



Nanostrukturierte thermoelektrische Materialien

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

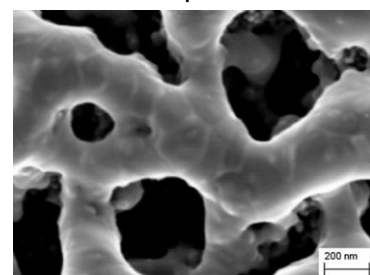
Thermoelektrische Materialien ermöglichen eine direkte und verschleißfreie Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie und umgekehrt. Sie finden heute schon Anwendung bei der Kühlung von elektronischen Bauteilen und stellen künftig einen Baustein zur umweltverträglichen Gewinnung elektrischer 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, oder neuartige organische Materialien wie das Polymergemisch PEDOT:PSS.

Ziel des Projekts war es, den thermoelektrischen Anwendungsbereich von Silizium-Germanium-Legierungen in den Niedertemperaturbereich zu erweitern. Einen vielversprechenden Ansatz bot 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 wurden ausgehend von Silizium- und Germanium-Nanopartikeln mikro- und nanostrukturierte Dünnschichten hergestellt, wobei ein Lasersinterverfahren auf Basis von Nanopartikel-Tinten genutzt wurde. Ein von der Arbeitsgruppe erfundenes Verfahren zur nasschemischen Dotierung der Nanopartikelfilme wurde hinsichtlich Umweltverträglichkeit, Materialeinsatz und Anwendbarkeit für Tintenstrahl-basierte Druckverfahren optimiert¹. Zur Herstellung der thermoelektrischen Generatoren kooperierte 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 von Teststrukturen verwendet. Die Charakterisierung mikroskopischer Eigenschaften der mesoporösen Filme wurde in Kollaboration mit der Technischen Hochschule Deggendorf durchgeführt. Messtechnischer Schwerpunkt der Arbeiten an der TU München stellten neuartige Verfahren zur Bestimmung der thermischen Leitfähigkeit dünner Filme dar. Neben laufenden Untersuchungen auf der Basis des Raman-Effekts^{2,3} entwickelte das Teilprojekt eine schnelle und großflächig anwendbare Methode zur Messung dieser Leitfähigkeit auf der Basis von Wärmebildkameras⁴.

Bisher wurden im Rahmen des Teilprojekts fünf Arbeiten publiziert und die Ergebnisse auf fünf internationalen Tagungen vorgestellt.



Rasterelektronenaufnahme
eines lasergesinterten
Nanopartikelfilms

¹B. Stoib et al., *Advanced Electronic Materials* 1, 201400029 (2015)

²B. Stoib et al., *Applied Physics Letters* 104, 161907 (2014)

³B. Stoib et al., *Semiconductor Science and Technology* 29, 124005 (2014)

⁴A. Greppmair et al., Preprint *arXiv:1608.00995*