement et des moyens (34 ; 54) de chauffage de l'interface (33) entre la portion semiconductrice et la première portion isolante, dans lequel le composant électronique est un transistor à effet de champ comprenant un isolant de grille comportant la première portion isolante (32 ;  
10 52), le canal du transistor étant formé dans la portion semiconductrice (18).

2. Dispositif électronique selon la revendication 1, dans lequel les moyens de chauffage comprennent une piste conductrice (34 ; 54) d'un matériau conducteur électriquement, la  
15 première portion isolante (32 ; 52) étant interposée entre la portion semiconductrice (18) et la piste conductrice (34 ; 54)

3. Dispositif électronique selon la revendication 2, dans lequel la piste conductrice (34 ; 54) est au contact de la première portion isolante (32 ; 52).

20 4. Dispositif électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le premier matériau isolant électriquement a une conductivité thermique comprise entre 20 W.m-1.K-1 et 100 W.m-1.K-1.

25 5. Dispositif électronique selon la revendication 4, dans lequel le premier matériau isolant électriquement est l'alumine.

6. Dispositif électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le matériau conducteur électriquement a une résistivité comprise entre 0,03  $\Omega$ /m et  
30 10  $\Omega$ /m.

7. Dispositif électronique selon la revendication 2, dans lequel la piste conductrice (34 ; 54) est en oxyde d'étain et d'aluminium, en carbone, en un métal, notamment l'argent, le cuivre, l'or, le nickel, le palladium, le platine, l'aluminium ou

un alliage ou un mélange d'au moins deux de ces métaux, en un mélange d'au moins l'un de ces métaux et de carbone, notamment un mélange d'argent et de carbone, ou en un polymère conducteur, par exemple le PEDOT : PSS ou un polyaniline.

