



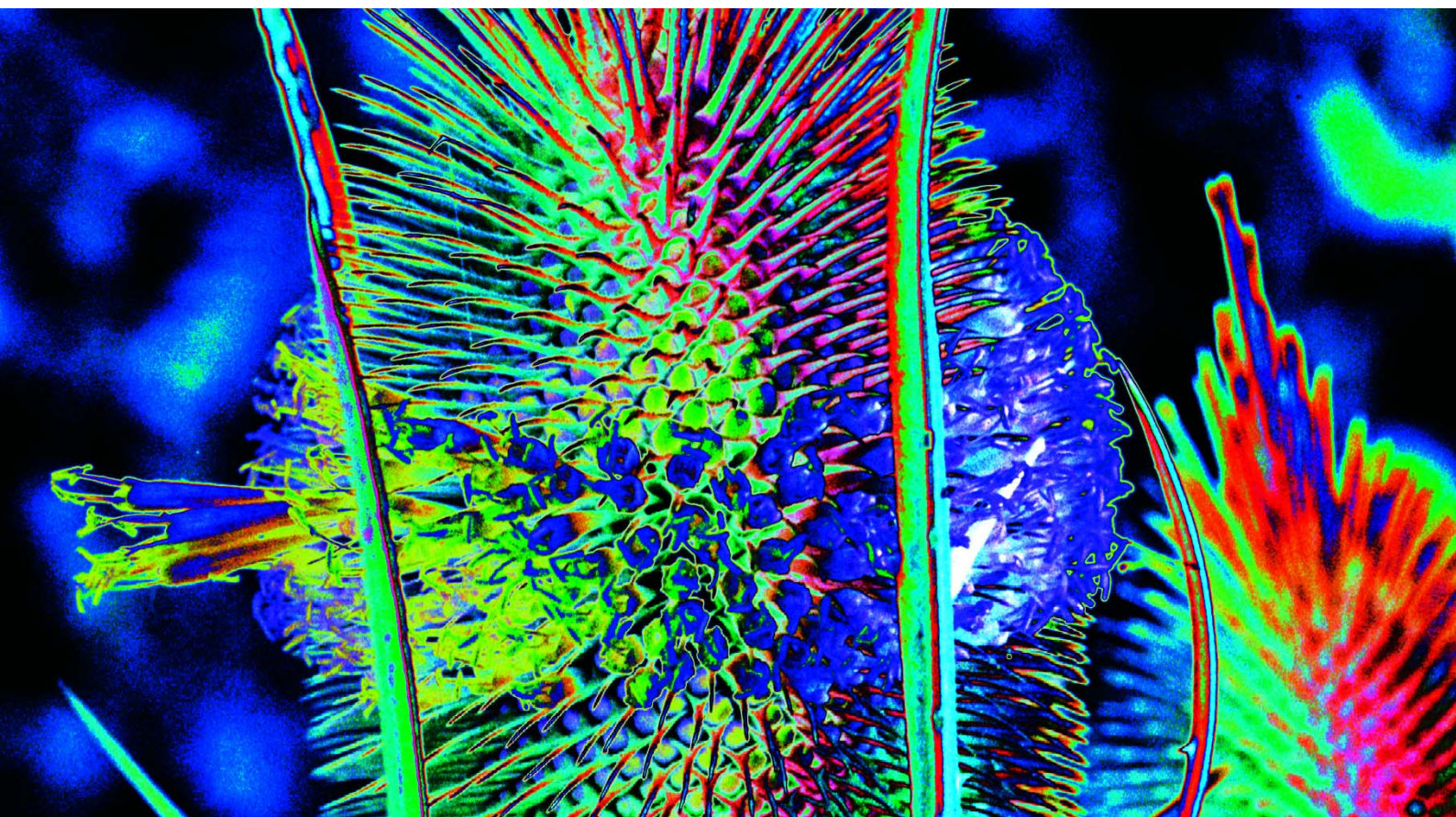
Fraunhofer Institut
Werkstoffmechanik

Jahresbericht 2005

Reduzierung von Bruchraten in der industriellen
Solarzellenfertigung

Leistungsbereich
Trenntechniken, schädigungsarme Bearbeitung

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



Reduzierung von Bruchraten in der industriellen Solarzellenfertigung

Ausgangssituation

Kristallines Silicium als Material für Solarzellen ist teuer, aber auch spröde und zerbrechlich. Während ihrer industriellen Verarbeitung werden Wafer und Zellen mechanisch und thermisch stark belastet und sind daher bruchgefährdet. Eine Bruchrate von einem Prozent verursacht in einer typischen Produktionslinie pro Jahr Kosten von der Größenordnung einer Million Euro. Die Reduzierung von Bruchverlusten bietet somit ein großes Potenzial für Kosteneinsparungen. Am Fraunhofer IWM werden die mechanischen Aspekte der industriellen Solarzellenfertigung auf der Basis der Bruchmechanik spröder Werkstoffe untersucht.

