FILK Freiberg Institute

# FLEXIBLE POLYMERNANOKOMPOSITE MIT PELTIER-EFFEKT FÜR EINE AKTIVE KÜHLUNG IN POLYMERFLÄCHEN

BMWK IGF 21854 BR | Laufzeit: 06.2021 – 11.2023 | Dr. Martin Heise, FILK Freiberg; Dr. Silke Hampel, Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V. (IFW)

Kategorien: **Funktionale Schichtsysteme**, **Verfahren/Prozesse**

## AUSGANGSSITUATION

In elektrischen Geräten sind Kühlfunktionen seit langem Stand der Technik. Unterschiedliche Kühltechniken für eine dauerhafte, steuerbare und aktive Kühlung existieren. Dazu zählen die Stoffstromkühlung (Lüfter, Wasserkühlung), Phasenübergangskühlung (z. B. gas-flüssig-Übergänge in Kompressionskälteanlagen) und thermoelektrische Kühlung (Peltier-Elemente). Bei allen diesen Varianten der aktiv steuerbaren Kühlung sind Aggregate in Form von Lüftern, Kompressoren, Absorbern, Rohrleitungen, metallischen Platten etc. erforderlich. Aus diesem Grund sind diese auf die Anwendung in elektrischen Geräten und Anlagen (z. B. Kühlschränke, elektronische Bauelemente) beschränkt und nicht geeignet, um dünne, flächige, flexible Materialien, wie sie beispielsweise moderne Textilverbunde darstellen, zu kühlen.

## PROJEKTZIEL UND LÖSUNGSWEG

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung flächiger, flexibler Peltier-Elemente, die eine aktive Kühlung ermöglichen und für die Kaschierung mit Textilien zu flexiblen Textillaminaten geeignet sind. Die Basis der Peltier-Elemente bildeten n- und p-leitende Nanokomposite, die aus entsprechend n- bzw. p-dotierten Carbon Nanotubes (CNT) und Polyurethandispersionen (PUD) hergestellt wurden. Die pastösen Nanokomposite sollten mittels Digitaldruckverfahren in einer Weise appliziert werden, dass die für das Peltier-Element erforderliche Strukturierung in n- und p-dotierte Bereiche realisiert werden kann. Entsprechend geeignete dotierte CNT wurden durch chemische Gasphasenabscheidung synthetisiert und hinsichtlich thermoelektrischer Eigenschaften optimiert.

## ERGEBNISSE | NUTZEN

Mittels einer speziell angepassten Aerosol Gasphasenabscheidung (CVD) konnten erfolgreich n-dotierte CNT hergestellt werden. Hierzu wurde Acetonitril zum Gasstrom hinzugefügt und diente als stickstoffhaltige

Kohlenstoffquelle. Der Stickstoff in der Struktur der CNTs erzeugt den für die n-Dotierung benötigten Elektronenüberschuss. Die p-dotierten CNT konnten durch die Hochtemperaturbehandlung von industriell verfügbaren CNT hergestellt werden. Durch die hohen Temperaturen können vermehrt Defekte in der CNT erzeugt werden, was zu entsprechender Lochleitung führt. Durch Charakterisierung der thermoelektrischen Eigenschaften wurden Seebeck-Koeffizienten von ca. -15 µV/K für die n-dotierten CNT und ca. 60 µV/K für die p-dotierten CNT ermittelt.
Zur Realisierung der flexiblen Peltier-Kühler wurden die dotierten CNT zu Polyurethan (PU)-Dispersionen hinzugefügt, Folien hergestellt und die thermoelektrischen Eigenschaften der Komposite untersucht. Für die n-dotierten Komposite konnten Leitfähigkeiten von bis zu 173 S/m und für die p-dotierten Komposite von bis zu 560 S/m dargestellt werden. Der Seebeck-Koeffizient konnte mit ca. -15 µV/K für das n-dotierte Komposit und mit ca. 30 µV/K für das p-dotierte Komposit bestimmt werden.
Im Rahmen des Projektes wurde ein Digitaldruckprozess für die Herstellung fein strukturierter Peltier-Elemente (Strukturgrößen 200-600 µm für die einzelnen Komponenten) entwickelt. Die Demonstratoren besaßen eine Größe von 8x8 mm² bei einer Dicke von ca. 200-400 µm. Der Peltier-Effekt konnte erfolgreich nachgewiesen werden, erwies sich jedoch mit Temperaturdifferenzen von 5 mK als schwach ausgeprägt. Dennoch konnten durch die Forschungsergebnisse die Grundlagen für die Entwicklung flexibler, dehn- und knickbarer aktiver Kühlflächen für bspw. Textilien geschaffen werden. Bis dato sind derartige Lösungen nicht darstellbar gewesen. Von großem Interesse ist die Nutzung der Nanokomposite für die aktive Kühlung in persönlicher Schutzausrüstung für Einsatzkräfte (bspw. Feuerwehr) sowie in Bezugsmaterialien der Automobilindustrie.

## DANK

Das IGF-Vorhaben 21854 BR der Forschungsvereinigung FILK Freiberg Institute gGmbH, Meißner Ring 1-5, 09599 Freiberg wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir bedanken uns für die gewährte Unterstützung.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages