



**HAL**  
open science

## Matrice Active à Diodes Electroluminescentes Organiques en Technologie Silicium Microcristallin

Arc'Hanmael Gaillard, Tayeb Mohammed-Brahim, Régis Rogel, Samuel  
Crand, Christophe Prat, Philippe Leroy

► **To cite this version:**

Arc'Hanmael Gaillard, Tayeb Mohammed-Brahim, Régis Rogel, Samuel Crand, Christophe Prat, et al.. Matrice Active à Diodes Electroluminescentes Organiques en Technologie Silicium Microcristallin. MajecSTIC 2005: Manifestation des Jeunes Chercheurs francophones dans les domaines des STIC, IRISA – IETR – LTSI, Nov 2005, Rennes, pp.108-115. inria-00000692

**HAL Id: inria-00000692**

**<https://inria.hal.science/inria-00000692>**

Submitted on 14 Nov 2005

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Matrice Active à Diodes Electroluminescentes Organiques en Technologie Silicium Microcristallin

A. Gaillard<sup>\*,\*\*</sup>, T. Mohammed-Brahim, R. Rogel, S. Crand, C. Prat<sup>\*</sup>, P. Leroy<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>IETR-Groupe Microélectronique, Université de Rennes I, Rennes, France

<sup>\*\*</sup>THOMSON R&D France, 1, avenue de Belle Fontaine, CS17616, Cesson-Sévigné, France  
archanmael.gaillard@univ-rennes1.fr

**Résumé :** Dans ce papier, nous analysons pour la première fois les performances d'une intégration de transistors à effet de champs couches minces en silicium microcristallin ( $\mu\text{-Si}$  TFT) sur matrice active dédiés à la technologie émergente des afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED). Les résultats obtenus à partir de notre technique de dépôt ont permis d'obtenir une amélioration significative de l'uniformité électrique de pixel à pixel en associant à la fois un circuit pixel simple et un procédé technologique efficace.

**Mots-clés :** Technologies microélectroniques intégrées, matrice active, OLED, silicium microcristallin.

## 1 Introduction

Récemment, de nombreux travaux ont été consacrés aux écrans à matrice active OLED (AM-OLED) comme technologie alternative pour la prochaine génération d'écrans plats. La technologie AM-OLED est actuellement développée pour rivaliser avec la technologie dominante AM-LCD au niveau des écrans de grande dimension tel certains démonstrateurs récemment présentés [Tsuji-mura2003]. Néanmoins, en dépit de leurs avantages tels qu'un large angle de vision, un temps de réponse rapide, un fort rapport de contraste et des dimensions réduites, l'uniformité et la stabilité de l'électronique de commande des OLED sont encore des problèmes non résolus. La diode organique est préférentiellement alimentée par un courant constant afin de contrôler sa luminance. L'architecture d'un circuit pixel OLED est basée sur l'utilisation de transistors couches minces (TFT) en silicium soit amorphe hydrogéné (a-Si:H) [Nathan2004] soit cristallisé par laser (poly-Si LTPS) [Jung2004]. Le TFT en silicium amorphe peut fournir des caractéristiques électriques uniformes. Mais, en raison des propriétés intrinsèques du matériau, il souffre d'une dégradation importante des niveaux de courants en fonction du temps de fonctionnement qui réduit considérablement la durée de vie de l'écran. La variation aléatoire de la tension de seuil des TFT de pixel à pixel est la principale limitation de la technologie poly-Si TFT. Cette non-uniformité provient essentiellement de la taille

importante des grains de silicium et de la nécessité du balayage laser pour cristalliser de grande surface. Dans les deux cas, les circuits pixels actuellement utilisés intègrent souvent beaucoup de TFT avec des cellules de compensation pour pallier à la dérive des caractéristiques ou des défauts d'uniformité.

Dans ce papier une nouvelle approche est choisie pour atteindre à la fois une bonne uniformité et stabilité tout en utilisant un circuit pixel simple. En associant une température de cristallisation suffisante et une faible taille de grains de silicium, un procédé efficace est ici présenté pour surmonter les difficultés précédemment citées. Dans les parties suivantes, nous allons décrire tout d'abord notre technique de dépôt, l'architecture des matrices conçues et le procédé original de fabrication d'un écran AM-OLED en silicium microcristallin. Nous discuterons ensuite des performances obtenues en uniformité et stabilité électrique. Une nouvelle configuration de circuit pixel conçue et réalisée permettant de renforcer l'uniformité lumineuse sera enfin présentée.

## 2 Détails expérimentaux

### 2.1 Technologie TFT en silicium microcristallin

La technologie matrice-active basée sur les TFT en silicium amorphe hydrogéné allie à la fois le faible coût de fabrication et une bonne uniformité sur grande surface. Mais l'adressage des OLED requiert une excitation continue durant toute la période trame ( $\sim 20\text{ms}$ ). Celle-ci sollicite grandement les transistors qui doivent non seulement répondre au critère d'uniformité mais aussi de stabilité qui fait actuellement défaut au silicium amorphe et génère une baisse de luminance au cours du temps. L'uniformité peut être atteinte en utilisant un matériau homogène comme une couche de silicium cristallisée avec une petite taille de grain. Ainsi le nombre de grains est constant dans le canal d'un TFT. Cela peut être du silicium microcristallin. On parvient à une stabilité de ce matériau si il ne contient pas d'hydrogène ou des impuretés susceptibles de se diffuser dans le matériau.

