

Avis de Soutenance

Madame Chloé WULLES

Nano électronique et Nano technologies

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Étude et modélisation du bruit électronique de basse fréquence dans les cellules photovoltaïques

dirigés par Madame Anne KAMINSKI-CACHOPO

Soutenance prévue le **jeudi 30 novembre 2023** à 14h00

Lieu : 3 Parv. Louis Néel, Grenoble INP - Phelma 38000 Grenoble

Salle : M001

Composition du jury proposé

Mme Anne KAMINSKI-CACHOPO	Grenoble INP	Directrice de thèse
M. Jean-Guy TARTARIN	Université de Toulouse III	Rapporteur
M. Jean-Paul KLEIDER	CNRS	Rapporteur
Mme Edwige BANO	Grenoble INP	Examinatrice
M. Yvan CUMINAL	Université de Montpellier	Examineur
M. Quentin RAFHAY	Grenoble INP UGA	Invité
M. Christoforos THEODOROU	CNRS	Invité

Mots-clés : photovoltaïque, bruit, caractérisation, modélisation,

Résumé :

Les enjeux climatiques actuels encouragent le développement des moyens de production d'énergie plus durables. Parmi ces derniers, l'effet photovoltaïque (PV) permet de convertir l'énergie offerte par le rayonnement solaire en puissance électrique. Ainsi, la recherche dans ce domaine est en développement constant, dans des directions diverses. Il peut s'agir d'explorer le potentiel de nouveaux matériaux et de structures complexes ou encore de développer des moyens d'améliorer les performances de structures plus conventionnelles. Dans ce contexte, une meilleure compréhension des mécanismes de dégradation dans les composants PV est essentielle. Les pertes dans les composants photovoltaïques sont multiples et interviennent aux diverses étapes du processus de conversion de l'énergie. Il peut s'agir par exemple de pertes optiques, de phénomènes de thermalisation, d'effets résistifs ou encore de phénomènes de recombinaison des porteurs photogénérés. La présence de défauts dans les composants PV favorise en particulier l'apparition de centres recombinants. Afin de limiter l'influence de ces diverses sources de pertes et d'augmenter les performances des dispositifs, des innovations sont mises en place par les technologues. Il arrive cependant que cela engendre

également une complexification de la physique des composants, s'éloignant des modèles conventionnels. Les méthodes de caractérisation standards peuvent alors parfois se montrer insuffisantes pour interpréter les mécanismes de conduction du courant intervenant dans ces composants optimisés pour la production d'énergie. Ces raisons incitent au développement d'outils de caractérisation permettant d'une part de détecter la présence de défauts, et d'autre part de renseigner sur les mécanismes de conduction opérant dans les composants PV. L'analyse du bruit électronique de basse fréquence est une méthode de caractérisation non destructive pouvant répondre à ces deux besoins. Son utilisation est assez répandue dans le domaine de la microélectronique, notamment du fait qu'elle permette d'étudier très précisément les phénomènes de générations-recombinaisons ou de piégeage électronique, révélateurs de la présence de défauts. En comparaison, elle est relativement peu exploitée dans le domaine du photovoltaïque. Cela peut s'expliquer, entre autres, par la grande complexité de la physique de ces composants, les rendant parfois moins accessibles pour de telles études. Certains travaux laissent à penser cependant qu'il s'agit d'un outil pouvant apporter des informations inédites sur le fonctionnement des structures PV et la présence de défauts dans ces dernières. Ainsi, il apparaît important de développer la compréhension autour du bruit électronique dans les composants photovoltaïques, intention première de cette thèse. Au cours de ce travail, des études ont été menées à bien dans divers types de composants PV développés dans des laboratoires spécialisés tels que le CEA-LITEN INES, mais également dans des structures optimisées pour la mesure de bruit conçues à l'IMEP-LaHC. Le travail réalisé sur ces divers composants a permis d'identifier les signatures de mécanismes de bruit répétés dans les composants PV et les diodes en général. L'étude poussée menée autour de la modélisation des dépendances conjointes en tension et en courant du bruit a également permis d'apporter des informations décisives pour l'identification de mécanismes de conduction non élémentaires se produisant au niveau des bords dans des cellules Al-BSF découpées. Divers types de bruit ont été observés et étudiés durant cette thèse, s'agissant de bruit $1/f$ principalement, mais également de bruits blancs (thermique et grenaille), ou même encore de bruit télégraphique dans le cas de cellules à hétérojonctions équipées d'une fine couche passivante d'oxyde tunnel. L'ensemble de ces résultats a conforté la volonté de développer l'utilisation du bruit électronique pour la caractérisation des composants PV.