

4 Charakterisierungsmethoden

Hier werden zunächst die Methoden vorgestellt, die der Bestimmung der Qualität des präparierten Materials selbst dienen, dann die Methoden, die zur Charakterisierung der aus diesem Material hergestellten Solarzellen eingesetzt wurden.

4.1 Materialcharakterisierung

Kristallographische Charakterisierung

Zur Bestimmung der im Material vorhandenen Phasen, sowie zur Charakterisierung von evtl. vorhandenen Vorzugsorientierungen wurden Röntgenbeugungsmessungen (XRD) im θ -2 θ -Modus eingesetzt. Hierbei wurde zur Identifizierung von beobachteten Peaks und zur Texturbestimmung auf die Datenbank des JCPDS (joint council of powder diffraction studies) zurückgegriffen. Aus der Halbwertsbreite konnten Kristallitgrößen bestimmt werden.

Da wegen der geringen Gitterfehlpassung⁵ von $f = 0,27\%$ die ZnSe- und GaAs-Reflexe mit einem herkömmlichen Θ -2 Θ -Diffraktometer nicht genau voneinander getrennt werden können, wurden zur Bestimmung der Winkellage und Halbwertsbreite der Beugungsreflexe Diffraktionsmessungen mit einem Doppelkristallmonochromator (DCXRD) im Rocking Modus (ω -Scan) vorgenommen.

Die epitaktische Qualität der Grenzfläche wurde mittels hochauflösender Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) und Transmissions-Elektronenbeugung (TED) untersucht. Die Mikroskopie liefert räumliche Bilder und Information über die lokale Struktur, wogegen die Beugungsmessung den reziproken Raum charakterisiert und auf langreichweitige Ordnung angewiesen ist.

⁵ Definition erfolgte in Kap. 2.

Bestimmung der chemischen Zusammensetzung

Die Überprüfung der stöchiometrischen Verhältnisse in den Schichten erfolgte in einem Elektronenmikroskop mittels energiedispersiver Röntgenemissionsspektroskopie (EDX). Die Nachweisgrenze für Verunreinigungen oder Dotierstoffe liegt hier im Prozentbereich.

Eine Messung des Dotierstoffeinbaus war durch elastische Rückstoß-Analyse (ERDA) [Boh98] am Ionenbeschleuniger des HMI möglich. Hierbei können Konzentrationen bis hinab zu 600 ppm nachgewiesen werden. Der Vorteil dieser Methode gegenüber der empfindlicheren Sekundärionen-Massenspektroskopie (SIMS) liegt darin, daß kein Bezug zu einem Standard nötig ist.

Charakterisierung der Oberfläche und Schichtmorphologie

Die Oberflächenmorphologie wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie (SEM) bei einer Auflösung im Bereich mehrerer 10 nm und Rasterkraftmikroskopie (AFM) mit Auflösung bis hinab in den Ångström-Bereich untersucht.

Schichtdicken wurden mit einem hochauflösenden Profilometer bestimmt.

Optische Charakterisierung

Photolumineszenz-Untersuchungen wurden in einem Helium-Kryostaten bei Temperaturen um 10 K durchgeführt. Es wurden Emissionsspektren aufgenommen, die Informationen über die elektronische Struktur, insbesondere die Defektstruktur der Materialien liefern (siehe Kap. 2). Das Verhältnis von Emission aus Exzitonen zur Emission aus tiefen Störstellen läßt Rückschlüsse auf die kristalline Qualität des Materials ziehen.

Elektrische Charakterisierung

Leitfähigkeiten und Ladungsträgerkonzentrationen der Schichten wurden nach der van der Pauw-Methode bestimmt, die sich den Hall-Effekt zunutze macht. Die Messungen wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Leitfähigkeiten konnten bis hinab zu $10^{-4} (\Omega\text{cm})^{-1}$ nachgewiesen werden, Hallmessungen waren bis zu Leitfähigkeiten von $10^{-3} (\Omega\text{cm})^{-1}$ möglich.

Bestimmung von Kontaktwiderständen und zusätzliche Leitfähigkeitsmessungen fanden in einem Transmission-Line-Meßplatz (TML) statt.

4.2 Solarzellencharakterisierung

Für die Solarzellen wurden zunächst die Diodenparameter mittels IU-Kennlinien im Dunkeln festgestellt. Die photovoltaischen Parameter wurden durch die Aufnahme von Hellkennlinien bestimmt. Die Beleuchtung erfolgte dabei entweder durch einen Sonnensimulator, der ein AM1,5 Spektrum bei einer Beleuchtungsstärke von 100 mW/cm^2 zur Verfügung stellte, oder mittels einer Halogenlampe, deren Abstand zur Probe so variiert wurde, daß auch hier die Standardbeleuchtungsstärke von 100 mW/cm^2 vorlag.

Information über Ort der Ladungsträgererzeugung und Transport von photogenerierten Ladungsträgern lieferte die spektrale Analyse der Quanteneffizienz (QE), die die Anzahl der generierten und eingesammelten Ladungsträger pro eingestahltem Photon angibt.

Zusätzlich wurde die Sammlungsfunktion der Solarzellen mittels Messungen des Elektronenstrahl induzierten Stroms (EBIC) bestimmt. Diese Messungen wurden ebenfalls in einem Elektronenmikroskop durchgeführt.