

Soutenance de thèse

Yolène SACCHETTINI soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée «*Etude de l'impact des procédés plasma lors de la fabrication de capteurs d'image CMOS* »

Le 30 mars 2022 à 14h00, amphithéâtre 4 - ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Pierre MAGNAN	Professeur émérite ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Vincent GOIFFON	Professeur ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Raphaël CLERC	Professeur Université Saint-Etienne	Rapporteur
M. Alain BRAVAIX	Professeur ISEN Toulon/IM2NP	Rapporteur
Mme Nathalie LABAT	Professeure Université de Bordeaux/IMS	
M. Gilles CUNGE	Directeur de Recherche LTMLab	
M. Jean-Pierre CARRERE	Ingénieur STMicroelectronics	Co-encadrant

Résumé : Au cours des dernières années, les capteurs d'images CMOS ont connu une réduction de la taille de leur pixel jusqu'à atteindre des dimensions sub-micrométriques. Cette réduction a notamment été possible grâce au développement de briques technologiques utilisant les procédés plasma telles que les tranchées profondes capacitives. Le plasma est un milieu composé notamment d'ions, d'électrons entraînant une possible interaction électrique avec les transistors du capteur d'image et émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine visible et ultraviolet pouvant interagir avec les diélectriques présents dans le pixel. Ces interactions peuvent être la cause de dégradations des performances des capteurs d'images et sont l'objet de cette étude. Nous avons étudié à la fois des technologies de capteurs d'image éclairés par la face avant et par la face arrière. Nous nous sommes d'abord intéressés aux dégradations des transistors par effets d'antennes engendrées par un plasma non uniforme. Par la mesure et la modélisation de ces effets nous avons mis en évidence que les substrats spécifiques utilisés par les capteurs d'images exercent une influence sur l'importance de la dégradation. Nous avons aussi trouvé des solutions pour supprimer ces effets d'antenne ainsi que pour mieux protéger les transistors en modifiant les diodes de protection. Nous avons ensuite étudié les dégradations du courant d'obscurité des capteurs d'images dues aux procédés plasma des dernières étapes de fabrication. En caractérisant les différents diélectriques présents aux interfaces du pixel soumis à l'exposition d'un plasma, nous avons mis en évidence une génération puis un piège des charges dans ces diélectriques ainsi qu'une augmentation des défauts d'interfaces. Finalement, en s'intéressant aux mécanismes de génération du courant d'obscurité et en corrélant aux données expérimentales, nous avons mis en évidence le mécanisme de dégradation du courant d'obscurité par les procédés plasma et montré que certains matériaux, tel que l' Al_2O_3 , utilisé pour la technologie BSI, sont robustes vis-à-vis d'une telle dégradation.

Mots-clés : effets de charge, modélisation, CMOS

Summary: In the last few years, CMOS image sensors showed a decrease in the pixel pitch until reaching the sub-micrometric size. This pitch shrinking is enabled by the technological advances using plasma process like the integration of capacitive deep trench isolation in the pixels. The plasma is a gas of ions and electrons, electric charges that can create an electrical interaction with the transistors of image sensors. The plasma is also a source of electromagnetic radiation in the visible and UV light that may interact with the pixel's dielectrics. These two interactions can create degradations of the image sensor performances and are the object of this work for two image sensor technologies: FSI and BSI sensors. First, we focused on the degradations of the transistors due to antenna effect produced by a non-uniform plasma. With the experimental results and the modelling we have developed, we showed that the substrates used for image sensors have an influence on the severity of the degradations. We also found solutions to suppress the antenna effects and to better protect the transistors by modifying the protection diodes. Then, we studied the degradations on the image sensor dark current due to the

plasma processes at the end of the process flow. By characterizing the different dielectrics found in the pixels under plasma exposure, we showed that charges are generated and trapped into the dielectrics and that interface states density is increased. Finally, we correlated the experimental data with the dark current mechanisms to develop the mechanism behind the dark current degradation by the plasma processes. We also showed that some materials, like aluminum oxide, used for BSI technology, are immune to such degradations.

Keywords: plasma, charging effect, CMOS