

Zinkoxid-Deposition mittels expandierendem thermischen Plasma und Anwendung als TCO für Dünnschichtsolarzellen

J. Löffler^a, R. Groenen^b,
P.M. Sommeling^c,
J.L. Linden^d,
M.C.M. van de Sanden^b,
R.E.I. Schropp^a

^aDebye Institute; SID
Physics of Devices, Utrecht
University, P. O. Box 80000,
NL-3508 TA Utrecht,
The Netherlands;
phone: +31-30-2533159,
fax: +31-30-2543165

J.Loeffler@phys.uu.nl

^bEindhoven University of
Technology, Department of
Applied Physics, P.O. Box
513, NL-5600 MB
Eindhoven, The Netherlands

^cECN, Solar Energy, P.O.
Box 1, NL-1755 ZG Petten,
The Netherlands

^dTNO TPD, Models and
Processes, P.O. Box 595,
NL-5600 AN Eindhoven,
The Netherlands

Zinkoxid ist ein vielversprechender Kandidat als kostengünstigeres und umweltfreundlicheres TCO für Dünnschichtsolarzellen im Vergleich zum weit verbreiteten Fluor-dotierten Zinnoxid. Niedrigere Depositionstemperaturen eröffnen zudem die Möglichkeit, Solarzellen auf kostengünstigen, transparenten flexiblen Substraten herzustellen. In diesem Beitrag präsentieren wir die Deposition von rauen Zinkoxidschichten auf Corning 1737F Glas mittels CVD in einem expandierenden thermischen Plasma (*Abb. 1*) [1] sowie die Anwendung dieser Schichten in amorphen Silizium- und organischen („Grätzel“) Solarzellen.

Der Depositionsprozess von undotiertem und Aluminium-dotiertem ZnO-Material ausgehend von Diethylzink, Sauerstoff und Trimethylaluminium wurde mittels Massenspektrometrie analysiert. Die Schichten wurden bezüglich ihrer optischen, elektrischen, morphologischen und strukturellen Eigenschaften charakterisiert. Die besten ZnO-Schichten zeigen optoelektronische Eigenschaften vergleichbar zum Asahi U-Typ TCO ($\text{SnO}_2\text{:F}$) [2], eine Orientierung mit der c-Achse senkrecht zum Substrat und eine texturierte Oberfläche (*Abb. 2*) [3]. Dotierung mit Aluminium beeinflusst außer der elektrischen Leitfähigkeit und den mit erhöhter Ladungsträgerdichte verbundenen optischen Eigenschaften auch die strukturellen und morphologischen Eigenschaften der Schichten [4].

