

Thesis defense by Daming Zheng-Chimie-Paristech : Perovskite solar cells

We are pleased to announce that Daming Zheng will defend his thesis on the study of the perovskite thin films for photovoltaic applications Tuesday September 28th at 2:00 pm at Chimie-Paristech (ENSCP) 11 rue P. et M. Curie 75005 Paris \_ amphi Moissan.

This defense will be transmitted by visio-conference.

We wish him good luck!

---

Title: Use of Perovskite Growth Additives, and Chemical Composition and Interfacial Engineerings, for High Performance and Stable Solar Cells.

Abstract

During the past decade, organo-metal halide perovskites (PVKs) have risen as the most promising semiconductor family for photovoltaic solar cells due to a broad range of unique properties. In this thesis, we have performed a comprehensive exploration of different compositions of hybrid perovskites and of the controllability of their structure. In Chapter I, we present the context of our research, including application of solar energy and current research status of solar cells. In Chapter II, we fully explore perovskite solar cells (PSCs) from the point of view of cation composition and cell structure. In Chapter III, we analyze the use and the beneficial action mode of gold nanoparticles in MAPbI<sub>3</sub> perovskite through a combination of simulations and experiments. The synergistic effects of NH<sub>4</sub>Cl and KCl additives on the growth of methylammonium-free Cs<sub>x</sub>FA<sub>1-x</sub>PbI<sub>3</sub> perovskite films is studied in Chapter IV with a best stabilized efficiency of 20.02%. In Chapter V, the mechanism by which NH<sub>4</sub>Cl additive affects the film formation of perovskite containing multi-alkali metal cations is revealed and the champion device reached a stabilized efficiency of 20.78%. Finally, in Chapter VI, we develop post-treatment techniques by using n-propyl ammonium iodide. Based on this, we enhanced the efficiency of Cs<sub>0.10</sub>FA<sub>0.90</sub>PbI<sub>3</sub> up to 21.08% and that of K<sub>0.05</sub>Rb<sub>0.05</sub>Cs<sub>0.10</sub>FA<sub>0.80</sub>PbI<sub>3</sub> up to 22.53%. In this work, we are the first to develop and fully demonstrate the various applications of GD-OES measurement on perovskite solar cell. In Chapter III, IV, V, we highlight the formation mechanism of the film upon annealing. In Chapter IV, we have also employed the glow discharge-optical emission spectroscopy (GD-OES) technique to investigate the mobility.

Keywords: Perovskite growth additives; Perovskite chemical composition; Interfacial engineering

---

Titre : Utilisation d'additifs de croissance et ingénierie de composition chimique et d'interfaces pour des cellules solaires à pérovskites très performantes et stables

Résumé

Au cours de la dernière décennie, les pérovskites organo-métalliques (PVK) se sont imposées comme la famille de semi-conducteurs la plus prometteuse pour les cellules solaires photovoltaïques en raison d'un large éventail de propriétés uniques. Dans cette thèse, nous avons étudié en détail différentes compositions de pérovskites hybrides et différentes structures de cellules. Dans le Chapitre I, nous présentons le contexte de notre recherche, y compris l'importance de l'énergie

solaire pour la transition énergétique et l'état actuel de la recherche sur les cellules solaires photovoltaïques. Dans le Chapitre II, nous explorons en détail les cellules solaires pérovskites (PSC) du point de vue de la composition des cations et de la structure des cellules. Dans le Chapitre III, nous analysons l'utilisation et l'action bénéfique de nanoparticules d'or diluées dans la pérovskite MAPbI<sub>3</sub> en combinant simulations et expériences. Les effets synergiques des additifs NH<sub>4</sub>Cl et KCl sur la croissance de films de pérovskite Cs<sub>x</sub>FA<sub>1-x</sub>PbI<sub>3</sub>, sans méthylammonium, sont étudiés dans le Chapitre IV avec un meilleur rendement stabilisé de 20,02 %. Dans le Chapitre V, le mécanisme par lequel l'additif NH<sub>4</sub>Cl agit sur formation de films de pérovskite contenant des multi-cations de métaux alcalins est révélé et le dispositif champion a atteint une efficacité stabilisée de 20,78%. Enfin, dans le Chapitre VI, nous développons des techniques de post-traitement des films de pérovskites par des solutions de iodure de n-propyl d'ammonium. Sur cette base, nous avons amélioré l'efficacité des cellules solaires Cs<sub>0.10</sub>FA<sub>0.90</sub>PbI<sub>3</sub> jusqu'à 21,08% et celle de K<sub>0.05</sub>Rb<sub>0.05</sub>Cs<sub>0.10</sub>FA<sub>0.80</sub>PbI<sub>3</sub> jusqu'à 22,53%. Ce travail est le premiers à développer et à démontrer pleinement les diverses applications de la mesure GD-OES (glow discharge-optical emission spectroscopy) sur les cellules solaires à pérovskites. Dans les Chapitres III, IV et V, nous mettons en évidence le mécanisme de formation du film lors du recuit. Dans le Chapitre IV, nous avons également utilisé la GD-OES pour étudier la mobilité de l'iode dans les couches de PVK. Nous montrons que le K bloque la mobilité ionique et le déplacement de l'iode est clairement corrélé avec l'hystérèse de la courbe J-V. Enfin, dans le Chapitre V, nous utilisons la technique GD-OES pour dévoiler comment les multiples ions métalliques se déplacent lors du processus de formation du film.

Mots clés : Additifs de croissance des pérovskites ; Composition chimique des pérovskites ; Ingénierie des interfaces.