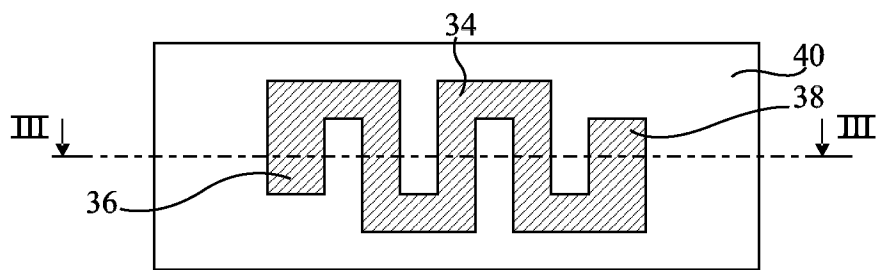
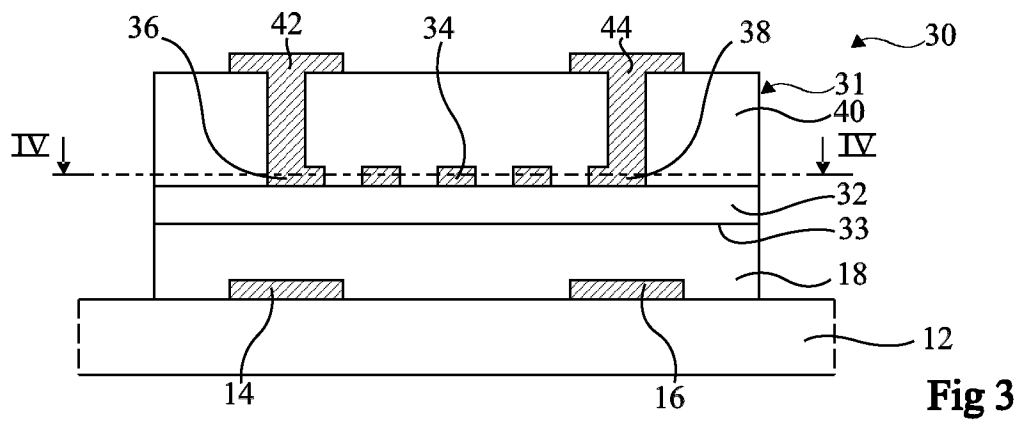
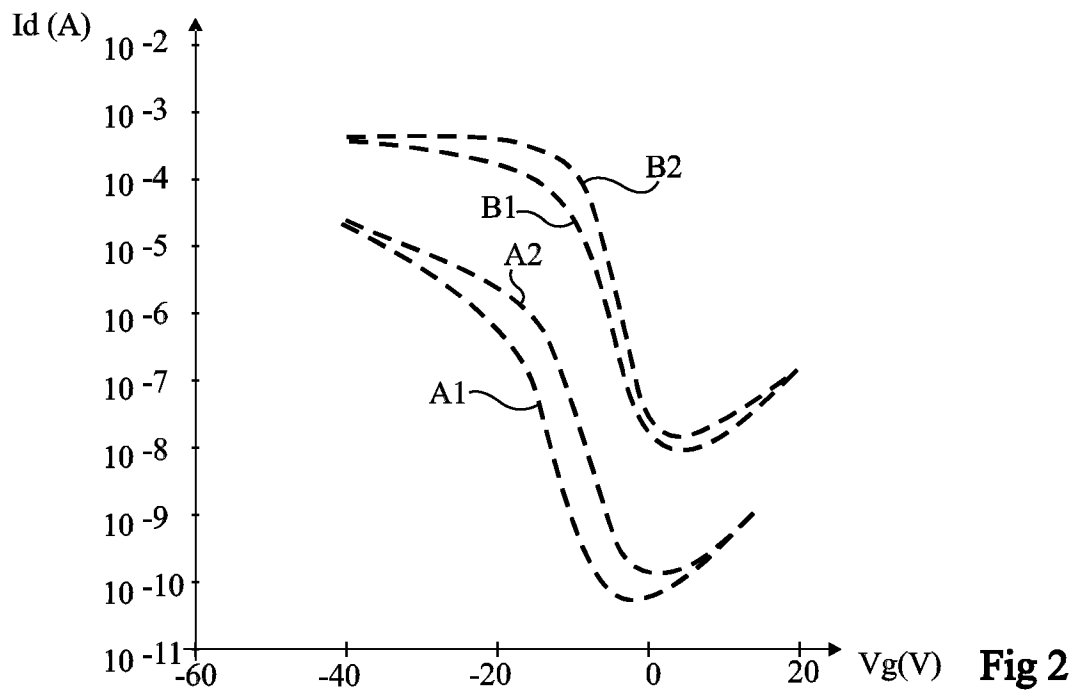
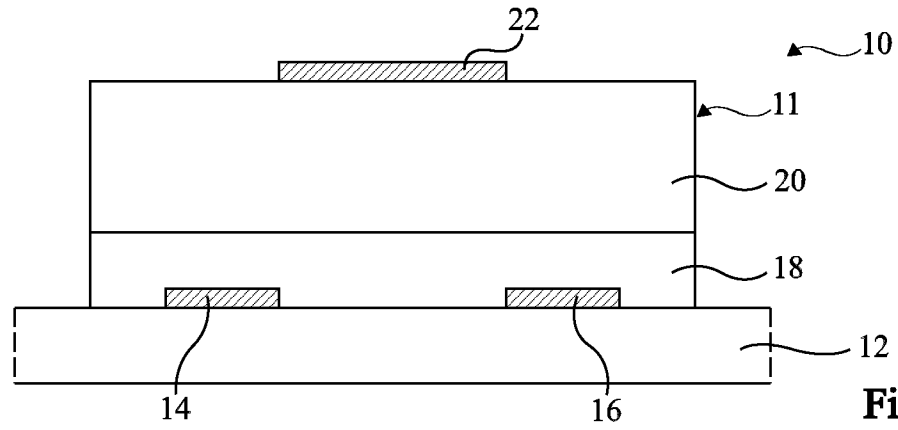
5                   8. Dispositif électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant, en outre, une deuxième portion isolante (40) recouvrant la première portion isolante (32), la deuxième portion isolante étant en un deuxième matériau isolant électriquement, la conductivité thermique du deuxième matériau  
10 isolant électriquement étant inférieure à la conductivité thermique du premier matériau isolant électriquement.

                  9. Dispositif électronique selon les revendications 3 et 8, dans lequel la piste conductrice (34) est recouverte par la deuxième portion isolante (40).

15                  10. Dispositif électronique selon la revendication 9, comprenant des portions conductrices électriquement (42, 44 ; 56, 58) s'étendant sur la deuxième portion isolante (40) et au travers de la deuxième portion isolante et venant au contact des extrémités de la piste conductrice (34).