En partant de ces conditions, nous avons choisi de déposer directement le silicium dans un état cristallisé et microcristallin au sein d'un réacteur LPCVD à 600°C. Ceci reste compatible avec l'utilisation du substrat de verre. En effet à une telle température le matériau est libéré de son hydrogène et il peut alors être très stable. La taille des grains de silicium résultant de ce dépôt a été mesurée au MEB et révèle une très petite taille de grain d'environ 50nm. De plus, les mesures en diffraction X montrent une orientation préférentielle {220} qui contribue à l'uniformité des caractéristiques électriques par l'obtention de joints de grains de silicium électriquement inactifs [Werner2001]. Finalement le matériau proposé est un compromis entre un matériau silicium amorphe et silicium polycristallin.

La couche active du TFT en silicium microcristallin ainsi que la couche de silicium fortement dopée de type P au diborane, par dissociation du gaz silane  $\text{SiH}_4$  à 0.1Pa et à 600°C, sont déposées successivement in-situ dans le réacteur en 75mn. Cette technique dite TFT-monocouche que nous avons développé au laboratoire est une des clés de la réussite de notre procédé de réalisation de TFT. En effet, cela permet d'éviter l'apparition d'une interface entre les deux couches de silicium et d'augmenter considérablement les performances électriques.

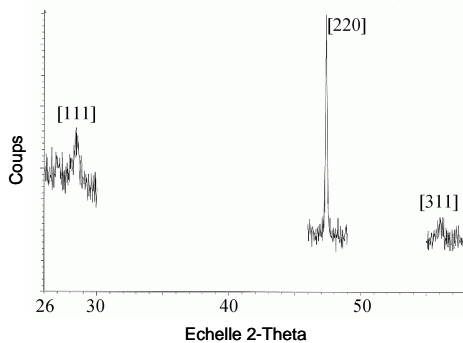


FIG. 1 – Spectre XRD de notre couche de silicium microcristallin soulignant l'orientation privilégiée {220}.

## 2.2 Conception de pixels OLED en technologie silicium microcristallin

L'électronique qui permet d'adresser une matrice active consiste en un tableau de pixels commandés individuellement suivant des lignes et des colonnes par des drivers externes. Contrairement au pixel LCD commandé en tension, la diode organique doit être alimentée par des niveaux de courants constants afin de contrôler les variations de luminance (niveaux de gris). Un circuit pixel conventionnel à deux TFT par pixel est ici implémenté (Figure 2). Ce circuit consiste en un transistor T1 de sélection du pixel, d'un transistor de commande en source de courant

T2 et d'une capacité de stockage permettant la rétention du signal vidéo. Durant la phase de sélection T1 devient passant et transfère une tension de donnée de l'électrode de colonne sur Cs et la grille de T2. Lorsque T1 est désélectionné, Cs maintient un potentiel continu sur la grille de T2 et les pixels suivants sont alors adressés de façon séquentielle. Polarisé en saturation ( $|V_D| > |V_{GS} - V_T|$ ), le transistor T2 se comporte comme une source de courant constante avec un courant drain-source maximal qui peut s'exprimer ainsi :

$$I_{PIXEL} = K \times \mu_{ec} \times (V_{GS} - V_T)^2 \quad (1)$$

où  $K$  est un facteur prenant en compte les dimensions du canal et la capacité de grille,  $\mu_{ec}$  est la mobilité d'effet de champ,  $V_{GS}$  et  $V_T$  les tensions grille-source et de seuil respectivement. Cette expression met en évidence la commande de l'OLED par un courant constant fonction de la tension de donnée programmée  $V_G$ . Ce circuit peut donc être implémenté sur matrice active si les caractéristiques des TFT de commande sont uniformes sur l'ensemble de l'écran.

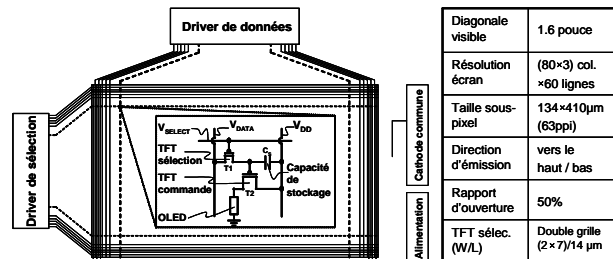


FIG. 2 – Diagramme bloc et spécifications de l'écran en silicium microcristallin à matrice active OLED.

Le maximum de courant nécessaire par pixel OLED élémentaire est généralement de quelques microampères pour  $100\text{cd/m}^2$ . Les dimensions du TFT de commande ont été dimensionnées avec un rapport largeur sur longueur du canal de 36 sur  $20\ \mu\text{m}$  pour obtenir des caractéristiques et des performances optimales avec ce matériau, tout en maintenant un rapport d'ouverture de sous-pixel de 50%.

