

Thèse CIFRE ST : Courant d'obscurité dans les capteurs d'images CMOS, mécanismes des contributions d'interfaces

Mots clés: photodiode pinned, CMOS, courant d'obscurité, structures de test, TCAD

Contexte général : les capteurs d'image CMOS et le courant d'obscurité

Le domaine des capteurs d'images CMOS connaît actuellement une forte effervescence. De nouvelles applications apparaissent qui peuvent aller des produits grand public à l'automobile, du visible au proche infra-rouge, avec des fonctionnements linéaires ou à grande dynamique, pour des acquisitions classiques ou des modes particuliers de résolution temporelle (pseudo-3D), avec dans chaque cas des exigences associées de performances des pixels qui évoluent.

ST Microelectronics et en particulier son site de développement de technologies et de production de Crolles voit ainsi se multiplier les architectures de pixels et s'accélérer les développements tirant partie des avantages de l'élément clé que constitue la photodiode pincée ("pinned photodiode") [1]. Cette architecture permet de contenir le courant d'obscurité qui est le niveau de signal plancher enregistré en l'absence de stimulation lumineuse et qui participe directement de la limite basse de la gamme dynamique du système. Il reste ainsi une performance limitante des capteurs qu'il convient de continuer à réduire [2]. De plus, les nouveaux pixels intègrent des fonctionnalités, telles que l'éclairage par la face arrière ou la structuration des surfaces qui mettent à l'épreuve les techniques de réduction du courant d'obscurité existantes.

Description générale du sujet

L'objectif général est de progresser dans notre connaissance des propriétés des interfaces et des diélectriques à partir de mesures sur structures élémentaires, pour ensuite d'injecter ces propriétés dans des modèles de calcul des contributions de courant d'obscurité. Selon la qualité du résultat, nous pourrions être amenés à affiner les propriétés extraites et à faire évoluer les modèles.

Une meilleure connaissance des propriétés de ces régions des pixels et de leur contribution sur le courant d'obscurité devrait permettre d'identifier des leviers d'amélioration, d'être prédictif dans la perspective de nouveaux pixels, voire de proposer de nouvelles solutions pour le réduire.

Moyens mis en œuvre

Le point de départ sera l'état de l'art du domaine maîtrisé à la fois par le laboratoire de tutelle ISAE et par ST Microelectronics.

Le travail se déroulera principalement dans l'équipe de caractérisation des dispositifs de ST Microelectronics Crolles. L'étudiant aura accès à une infrastructure performante pour les tests électriques et électro-optiques sous pointes et à un grand nombre de structures de tests sur des plaques issues de plusieurs technologies d'imageurs en production ou en développement à Crolles, y compris avec un certain nombre d'essais technologiques.

Il aura également accès aux outils et au soutien des équipes en charge des modélisations et simulations aussi bien des procédés que des comportements électriques afin d'intégrer les propriétés physiques issues des mesures à des calculs de contributions de courant d'obscurité.

Des appuis seront pris sur les compétences de différentes équipes partenaires, en charge de la mise en place des filières de fabrication, des mesures sur capteurs, des simulations des procédés de fabrication et des simulations électriques, du design ou de la modélisation des dispositifs. Des collaborations plus étroites et ambitieuses sont possibles avec ces acteurs pour lever d'éventuels verrous.

En complément, l'étudiant sera encadré par un directeur de thèse de l'ISAE Toulouse et son équipe spécialisée dans les capteurs CMOS. Ceux-ci s'intéressent depuis longtemps aux caractérisations au niveau des dispositifs en complément des mesures sur capteurs, et également aux simulations de composants de type pixel. Plusieurs thèses à ST Microelectronics Crolles sur des capteurs d'images CMOS ont déjà été encadrées par des chercheurs de ce laboratoire.

Déroulement de la thèse

Une première phase de bibliographie générale sera menée sur les mécanismes de courant d'obscurité dans les capteurs d'image CMOS et sur les stratégies mises en œuvre pour le minimiser. Elle sera complétée par une étude sur les techniques existantes de caractérisation qui permettent d'extraire des propriétés d'intérêts qui pourraient être clés pour le courant d'obscurité.

Un premier cas de configuration de région de pixel avec la technique associée de réduction du courant d'obscurité a déjà été abordé lors d'une thèse encore en cours : la génération à l'interface du fond d'un pixel à illumination par la face arrière, consistant en une interface avec un diélectrique ouvert 'passivé' par un matériau intrinsèquement chargé [3].

Un second cas d'étude d'intérêt pourrait porter sur la contribution de tranchées capacitives d'isolation (CDTI) utilisées extensivement dans nos pixels, que ce soit pour l'isolation ou pour des transferts de charges qu'ils soient horizontaux ou verticaux. La capacité MOS constituée naturellement doit permettre à la fois de mener nombre de caractérisations et d'autre part, en modulant la tension, de disposer d'un levier pour faire varier le courant d'obscurité et donc pour aider à en saisir les mécanismes.

Dans chaque cas, le travail pourra aller de la spécification de nouvelles structures au développement de méthodologies de caractérisation, à des tests pour extraire des propriétés caractéristiques de zones impliquées et alors à la mise en œuvre de calculs de contributions de courant d'obscurité à confronter à des valeurs mesurées sur capteurs.

0		1an		2 ans		3 ans
Bibliographie						
	Face arrière passivée par diélectrique chargé					
	Tranchées capacitives (CDTI)					
	Grille de transfert					
	Interface supérieure passivée par implantation					

Bibliographie

- [1] Fossum E. R., & Hondongwa D. B., “A review of the pinned photodiode for CCD and CMOS image sensors”. IEEE J. Electron Devices Soc., 2(3), 33-43, 2014.
- [2] McGrath D., Tobin S., Goiffon V., Magnan P., LeRoch A., ‘Dark current limiting mechanisms in CMOS Image Sensors’, IS&T International Symposium on Electronic Imaging, 354 1-8, 2018.
- [3] Place S., “Elaboration d’une technologie de pixels actifs à détection de trous et évaluation de son comportement en environnement ionisant”, PhD dissertation, Université de Toulouse, 2012.

Contact:

olivier.marcelot@isae.fr

stephane.ricq@st.com