20                  11. Dispositif électronique selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel la deuxième portion isolante (40) est en oxyde de zirconium ( $ZrO_2$ ), en polystyrène (PS), en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), en polymère fluoré, en polyvinylpyrrolidone (PVP), en parylène, en polyimide (PI), en  
25 polyfluorure de vinylidène (PVDF), en un copolymère du PVDF, notamment le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène) (P(VDF-TrFE)), le poly(fluorure de vinylidène - tétrafluoroéthylène), le poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorofluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE)) ou le  
30 poly(fluorure de vinylidène - trifluoroéthylène - chlorotrifluoroéthylène (P(VDF-TrFE-CTFE))), en un mélange de deux ou plus de deux copolymères du PVDF ou en un mélange de PVDF et d'au moins un copolymère du PVDF, ou un mélange de deux ou plus de ces composés.

12.Utilisation du dispositif électronique (30 ; 50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant une première étape de chauffage de l'interface (33) entre la portion semiconductrice (18) et la première portion isolante (32 ; 52) à  
5 une température comprise entre 35°C et 65°C et une deuxième étape de commande du composant électronique (31 ; 51), les première et deuxième étapes pouvant être distinctes ou au moins en partie confondues.



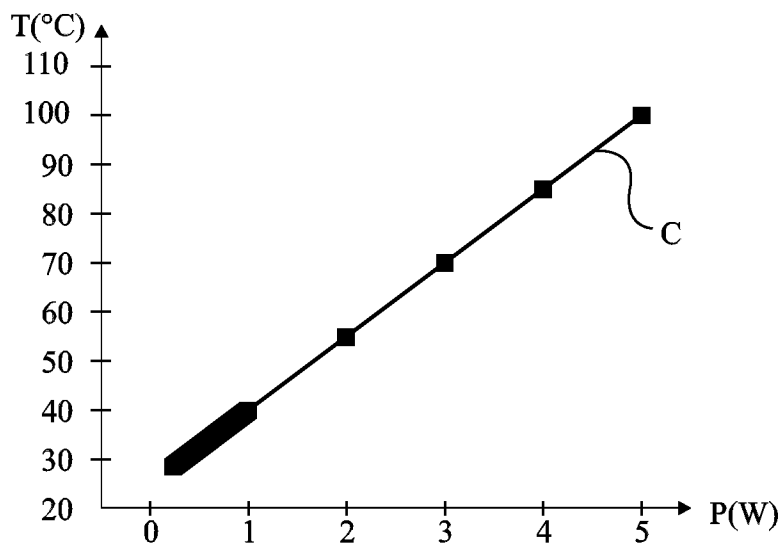


Fig 5

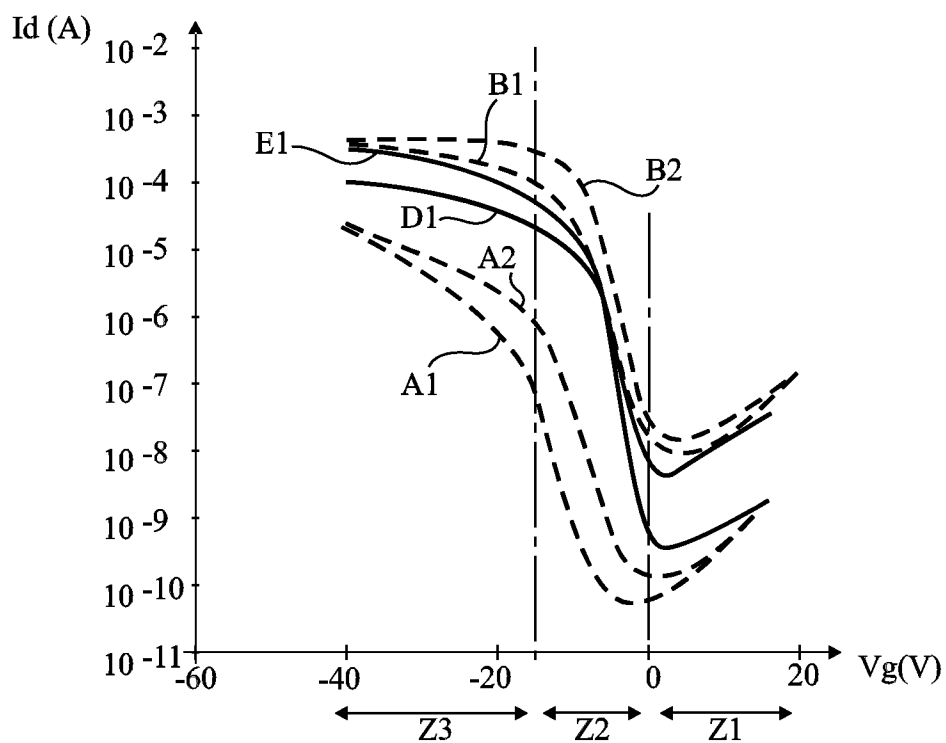


Fig 6

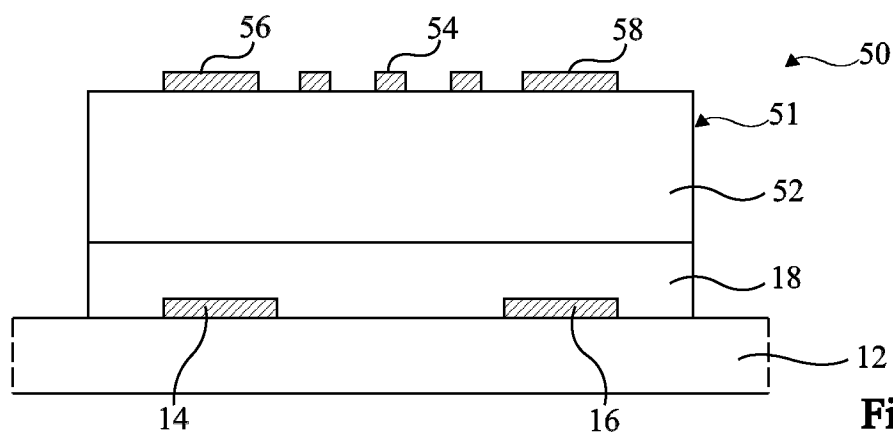
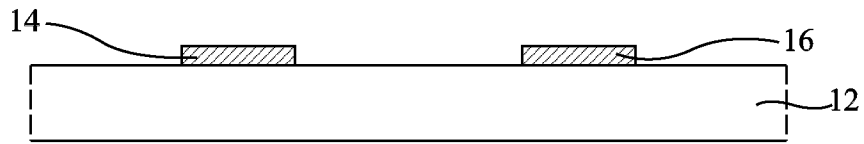
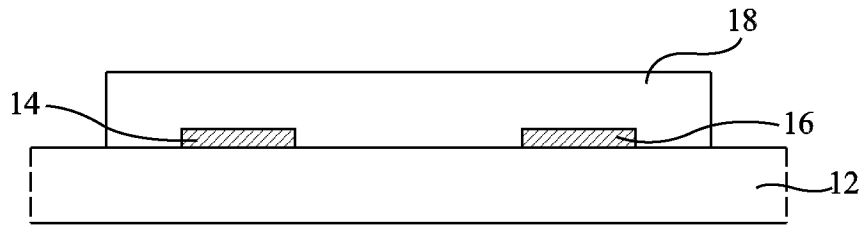