## 2.3 Réalisation d'une matrice active de pixels OLED

Le procédé de réalisation des TFT mis en oeuvre ici n'est pas conventionnel car il n'utilise pas une technique classique par implantation des dopants mais s'apparente à un procédé utilisé en basses températures [Kim2003]. Un substrat de verre Corning 1737 d'épaisseur 0.7mm est ici utilisé pour fabriquer une structure pixel TFT à grille haute telle que décrite sur la Figure 3. Suite au dépôt de la bicouche de silicium microcristallin et à la définition des motifs couche active et zone dopée (Masques 1&2) par une méthode de gravure ionique réactive (RIE) au gaz  $\text{SF}_6$ , un traitement par un plasma d'oxygène est

ici effectué sur la surface du silicium. Ce prétraitement de la couche active du transistor effectué avant le dépôt de l'isolant de grille est ici particulièrement efficace. En effet, l'oxydation du silicium par ce traitement plasma réduit considérablement le nombre de pièges à cette interface. Ceci a pour conséquence d'améliorer la valeur de la tension de seuil du TFT de plusieurs volts. Un oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ , 80nm) servant d'isolant de grille est ensuite appliqué par APCVD sur l'ensemble du substrat de verre. Un recuit de guérison pendant 2 heures à  $600^\circ\text{C}$  sous un environnement d'azote est ensuite effectué afin d'améliorer la stabilité de cet oxyde. Des ouvertures y sont définies (Masque 3) par gravure humide (BHF) pour permettre le contact entre le silicium et les couches métalliques suivantes. Puis une couche de chrome est déposée suivant une méthode par évaporation et gravée par voie humide (Masque 4) pour définir les électrodes source/drain et la capacité ainsi que les lignes de sélection. Un oxyde d'isolation est alors déposé également par APCVD puis des vias sont définis par gravure humide (Masque 5). Une seconde couche de chrome est ensuite appliquée et définie (Masque 6) pour faire apparaître les lignes de données  $V_{DATA}$  et de polarisation  $V_{DD}$ . Un oxyde de silicium déposé par la même méthode est finalement appliqué pour passiver l'ensemble des circuits pixels.

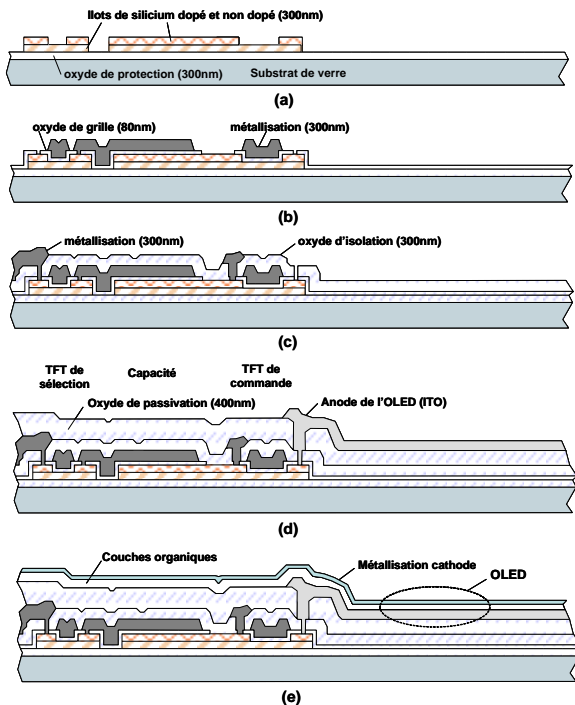


FIG. 3 – Principales étapes du procédé de fabrication de circuit pixel OLED en TFT microcristallin. (a) Dépôt et définition des couches  $\mu\text{c-Si}$ . (b) Dépôt de l'oxyde de grille et du premier métal. (c) Oxyde d'isolation et second métal déposés. (d) Dépôt d'un oxyde de passivation puis anode définie. (e) Couches organiques puis cathode déposées.

Des vias y sont réalisés (Masque 7) pour permettre le contact entre le TFT de commande et l'anode de l'OLED. Une électrode en oxyde d'indium (ITO) est ensuite appliquée (280nm) suivant une méthode par pulvérisation puis gravée par voie humide (Masque 8) dans une solution d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ), d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) et d'eau déionisée. Un plasma d'oxygène est ensuite effectué sur l'ITO afin d'améliorer le contact entre l'anode et la couche organique. Les couches organiques sont alors déposées successivement par évaporation suivi de la cathode à travers des masques métalliques à trous (Masques 9&10). Les matrices sont alors immédiatement encapsulées par un capôt de verre dans la boîte à gants. Finalement, dans ce procédé aucun post-traitement par hydrogénation est effectué.

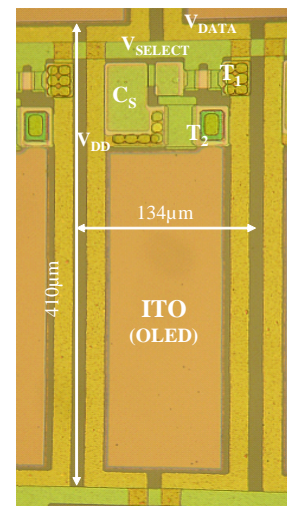
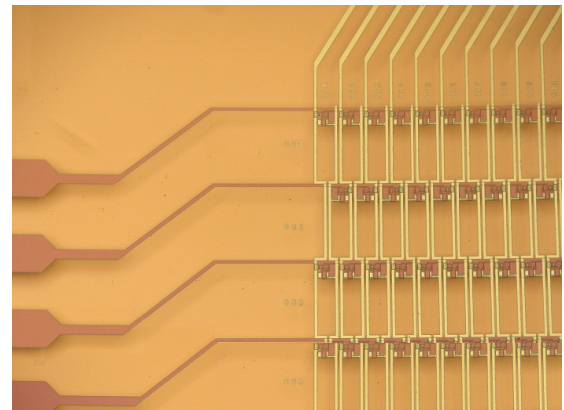


FIG. 4 – Vue de dessus d'une partie de la matrice active et d'un circuit pixel OLED extrait de la matrice au cours du procédé.

