

Epitaktisches Wachstum von ZnO:Al-Schichten auf Saphir-Substraten unterschiedlicher Orientierung

Aluminiumdotiertes Zinkoxid ZnO:Al eignet sich, neben einer Vielzahl anderer Anwendungen, für den Einsatz als kontaktierende Fensterschicht in Dünnschichtsolarzellen. Ein wesentliches Ziel besteht darin, bei hoher Transparenz im Sichtbaren, möglichst niedrige spezifische Widerstände zu erreichen. Als eine „magische“ Grenze stellte sich jedoch ein spezifischer Widerstand von ca. $2 \cdot 10^{-4} \Omega\text{cm}$ heraus [1], ein Wert, der etwa 2 Größenordnungen über dem der besten Metalle (Ag, Cu) liegt. Die elektrischen und optischen Eigenschaften hängen stark von den Abscheidebedingungen und den Schichteigenschaften (Stöchiometrie, kristalline Struktur) ab. Unklar ist, welche Rolle die intrinsischen Materialeigenschaften des ZnO:Al spielen [2]. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein besseres Verständnis des Ladungsträgertransports in entartet dotierten ZnO:Al-Schichten durch Untersuchung des Zusammenhangs zwischen kristalliner Struktur und elektrischen Transportparametern zu erreichen.

Auf Saphirsubstraten unterschiedlicher Orientierung wurden heteroepitaktische ZnO:Al-Schichten durch RF-Magnetron-Sputtern vom oxidischen Target abgeschieden. Dabei wurden die Parameter Sputtergaszusammensetzung und die Substrattemperatur variiert. Die Schichten wurden strukturell mittels Röntgenbeugung, Rasterelektronenmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie untersucht. Die elektrischen Parameter wurden durch Vierpunkt- und Hallmessungen bestimmt.

G. Vollweiler,
vollweiler@hmi.de
P. Kuppusami¹,
K. Ellmer
HMI, Abt. Solare Energetik
¹ Indira-Gandhi Center for
Atomic Research,
603102 Kalpakkam,
Indien

Die Leitfähigkeiten der Schichten lagen im Bereich von $10^{-3} \Omega\text{cm}$ bei Dicken um 150 nm. Röntgendiffraktometrische Texturuntersuchungen (Polfigurmessungen) zeigen, dass epitaktisches Wachstum schon bei niedrigen Substrattemperaturen (50 °C) auftritt. Abhängig vom Substrat wurde mitunter eine Verdrehung der Kristallite relativ zueinander von 30° beobachtet. Trotz einer starken Abhängigkeit der spezifischen Leitfähigkeit von der Substrattemperatur und von der Gaszusammensetzung, konnte eine entsprechende Korrelation mit kristallographischen Eigenschaften (Breite der Rocking-Kurven) nicht gefunden werden.

Die Orientierung der ZnO:Al-Schichten war auf Al_2O_3 (001) (c-Saphir) und Al_2O_3 (110) (a-Saphir) jeweils (001), während sie im Falle von Al_2O_3 (1-12) (r-Saphir) bei (110) lag. TEM-Querschnittsuntersuchungen zeigen bei Schichten auf verschieden orientierten Substraten deutlich unterschiedliche Mikrostrukturen. So weisen die Schichten auf c-Saphir ausgeprägtes Säulenwachstum auf, während bei a-Saphir eine homogenere Struktur zu beobachten ist. Dieser Unterschied korreliert auch mit den Halbwertsbreiten der Rockingkurven, die bei Schichten auf a-Saphir am niedrigsten sind. Dies steht in Einklang mit den höheren Leitfähigkeiten der auf a-Saphir gewachsenen ZnO:Al-Schichten.

[1] T. Minami, MRS Bull. 25 (2000) 38.

[2] K. Ellmer, J. Phys. D: Appl. Phys. 34 (2001) 3097.