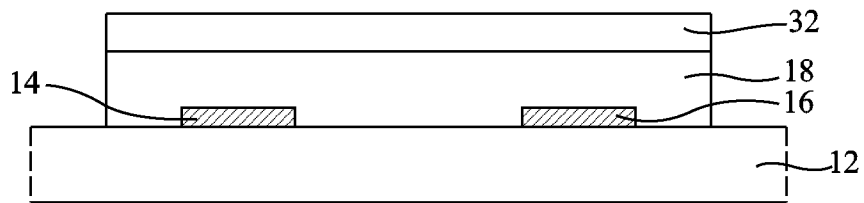
Fig 7



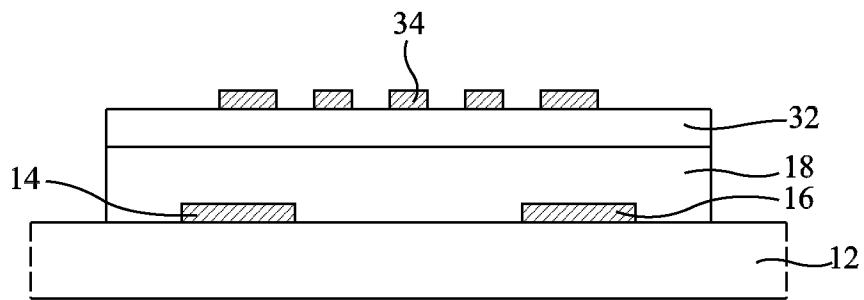
**Fig 8A**



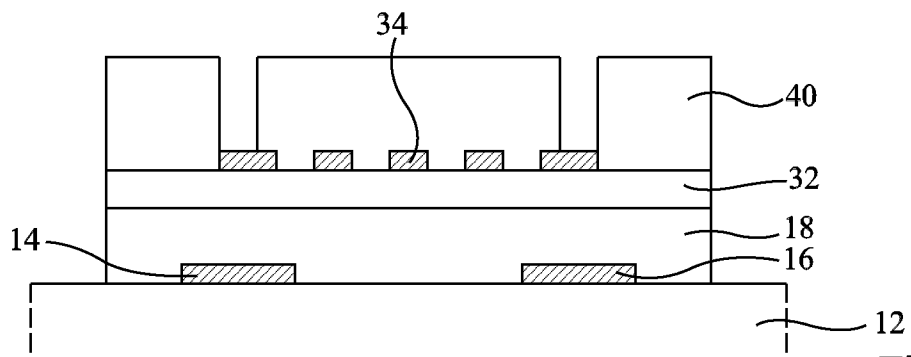
**Fig 8B**



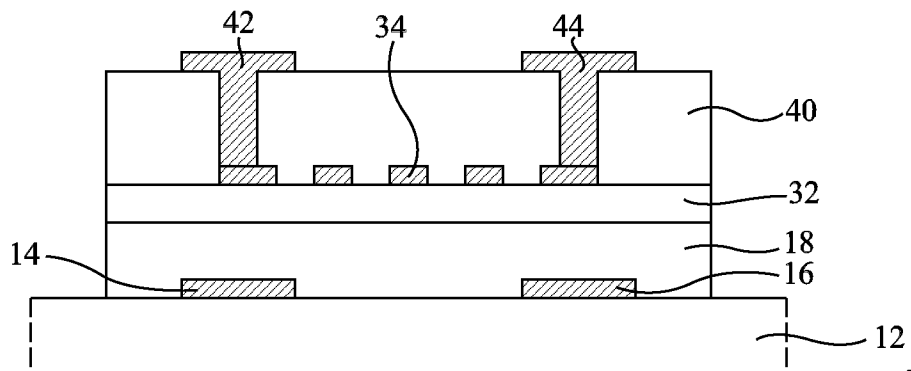
**Fig 8C**



**Fig 8D**



**Fig 8E**



**Fig 8F**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2015/052041A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L51/00 H01L51/05  
ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H01L

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2008 235607 A (SEIKO EPSON CORP)<br>2 October 2008 (2008-10-02)<br>paragraph [0020] - paragraph [0025];<br>figure 1<br>paragraph [0008]<br>paragraph [0014] - paragraph [0016]<br>paragraph [0056]<br>paragraph [0099]<br>paragraph [0048]<br><br>-----<br><br>-/-- | 1,4-12                |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 October 2015

Date of mailing of the international search report

15/10/2015

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Beierlein, Udo

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2015/052041

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                | Relevant to claim No. |
| X                                                    | <p>GUO DONG ET AL: "Effect of annealing on the mobility and morphology of thermally activated pentacene thin film transistors",<br/>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, US,<br/>vol. 99, no. 9, 12 May 2006 (2006-05-12),<br/>pages 94502-094502, XP012085039,<br/>ISSN: 0021-8979<br/>pages 094502-2, column 1; figures 1,2<br/>-----</p> | 1,2,6,7,<br>12        |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

### Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/052041

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| JP 2008235607                             | A                   | 02-10-2008                 | NONE                |
| -----                                     |                     |                            |                     |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/052041

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>INV. H01L51/00 H01L51/05<br>ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b><br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>H01L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)<br>EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| Catégorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                                                                                                                                 | no. des revendications visées                                                                                                               |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2008 235607 A (SEIKO EPSON CORP)<br>2 octobre 2008 (2008-10-02)<br>alinéa [0020] - alinéa [0025]; figure 1<br>alinéa [0008]<br>alinéa [0014] - alinéa [0016]<br>alinéa [0056]<br>alinéa [0099]<br>alinéa [0048]                                                                                                                                             | 1,4-12                                                                                                                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -----<br>GUO DONG ET AL: "Effect of annealing on the mobility and morphology of thermally activated pentacene thin film transistors",<br>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, US,<br>vol. 99, no. 9, 12 mai 2006 (2006-05-12),<br>pages 94502-094502, XP012085039,<br>ISSN: 0021-8979<br>pages 094502-2, colonne 1; figures 1,2<br>----- | 1,2,6,7, 12                                                                                                                                 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">5 octobre 2015</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">15/10/2015</div> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Fonctionnaire autorisé<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Beierlein, Udo</div>                                       |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/052041

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| JP 2008235607                                   | A                      | 02-10-2008                              | AUCUN                  |
| <hr/>                                           |                        |                                         |                        |