

Soutenance de thèse

Ali JOUNI soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLYMPES et intitulée «*Effets des radiations spatiales sur les détecteurs CMOS à avalanche*»

Le 4 septembre 2024 à 13h00, salle des thèses, ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Vincent GOIFFON	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Lodovico RATTI	Professeur University of Pavia	Rapporteur
M. Phillipe PAILLET	Directeur de recherche CEA	Rapporteur
M. Francis CALMON	Professeur INSA Lyon	
Mme Mattiazzo SERENA	Chargée de recherche University of Padova	

Résumé : Une photodiode convertie de la lumière en courant électrique. Un SPAD (Single Photon Avalanche Diode) est également une photodiode, cette fois-ci opérant à des tensions électriques fortes et permettant de détecter des intensités de lumières extrêmement faibles. Cette particularité rend cette technologie intéressante pour les applications spatiales : l'astronomie à faible flux, les LiDARs, l'altimétrie/topographie, imagerie 3D, etc. Cependant, l'espace est un environnement hostile à cause des radiations (protons, électrons, rayons gamma, ...) provenant du Soleil et d'évènements cosmologiques exotiques en dehors du système solaire. Ainsi, avant de pouvoir utiliser nos fameux SPADs dans l'Espace, il faut d'abord étudier et comprendre comment ils se comporteraient face à de telles radiations.

Dans ces travaux de thèse, un modèle mélangeant théorie et simulations numériques est établie et permet de prédire comment les propriétés électriques des SPADs se dégradent dans un environnement radiatif. Ce modèle est ensuite validé avec des résultats expérimentaux d'irradiations sur des matrices de SPADs, en utilisant des protons, des rayons X et des rayons gamma.

Enfin, la nature intrinsèque des défauts produits à l'échelle atomique après ces irradiations est épiée, et des phénomènes étranges associés à ces défauts, comme leur instabilité à rester dans une configuration géométrique donnée, sont investigués.

Mots clés : SPAD, Radiations spatiales, CMOS, Semi-conducteurs, Effets ionisants, Déplacements atomiques

Summary: A photodiode converts light into an electric current, and a Single Photon Avalanche Diode (SPAD) functions as a unique type of photodiode, operating at high electrical voltages to detect extremely low light intensities. This distinctive feature makes SPAD technology appealing for various space applications, including low-flux astronomy, LiDARs, altimetry, and more. However, the space environment poses challenges due to radiation (protons, electrons, gamma rays, etc.) from the Sun and exotic cosmological events beyond the solar system. Therefore, before deploying SPADs in space, it's crucial to thoroughly investigate and comprehend their behavior in the presence of such radiation. A model incorporating both theory and numerical simulations is developed to predict the degradation of the electrical properties of SPADs in a radiative environment. The validity of this model is then confirmed through experimental results obtained from irradiating SPAD matrices with protons, X-rays, and gamma rays.

Lastly, the intrinsic nature of defects generated at the atomic scale after these irradiations is examined, delving into peculiar phenomena associated with these defects, such as their instability in maintaining a specific geometric configuration.

Keywords: SPAD, Space radiations, CMOS, Semiconductors, Ionizing effects, Displacement damages