



# Sputtertechnik für die Photovoltaik

Martin Dimer,  
Christian Hecht,  
Christian May,  
Johannes Strümpfel  
von Ardenne  
Anlagentechnik GmbH,  
Dresden  
Dimer.Martin@  
ardenne-at.de

Das Magnetronspputtern ist ein breit eingesetztes Verfahren zur Abscheidung von funktionellen Schichten in der Photovoltaik. Im Bereich der Dünnschichtsolarzellen kann ein großer Teil der Funktionsschichten durch Magnetronspputtern abgeschieden werden. Je nach Funktionalität können Kontakt-, Absorber-, Passivierungs- und Antireflexschichten unterschieden werden. Die Kontaktschichten bestehen aus metallischen Schichten wie z. B. Aluminium, Silber, Nickel-Vanadium, und Molybdän. Als transparenten leitfähigen Kontaktschichten werden z. B. mit Indium-Zinn-Oxid (ITO) und Zinkoxid-Aluminium (ZAO) gesputtert.

Die Absorberschichten (Cu, In, Ga, Cd, Te, a-Si:H usw.) werden überwiegend aufgedampft bzw. mit PECVD abgeschieden. Als Passivierungs- und auch Antireflexschicht wird Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> eingesetzt. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> wird gewöhnlich mit PECVD abgeschieden.

Die wesentlichen Aufgaben der Sputtertechnik in der Photovoltaik bestehen darin,

- die dünnen Funktionsschichten auf großflächigen Substraten abzuscheiden,
- hochproduktive Beschichtungsprozesse zu entwickeln und dabei
- Materialien, Ressourcen und damit Kosten einzusparen.

Im Rahmen des Vortrags wurde u. a. berichtet, dass durch eine spezielle Doppelmagnetron-Anordnung die Beschichtungsrate gesteigert, die Anlagenlänge verkürzt und ein ver-

mindertes Flaking erzielt werden kann. In der Doppelmagnetron-Anordnung können die beiden Kathoden entweder mit einer MF-Stromversorgung oder beide getrennt mit jeweils einer DC-Stromversorgung betrieben werden.

Es zeigte sich, dass zur Abscheidung von ITO der DC-DC-Betrieb, im Vergleich zum MF-Betrieb, zu geringeren spezifischen Widerständen und zu einer höheren Transmission führt. Der minimale spezifische Widerstand betrug 170 mΩcm bei einer Substrattemperatur von 255 °C und einer dynamischen Depositionsrates von 75 nm m/min. Bei einem mittlerem Schichtwiderstand von 6,9 Ω wurde eine Schwankungsbreite des Schichtwiderstandes von +/- 0,25 Ω gemessen. In der industriellen Fertigung ist gewöhnlich über lange Sputterzeiten eine Verpickelung des ITO-Targets zu beobachten. Die Verpickelung führt zu Prozessinstabilitäten, die eine Reinigung der ITO-Kacheln alle 20 h erfordert. Durch eine spezielle Magnetronkonstruktion gelingt es, 150 h ununterbrochen zu sputtern, ohne dass das Target verpickelt. Dadurch konnte die Standzeit der Targets und damit, über eine Reduzierung der Reinigungszeit, die Produktivität erhöht werden.

Auch ZAO-Schichten werden mittlerweile in Produktion auf Glassubstraten der Größe 60x120 cm<sup>2</sup> abgeschieden. Dabei zeichnet sich die verwendete Sputtertechnik durch eine hohe Prozessstabilität und durch die Erzielung einer hohen Transmission (bis max. 90 %) bei guten spezifischen Widerständen und geringer Substrattemperatur aus.

Zur Abscheidung von Funktionsschichten für die Photovoltaik stehen verschiedene Anlagentypen zur Verfügung. Hier sind Batch-, Schleusen- und In-line Anlagen zu unterscheiden. Zu den Batch-Anlagen sind z. B. Rollcoater für Folie und Metallband zu zählen. Diese Anlagentechnik wird für

die Herstellung von flexiblen Solarzellen benötigt. Clustersysteme und Beschichtungsanlagen für Flachsysteme gehören zu den Schleusenanlagen. Bei den Clustersystemen handelt es sich um Anlagen, die abhängig von der Technologie, mit verschiedenen Prozesskammern ausgestattet werden. Diese Prozesskammern sind an einer Transferkammer montiert, die einen Roboter enthält, der die Substrate aus den Magazinkammern in die Prozesskammern transportiert. Diese Anlagentechnik ermöglicht es, sehr flexibel auf veränderte technologische Anforderungen zu reagieren.

Als dritter Anlagentyp sind die In-line Anlagen zu nennen. Hierunter fallen die Air-to-air-Bandanlagen und auch die vertikalen und horizontalen Beschichtungsanlagen für Flachsubstrate. Bei diesem Anlagentyp werden die Substrate über Schleusensysteme stufenweise von Atmosphärendruck in den Vakuumprozessbereich ein- und wieder ausgeschleust. Bezeichnend für diese Anlagentechnik ist ihre hohe Produktivität. Im weiteren Teil des Vortrages wurden Beispiele für die verschiedenen Anlagentypen vorgestellt.

In den letzten Jahren gelang es die Prozessstabilität durch ein verbessertes Arc-Management beim Sputtern zu erhöhen. Durch schnellere und stabilere Prozessregelungen wurden neue Arbeitspunkte ermittelt, die bei vergleichbaren Schichteigenschaften zu höheren Depositionsraten führen.

An der Entwicklung von kostengünstigeren Sputterverfahren (z. B. reaktives ZAO-Sputtern) wird intensiv mit vielversprechenden Ergebnissen gearbeitet. Und nicht zuletzt wurden erste Pilotanlagen für die Produktion von Dünnschichtsolarzellen auf großen Substratdimensionen gebaut, mit dem Ziel die Herstellungskosten zu senken und neue Technologien in die industrielle Fertigung zu überführen.