



# ELEKTROKALORISCHE KÜHLELEMENTE IN MEHRLAGENTECHNIK

Dipl.-Chem. Christian Molin, Dr. Peter Neumeister, Dr. Holger Neubert, Dr. Sylvia Gebhardt

Für die Realisierung aktiver Kühlelemente vor allem in der Leistungselektronik, aber auch für Klimaanlageanlagen ist die Anwendung des elektrokalorischen Effekts von großem Interesse. Der Ansatz nutzt die Eigenschaft bestimmter ferroelektrischer Keramiken, auf Änderungen der elektrischen Feldstärke im Material mit einer deutlich messbaren Abkühlung oder Erwärmung zu reagieren.

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms (SPP) »Ferroic Cooling« entwickelt das Fraunhofer IKTS elektrokalorische Werkstoffe und Bauteile, die eine hohe Temperatur- und Entropieänderung und geringe dielektrische Verluste während des Kühlens zeigen. Die gezielte Auswahl und Synthese der Werkstoffe ist dabei ebenso von Bedeutung wie die Entwicklung einer geeigneten Technologie zur Herstellung passender Kühlelemente sowie die Identifikation der optimalen Elementgeometrie und der Betriebsbedingungen.

Ein starker elektrokalorischer Effekt wird in der Nähe des Phasenübergangs zwischen ferroelektrischer und paraelektrischer Phase in ferroelektrischen Werkstoffsystemen beobachtet. Ein wichtiges Augenmerk liegt bei der Werkstoffsynthese daher auf der Einstellung der Phasenübergangstemperatur nahe der Anwendungstemperatur. Durch geeignete Zusätze und Prozessführung sollen zudem die dielektrischen Verluste gesenkt und die Durchschlagsfestigkeit des Kühlelements erhöht werden. Die keramische Mehrlagentechnologie bietet die Möglichkeit, großflächige Bauteile mit hohem Kühlvolumen und niedriger Betriebsspannung zu fertigen.

Für Kühlaufgaben im Bereich der Raumtemperatur wird das Materialsystem Bleimagnesiumniobat-Bleititanat (PMN-PT) in seiner stöchiometrischen Zusammensetzung und durch den Zusatz von Dotierungen gezielt eingestellt. Zur Herstellung von Multilayerelementen werden Keramikfolien durch Foliengießen gefertigt und im Siebdruckverfahren mit Elektrodenstrukturen bedruckt. Im Anschluss werden die bedruckten Folien bis zur gewünschten Elementhöhe gestapelt, isostatisch miteinander verpresst und mit Hilfe eines Lasers vereinzelt. Je nach Anforderung lassen sich so Bauteile verschiedener Größe und Dicke fertigen.

Die gesinterten Kühlelemente zeichnen sich durch ihre geringe Einzellagendicke zwischen 20 und 90 µm aus, welche zu einer gesteigerten Durchschlagsfestigkeit im Vergleich zu Vollkeramiken führen. Durch Anlegen eines elektrischen Feldes von 16 kV/mm an ein Mehrlagenbauteil mit 18 mm Länge, 8 mm Breite und 1 mm Dicke wird derzeit eine elektrokalorische Temperaturänderung von 2,7 K erzielt.

Die künftige Entwicklung konzentriert sich auf die Herstellung von Multilayerkomponenten, die an spezifische Systemauslegungen angepasst sind.

- 1 Gesinterte Mehrlagenstrukturen verschiedener Geometrien.
- 2 FESEM-Aufnahme von PMN-PT Mehrlagenstrukturen mit Schichtdicken von 39 µm (links) und 86 µm (rechts).

