

REAKTIV GESPUTTERTES ZnO:Al VOM DOPPELROHRMAGNETRON

Für die Produktion von Dünnschichtsolarzellen werden transparente, leitfähige Schichten (TCOs) als Frontkontakte benötigt. Die heutzutage industriell eingesetzten Herstellungsprozesse der TCOs beruhen dabei üblicherweise auf dem sogenannten DC-Sputtern von keramischen Rohrtargets. Um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen zu erhöhen, ist jedoch ein effizienteres Beschichtungsverfahren mit geringerem Materialverbrauch und niedrigeren Kosten auf der einen und einem gesteigerten Wirkungsgrad sowie einer erhöhten Lebensdauer auf der anderen Seite notwendig. Im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts »TCO4CIGS« konnte ein Doppelrohrmagnetron-Modul für diesen Prozess aufgebaut und getestet werden.

Lösungsansatz des Fraunhofer IST

Das Fraunhofer IST verfügt über einen reaktiven Sputterprozess von metallischen Targets, der das Potenzial besitzt, den herkömmlichen DC-Sputterprozess von keramischen Targets abzulösen.

Dafür waren folgende Entwicklungen notwendig: zum einen die Aufskalierung und zum anderen die Integration dieses reaktiven Sputterprozesses mit Hilfe eines Doppelrohrs in einen industrietauglichen Herstellungsprozess von Dünnschichtsolarzellen.

Beim Aufskalieren des reaktiven Sputterprozesses für ZnO:Al auf ein Doppelrohrmagnetron konnte das Institut auf langjährige Erfahrungen zurückgreifen. Bereits seit einigen Jahren werden am Institut reaktive MF-Prozesse an den vorhandenen planaren Doppelkathoden durchgeführt. Im konkreten Fall wird die für die Abscheidung einer stöchiometrischen Schicht erforderliche Menge an Sauerstoff über die Gaszufuhr bereitgestellt. Gleichzeitig werden metallische Zn:Al-Targets verwendet, wodurch im reaktiven Sputterprozess transparente Oxide auf Basis von ZnO:Al entstehen und abgeschieden werden. Um einen auch über längere Zeit stabilen Prozess entlang des gesamten Targets und dadurch eine gleichmäßige Deposition der Oxide zu gewährleisten, wurden folgende Maßnahmen ergriffen: die Gestaltung und Integration eines geteilten Gasverteilers sowie einer spezifischen Gaszuführung, die Fertigung einer geeigneten

Blendenumgebung für das Doppelrohr, die Entwicklung einer Kurzzeit-Prozessregelung im Millisekunden-Bereich sowie die Einführung einer Gasfluss-Querregelung im Sekunden-Bereich.

Ergebnisse der ZnO:Al Herstellung

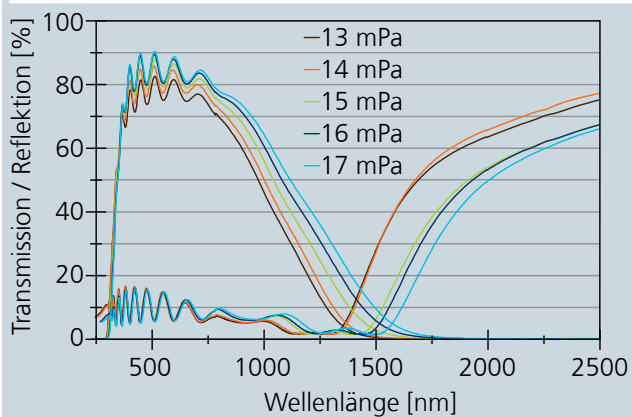
Für die Herstellung der transparenten Oxidschichten wurden Zn:Al Rohrtargets mit einer Aluminium-Konzentration von 1,75 wt. % verwendet. Mit Hilfe einer Lambdasondenregelung wurde der Sauerstoffpartialdruck durch Änderung der zugeführten Leistung auf einen festgehaltenen Wert stabilisiert. In der nebenstehenden Grafik sind die Transmissions- und Reflexionsspektren von auf Glas abgeschiedenen ZnO:Al-Schichten für die festgehaltenen Werte dargestellt. Die Beschichtung fand bei einer Substrattemperatur von 200 °C statt. Es zeigt sich, dass bei steigendem Sauerstoffpartialdruck $p(\text{O}_2)$ gleichzeitig eine Verringerung der Ladungsträgerdichte stattfindet. Dies geschieht vorwiegend in Folge einer Auf-oxidation des Aluminiums, aber auch durch ein verringertes Abdampfen aufgrund des geringen Dampfdrucks von Zink. Einhergehend mit der Reduktion der aktiven Ladungsträger sinkt auch die visuelle Absorption, der spezifische Widerstand hingegen steigt von 350 auf ca. 500 $\mu\Omega\text{cm}$ (vgl. nebenstehende Grafik). Die Beweglichkeit der Ladungsträger variiert für die gezeigten Daten zwischen 20 bis 22 cm^2/Vs .

Ausblick

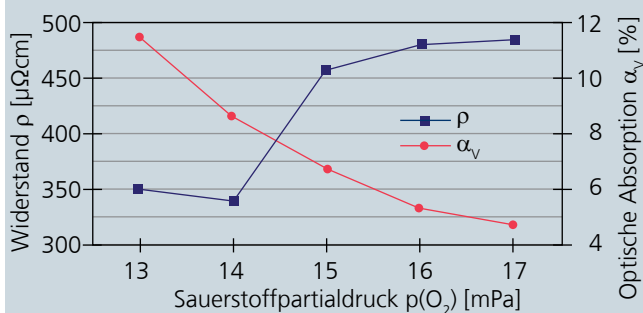
Die neue Doppelrohranordnung zeigte schon bei der ersten Inbetriebnahme hervorragende Schichteigenschaften für das abgeschiedene ZnO:Al. Die Targetumgebung sowie der Prozess sollen im nächsten Schritt weiter optimiert werden, um die Beweglichkeit der Ladungsträger weiter zu steigern. Die daraus folgenden Verbesserungen der Schichteigenschaften wie die Verringerung des spezifischen Widerstands bei gleichzeitiger Verbesserung der Transparenz sollen danach auf CIGS-Absorber übertragen werden.

1-2 Innen- und Außenansicht der konstruierten neuen Anlagentür.

Gemessene Reflexions- und Transmissionsspektren bei unterschiedlichen $p(\text{O}_2)$ hergestellten Schichten auf Borofloat.



Spezifischer Widerstand und visuelle Absorption zu $p(\text{O}_2)$.



KONTAKT

Dr. Volker Sittinger

Telefon +49 531 2155-512

volker.sittinger@ist.fraunhofer.de