Comme l'illustre la Figure 4, le rapport d'ouverture pixel défini par le rapport de la surface de l'OLED ( $92\mu\text{m} \times 294\mu\text{m}$ ) sur la surface entière du pixel ( $134\mu\text{m} \times 410\mu\text{m}$ ) est ici de 50% de façon à favoriser un maximum de lumière dans le cas d'un mode d'émission simple vers le bas (car cela ne nécessite pas l'introduction d'une couche de planarisation).

## 3 Résultats

### 3.1 Performance du TFT de commande

Un traitement de surface par de l'oxygène introduit afin d'améliorer les caractéristiques électriques des transistors a été précédemment étudié en polysilicium [Higashi2003][Moon2005]. Son intégration dans le procédé technologique de réalisation de circuits pixels en silicium microcristallin est particulièrement efficace.

En effet, comme l'atteste quelques performances résumées dans le Tableau 1, une réduction spectaculaire de la tension de seuil du transistor peut être observée et surtout sur la dispersion de ce paramètre.

	$V_T$	$\Delta V_T$	$\frac{I_{ON}}{I_{OFF}}$
TFT de commande sans traitement	-17V	$\sim 600\text{mV}$	$\sim 5 \cdot 10^5$
TFT de commande avec traitement $O_2$	$\sim -10\text{V}$	$\sim 200\text{mV}$	$\sim 10^6$

TAB. 1 – Quelques performances électriques des TFT de commande microcristallin.

Les caractéristiques de transfert de plusieurs TFT de commande situés sur des pixels voisins sont présentées superposées sur la Figure 5.

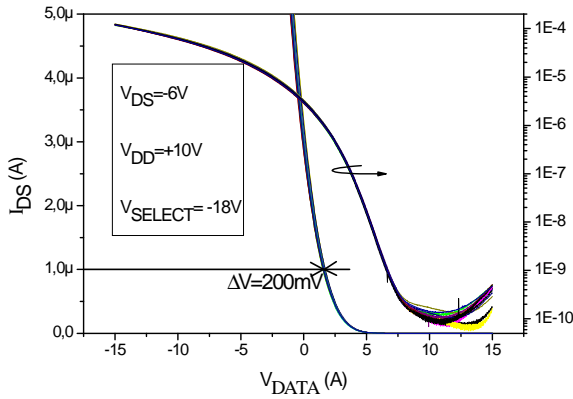


FIG. 5 – Caractéristiques de transfert de 15 TFT microcristallin de commande situés sur des pixels voisins.

La mobilité d'effet de champ maximale obtenue et la tension de seuil extraites à partir de ces caractéristiques sont de  $5.5 \text{ cm}^2/\text{V.s}$  et de  $-9.6\text{V}$  respectivement. La courbe tracée en linéaire révèle une variation de seuil très faible de  $200\text{mV}$  pour un courant drain-source de  $1\mu\text{A}$ . De plus, le TFT de commande microcristallin est capable de fournir des courants au delà de  $100\mu\text{A}$  pour des  $V_{GS}$  et  $V_{DS}$  assez faibles.

Le paramètre mobilité peut-être également un facteur prédominant sur les variations électriques des composants. La mobilité  $\mu_{ec}$  est habituellement extraite à partir du régime linéaire du transistor pour

des valeurs de  $V_{DS}$  strictement inférieures à 1volt. Une valeur maximale est souvent annoncée et correspond rarement à celle du transistor en fonctionnement. Nous proposons donc ici d'extraire la mobilité du TFT de commande fonctionnant en régime de saturation à partir d'une expression valable pour le transistor MOS monocristallin et pour des tensions drain-source élevées. Celle-ci peut s'exprimer de la façon suivante :

$$\mu_{ec} = \left( \frac{\partial \sqrt{I_{PIXEL}}}{\partial V_{GS}} \right)^2 \times \frac{2L \times d}{W \times \epsilon_{ox}} \quad (2)$$

La variation sur l'épaisseur de l'oxyde de grille  $d$  est sur nos échantillons comprise entre 1 et 2% et peut être considérée comme négligeable localement. Elle est donc considérée ici constante.

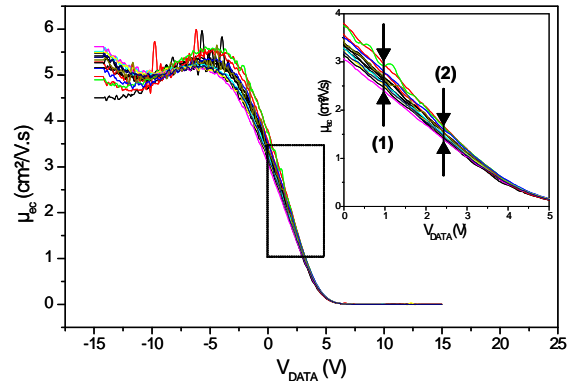


FIG. 6 – Evolution de la mobilité d'effet de champ de 15 TFT de commande voisins.

