

La Jonction, du Solaire à la Microélectronique

Jean-Pierre Charles *, Ahmed Haddi *, Alain Maouad **, Hazri Bakhtiar ***, Abdellatif Zerga ****, Alain Hoffmann *, Pierre Mialhe *****,

* LICM - CLOES - SUPELEC - Université de Metz, France. ** Faculté des sciences - Université Libanaise, Beyrouth, Liban. *** Dept. of Physics, Univ. Teknologi Malaysia, Johor, Malaisie. **** LPEM, Dépt. Physique, Université de Tlemcen, Algérie. ***** Centre d'Etudes Fondamentales - Université de Perpignan, France.

Résumé -

Les applications les plus importantes de la conversion photovoltaïque ont longtemps été limitées au domaine spatial. Le développement des techniques et la prise de conscience des problèmes énergétiques et d'environnement concourent à un nouvel essor de cette source d'énergie. Son intérêt est d'autant plus grand que les sources traditionnelles industrielles sont éloignées, que l'habitat est distribué, et que les investissements liés à l'établissement d'un réseau de distribution sont plus élevés. La principale barrière à son développement terrestre a longtemps été le coût élevé des photopiles. Le panneau solaire à base de silicium fournit de l'électricité à 5FF le kW/h. Les recherches sur de nouvelles structures au silicium et sur de nouveaux matériaux permettent d'envisager de meilleurs rendements pour une fiabilité et des coûts attractifs. La recherche portant sur les mécanismes de base, distorsion des bandes, mécanismes de recombinaison, phénomènes de transport, concernant autant les structures à monocristaux que celles à films minces polycristallins, reste d'actualité et revient même en avant-scène. Les acteurs sont multiples: théoriciens, physiciens expérimentateurs, fabricants, développeurs et utilisateurs. Le théoricien établira des modèles destinés à expliquer le comportement des structures. L'expérimentateur réalisera des mesures sous diverses conditions, déterminera les paramètres caractéristiques du comportement. Caractériser une jonction consiste à effectuer les mesures qui permettront de donner une représentation de ses caractéristiques électriques et à les analyser pour comprendre les mécanismes de conduction. Cette analyse consiste à réaliser une extraction de paramètres, à modéliser les processus, à simuler le fonctionnement. Les outils logiciels de simulation considérés concernent aussi bien la structure microélectronique que le circuit d'utilisation: PISCES-ATLAS de SILVACO ou ISE pour la structure, mettant en jeu la géométrie ainsi que les paramètres microscopiques impliqués dans les mécanismes de conduction, SPICE pour le circuit, demandant la connaissance des paramètres des circuits équivalents des éléments du circuit. La détermination de ces paramètres nécessite la réalisation de mesures électriques en continu, de mesures transitoires (constantes de temps, réponse fréquentielle,..) et de mesures capacitives principalement. Des mesures de réponse spectrale sont demandées pour les photopiles. Dans tous les cas la maîtrise des paramètres physiques de mesure, température, illumination,.. reste indispensable. Cette caractérisation, prise au sens large, peut être réalisée, schématiquement, par le fabricant, le développeur, ou l'utilisateur. Les buts, cependant, diffèrent. Le fabricant cherchera une information permettant l'amélioration du procédé de fabrication. Le développeur demandera une assurance sur la qualité des composants sélectionnés pour une utilisation déterminée; l'information recherchée concernera les critères de sélections et la détermination de caractères intrinsèques pouvant donner cette assurance. L'utilisateur cherchera, de son côté, à analyser l'origine des dégradations conduisant à la destruction du composant pour sa propre application. Les mesures réalisées sont de nature électrique ou optique: I(V), C(V), OCVD (Open Circuit Voltage Decay), bruit, réponse spectrale,.... Toutes ces mesures doivent être faites sous contrôle parfait des conditions expérimentales telles que la température, le niveau et le spectre de l'illumination, et le temps. Une bonne compréhension des propriétés de l'irradiation solaire, naturelle ou simulée, est indispensable aussi bien au physicien pour son analyse des résultats que pour le concepteur de systèmes pour sa simulation. Ce travail porte sur un aspect de la caractérisation et est consacré à l'analyse des méthodes d'extraction des paramètres de la jonction pour des mesures courant-tension réalisées en continu. La mesure courant-tension est historiquement la première technique développée par les physiciens pour l'analyse des jonctions. Jusqu'aux années 80 l'analyse était basée sur des approximations géométriques. Ce n'est que depuis le

développement déferlant de l'informatique que des méthodes d'analyse numériques ont pu se développer. Malgré cela, dans le milieu industriel, les méthodes les plus couramment utilisées restent celles basées sur des approximations: elles permettent d'effectuer de simples tests destinés notamment à suivre un process. Notre propos n'est pas de préconiser l'élimination totale de ces techniques mais de montrer leurs limitations et de présenter les résultats que peut obtenir le physicien dans l'analyse des jonctions de la microélectronique par analyse numérique.