

Verfahren für die kreislaufwirtschaftliche Nutzung von Silizium mittels Gasphasen-Synthese (WISENT)

Die Sicherstellung einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Energieversorgung ist eines der zentralen Probleme dieses Jahrhunderts. Energieeinsparkonzepte und die Rückgewinnung von Materialien durch intelligente Kreislaufwirtschaft sind wesentliche Bestandteile eines verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen. Rohstoff-Knappheit und Halbleiter-Krise werfen Schlaglichter auf die Abhängigkeit der europäischen Wirtschaft von Rohstoffen aus Nicht-EU-Ländern. So erzeugt beispielsweise der Silizium-Mangel eine Rückkopplung mit den verschiedensten Wirtschaftszweigen.

Dem gegenüber stehen mehrere Millionen Tonnen Solarzellenabfall, die bereits bis zum Jahr 2035 durch End-of-use-Photovoltaik(PV)-Module zum Recycling zu erwarten sind, deren sortenreine Zerlegung eine aktuelle Herausforderung in Industrie und Forschung darstellt.

Das Projekt WISENT beschäftigt sich parallel dazu mit dem Folgeschritt: der wertschöpfenden Weiterverarbeitung des Silizium-Abfallmaterials nach Zerlegung der PV-Module (siehe Abbildung 1). Ziel ist es, das anfallende Material durch nachgeschaltete Prozessschritte für verschiedene Einsatzgebiete zu ertüchtigen.

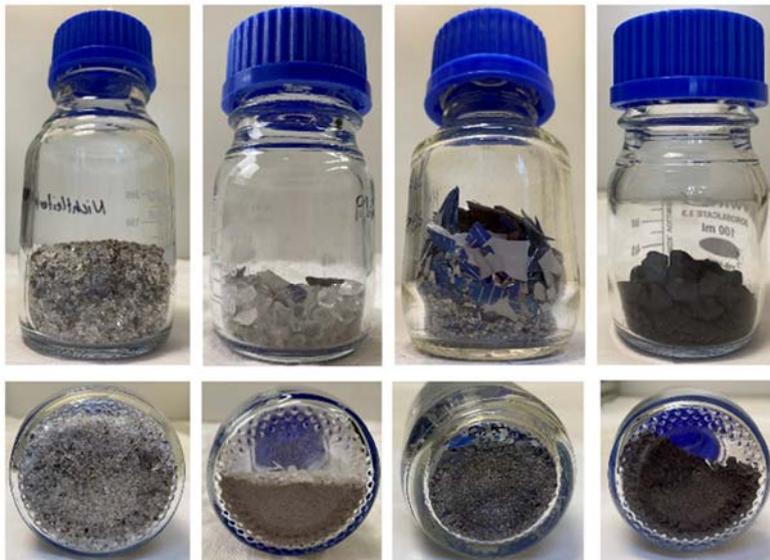


Abb. 1: *Verschiedene Qualitäten von siliziumhaltigem Abfall-Material.*

Die Bandbreite der möglichen Anwendungen reicht dabei von der Dioden-, Photovoltaik- und Solar modul-Fertigung über Lithium-Ionen-Batterien und thermoelektrische Generatoren bis hin zum Einsatz in Hochleistungskeramiken. Für die konkrete Umsetzung in allen industriellen Anwendungen, sind vor allem die folgenden Kriterien ausschlaggebend:

- i. Das verwendete Material muss kostengünstig herstellbar sein.
- ii. Die Spezifikationen des Materials müssen dennoch kompetitiv mit denen von konventionellen Materialien sein.
- iii. Für Anwendungen in der Elektronik muss darüber hinaus eine Aufreinigung speziell im Hinblick auf metallische Verunreinigungen und auch Sauerstoff gewährleistet, sowie die Dotierstoff-Konzentration einstellbar sein.

