

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Herstellung und Charakterisierung dünner Schichten aus Zinksalzlösungen für photovoltaische Anwendungen. Der Prozeß wurde in situ mit Schwingquarzmessungen und mittels Photonenkorrelationsspektroskopie untersucht. Außerdem wurden ex situ verschiedene Mikroskopieverfahren, spektroskopische Methoden, sowie ERDA-Untersuchungen verwendet, um die hergestellten Schichten genau zu charakterisieren. Die Schichten bestehen aus Nanokristalliten in einer amorphen Matrix und entstehen hauptsächlich durch die Anlagerung von kolloidalen Partikeln an der Substratoberfläche. Der Einfluß der Zusammensetzung der Lösung auf das Schichtwachstum wurde untersucht. Die Entstehung der Kolloidpartikel und damit das Schichtwachstum lassen sich auf den Einfluß des Hydrazins zurückführen, welches auf die Zinkionen komplexierend wirkt. Die Zusammensetzung der Schichten hängt vom pH-Wert in der Lösung ab. Oberhalb von  $\text{pH} = 11.6$  entsteht hauptsächlich  $\text{ZnS}$ . Im Gegensatz dazu entsteht bei niedrigeren pH-Werten hauptsächlich  $\text{ZnO}$  und  $\text{Zn(OH)}_2$ . Dabei spielen thermodynamische Gründe, aber auch kinetische Faktoren wie die Geschwindigkeit der Thioharnstoffzersetzung eine Rolle. Da kinetische und thermodynamische Einflüsse bei der chemischen Badabscheidung gegenläufig wirken können, läßt sich der Einfluß der Reaktionsparameter nicht exakt vorhersagen. Aus diesem Grund kommt den experimentellen Ergebnissen dieser Arbeit ein unersetzlicher Wert zu. Die in dieser Arbeit entwickelten Schichten wurden erfolgreich als Zwischenschichten in cadmiumfreien CIS-Solarzellen eingesetzt. Die Effizienz dieser Solarzellen lag über 10%. Aufgrund der im Vergleich zum CdS größeren Bandlücke der verwendeten alternativen Zwischenschichten sollte in Zukunft eine noch weitere Verbesserung der Solarzellparameter möglich sein. Aufgrund des hohen theoretisch erreichbaren Wirkungsgrades hat die CIS-Dünnschichtsolarzelle ein erhebliches Entwicklungspotential. Daher sind die vorliegenden Ergebnisse mit Blick auf eine zukünftige Massenproduktion kostengünstiger und effizienter Dünnschichtsolarzellen in der hier aufgezeigten Entwicklungsrichtung auch für zukünftige Forschungsarbeiten bedeutsam.

## ABSTRACT

The present work studied the deposition and characteristics of thin films of different zinc compounds, which are used for photovoltaic applications. The process has been in situ examined by photon correlation spectroscopy and quartz crystal microbalance experiments. In addition ex situ methods as different microscopy techniques, various spectroscopy methods and ERDA-investigations were performed to study the characteristics of the films. The films consist of nanocrystalline particles in an amorphous matrix and are formed mainly by the adsorption of colloids at the substrate surface. The influence of the solution parameters on composition and morphology of the deposited films was studied. The formation of the colloids is supported by hydrazine, which has a complexing effect for the zinc ions. For this reason presence of hydrazine is supporting the film formation. A strong effect of the pH of the solution is revealed: At pH-values above 11.6 ZnS growth is dominant, while at lower pH mainly ZnO and Zn(OH)<sub>2</sub> are the dominant products. Hence, the pH of the solution can be used to adjust the film stoichiometry. Thermodynamic reasons and kinetic factors as the gradually thiourea decomposition has an influence on the process. The influence of the reaction conditions is not strictly predicable. Kinetic and thermodynamic influences can have a contrasting impact. Therefore the experimental results of this study are of great value. Buffer layers developed within the work of this studies are able to replace the commonly used CdS layer within thin film solar cells. Cadmiumfree solar cells with efficiencies of about 10% were made. Regarding the higher band gap of the zinc compounds there is a potential to further improvements of the CIS solar cells parameters. For this reason there is a big interest to bring in further efforts and investigations in the CIS system with respect to the photovoltaic application.