

Soutenance de thèse

Kevin LEMIERE soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée «*Réorganisation et effets des défauts en volume dans les imageurs irradiés*»

Le 3 décembre 2020 à 14h00, Auditorium ONERA Toulouse

devant le jury composé de

M. Christophe INGUIMBERT	Ingénieur de Recherche ONERA	Directeur de thèse
Mme Helena ZAPOLSKY	Professeure Université de Rouen	Rapporteuse
M. Olivier GRAVRAND	Directeur de Recherche CEA LETI	Rapporteur
M. Laurent DUSSEAU	Professeur Université de Montpellier	
M. Guilhem ALMUNEAU	Directeur de Recherche LAAS	

Résumé : Réorganisation et effets des défauts en volume dans les imageurs irradiés Les capteurs d'image embarqués à bord des satellites, également appelés imageurs, jouent un rôle crucial pour le bon déroulement des missions spatiales. Cependant, ces matrices de pixels sont sensibles aux particules énergétiques issues des diverses sources de rayonnement de l'environnement spatial. Dans certains cas, les interactions entre le rayonnement énergétique et la matière modifient la structure cristalline du semi-conducteur qui compose la zone sensible du pixel. Par la suite, les défauts cristallins produits lors de l'irradiation vont se réorganiser pour former des entités électriquement actives et stables dans le temps. Ces défauts, également appelés pièges, vont contribuer à augmenter le signal parasite intrinsèque à chaque pixel : le courant d'obscurité. Après irradiation et sans exposition lumineuse, une augmentation de l'amplitude moyenne du courant d'obscurité ainsi que sa disparité entre chaque pixel est observée. La distribution des courants d'obscurité (également appelée « Dark Current Non Uniformity » en anglais, abrégé DCNU) évolue dans le temps avec le niveau d'irradiation. La thèse vise à apporter des éléments de compréhension pour améliorer l'estimation de l'augmentation du courant d'obscurité après irradiation. Les travaux de recherches menés au cours de cette thèse se focalisent en grande partie sur la prédiction du nombre et de l'intensité des pixels fortement dégradés, car ce sont les plus pénalisants pour le fonctionnement nominal d'un imageur. La méthode de prédiction des distributions de courant d'obscurité post-irradiation développée par l'ONERA (DAAN) a été améliorée par l'adjonction de nouveaux modèles. La démarche des travaux de thèse a consisté dans un premier temps à améliorer la prise en compte des effets du champ électrique sur le taux de génération de paires électron-trou des défauts électriquement actifs. En première approximation, les mécanismes physiques liés à l'influence du champ électrique étaient modélisés en une dimension. Cependant, une telle modélisation est connue pour surestimer l'impact du champ électrique sur le courant d'obscurité. C'est pourquoi nous avons développé un modèle original d'effets de champ électrique en trois dimensions. Ce nouveau modèle permet de réduire l'amplitude des effets du champ électrique sur le taux de génération de paires électron-trou, et par extension sur le courant d'obscurité. La méthode de prédiction originale utilise le facteur de dommage universel. Ce coefficient empirique représente une dégradation moyenne, et masque les phénomènes de réorganisation qui se mettent en place au cours du temps. C'est pourquoi dans un second temps, un modèle de réorganisation des défauts dans la matière cristalline a été développé. Ce modèle repose sur un algorithme de type Kinetic Monte Carlo (KMC) optimisé par méthode dite « octree ». D'une part cet outil a pour but d'estimer la population type de pièges présente après des temps longs de guérison. D'autre part, cet algorithme est utilisé pour évaluer le nombre de défauts qui ont guéri au cours du temps par rapport à l'état initial. En première approximation, une répartition uniforme de ces défauts dans le volume de simulation est considérée à l'état initial. Dans un dernier temps, les cascades de dommage sont modélisées avec GEANT4 puis sont traitées par notre outil KMC pour estimer de manière la plus réaliste possible les processus de guérison. Les taux de guérison obtenus sont en accord avec la littérature. Ces informations sont ensuite utilisées dans l'outil de prédiction des courants d'obscurité, ce qui permet de s'affranchir de l'utilisation du facteur de dommage universel et d'estimer de manière la plus réaliste possible l'augmentation du courant d'obscurité après irradiation. Cette chaîne de modélisation simule des distributions de courant d'obscurité proches des mesures expérimentales. Nous proposons de cette manière une méthode analytique alternative au facteur de dommage universel.

Mots-clés : Modèle physique, Simulations, Interactions Rayonnement/Matière, Capteurs d'image, Courant d'obscurité

Summary: The project of thesis is focused around the following points: - Make a inventory of the knowledge on the mobility of the Frenkel pairs, their annealing rate according to the environment and the types of stable defects responsible for the increase of the thermal generation of the carriers responsible for the increase of the current of darkness; - Estimate the possibility of simulating quantitatively the annealing of the pairs and their rearrangement in stable defects; - Propose a model allowing to simulate these mechanisms; - Integrate this model into the tool of simulation of the no, uniformity on image sensors and simple detectors (photodiodes)

Keywords: Physical Model, Simulations, Radiation/Matter Interactions, Image sensors, Dark current