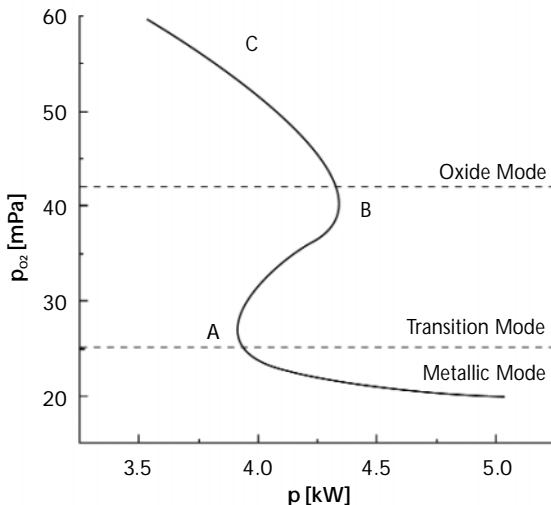


# Prozesstechnologien für die großflächige Abscheidung von ZnO:Al-Schichten

Transparente und leitfähige ZnO-Schichten kommen als Elektrode in CIS-Dünnschicht-Solarzellen zum Einsatz und werden mittels Kathodenerstäubung oder LPCVD hergestellt. Neuere Arbeiten zeigen, dass auch bei a-Si-Zellen die bis jetzt verwendeten SnO<sub>2</sub>-Schichten durch ZnO:Al als transparente Elektrode vorteilhaft ersetzt werden können [1]. Nachteilig für die gesputterten ZnO:Al-Schichten ist jedoch der hohe Preis für die verwendeten keramischen ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Targets.

Eine neue Sputtertechnologie für die großflächige Abscheidung von transparenten und elektrisch leitfähigen ZnO:Al-Schichten unter Verwendung metallischer Targets wurde entwickelt. Zum Einsatz kommt hierbei das TWINMAG™, ein mittelfrequenz-betriebenes Zwillingmagnetron.



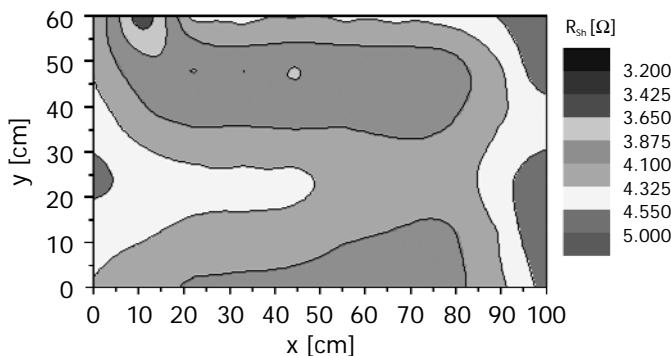
M. Ruske,  
Applied Films GmbH & Co.  
KG, Alzenau  
mruske@  
eu.appliedfilms.com

B. Szyszka, V. Sittinger  
und X. Jiang,  
Fraunhofer IST,  
Braunschweig

*Abbildung 1*  
Prozessstabilisierung  
durch Regelung der  
Entladungsleistung zur  
Stabilisierung des  
Reaktivgas-Partialdrucks  
 $p_{O_2}$ : Abhängigkeit des  
Reaktivgas-Partialdrucks  
 $p_{O_2}$  von der Entladungs-  
leistung  $P$  für reaktives  
MF Magnetron-Sputtern  
von ZnO:Al-Schichten

Der Prozess wird reaktiv unter Zugabe von Sauerstoff bei Substrattemperaturen unter 200 °C gefahren. Eingesetzt werden sowohl statische Magnetsätze als auch bewegte Magnete; letztere, um einen ganzflächigen Targetabtrag zu gewährleisten. Der Sauerstoff-Partialdruck, der den Arbeitspunkt des Prozesses definiert, wird mit einer speziellen Lambdasonden-Vorrichtung gemessen und mittels einer Regelung über die Kathodenleistung stabilisiert. So ist es möglich, beliebige Arbeitspunkte im Oxid-Mode, Metall-Mode und im dazwischen liegenden Transition-Mode zu stabilisieren.

Abbildung 2  
Mapping des Schichtwiderstandes  $R_{sh}$  für eine ZnO:Al-Schicht auf einem 100x60 cm<sup>2</sup>-Floatglassubstrat



Die Arbeiten wurden im Rahmen eines vom BMWi geförderten Projekts an einer Inline-Anlage (Leybold A700 V) am Fraunhofer-IST in Braunschweig durchgeführt. Zum Einsatz kam ein Kathodenpaar vom Typ Leybold PK750 (Fläche jeweils 750x88 mm<sup>2</sup>). Eine unter Verwendung der Prozessregelung gefahrene Kennlinie des Prozesses wird in *Abb. 1* gezeigt. Man erreicht im Transition-Mode dynamische Beschichtungsrate von über 80 nm·m/min bei spezifischen Widerständen von  $\rho < 270 \mu\Omega\text{cm}$  und geringer Absorption im Sichtbaren. Auf Substratgrößen von 1000 x 600 mm<sup>2</sup> erreicht man für den Widerstand eine Homogenität von < 10 %. Eine typische Verteilung wird in *Abb. 2* gezeigt.

Bei kreisförmig bewegten Magnetsätzen ist zwar die Stabilisierung des Arbeitspunktes schwieriger, man vermeidet jedoch Rückbeschichtungsbereiche auf der Targetoberfläche. Interessanterweise ist die Empfindlichkeit der Schichteigenschaften gegenüber Druck- und Temperaturänderungen deutlich schwächer ausgeprägt als bei statischen Magneten. Für a-Si-Zellen ist es von Vorteil, wenn das Licht durch eine definiert texturierte Elektrode in den Absorber hineingestretet wird. Diese Textur kann z. B. durch Eintauchen in stark verdünnte Säure erzeugt werden [1]. Das Ätzverhalten und der entstehende Haze der Schichten kann mit den Prozessparametern beeinflusst und für die Anwendung als transparente Elektrode in a-Si-Solarzellen optimiert werden.

## Literatur

- [1] J. Müller, G. Schöpe, O. Kluth, B. Rech, M. Ruske, J. Trube, B. Szyszka, X. Jiang, G. Bräuer; *Thin Solid Films* 392 (2001) 327-333