



Kevin Fücksel



Ulrike Schulz



Norbert Kaiser

Transparente und leitfähige Oxide, sogenannte TCOs, sind von enormer Bedeutung für viele elektrooptische Anwendungen. Die Einsatzmöglichkeiten reichen von IR-Reflektoren, Antistatik- und Heizschichten bis hin zu transparenten Elektroden und Schichtsystemen für die Photovoltaik. Mit Zinn dotiertes Indiumoxid liefert dabei den besten Kompromiss aus elektrischer Leitfähigkeit und hoher Transparenz im sichtbaren Spektralbereich. Da die meisten Herstellungsverfahren Prozesstemperaturen über 150 °C benötigen, sind sie für die Beschichtung von temperaturempfindlichen Substraten nicht geeignet.

Der stetig steigende Einsatz von leichten und bruchsicheren Kunststoffen, wie z. B. Polycarbonat oder Zeonex, erforderte die Entwicklung eines Niedertemperatur-Beschichtungsverfahrens. Mit Hilfe der Plasma-Ionen gestützten Verdampfung können hochtransparente und elektrisch leitfähige ITO-Schichten bei Substrattemperaturen unter 100 °C realisiert werden.

Die umfassende Analyse der spektralen, elektrischen, morphologischen und strukturellen Eigenschaften der abgeschiedenen Schichten erlaubte die Optimierung der verwendeten Reaktivgaszusammensetzung und der mittleren Ionenenergie während des Herstellungsprozesses /1, 2/. Dadurch konnte der elektrische Widerstand der amorphen Schichten auf 4  $\mu\Omega\text{m}$  reduziert werden.

Aufgrund der geringen Absorption, mit einem mittleren Extinktionskoeffizienten von rund  $7 \cdot 10^{-3}$ , eignet sich das patentierte Verfahren für qualitativ hochwertige Beschichtungen /3/. Die guten Haftungs- und Klimaeigenschaften des Materials ermöglichen die Realisierung von abriebfesten Schichtsystemen für Gläser und Kunststoffe (Abb. 1).

Ein Schwerpunkt der aktuellen Forschung ist die Entwicklung sogenannter SIS-Solarzellen. Kristallines Silizium wird gezielt strukturiert und mit Indiumzinnoxid überschichtet (Abb. 2). Die Optimierung der strukturierten Grenzfläche soll ein kostengünstiges und innovatives Zellkonzept ermöglichen.

Dank gilt dem BMBF für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeiten im Rahmen des Projekts PHIOBE /4/.

#### Literatur:

- /1/ Fücksel, K.; Schulz, U.; Kaiser, N.; Tünnermann, A.: Low temperature deposition of indium tin oxide films by plasma ion-assisted evaporation, *Applied Optics* 47 (2008), 13, p. C297–C302.
- /2/ Fücksel, K.; Schulz, U.; Kaiser, N.; Tünnermann, A.: Structural and electrical properties of low temperature deposited ITO films, *SPIE Advances in Optical Thin Films III* 7101 (2008).
- /3/ DE 19752889 C1 (1999).
- /4/ BMBF-Verbund PHIOBE (FKZ 13N9669): Photonmanagement durch gezielte Interfacemodifizierung in Optoelektronischen Bauelementen.



Transparent and conductive oxides, so-called TCOs, are of extreme importance for many electro-optical applications. The possible fields of applications range from IR-reflectors, anti-static and heatable coatings to transparent electrodes and coating systems for photovoltaics. Coatings of tin doped indium oxide achieve the best compromise between electrical conductivity and high transparency in the visible spectral range. Due to the high process temperatures above 150 °C during the majority of process cases, they cannot be used for the deposition on thermally unstable substrates.

The ever increasing use of light and break-proof plastics, such as Polycarbonate and Zeonex, demanded the development of a low temperature deposition process. With the use of plasma-ion assisted deposition, highly transparent and conductive ITO coatings can be realized at substrate temperatures below 100 °C. The comprehensive analysis of the spectral, electrical, morphological, and the struc-

tural properties of the deposited films allowed the optimization of the used reactive gas mixture and the average ion energy during the production process /1, 2/. Thus the specific resistivity of the amorphous films could be reduced to 4  $\mu\Omega\text{m}$ .

The patented process is suitable for highly quality coatings on account of the low absorption, with an average extinction coefficient of  $7 \cdot 10^{-3}$  /3/. The good adhesion and climatic properties of the coatings allow the deposition of abrasion-resistant film systems on glasses and plastics (Fig. 1).

A focal area of current research is the development of so-called SIS solar cells. Crystalline silicon will be systematically structured and overcoated by ITO (Fig. 2). The optimization of the structured interface allows for a cost-effective and innovative cell concept.

We would like to thank the BMBF for financial support of this work within the project PHIOBE /4/.

#### References:

- /1/ FÜCHSEL, K.; SCHULZ, U.; KAISER, N.; TÜNNERMANN, A.: Low temperature deposition of indium tin oxide films by plasma ion-assisted evaporation, *Applied Optics* 47 (2008), 13, p. C297–C302.
- /2/ FÜCHSEL, K.; SCHULZ, U.; KAISER, N.; TÜNNERMANN, A.: Structural and electrical properties of low temperature deposited ITO films, *SPIE Advances in Optical Thin Films III* 7101 (2008).
- /3/ DE 19752889 C1 (1999).
- /4/ BMBF-Verbund PHIOBE (FKZ 13N9669): Photonmanagement durch gezielte Interfacemodifizierung in Optoelektronischen Bauelementen.

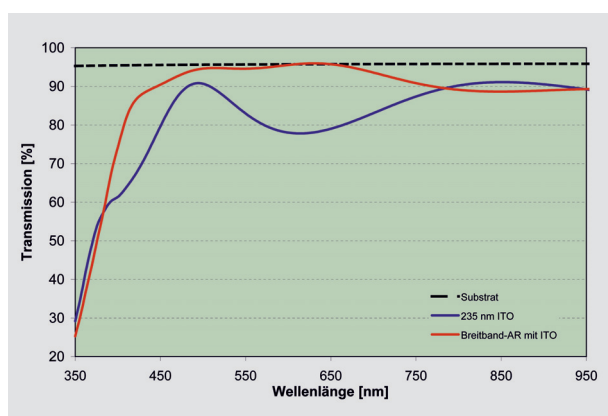


Abb. 1: Transmission (ohne Rückseite) von Substrat, einer ITO-Einzelschicht und eines Breitband-AR Systems.

Fig. 1: Transmission (without backside) of substrate, ITO coating and heatable broadband AR-system.

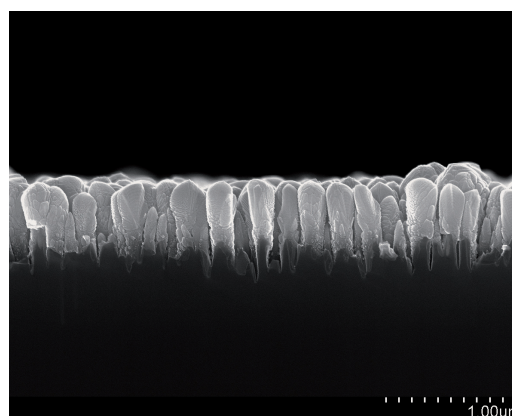


Abb. 2: REM-Aufnahme eines mit ITO überschichteten strukturierten Siliziumsubstrats.

Fig. 2: REM-image of a structured silicon substrate overcoated by ITO.