

Messung der Wärmeleitfähigkeit thermoelektrischer Materialien mittels Laserflash-Technik

Dr. André Lindemann

Einleitung

Für thermoelektrische Anwendungen werden zunehmend unterschiedliche Materialien, wie z.B. Bismuth-Tellurid, Blei-Tellurid und Skutterudite, eingesetzt. Für den wirtschaftlichen Einsatz z.B. in Kraftfahrzeugen oder Wärmekraftanlagen ist eine hohe Effizienz der thermoelektrischen Systeme erforderlich. Diese wird durch die Leistungszahl ZT (figure of merit) angegeben. Neben einem hohen Seebeck-Koeffizienten und einer hohen elektrischen Leitfähigkeit wird gleichzeitig eine geringe Wärmeleitfähigkeit gefordert. Ziel der Untersuchungen ist es, den Phononenanteil zu verringern und den elektronischen Beitrag an der Wärmeleitfähigkeit zu erhöhen. Das gelingt beispielsweise durch Dotierung oder durch die Erzeugung spezieller Gefügestrukturen (gezielte Phononenstreuung).

Versuchsdurchführung

Die Wärmeleitfähigkeitsmessungen wurden an scheibenförmigen Proben mit einer Dicke von 2 bis 3 mm und einem Durchmesser von 12,6 mm mit der LFA 457 *MicroFlash*[®] (Abbildung 1) durchgeführt. Die Stirnflächen der Proben waren planparallel.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 2 sind die spezifische Wärmekapazität sowie die Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit von $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ (P-38) dargestellt. Die spezifische Wärmekapazität zeigt nur einen leichten Anstieg bei zunehmender Temperatur. Die Temperaturleitfähigkeit nimmt im Tieftemperaturbereich bei steigender Temperatur ab und steigt bei höheren Temperaturen wieder stark an. Bei tiefen Temperaturen entspricht dies dem



1 LFA 457 *MicroFlash*[®] für Messungen zwischen -125 °C und 1100 °C

Verhalten eines reinen Phononenleiters mit der bekannten $1/T$ -Abhängigkeit [1]. Bei höheren Temperaturen dominiert der Beitrag durch die freien Elektronen bzw. Löcher, die mit steigender Temperatur im Halbleiter-Material zunehmend generiert werden. Die Wärmeleitfähigkeit folgt diesem Verlauf auf-grund der geringen Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität.

APPLICATION NOTE Messung der Wärmeleitfähigkeit thermoelektrischer Materialien mittels Laserflash-Technik

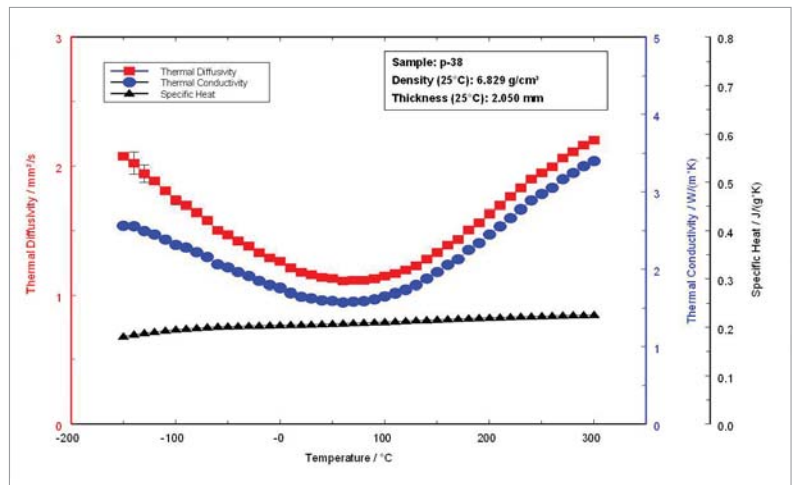
Abbildung 3 zeigt den Vergleich der Wärmeleitfähigkeit für die p- und n-leitenden Schichten P-38 ($\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$) und N38 ($\text{Bi}_2\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{2,8}$). Bei $-150\text{ }^\circ\text{C}$ ist die Wärmeleitfähigkeit bei beiden Materialien etwa gleich. Bis Raumtemperatur ist die Abnahme der Wärmeleitfähigkeit von N-38 geringer im Vergleich zu P-38. Vermutlich nimmt der Phononenanteil an der Wärmeleitfähigkeit für P-38 stärker ab. Der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit bei höheren Temperaturen ist für beide Materialien etwa gleich. Daraus lässt sich für beide Materialien ein ungefähr gleicher Anteil des Elektronen/Lochbeitrags schlussfolgern. In beiden Fällen wurde eine vergleichsweise geringe Wärmeleitfähigkeit ermittelt. Der starke Anstieg bei höheren Temperaturen könnte auf eine hohe elektrische Leitfähigkeit hinweisen, was eine hohe Leistungszahl ZT (figure of merit) für diese Materialien vermuten lässt.

Zusammenfassung

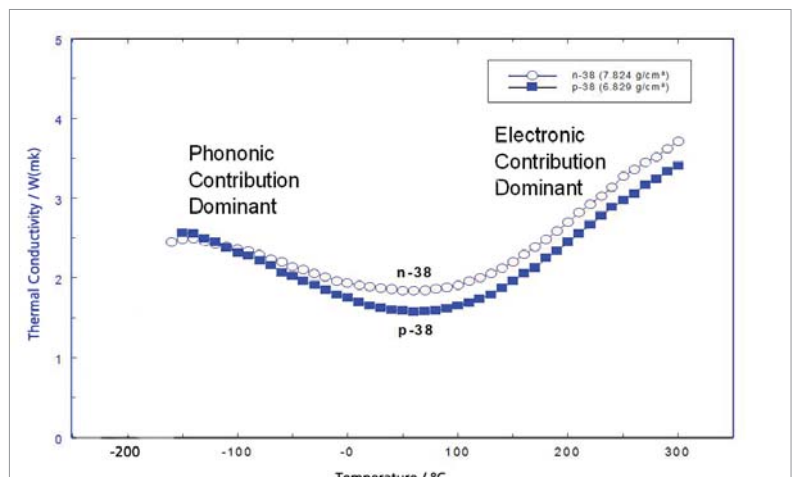
Ein Laserflash-System wurde zur Untersuchung der thermophysikalischen Eigenschaften von verschiedenen thermoelektrischen Materialien eingesetzt. Es konnte gezeigt werden, dass die Laserflash-Methode für die Optimierung thermoelektrischer Materialien (geringe Gitterleitung und hoher ZT-Wert) sehr gut geeignet ist, Temperaturleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit direkt zu bestimmen. Somit lassen sich mit der LFA 457 *MicroFlash*[®] Aussagen über die optimale Struktur und Zusammensetzung thermoelektrischer Materialien treffen.

Literatur

[1] C. Kittel, H. Krömer, Thermodynamik, 5. Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München (2001)



2 Thermophysikalische Eigenschaften der Probe P-38



3 Wärmeleitfähigkeit für P-38 und N-38