



DOCTORAT DE  
L'UNIVERSITE DE LILLE 1



Ecole Doctorale : SPI

Discipline : Micro et Nano Technologies,  
Acoustique et Télécommunications

Nom du candidat : Ibrahim Elmi OMAR

**Président de Jury**

**Directeurs de Thèse**

O. CRISTINI-ROBBE PhLAM  
D. STIEVENARD IEMN

**Rapporteurs**

G. BREMOND INL  
H. RINNERT Université de Lorraine

**Membres**

F. GOUBILLEAU CIMAP  
M. CARRADA CEMES

**TITRE DE LA THESE**



**Nouvelles structures de cellules solaires à base de silicium :  
Texturation, Passivation et Association de réseaux de nanostructures  
métalliques avec une couche DC**

**New structures of silicon solar cells : Texturation, Passivation  
and Association between metallic nanostructures arrays  
with Down-Conversion layer**

**RESUME**

Le réchauffement climatique a enclenché une prise de conscience de la protection de l'environnement. La production de l'électricité avec le photovoltaique est devenue une solution par rapport aux énergies fossiles. La viabilité de la filiti  silicium pour la conversion photovoltaique n'est plus à démontrer, notamment au regard du nombre croissant d'industries de cellules solaires qui s'implantent dans les pays développés. Pour obtenir une forte absorption de la lumière, le développement de nouvelles structures ou dispositifs optiques afin d'améliorer le piégeage de la lumière au sein des cellules solaires est un véritable défi. Les travaux de cette thèse portent sur une nouvelle génération de capteurs solaires performants en s'appuyant sur l'association d'une nanostructuration de la surface, d'un réseau de nano-objets métalliques et de terres rares au sein d'une matrice vitreuse. Dans un premier temps, nous avons optimisé deux formes de textures à la surface du silicium qui ont augmenté l'absorption de 15 % pour les formes à nanopiliers et de 28 % pour les nanocônes. La gravure du silicium engendre l'apparition de défauts sur la surface. Nous avons travaillé sur trois approches de passivation pour limiter les phénomènes de recombinaison avec les matériaux  $Al_2O_3$  et  $SiN_x$ . La deuxième étape de ces travaux a porté sur l'étude des plasmoniques d'un réseau de nano-objets d'argent fabriqués à travers des microsphères de silice auto-assemblées et déposées par la technique Langmuir-Blodgett. Leur intégration dans la matrice vitreuse a augmenté significativement le rendement de nos cellules solaires. Dans la dernière partie, nous avons étudié l'association de ces nano-objets métalliques avec une couche down-conversion constituée d'une matrice  $SiN_x$  avec les terres rares  $Tb^{3+}$  et  $Yb^{3+}$ . Cette association a montré une augmentation de l'intensité de photoluminescence d'un facteur 2,3 et l'application de la couche DC seule sur nos cellules a augmenté l'efficacité d'un facteur 1,68.

The global warming engaged an awareness of the environmental protection. The production of the electricity with the photovoltaic became a solution compared to the fossil fuels. The viability of the silicon sector for the photovoltaic conversion is not any more in demonstrated, in particular with regard to the increasing number of industries of solar cells which become established in the developed countries. To obtain a large absorption of the light, the development of new structures or optical devices to improve the light trapping within solar cells is a real challenge. The works of this thesis concern a new generation of solar cells on the association of a network of metallic nano-objects and rare earth within a  $SiN_x$  matrix. At first, we optimized two forms of textures on the surface of the silicon which increased the absorption the 15 % for the forms with nanopillars and the 28 % for nanocones. The etching process of the silicon engenders the appearance of defects on the surface. To reducing these fatal defects, we worked on three approaches of the surface passivation using thin layers of  $Al_2O_3$  and  $SiN_x$  materials to limit the phenomena of recombination. The second step of these works concerned the study of the plasmonics of a silver nanoparticles arrays fabricated through auto-assembled silica microspheres deposited by the Langmuir-Blodgett technique. The incorporation of silver nanoparticles in the matrix increased significantly our solar cells efficiency. In the last part, we studied the association of these metallic nano-objects with a down-conversion layer established of a matrix  $SiN_x$  with rare earth  $Tb^{3+}$  and  $Yb^{3+}$ . This association showed an increase of the intensity of photoluminescence of a factor 2,3 and the application of the DC layer alone on our cells increased the efficiency of a factor 1,68.

**Soutenance le 30 mars 2017   10h00  
Amphi IRCICA**