



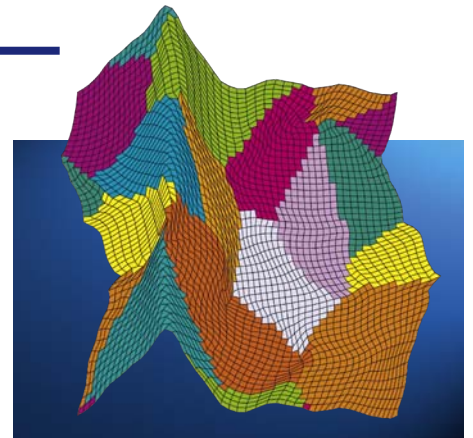
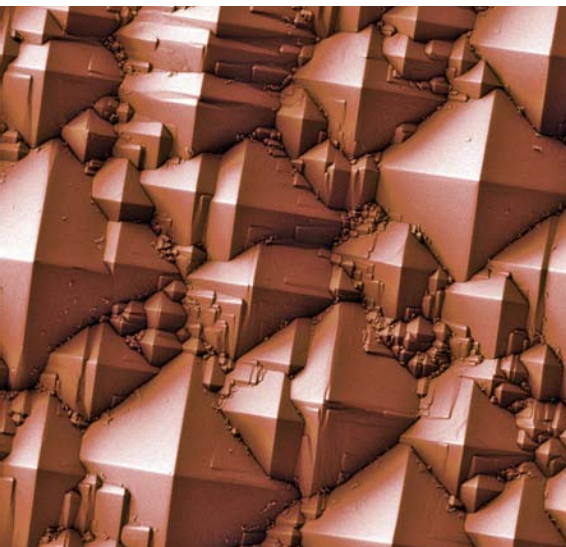
Fraunhofer Institut
Werkstoffmechanik

Jahresbericht 2007

Minimierung der Verwölbung
dünner Solarzellen

Leistungsbereich
Trenntechniken, schädigungsarme Bearbeitung

Dr. Rainer Kübler
Wöhlerstraße 11
79108 Freiburg
Telefon +49(0)761/5142-213
rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de



Minimierung der Verwölbung dünner Solarzellen

Aufgabenstellung

Aufgrund des Photovoltaik-Booms ist der Bedarf der Solarzellen-Industrie an Silizium größer als die weltweiten Herstellungskapazitäten an Rohsilizium für PV-Anwendungen. Um möglichst viel Silizium-Material bei der Herstellung der Wafer einzusparen, stellen die Waferproduzenten immer dünnere und großformatigere Wafer her. Während 2004 Wafer eine Dicke von 330 μm und eine Kantenlänge von 100 mm hatten, sind Standardsolarzellen heutzutage bei einer Kantenlänge von 156 mm 210 μm dick. Die aktuell dünnsten Wafer in der Solarzellenproduktion liegen bei Waferdicken von 180 bzw. 160 μm .

Solarzellen haben, wie in Abbildung 1 gezeigt, einen Multischichtaufbau aus unterschiedlichen Materialien. Aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten von Silizium und Schichtmaterialien kommt es zu einer dauerhaften Verwölbung der Solarzelle (Abbildung 2 oben). Die Produktionspraxis zeigt, dass Solarzellen mit Verwölbungen ab etwa 2 mm in den Produktionsmaschinen nicht mehr prozessiert werden können. Es kommt beispielsweise zum Anschlagen der Waferkanten an Handlingeinheiten. Die Folge sind Risse im Silizium, die im Laufe der nachfolgenden Prozessschritte unter Belastung zum Bruch der Solarzelle führen können. Ziel der Arbeiten des Fraunhofer IWM Freiburg war es, das mechanische Verhalten und insbesondere die Verwölbung von Solarzellen mit unterschiedlichem Elektrodendesign numerisch zu beschreiben, um neue Schichtaufbauten bei Solarzellen bewerten und bezüglich minimierter Verwölbung optimieren zu können.

Vorgehensweise

Um Voraussagen über den Grad der Verwölbung bei unterschiedlichem Elektrodendesign treffen zu können, wurde ein anpassbares numerisches

Modell einer Solarzelle erstellt. Für realitätsnahe Werte der Verwölbung müssen die tatsächlichen Materialeigenschaften der Schichtmaterialien nach Durchlaufen der Zellherstellung bekannt sein. Diese wurden in einem speziellen Messaufbau ermittelt.

Ergebnisse

Abbildung 2 unten zeigt beispielhaft das Ergebnis einer numerischen Berechnung. Deutlich ist die gute Übereinstimmung von Modell und Realität zu erkennen. Dies gelingt nur, wenn die zuvor experimentell ermittelten Materialkennwerte Elastizitätsmodul und thermischer Ausdehnungskoeffizient der Schichtmaterialien verwendet werden. Somit steht ein verifiziertes, geometrisch variables numerisches Modell einer Solarzelle zur Berechnung der Verwölbung von Zellen mit neuen oder modifizierten Solarzellendesigns zur Verfügung. Im konkreten Fall konnte im Vergleich zu Solarzellen mit konventioneller Elektrodenkonfiguration bei modifizierter Bedruckungsgeometrie der Rückseite eine Reduzierung der Verwölbung um 50 Prozent erreicht werden.

Cordula Kohn
cordula.kohn@iwmm.fraunhofer.de

Leistungsbereich Trenntechniken, schädigungsarme Bearbeitung
Für spröde Werkstoffe werden spezielle Bearbeitungsverfahren entwickelt und optimiert: konturgenau und schädigungsarm für Halbleitermaterialien, für anorganische Gläser sogar verlustfrei. Weitere Schwerpunkte sind Untersuchungen zu Auswirkungen von Schädigungen auf die Festigkeit sowie Schadensanalysen.

Ansprechpartner

Dr. Rainer Kübler
rainer.kuebler@iwmm.fraunhofer.de

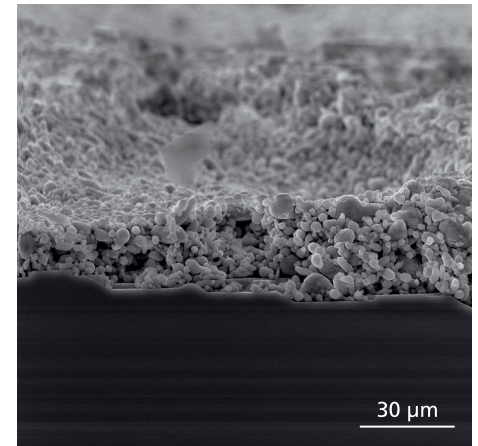
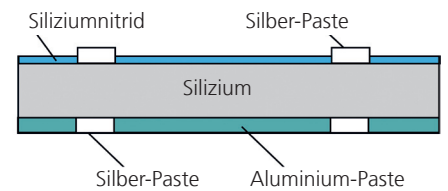


Abb. 1 Schematischer Aufbau einer Solarzelle (oben) REM-Aufnahme einer Solarzelle in Seitenansicht (unten).

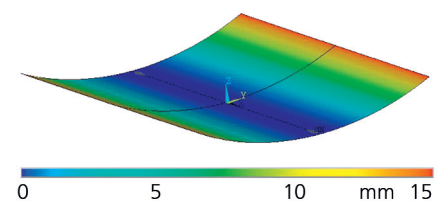


Abb. 2 Foto einer prozessierten 156 x 156 mm² Solarzelle (Waferdicke: 150 μm) sowie Ergebnis der numerisch berechneten Verwölbung einer entsprechenden Zelle.