

Wasserstoffdotierung von ZnO:Al-Schichten aus keramischen Targets

Für die großflächige Abscheidung hochleitfähiger ZnO:Al-Schichten bietet sich vor allem das Magnetronspütern an. Dabei können die Schichten wahlweise in einem vollreaktiven Prozess aus metallischen Zn/Al-Targets unter Sauerstoffzugabe oder über das Spütern keramischer Targets hergestellt werden. Während das vollreaktive Spütern dabei die niedrigsten Kosten verspricht, erweist sich die Stabilisation des Prozesses bei niedrigen Substrattemperaturen unterhalb 200 °C, wie bei der Abscheidung von Frontkontakten auf CIS- oder CIGS-Absorber erforderlich, als schwierig.

Das Spütern von keramischen Targets ist aufgrund der hohen Prozessstabilität daher trotz höherer Kosten eine attraktive Alternative. Problematisch stellt sich lediglich die Qualität der abgeschiedenen Schichten dar. So weisen Schichten, die mittels preisgünstiger, gesinterter Keramiktargets hergestellt werden, bei gleichen Prozessbedingungen i.A. einen höheren spezifischen Widerstand als reaktiv gesputterte Schichten. Durch erfolgreiche Nachbehandlung der Schichten in Wasserstoffatmosphäre und aktuelle Arbeiten zum Thema Wasserstoff in ZnO wurden am IST in Zusammenarbeit mit der GfE Versuche zur Wasserstoffdotierung von ZnO während des Wachstums durchgeführt.

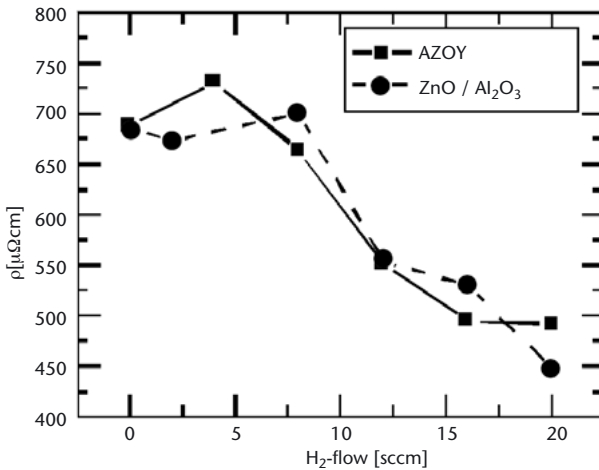
F. Ruske
florian.ruske@
ist.fraunhofer.de

V. Sittinger
W. Werner
B. Szyszka
Fraunhofer IST

K.-U. van Osten
GfE Metalle und
Materialien GmbH

Es wurden bei einer Substrattemperatur von 200 °C an der In-Line Sputteranlage Leybold A700V am Fraunhofer IST mittels gepulsten DC-Sputtern von keramischen Targets Schichten bei unterschiedlichen Wasserstoffzugaben zum Prozessgas abgeschieden. Die Wasserstoffzugabe zeigt bis zu einer Menge von 20 sccm keinen Einfluss auf die Prozessstabilität. Es ist lediglich eine Abnahme der Beschichtungsrate um ca. 10 % zu beobachten. Bei einer weiteren Erhöhung der Wasserstoffzugabe kam es bei den Experimenten jedoch zu starkem Arcing, wodurch eine stabile Prozessführung unmöglich gemacht wurde.

Abbildung 1
Spezifischer Widerstand von ZnO:Al-Schichten in Abhängigkeit von der Wasserstoffzugabe



Für die 550 bis 600 nm dicken Schichten wurde eine starke Verbesserung der Leitfähigkeit mit steigendem Wasserstoffgehalt festgestellt (Abb. 1). Dabei wurden spezifische Widerstände unterhalb von 500 μΩcm erreicht. Für die industrielle Nutzung der Schichten bedeutet dies, dass der leichte Ratenverlust durch die Wasserstoffzugabe mehr als ausge-

glichen wird, da die zum Unterschreiten eines bestimmten Schichtwiderstandes benötigte Schichtdicke deutlich niedriger wird.

Mittels ERDA-Messungen konnte gezeigt werden, dass die Konzentration des in die Schicht eingebauten Wasserstoffs linear mit dem in die Kammer eingelassenen Wasserstoffs ansteigt. Die maximale Wasserstoffkonzentration betrug dabei 2 at.%. Durch Hallmessungen konnte weiterhin gezeigt werden, dass der reduzierte spezifische Widerstand mit einem linearen Anstieg der Ladungsträgerkonzentration mit steigendem Wasserstoffgehalt einhergeht. In Experimenten zur thermischen Stabilität dieses Effektes wurde ein Einsetzen der Degradation der Schichten durch Wasserstoffdiffusion bei 200 °C festgestellt. Dies entspricht Erkenntnissen über die Wasserstoffdiffusion in Einkristallen.

Vor allem durch die Verringerung des spezifischen Widerstandes bietet sich die Wasserstoffdotierung für die industrielle Umsetzung an. Der Einsatz der Schichten für verschiedene Anwendungen ist geplant.