Der Fokus der Projektarbeiten liegt auf zwei wesentlichen Aspekten – dem Material- und dem Verfahrens-Aspekt. Das Material muss eingehend analysiert, vermahlen und danach in der Verarbeitung eine ausreichende Materialqualität sichergestellt werden. Zur Weiterverarbeitung wird pulverförmiges „end-of-use“-PV-Silizium in einen Gasphasenreaktor zur Nanomaterial-Herstellung eingespeist. Im Reaktor wird das Material einerseits durch eine wasserstoffhaltige Atmosphäre von Verunreinigungen durch Organik oder Sauerstoff befreit, andererseits kann ggf. eine Dotierung eingestellt werden. Als Alternative zu etablierten Sinterverfahren soll ein materialeffizientes laserbasiertes additives Fertigungsverfahren für die Verarbeitung des erzeugten Siliziumpulvers validiert werden. Das anvisierte Laser-Strahlschmelzen (engl.: laser powder bed fusion – LPBF) bietet dabei ein hohes Maß an geometrischer Gestaltungsfreiheit sowie die Möglichkeit der gezielten Einstellung von Werkstoffeigenschaften über entsprechende Gefügemodifikationen durch maßgeschneiderte Prozessparametereinstellung. Entscheidend für den Erfolg des Vorhabens sind die Material- und die elektrischen Eigenschaften sowohl des Ausgangsmaterials als auch der hergestellten Demonstratoren. Überprüft werden diese Eigenschaften mit verschiedenen Methoden. Die analytische, morphologische und elektrische sowie thermische Charakterisierung von Recycling-Silizium sowie der hergestellten aufgereinigten Silizium-Materialien geschieht mittels State-of-the-art-Methoden wie Pulver-Röntgendiffraktometrie, Rasterelektronenmikroskopie in Kombination mit elementspezifischer Analytik.

Elektrische Eigenschaften werden an kompaktierten Siliziumvolumenproben aus einem Standard-Sinterprozess charakterisiert. Auf dieser Basis kann die weitere Nutzbarkeit gut eingeschätzt werden. Die elektrische Charakterisierung erfolgt in 4-Kontakt-Geometrie, Hall-Charakterisierung in van-der-Pauw Geometrie, sowie die thermische Charakterisierung an den Sinterpresslingen.

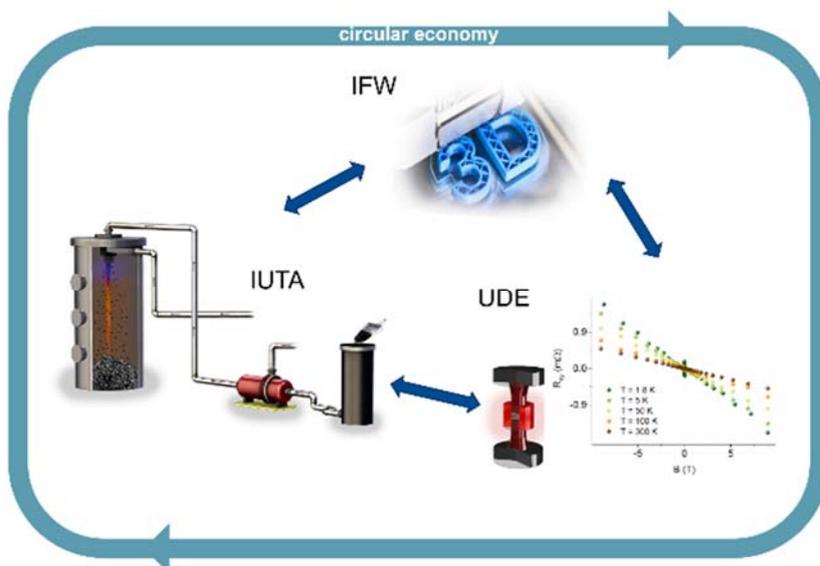


Abb. 2: Schematische Darstellung der kreislaufwirtschaftlichen Nutzung von end-of-use-PV-Silizium im Projekt WISENT.

Förderhinweis:

Das Forschungsvorhaben IGF-Nr. 22324 BG der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages