

L'Ecole doctorale : Interfaces : approches interdisciplinaires, fondements, applications  
et innovation

et le Laboratoire de recherche Institut Lavoisier de Versailles

présentent

l'AVIS DE SOUTENANCE de Madame Cécile MOLTO

Autorisée à présenter ses travaux en vue de l'obtention du Doctorat de l'Université Paris-Saclay, préparé à  
l'Université Paris-Saclay GS Sciences de l'ingénierie et des systèmes en :

chimie

**« Compréhension des mécanismes réactionnels des procédés  
électrochimiques de métallisation utilisés pour les cellules photovoltaïques  
en silicium. »**

le JEUDI 4 JUIN 2020 à 14h00

à

Amphi Becquerel

IPVF - Institut PhotoVoltaïque d'Ile de France 18 boulevard Thomas Gobert 91120 Palaiseau

<https://eu.bbcollab.com/guest/5ae295de5f14444ebb03526c0006e209>

**Membres du jury :**

**Mme Anne-Marie GONCALVES**, MCFHC, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, FRANCE -

Directeur de these

**M. Pere ROCA I CABARROCAS**, Professeur, Ecole Polytechnique, FRANCE - Rapporteur

**Mme Danièle BLANC-PELISSIER**, Chargé de recherche (HDR), INL, FRANCE - Rapporteur

**M. Daniel LINCOT**, Professeur, CNRS, FRANCE - Examineur

**M. Loïc TOUS**, Ingénieur de recherche, Imec, BELGIQUE - Examineur

**Mme Laure FILLAUD**, Maître de conférences, UPMC, FRANCE - Examineur

**M. Pierre-Philippe GRAND**, Ingénieur de recherche, EDF, FRANCE - CoDirecteur de these

« Compréhension des mécanismes réactionnels des procédés électrochimiques de métallisation utilisés pour les cellules photovoltaïques en silicium. »

présenté par Madame Cécile MOLTO

**Résumé :**

Pour ce travail de thèse, le dépôt électrochimique de Ni/Cu est étudié en tant qu'alternative à la sérigraphie à base de pâtes d'Ag et Al pour métalliser les cellules solaires en silicium cristallin. Cette technique a le potentiel d'améliorer la qualité des contacts métalliques et d'augmenter l'efficacité des cellules solaires en silicium. Les métaux utilisés étant moins coûteux, une diminution des coûts de production est envisageable. Cependant, le dépôt Ni/Cu doit être amélioré pour une application industrielle dans le domaine photovoltaïque. L'objectif de cette thèse est d'étudier les différentes étapes du procédé de dépôt de Ni/Cu sur des cellules solaires n-PERT bifaciales afin de comprendre les mécanismes physicochimiques impliqués et résoudre les différents verrous relatifs à cette technique. La première étape, qui consiste à ouvrir sélectivement les couches diélectriques par ablation laser, a été optimisée en choisissant des paramètres limitant l'endommagement du silicium sous-jacent. Un mécanisme d'ablation a également été proposé. La désoxydation et l'activation au palladium du silicium, ont été étudiés dans deux milieux fluorés (HF et NaHF<sub>2</sub>). De meilleurs résultats en terme de gravure du SiO<sub>x</sub> et d'activation ont été obtenus avec NaHF<sub>2</sub>. L'inhomogénéité du dépôt de nickel a souligné l'importance de réaliser ce dépôt dans l'obscurité. Une mauvaise adhérence sur surface polie a été observée et des axes d'amélioration ont été proposés. L'impact de paramètres de recuit non adaptés sur le rendement des cellules a été étudié. Un procédé de plating Ni/Cu optimisé a été développé et des rendements similaires aux références sérigraphiées ont été obtenus.

**Abstract :**

In this thesis work, Ni/Cu electrochemical deposition ("plating") is studied as an alternative to the mainstream screen-printing technique based on Ag and Al metallic pastes to produce industrial c-Si solar cells. Ni/Cu plating has the potential to improve the quality of metallic contacts and increase c-Si solar cell efficiency. The use of cheaper metals is a strong asset to reduce the production costs. However, Ni/Cu plating is still at an introductory phase and there are some issues to deal with. The goal of this thesis is to investigate the successive steps of Ni/Cu plating process for bifacial n-PERT c-Si solar cells and understand the physico-chemical phenomena involved to address the related issues. On the first step, laser ablation parameters have been optimized to selectively ablate the dielectric layers while limiting the impact on the underlying Si. An ablation mechanism has also been proposed. Next steps of deoxidation and Pd activation of Si surface have been studied in two fluoride media (HF and NaHF<sub>2</sub>). NaHF<sub>2</sub> provided higher SiO<sub>x</sub> etching rates and better Si surface activation. Next, homogeneity issues of Ni electroless deposition have been found, highlighting the need to make the deposition in dark conditions. Poor adherence on polished surface has been observed and areas of improvement have been suggested. The impact of non-optimized annealing parameters on cells conversion efficiencies has been demonstrated. The Ni/Cu plating process has been improved similar efficiencies than those of screen-printed reference cells have been achieved.