Vorgehensweise

Die Optimierung einer Fertigungslinie hinsichtlich Siliciumbruchs setzt die bruchmechanische Charakterisierung von Wafern nach Durchlaufen verschiedener Stationen der Prozesskette voraus. Das Fraunhofer IWM hat hierfür ein Konzept entwickelt und wendet es an industriellen Fertigungslinien an. Die Basis für diese vom BMBF geförderten Arbeiten (Projekte OPTIPRO, FACT2 und NEON) bilden die Schadens-, die Festigkeits- sowie die Prozessanalyse.

Mit Schadensanalysen an Wafern und Zellen, die während der Produktion gebrochen sind, werden mit fraktographischen Untersuchungen Bruchentstehung und Bruchablauf geklärt. Die Festigkeitsanalyse nach einzelnen bruchrelevanten Fertigungsschritten quantifiziert die maximale, von den Wafern ertragene mechanische Last. Fällt diese nach einem Fertigungsschritt ab, so wurden bei diesem Schritt rissartige Schäden in den Wafern eingetragen.

Mit einer Prozessanalyse wird die bei Prozess-Schritten auf die Wafer einwirkende Belastung quantitativ bestimmt.

Dies geschieht durch experimentelle Messungen und/oder durch numerische Simulation.

Zusätzlich werden Prüfverfahren eingesetzt, um eine frühzeitige Aussonderung vorgeschädigter Wafer und Zellen vorzunehmen, welche die weitere Prozessierung nicht überstehen würden.

Ergebnisse

Zahlreiche unterschiedliche Prozessschritte wie Handling, Ätzen, Metallisierung, Hochtemperaturprozesse (Diffusion, Fast Firing) wurden in unterschiedlichen industriellen Fertigungslinien analysiert. Es konnten viele Quellen für Bruchverluste identifiziert und Maßnahmen zur Bruchreduzierung abgeleitet werden. Prooftests zur Aussonderung vorgeschädigter Wafer wurden erarbeitet und erfolgreich angewandt. Der Schädigungseintrag beim Vereinzeln der Wafer (Sägen, Lasertrennen) wurde untersucht und die Durchbiegung dünner Wafer bei Oberflächenprozessierungen charakterisiert. Nach entsprechenden Verbesserungen und Modifikation der Prozessführung wurden die Bruchraten in zahlreichen Fällen deutlich reduziert.

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@iw.fraunhofer.de

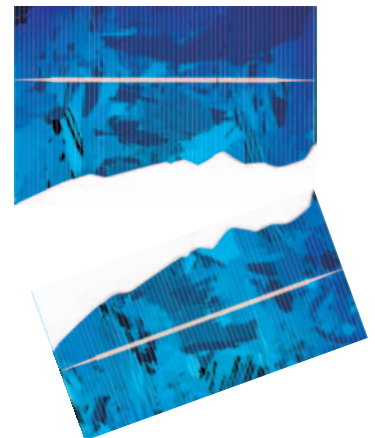
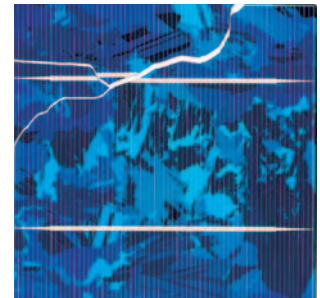
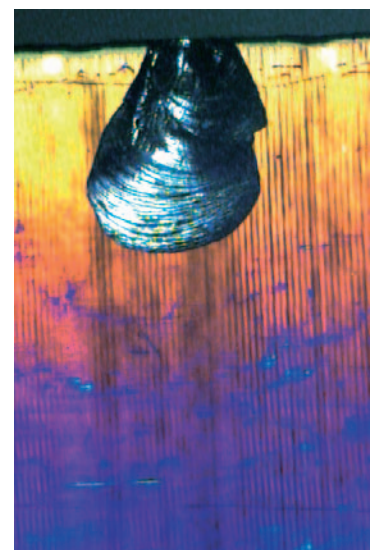


Abb. 1
Solarzellen, die bei einem Fertigungsschritt in Folge thermisch induzierter Spannungen gebrochen sind (Multikristallines Silicium 125 x 125 mm²).



500 µm

Abb. 2
Absplitterung an einer Waferkante als Folge eines Handlingfehlers (Anschlag des Wafers auf einem Stopperstift).