En revanche dans la gamme de courant qui nous intéresse [(1) :  $1,5\mu\text{A}$  ; (2) :  $400\text{nA}$ ] et bien que les mobilités soient faibles, des variations jusqu'à 50% sont observées. La mobilité du matériau est donc aussi un paramètre significatif à l'origine des dispersions sur les caractéristiques électriques.

### 3.2 Pixel $\mu\text{c-Si}$ actif

La mise en évidence du phénomène actif du pixel est une caractérisation fondamentale pour ce type d'écran. Nous avons ici mesuré les performances électriques du circuit pixel sans les matériaux organiques en régime dynamique. Un analyseur de paramètre (HP4155B) associé à un générateur de pulse à été utilisé pour générer les tensions  $V_{SELECT}$  et  $V_{DATA}$ . Une résistance de  $220\text{k}\Omega$  est appliquée en sortie du TFT de commande. Ainsi, comme l'illustre la Figure 7 par quelques résultats de mesures visualisés sur un oscilloscope, l'image du courant de commande par le saut de potentiel à travers la résistance est obtenue ( $V_{OLED}$ ).

La Figure 7a. permet d'apprécier la reproductibilité des performances électriques obtenues sur plusieurs trames de 20ms. Une décharge naturelle estimée ici à 12% est observée. Sur la Figure 7b. la

décharge de la capacité amorcée par  $V_{SELECT}$  (non représentée) est suivie d'une charge lorsque  $V_{DATA}$  est appliquée.

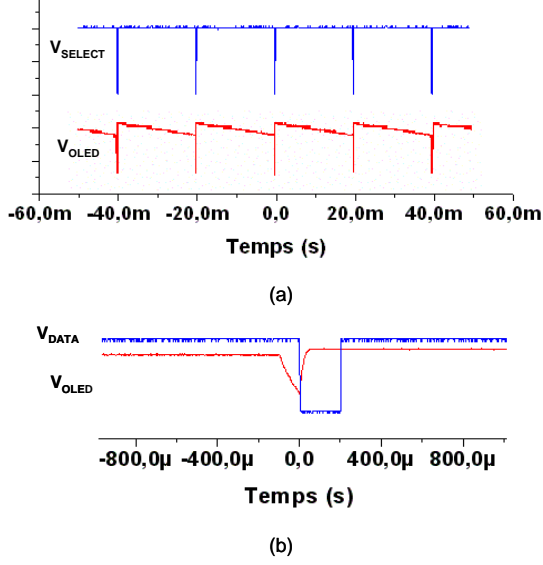


FIG. 7 – Chronogrammes représentant l'état d'un pixel sur plusieurs trames (a) et détail de la charge/décharge de la capacité de stockage (b).

### 3.3 Mesures d'uniformité

Dans le but d'estimer plus précisément les performances du matériau en terme d'uniformité, nous avons réalisé un circuit à 4-TFT par pixel comme décrit en [Jung2004] utilisant une cellule de compensation avec une double connection en diode.

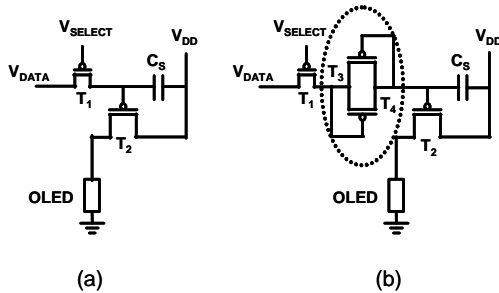


FIG. 8 – Schéma pixel conventionnel (a) et schéma avec cellule pour compenser la variation du seuil du TFT de commande (b).

La cellule de compensation est ici constituée de deux TFT connectés en diode, l'un servant à enregistrer le signal et le seuil du transistor  $T_3$  sur la capacité et l'autre  $T_4$  à la décharger. L'efficacité de cette cellule pour compenser les variations de tension de seuil, a été précédemment confirmée par l'utilisation d'un matériau polysilicium avec notre technologie. En effet, la compensation est effective unique-

ment si les seuils des TFT sont égaux. La cristallisation simultanée de nos substrats associée à la faible variation de seuil vont dans ce sens. Néanmoins, les mêmes variations que celles du circuit à 2-TFT microcristallin ont été observées ce qui laisse supposer que cette méthode de compensation avec ces faibles variations de tension de seuil est limitée.

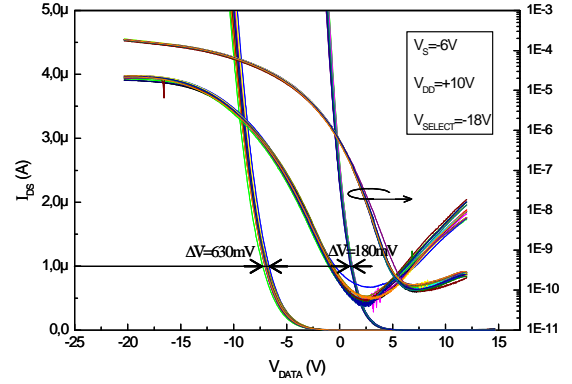


FIG. 9 – Effet du plasma  $O_2$  par une translation des caractéristiques de transfert de 15 TFT de commande voisins issus, de circuits pixels à 4-TFT.

