

Soutenance de thèse

Marco BENFANTE soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée «*Effets des radiations spatiales sur les photo-détecteurs infrarouges InGaAs*»

Le 16 octobre 2024 à 14h00, salle des thèses, ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Vincent GOIFFON	ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Philippe CHRISTOL	Université de Montpellier	
M. Christophe INGUIMBERT	ONERA	
M. Olivier GRAVRAND	CEA-LETI	Rapporteur
Mme Isabelle RIBET	ONERA	Rapporteuse
Mme Clémentine DURNEZ	CNES	Membre invitée
M. Jean-Luc REVERCHON	Thales Group	Membre invité

Résumé : InGaAs est un semi-conducteur III-V aux propriétés optiques supérieures grâce à sa configuration électronique. Lorsqu'il est apparié au substrat InP, sa longueur d'onde de coupure est d'environ 1,67 μm à 295 K. Pour cette raison, il est utilisé depuis la fin des années 70 comme détecteur pour les communications par fibre optique à 1,55 μm . Au début des années 80, des agences spatiales telles que le CNES et la NASA ont commencé à envisager l'utilisation de photodétecteurs à base d'InGaAs pour des applications spatiales. Un exemple d'application spatiale est l'observation de l'état de santé de la végétation, car la végétation saine présente une haute réflectance dans la région spectrale de fonctionnement de l'InGaAs (c'est-à-dire l'infrarouge à ondes courtes, SWIR). Un autre exemple d'application spatiale est la télécommunication optique, grâce à la haute transmission atmosphérique et à la sécurité oculaire dans la gamme SWIR.

Bien que cette technologie soit bien établie pour une utilisation terrestre, les photodiodes à base d'InGaAs ont montré une sensibilité particulière à l'environnement spatial hostile lorsqu'elles sont employées dans des missions spatiales telles que SPOT4. Cette sensibilité est liée à la présence de radiations spatiales. Il a été démontré que les radiations spatiales, dont les protons constituent le principal danger, causent des dommages dans les détecteurs à base d'InGaAs. Les dommages physiques entraînent une dégradation des performances. L'un des indicateurs les plus importants pour caractériser les performances d'un photodétecteur est le rapport signal/bruit, qui quantifie à quel point un signal, tel qu'une image, représente la scène visée et non simplement du bruit. Un rapport signal/bruit élevé offre une meilleure dynamique du signal, donc un meilleur contraste et une sensibilité accrue. Le courant d'obscurité, c'est-à-dire le signal présent dans une photodiode en l'absence de lumière absorbée, est l'une des principales sources de bruit.

Dans cette thèse de doctorat, l'augmentation du courant d'obscurité induite par les radiations, telles que les protons et les neutrons, a été étudiée par caractérisation électro-optique et quantifiée afin de prédire la dégradation spatiale de ces dispositifs. Les sources physiques de cette dégradation ont été étudiées en détail et des alternatives technologiques ont été explorées pour atténuer les effets des radiations spatiales.

Mots clés : infrarouges, détecteurs, radiations spatiales

Summary: nGaAs is a III-V semiconductor with superior optical properties thanks to its electronic configuration. When lattice-matched to InP substrate, its cutoff wavelength is around 1.67 μm at 295 K. For this reason, it has been used since the late 70s as a detector for optical fiber communication at

1.55 μm . At the beginning of the 80s, space agencies such as CNES and NASA started envisaging the use of InGaAs based photodetector for space applications. One example of space application is the observation of the vegetation healthiness since healthy vegetation has high reflectance in the spectral working region of InGaAs (i.e. the Short Wavelength InfraRed). Another example of space application is optical telecommunication thanks to the high atmospheric transmission and safety for the eye in the SWIR range.

Although the good established technology for use on earth, InGaAs based photodiodes showed particular sensitivity to the harsh space environment when employed in space mission such as SPOT4. This sensitivity is related to the presence of space radiation.

Space radiation, whose protons constitute the main danger, has been shown to cause damage in the InGaAs-based detectors. The physical damage causes degradation in the performances. One of the most important figure of merit to characterize the performances of a photodetector is the signal-to-noise ratio which quantifies how much a signal such as an image represent the aimed scene and not just a noise. A high SNR give higher signal dynamics and therefore better contrast and higher sensitivity. The dark current, i.e. the signal that is present in a photodiode when no light is absorbed, is one of the main sources of noise.

In the PhD thesis, the dark current increase induced by radiation such as protons and neutrons has been studied through electro-optical characterization and quantified in order to predict the space degradation of such a devices. The physical sources of such degradation have been investigated in details and technological alternatives have been investigated to mitigate the effects of space radiation.

Keywords: infrared, detectors, space radiations