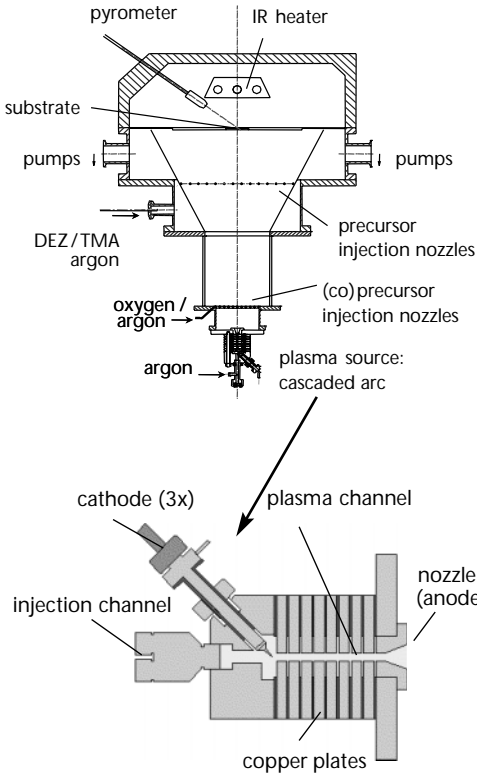


Abbildung 1
ETPCVD-
Depositionskammer

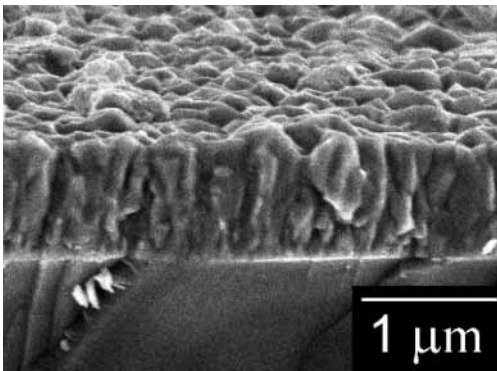
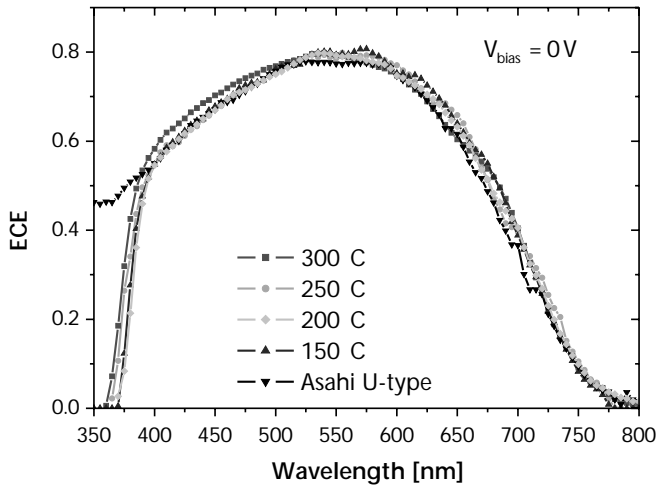


Abbildung 2
REM Aufnahme der
Bruchkante einer rauen
ETPCVD-ZnO-Schicht

Amorphe Silizium pin Solarzellen wurden mittels RF PECVD auf die ZnO-Substrate aufgebracht. Auf undotiertem Zinkoxid wurden Wirkungsgrade vergleichbar mit Zellen auf Asahi U-Typ TCO erzielt [5]. Hohe spektrale Empfindlichkeit für lange Wellenlängen (*Abb. 3*) zeigt den effektiven Lichtfang in den Solarzellen aufgrund von Lichtstreuung an der rauen TCO/ p-Grenzfläche.

Leicht verringerte spektrale Empfindlichkeit für kurze Wellenlängen und ein um ca. 3 % niedrigerer Füllfaktor als auf Asahi U-Typ TCO deuten auf eine elektrische Barriere am TCO/p-Übergang. Auf Al dotierten ZnO-Schichten wurden anfangs deutlich verringerte Füllfaktoren erzielt, und viele Zellen waren kurgeschlossen. Dies kann mit dem Einfluss der Dotierung auf die morphologischen Eigenschaften des TCOs erklärt werden. Durch Variation der Plasmaparameter während der ZnO:Al-Deposition, die zu Schichten mit granularer Struktur führte [6], konnten Füllfaktoren von 68 % wie auf undotiertem ZnO erreicht werden [7].

Abbildung 3
 Spektrale Response von
 a-Si:H pin-Solarzellen auf
 undotiertem ZnO und
 Asahi U-Typ TCO



Die Verwendung von Zinkoxid als TCO für Grätzel Solarzellen erfordert einen Prozess, der die thermische und chemische Stabilität der ZnO-Schichten nicht gefährdet. Entscheidende Schritte sind hier das Tempern der TiO₂ Schicht und das Einbringen des Elektrolyten. Erste Solarzellen mit auf ZnO angepassten Herstellungsschritten werden präsentiert.

Literatur

- [1] R. Groenen et al., Appl. Surf. Sci., 173 (2001) 40.
- [2] J. Löffler et al., Thin Solid Films, 392 (2001) 315.
- [3] J. Löffler et al., POLYSE 2001, in Polycrystalline Semiconductors VI – Bulk Materials, Thin Films, and Devices (2001).
- [4] R. Groenen et al., MRS Spring Meeting 2002, Volume 730.
- [5] J. Löffler et al., Proc. 28th IEEE PVSC (2000) 892.
- [6] R. Groenen et al., Thin Solid Films, 392 (2001) 226.
- [7] J. Löffler et al., Proc. PVSEC-12 (2001).