Il est connu que la pente sous le seuil (S) d'un TFT est reliée à la densité d'états de pièges à l'interface oxyde-silicium [Moon2005]. La valeur de la pente augmente avec les pièges d'interface. Or, en silicium microcristallin, la formation de petits grains engendre une densité de joints de grains importante. L'effet d'une passivation des défauts par un traitement plasma  $O_2$  est ici clairement révélé et se traduit électriquement par une pente plus faible et un niveau de courant accru. La Figure 9. illustre cette translation des caractéristiques avec un seuil décalé de six volts ainsi qu'une pente et une dispersion améliorées de +20% et +30% successivement à  $1\mu A$ .

Nous définissons la non-uniformité du courant par l'expression suivante :

$$\Delta \text{Uniformité} = \frac{(I_{MAX} - I_{MIN})}{(I_{MAX} + I_{MIN})} \quad (3)$$

Une caractéristique de diode OLED rapportée au niveau pixel est associée à celles des TFT de circuits voisins pour des tensions de polarisation volontairement élevées. Actuellement, des diodes ayant des tensions de seuils de l'ordre de 2 à 3V sont couramment réalisées et permettent de réduire les tensions de polarisations. Des variations de l'ordre de 200nA sont observées en saturation pour un courant de  $1\mu A$ . Ainsi une très faible variation d'uniformité de courant (<10%) est ici mesurée à  $1\mu A$  sur une surface équivalente de  $43mm^2$ . Les résultats présentés sur la Figure 10 mettent en évidence également cette faible variation au niveau des caractéristiques de sorties.

Une mesure de luminance (SpectraScan) effectuée directement sur la matrice réalisée permet d'appré-

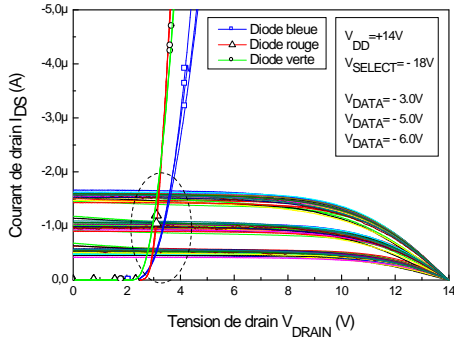


FIG. 10 – Caractéristiques de sortie de TFT de commande mesurées sur matrice active pour 30 circuits pixels voisins à 2-TFT.

cier la modulation lumineuse en fonction de l'amplitude du signal appliqué (Figure 11). Les valeurs de luminance sont ici assez basses suites à un stress électrique assez prolongés ( $V_{GS} = -30V$  pendant 15 minutes).

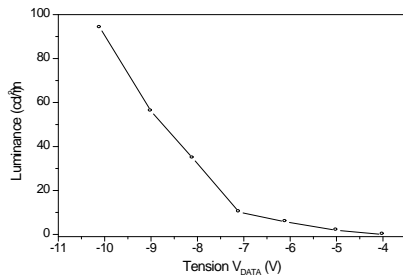


FIG. 11 – Caractéristique L-V de 10 pixels OLED voisins mesurée directement sur matrice active.

Les matrices actives ont été effectuées en monochrome (diodes vertes) afin de révéler davantage l'uniformité de pixel à pixel. Une conversion en niveaux de gris permet d'apprécier la faible variation d'intensité de lumière observée sur quelques pixels voisins (Figure 12).

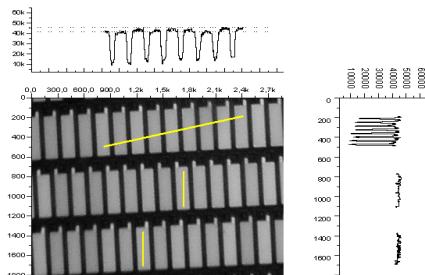


FIG. 12 – Ensemble de pixels  $\mu c$ -Si voisins issus d'une matrice OLED active réalisée convertis en niveaux de gris. Les pixels balayés révèlent une variation d'intensité de lumière  $<10\%$ .

## 4 Nouvelle structure pixel à commandes réparties

### 4.1 Circuit à transistor slicé

Le fait d'uniformiser les défauts intrinsèques à la nature du matériau peut consister à les moyenner. Un TFT slicé est un transistor dont la largeur du canal a été divisé en plusieurs canaux distincts (Figure 13). Cette technique est particulièrement appropriée pour les matériaux ayant une faible mobilité et qui nécessitent alors la conception de TFT à canaux larges afin de fournir de forts niveaux de courants.

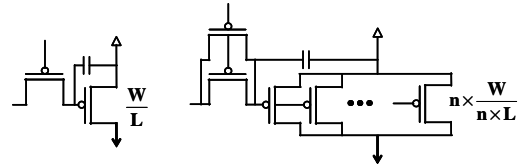


FIG. 13 – Principe du slicing utilisé ici sur un TFT de sélection et de commande d'un pixel OLED.

Les canaux ainsi formés sont connectés en parallèles et la somme des courants résultant d'un TFT de commande peut alors s'annoncer de la façon suivante :

$$I_{OLED} = \frac{W}{2nL} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{\epsilon}{d} \times \mu_i \times (V_{GS} - V_{T_i})^2 \right] \quad (4)$$

où  $n$  est le nombre de décomposition de la largeur  $W$  du canal du TFT de commande,  $L$  la longueur du canal et où  $\epsilon$  et  $d$  sont respectivement la permittivité et l'épaisseur de l'oxyde de grille.

