



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr : **EL ALLAM El Mehdi**

Soutiendra : le **06/02/2021** à **10 H**

Lieu : **Centre de visioconférence**

Une thèse intitulée :

Renormalisation des calculs prévus par la simulation NIEL pour la production des défauts introduits par l'irradiation dans le semi-conducteur en fonction de la nature des particules irradiantes

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Sciences des Matériaux et procédés industriels : (SMPI)

Spécialité : Sciences des Matériaux pour l'énergie et l'environnement

Devant le jury composé comme suit :

	NOM ET PRENOM	GRADE	ETABLISSEMENT
Président	Pr. ZORKANI Izeddine	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Directeur de thèse	Pr. JORIO Anouar	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Rapporteurs	Pr. ZAZOUI Mimoun	PES	Faculté des Sciences et Techniques - Mohammadia
	Pr. EL GHAZI Haddou	PH	ENSAM - Casablanca
	Pr. SALI Ahmed	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz – Fès
Examineurs	Pr. BOUZIANE Khalid	PES	Université internationale -Rabat
	Pr. REZZOUK Abdellah	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Invitée	Pr. BAITOUL Mimouna	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès

Résumé :

En environnement radiatif spatial, les composants électroniques embarqués à bord d'engins spatiaux doivent faire face aux différents types de particules irradiantes très énergétiques. Cela peut représenter un risque important pour les missions spatiales. Ces particules énergétiques peuvent produire des déplacements atomiques (ou dommages de déplacement) dans le réseau cristallin des matériaux semi-conducteurs utilisés dans les composants embarqués. Les défauts de déplacement qui en résultent entraînent une dégradation des performances pouvant aller jusqu'à la défaillance. Actuellement, les calculs théoriques de NIEL (Non Ionizing Energy Loss) sont largement utilisés pour prédire la dégradation induite par l'irradiation dans les composants électroniques (ou les matériaux semi-conducteurs). Bien que le NIEL soit une approche efficace pour décrire les effets des dommages de déplacement, certains écarts entre les données expérimentales et les calculs de NIEL sont encore observés, pour les électrons de faible énergie et les rayons gamma, ainsi que pour certains matériaux, tels que le GaAs (arséniure de gallium), irradiés aux protons de haute énergie. Dans le travail présenté ici, nous avons essayé d'aborder cette problématique.

Dans ce travail, nous avons effectué des calculs systématiques de NIEL pour les protons, les électrons et les rayons gamma dans une large gamme d'énergies, en utilisant des approches et des modèles que nous pensons être les plus appropriés à cette fin. Ces calculs de NIEL ont été comparés avec un large ensemble de données expérimentales issues de la littérature.

Pour les électrons et les rayons gamma, un accord raisonnable est trouvé entre ces calculs théoriques de NIEL et les données expérimentales pour les trois matériaux considérés (silicium, GaAs et InGaAs). Cependant, la dispersion des données expérimentales est relativement importante. Nous avons montré qu'il est possible de surmonter ce problème, lorsqu'une valeur adaptée de l'énergie seuil de déplacement est utilisée pour calculer le NIEL des électrons et des rayons gamma.

Pour les protons, l'accord entre notre NIEL pour GaAs et les données expérimentales est particulièrement bon pour les protons d'énergies inférieures à environ 20 MeV. Cependant, pour les protons de haute énergie, le NIEL semble surestimer la dégradation mesurée dans la plupart des cas. Nous avons attribué ce désaccord à des nombreuses raisons différentes qui sont discutées, à la fois d'un point de vue théorique et expérimental, dans ce travail.

Mots clés: Environnement radiatif spatial; Effets de l'irradiation; Effets des dommages de déplacement; Non-Ionizing Energy Loss (NIEL); Facteurs de dommage; Protons; Electrons; Rayons gamma; Matériaux semi-conducteurs.

Renormalization of the calculations provided by the NIEL simulation for the production of defects introduced by irradiation in the semiconductor as a function of the irradiating particle type.

Abstract:

Incident energetic particles with energies in the MeV range or above, found mainly in natural space environment, can represent important hazards to space missions. These energetic particles can produce atomic displacements (or displacement damage) in the lattice of semiconductor materials used in onboard electronics. The resulting defects lead to performance degradation that can go as far as failures. Currently, the theoretical calculations of the NIEL (Non Ionizing Energy Loss) are widely used to predict irradiation-induced degradation in electronic components (or semiconductor materials). Although NIEL is an effective approach to describe displacement damage effects, some deviations between experimental data and NIEL calculations are still observed, for low energy electrons and gamma rays, as well as for some semiconductor materials, such as GaAs (gallium arsenide), irradiated with high energy protons. The work presented here addresses this issue.

In this work, we have performed systematic calculations of NIEL for protons, electrons and gamma rays in a wide range of energies, using approaches and models which we believe are most appropriate for this purpose. These NIEL calculations were compared with a large set of experimental data taken from the literature.

For electrons and gamma rays, a reasonable agreement is found between these theoretical calculations of NIEL and the experimental data for the three materials considered (silicon, GaAs and InGaAs). However, the scatter within the experimental data is relatively large. We have shown that it is possible to overcome this problem, when an adapted value of the threshold displacement energy is used to calculate the NIEL for both electrons and gamma rays.

For protons, the agreement between our NIEL for GaAs and the experimental data is particularly good for protons with energies below about 20 MeV. However, for high energy protons, the NIEL seems to overestimate the degradation measured in most cases. We attributed this disagreement to many different reasons which are discussed in this work, from both theoretical and experimental points of view.

Key Words: Space radiation environment; Effects of irradiation; Displacement damage effects; Non-Ionizing Energy Loss (NIEL); Damage factors; Protons; Electrons; Gamma rays; Semiconductor materials.