

Nanostrukturierte thermoelektrische Materialien

Prof. Dr. Martin S. Brandt, Dipl.-Phys. Benedikt Stoib, Dipl.-Phys. Anton Greppmair,
Walter Schottky Institut, Technische Universität München, 85748 Garching

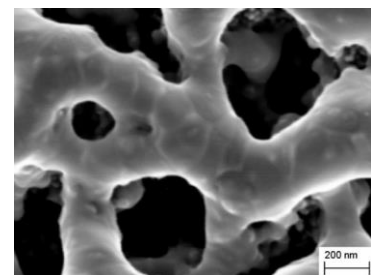
Thermoelektrische Materialien ermöglichen eine direkte und verschleißfreie Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie und umgekehrt. Sie finden heute schon Anwendung bei der Kühlung von elektronischen Bauteilen und stellen künftig einen Baustein zur umweltverträglichen Gewinnung elektrischer Energie aus Abwärme dar, beispielsweise aus der Verlustwärme in Autos und Industrieanlagen oder für den Betrieb autarker Sensoren.

Die Effizienz thermoelektrischer Materialien wird maßgeblich durch die Wandelbarkeit von Wärme in elektrische Energie und die elektrische bzw. thermische Leitfähigkeit bestimmt. Derzeit bestehen thermoelektrische Wandler für niedrige Arbeitstemperaturen vornehmlich aus Blei- und Tellurverbindungen, beides angesichts Toxizität und Nachhaltigkeit wenig umweltverträgliche Elemente. Nachhaltiger und nicht toxisch sind Silizium-Germanium-Legierungen, die bis jetzt aber eher bei höheren Temperaturen eingesetzt werden.

Ziel des Projektes ist es, den thermoelektrischen Anwendungsbereich von Silizium-Germanium-Legierungen in den Niedertemperaturbereich zu erweitern. Einen vielversprechenden Ansatz bietet dazu die Nanostrukturierung des Materials und die damit einhergehende Verminderung der thermischen Leitfähigkeit. Dabei ist das Vorhandensein einer Strukturierung auf verschiedensten Längenskalen entscheidend, die z. B. durch das gezielte Einbringen von Einschlüssen, Korngrenzen und Porosität erreicht werden kann.

In diesem Projekt werden ausgehend von Silizium- und Germanium-Nanopartikeln Schichten aus mikro- und nanostrukturiertem Silizium-Germanium hergestellt, wobei ein Lasersinterverfahren auf Basis von Nanopartikeltinten genutzt wird. Ein von der Arbeitsgruppe erfundenes Verfahren wird zur Dotierung des Materials hinsichtlich Toxizität, Materialeinsatz und Anwendbarkeit für Tintenstrahl-basierte Druckverfahren optimiert. Zur Herstellung der thermoelektrischen Generatoren kooperiert das Teilprojekt mit der Technischen Hochschule Nürnberg Georg-Simon-Ohm. Dazu wurden Si-Nanopartikel-Tinten für ein Drucken mittels Inkjet-Technologie bezüglich Viskosität in Garching optimiert und in Nürnberg zur Herstellung erster Teststrukturen verwendet. Die Charakterisierung mikroskopischer Eigenschaften der mesoporösen Filme wird in Kollaboration mit der Technischen Hochschule Deggendorf durchgeführt. Erste toxikologische Untersuchungen des Universitätsklinikums Erlangen zeigen, dass die untersuchten Zellkulturen vergleichsweise unempfindlich gegen Germanium-Nanopartikel sind, während einige Sorten von Siliziumpartikeln zu Reaktionen führen.

Bisher wurden zwei Arbeiten zur Wärmeleitfähigkeit dünner SiGe-Filme publiziert.^{1,2} International wurde vom Teilprojekt-leiter ein Symposium zu Nanopartikeln auf dem Spring Meeting der Materials Research Society in San Francisco organisiert und die Arbeiten im Projekt dort im Rahmen eines Vortrags durch einen Projektmitarbeiter vorgestellt.



*Rasterelektronenaufnahme
eines lasergesinterten
Nanopartikelfilms*

¹B. Stoib et al. „Thermal conductivity of mesoporous films measured by Raman spectroscopy“, *Applied Physics Letters* **104**, 161907 (2014)

²B. Stoib et al., „Spatially Resolved Determination of Thermal Conductivity by Raman Spectroscopy“, *arXiv:1408.1646*, in *Semicond. Sci. Technol.* akzeptiert