Nous pouvons raisonnablement considérer qu'avec ce matériau, seule la tension de seuil du transistor de commande et la mobilité d'effet de champs  $\mu_{ec}$  sont des variables aléatoires significatives qui ne peuvent être maîtrisées. En effet, comme nous l'avons observé précédemment la variation de l'épaisseur d'oxyde  $d$  peut être choisie constante. En conséquence le courant dépend uniquement de la fluctuation de  $V_T$  et de  $\mu_{ec}$ . L'écart-type peut alors être exprimé par la relation suivante :

$$\sigma_{OLED} = \frac{W}{2L} C_{ox} \times \sigma \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \mu_i (V_{GS} - V_{T_i})^2 \right] \quad (5)$$

Cette relation fait clairement apparaître l'effet de la décomposition du canal sur l'uniformité suivant un facteur en  $\frac{1}{n}$  qui suggère une conception de transistors à forte densité de canaux.

Afin de révéler expérimentalement ce phénomène, nous avons conçu et réalisé suivant le procédé technologique précédemment décrit des matrices actives intégrant un circuit pixel simple. Le TFT de commande y est soit à canal unique soit décomposé en deux, quatre ou six.

Certains résultats particulièrement explicites sont synthétisés dans le tableau 2 ci-dessous. La dispersion en courant est ici définie par le rapport de l'écart type sur le courant moyen.

	n=1	n=2	n=4	n=6
Imoyen ( $\mu\text{A}$ )	-0.994	-1.03	-1.03	-1.02
$\Delta I_{MAX}$	200nA	170nA	150nA	130nA
Ecart type	48	42	44	32
Dispersion (%)	4.8	4.0	4.2	3.1

TAB. 2 – Quelques résultats statistiques obtenus sur matrices actives avec 30 pixels voisins slicés mesurés un pixel sur deux ( $I_{OLED}=1\mu\text{A}$  ;  $V_{DS}=10\text{V}$ ).

Nous proposons ici d'explorer davantage cette technique en apportant une dimension supplémentaire à savoir celle de l'espace (Figure 14). Au sein de chaque sous-pixel élémentaire les transistors de commande sont décomposés localement et sur l'ensemble de la surface pixel afin de prendre en compte un maximum de variations. L'OLED reçoit alors la somme des courants individuels. Ce courant peut alors s'exprimer par la relation suivante :

$$I'_{OLED} = \frac{W}{2nL} C_{ox} \left[ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_i (V_{GS} - V_{T_i})^2 \right] \quad (6)$$

où  $m$  est le nombre de transistor de commande par pixel et  $n$  le nombre de canaux par transistor.

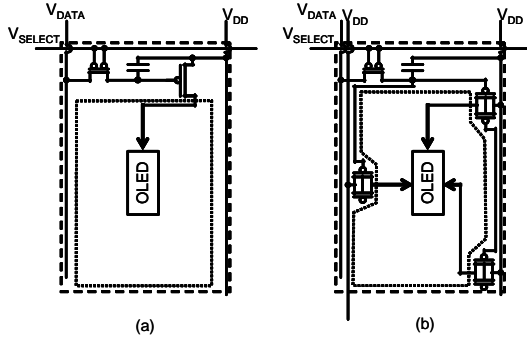


FIG. 14 – Configuration pixel conventionnelle (a) et un exemple de pixel à commandes d'OLED réparties proposé (b).

Notons que cette architecture peut aisément être transposée en technologie laser conventionnelle (LTPS) en balayant chaque transistor de commande par des tirs distincts.

## 4.2 Stabilité des pixels $\mu\text{-Si}$ slicés

Les phénomènes de dégradations des TFT lorsqu'ils sont soumis à un stress électrique prolongé sont en général non négligeables et doivent être pris en

considération pour apprécier non seulement la stabilité mais aussi la qualité du matériau.

Les circuits ont été stressés en dynamique ( $V_{SELECT}$  et  $V_{DATA}$ ) pour des tensions de polarisations appliquées volontairement supérieures aux valeurs de fonctionnement ( $V_{DD}=14\text{V}$  ;  $V_{DS}=9\text{V}$ ). La figure 15 représente les caractéristiques de transfert I-V d'un TFT de commande au cours d'un stress significatif de plusieurs heures. Ce transistor a un canal décomposé en six.

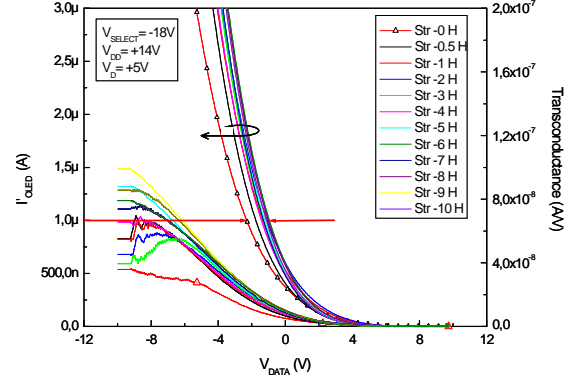


FIG. 15 – Représentation linéaire des caractéristiques de transfert d'un circuit pixel  $\mu\text{-Si}$  pour différentes durées de stress électrique.

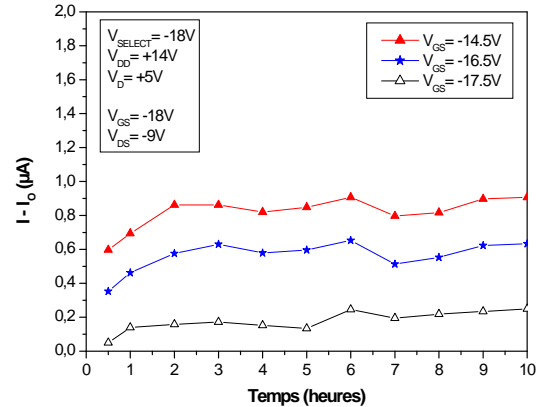


FIG. 16 – Evolution du courant de saturation du transistor de commande en stress électrique pour différentes tensions de données.

Les résultats présentés sur les Figures 15 & 16 font apparaître une variation rapide des niveaux de courant lors des premières heures de stress. La dérive du courant tend par la suite à se stabiliser.

L'origine de ce phénomène est probablement liée à la qualité de l'oxyde de grille qui subit les forts champs électriques créés lors de ce type de stress.



### 4.3 AM-OLED à commandes réparties

Les matrices actives que nous avons conçues et réalisées avec cette technique intègrent trois TFT de commande ayant chacun deux canaux de largeur équivalente et égale à celle des précédentes matrices à 2-TFT (Figure 14b). Ceci permet de proposer une matrice avec un mode d'émission vers le bas sans altérer de façon significative son rapport d'ouverture (-8%). Des plots de mesures au sein de chaque pixels permettent de mesurer indépendamment chacun des courants résultant des TFT de commande (Figure 17).

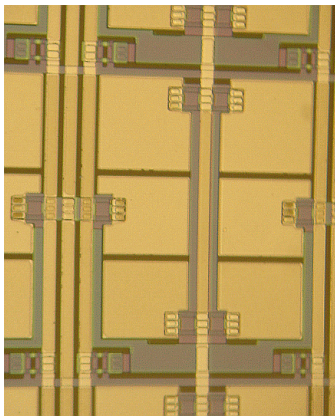
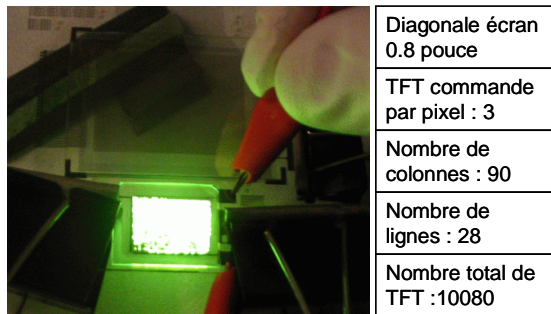


FIG. 17 – Pixel sur matrice active à TFT de commande répartis.

L'anode en ITO vient alors recouvrir l'ensemble de ces trois plots. Les matériaux organiques puis la cathode métallique sont ensuite déposés successivement à Thomson. La Figure 18 représente une matrice monochrome verte réalisée avec succès suivant cette technique.



Diagonale écran 0.8 pouce
TFT commande par pixel : 3
Nombre de colonnes : 90
Nombre de lignes : 28
Nombre total de TFT :10080

FIG. 18 – Nouvelle matrice active à commandes d'OLED réparties et quelques spécifications sur l'écran.

## 5 Conclusion

Dans cet article, nous démontrons que l'utilisation d'un matériau silicium microcristallin pour réaliser des TFT en circuits pixel fournit une nouvelle alternative aux technologies conventionnelles en silicium amorphe et polycristallin pour l'adressage matriciel actif des OLED. Les afficheurs AMOLED réalisés implémentent des TFT de type p à forte mobilité ( $5\text{cm}^2/\text{V.s}$ ) grâce au procédé spécifique qui est développé. Les TFT de commande en silicium microcristallin présentent de plus une bonne uniformité et une bonne stabilité ce qui est très prometteur en vue de la mise au point d'une technologie simple et faible coût pour cette nouvelle génération d'écrans plats.

## BIBLIOGRAPHIE

- [Higashi,2003] Higashi, S., Interface - The Key to High-Performance Poly-Si TFT Fabrication, Society for Information Display 2003, p1302, Baltimore (USA)
- [Jung,2004] Jung, S-H., A new voltage-modulated AMOLED pixel design compensating for threshold voltage variation in poly-Si TFTs, IEEE Electron Device Letter, vol. 25, pp690-692, Oct. 2004
- [Kim,2003] Kim, J-H., 200 dpi 3-a-Si :H TFTs Voltage-Driven AM-PLEDs, Society for Information Display 2003, p18, Baltimore (USA)
- [Moon,2005] Moon, K C., The study of Hot-Carrier Stress on Poly-Si TFT Employing C-V Measurement, IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 52, no.4, pp.512-517, 2005
- [Nathan,2004] Nathan, A., Amorphous Silicon TFT circuit Integration for OLED Displays on Glass and Plastic, IEEE Journal of Solid State-Circuits, vol. 39, no.9, pp.1477-1486, 2004
- [Tsujimura,2003] Tsujimura, T., A 20-inch OLED Display Driven by Super-Amorphous Silicon Technology, Society for Information Display 2003, p6, Baltimore (USA)
- [Werner,2001] Werner, J.H., Grain Boundary Recombination in Thin-Film Silicon Solar Cells, Solid State Phenomena, vol. 80-81 (2001), p299