

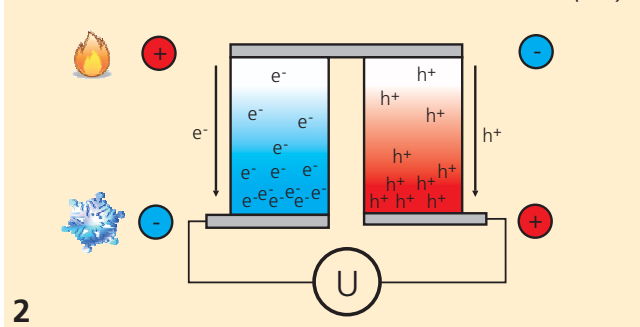
GEDRUCKTE THERMOELEKTRIK: MATERIALENTWICKLUNG FÜR FLEXIBLE THERMOELEKTRISCHE GENERATOREN

DIE AUFGABE

Die energieeffiziente Nutzung verfügbarer Ressourcen beinhaltet neben der Verbesserung von technischen Abläufen auch die Nutzung der in allen technischen Prozessen entstehenden Abwärme. Die hier verfügbare Wärmemenge stellt ein enormes Energiereservoir dar, welches in vielen Fällen ungenutzt bleibt. Mit Hilfe von thermoelektrischen Generatoren (TEG) kann anfallende Abwärme in elektrische Energie umgewandelt und dem Prozess wieder zugeführt werden. Dies erhöht die Energieeffizienz.

Ein klassischer TEG besteht aus zwei halbleitenden Materialien mit elektronenleitenden und lochleitenden Eigenschaften (n- und p-Leitung). In ihrer Kombination erzeugen diese Materialien im Falle eines anliegenden Temperaturgradienten eine elektrische Spannung (Seebeck-Effekt) zwischen der Warm- und Kaltseite (Abb. 2). Die erzeugte Seebeckspannung liegt im Bereich von einigen $\mu\text{V K}^{-1}$. Werden die halbleitenden Materialien jedoch elektrisch seriell verbundene Einzelspannungen auf.

Schematischer Aufbau eines thermoelektrischen Generators (TEG)



2

Zur großflächigen Nutzung von TEG werden neben effizienten und kostengünstigen Materialien auch massenfertigungstaugliche Herstellungsverfahren benötigt. Deshalb werden am Fraunhofer IWS Dresden thermoelektrische Materialien für Druckprozesse entwickelt und hinsichtlich ihrer thermoelektrischen Eigenschaften optimiert.

UNSERE LÖSUNG

Elektrisch leitfähige Polymere stellen aufgrund ihrer Eigenschaften eine interessante Materialklasse für die flexible Thermoelektrik dar. Das Verarbeiten dieser Polymere mit skalierbaren Druckverfahren ermöglicht eine massenfertigungstaugliche Technologie für den Bau von thermoelektrischen Generatoren.

Als Druckprozess wird der Dispenserdruck gewählt. Das maskenlose Verfahren ist sehr flexibel hinsichtlich Geometrie- und Parametervariationen und besitzt ein breites Verarbeitungsfenster für vielfältige Pasten. Dabei wird die Paste aus einem Vorratsbehälter durch eine feine Kanüle gefördert und in einem rasternden Verfahren auf ein Substrat gedruckt.

Als ein aussichtsreiches intrinsisch leitfähiges Polymer für die Thermoelektrik wird PEDOT:PSS¹ gehandelt. Der Seebeckkoeffizient von PEDOT:PSS in seiner oxidierten Form beträgt etwa $16 \mu\text{V K}^{-1}$. Durch die Zugabe von 6 Gew. % Dimethylsulfoxid (DMSO) kann die elektrische Leitfähigkeit von 8 auf 84 S cm^{-1} erhöht werden ohne den Seebeck-Koeffizienten negativ zu beeinflussen.

1 (poly(3,4-ethylenedioxythiophen) poly(styrolsulfonate)

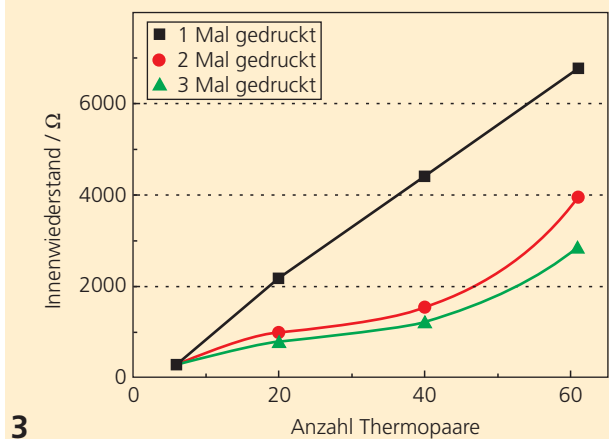


ERGEBNISSE

Als Substrat wird eine 75 μm dicke Polyimidfolie verwendet. Sie weist eine hohe Temperaturstabilität und gute Flexibilität auf. Die Verbindungsleiter werden mit einer Silberdruckpaste realisiert.

DMSO-modifiziertes PEDOT:PSS wird auf Bänder aus Polyimid mit einer Länge von z. B. 300 mm gedruckt. Dies entspricht 60 Paaren aus Silber und PEDOT:PSS. Die aufgedruckten Strukturen weisen eine Breite von 1 mm und eine Länge von 10 mm auf. Durch einen mehrlagigen Druck von PEDOT:PSS kann der Innenwiderstand des TEG deutlich verringert werden (Abb. 3).

Innenwiderstand eines gedruckten Polymer-TEG über der Anzahl an Thermopaaren (Silber-Polymer)

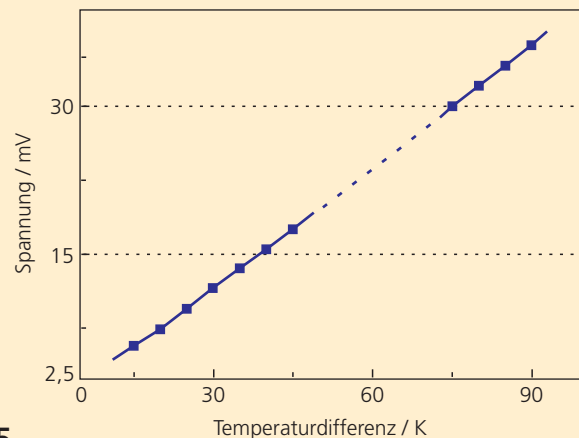


3

Nach dem Trocknen und Ausheizen wird das TEG-Band zur Charakterisierung auf einen Adapter aufgerollt (Abb. 4) und zwischen einer Wärmequelle und einer Wärmesenke platziert. Die Kaltseite wird konstant auf 20 $^{\circ}\text{C}$ gehalten und die Temperatur der Warmseite schrittweise erhöht. Mit steigender Temperatur nimmt die Leerlaufspannung des TEG linear zu.

Bei einer Temperaturdifferenz von 90 K kann eine Spannung von 37 mV erzeugt werden (Abb. 5).

Leerlaufspannung eines gedruckten TEG über der Temperaturdifferenz



5

- 1 Gedrucktes TEG-Band aus PEDOT:PSS und Silber
- 4 Flexibles TEG-Band aufgewickelt auf einen Adapter

KONTAKT

M.Sc. Lukas Stepien
 Telefon: +49 351 83391-3092
 lukas.stepien@iws.fraunhofer.de

