



Sputtertargets für TCO-Anwendungen: Stand der Technik und neue Entwicklungen

M. Weigert
W.C. Heraeus GmbH &
Co.KG
Thin Film Materials
Division
Martin.weigert@
heraeus.com

Gesputterte TCO-Schichten für die Dünnschicht-Photovoltaik versprechen niedrigste Flächenwiderstände bei sehr guter Lichttransmission. Wesentlicher Faktor für die zukünftige Photovoltaik-Industrie ist die Verfügbarkeit qualitativ guter und hinreichend kostengünstiger Sputtermaterialien (Targets). Die in Frage kommenden Dünnschichtmaterialien sind vor allem $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_3$ (ITO) und ZnO:Al (ZAO).

Während Zink praktisch unbegrenzt zur Verfügung steht und als Rohstoff sehr preiswert ist, wird man bei Indium immer das Problem des engen Weltmarktes haben. Jährlich werden nur ca. 300 t Indium nachproduziert und davon verbraucht die Dünnschichtindustrie bereits jetzt ca. 50 % allein für TCOs in Flachbildschirmen.

TCOs können prinzipiell über zwei verschiedene Sputter-Prozess-Varianten hergestellt werden. Einerseits kann man metallische ZnAl bzw. InSn-Targets benutzen und die TCO-Schichten über einen vollreaktiven Prozess erzeugen. Alternativ nimmt man keramische ZAO oder ITO-Targets und sputtert mehr oder weniger mit einem reinen Argon-Sputterprozess. Vollreaktives Sputtern vom metallischen Target erfordert hohen technischen Aufwand für die Regelung, Ausrüstung und Prozessstabilität. Man kann dafür allerdings vergleichsweise kostengünstige metallische Targets einsetzen. Sehr viel Erfahrung mit ITO-TCOs wurde in den 90er Jahren bei der Herstellung von Flachbildschirmen gesammelt.



Abbildung 1
endmaßnah gesinterte
ZAO-Targetkacheln

Hier hat sich letztendlich herausgestellt, dass eine langzeit-stabile Produktion nur mit keramischen Targets durchgeführt werden kann. Spitzenwerte des elektrischen Widerstandes von unter $150 \cdot 10^{-4} \Omega \text{cm}$ sind dort Stand der Technik. Jährlich werden weltweit ca. 200 to ITO-Targetmaterial produziert.

Für Zinkoxid-Keramiken gab es bislang noch keinen nennenswerten Markt für Sputtertargets, dementsprechend war die erste Generation der verfügbaren Targets wirtschaftlich noch vergleichsweise unattraktiv für die Photovoltaik-Industrie. Seit 2001 hat Heraeus Thin Film Materials ein Fertigungsverfahren zur kostengünstigen Massenfertigung von ZAO-Sputtertargets zur Verfügung.

Es ist gelungen, durch ein endmaßnahes Kaltpress- und Sinterverfahren den Bearbeitungsaufwand für eine Targetkachel entscheidend zu minimieren. Dabei erreicht man eine Dichte des Sputtertargetmaterials nahe an der theoretischen Dichte des ZAO, was bislang nur durch heißisostatische Pressverfahren möglich war.

Gesintertes ZAO weist eine für Keramik sehr hohe Wärmeleitfähigkeit von 33 W/mK auf, Sputterleistungen von 12 W/cm² wurden bereits realisiert. Beste Transparenz und niedrigster Widerstand werden in reiner Argon-Sputteratmosphäre erreicht. Bei Prozesstemperaturen von 270 °C sind spezifische Widerstände von unter 4·10⁻⁴ Ωcm möglich.

In dem Vortrag wurde eine detaillierte Darstellung der Fertigungsverfahren für metallische und keramische Fertigungsverfahren gegeben und die Charakteristika der wichtigsten TCO-Sputtermaterialien diskutiert.

Vergleich Materialeigenschaften ZAO / ZnAl		
	ZnAl metallisch	ZAO – Keramik
Dichte	7,1 g/cm ³ (100 %)	5,5 g/cm ³ (99 %)
Spez. Widerstand	60 μΩcm	7000 μΩcm
Wärmeleitfähigkeit	109 W/mK	33 W/mK
Therm. Ausdehnung	24·10 ⁻⁶ 1/K	5,7·10 ⁻⁶ 1/K
Schmelzpunkt/ Sublimation	410 °C	~1300 °C (subl.)