

# Hochwärmeleitfähige Siliciumnitrid-Keramik für die Leistungselektronik

Dr. Eveline Zschippang, M.Sc. Lea Schmidtner, Dr. Mathias Herrmann

Siliciumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )-Werkstoffe zeichnen sich durch exzellente mechanische und tribologische Eigenschaften selbst bei hohen Temperaturen aus. Darüber hinaus kann durch Anpassung der Zusammensetzung und Mikrostruktur die Wärmeleitfähigkeit von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  auf bis  $100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  eingestellt werden. Diese Kombination aus hoher Festigkeit und guter Wärmeleitfähigkeit ist unikal und führt zu einer sehr hohen Thermozyklenbeständigkeit und Lebensdauer von  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -basierten Substraten. Diese Eigenschaften verbunden mit dem hohen elektrischen Widerstand und der Spannungsfestigkeit des Werkstoffs nutzt das Fraunhofer IKTS im BMWK-Projekt CuSiN (FKZ: 3ETE025) für die Entwicklung aktiv-gelöteter Kupfer-Siliciumnitrid-Verbunde (active metal brazed-Substrate, AMB) für den Einsatz als zuverlässige Schaltungsverträge in der Leistungselektronik.

Im Rahmen einer Werkstoffanpassung im Labormaßstab wurden der Einfluss von Art und Menge der oxidischen Additive sowie der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Pulverqualitäten untersucht. Aus kostengünstigen  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Pulvern mit niedrigem Sauerstoffgehalt und verringerten Aluminiumverunreinigungen konnten Werkstoffe mit Wärmeleitfähigkeiten von  $> 90 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  realisiert werden. Die im Labormaßstab entwickelte Granulatzusammensetzung wurde in den kleintechnischen Maßstab (10 kg Skalierung) überführt. Aus den gut-pressfähigen Granulaten wurden über uniaxiales oder kalisostatisches Pressen Blöcke mit den Abmessungen  $320 \times 230 \times 45 \text{ mm}$  bzw.  $265 \times 195 \times 60 \text{ mm}$  hergestellt. Beim Sintern großer Blöcke müssen Temperaturgradienten beim Aufheizen und Abkühlen berücksichtigt werden. Mittels Modellierung konnten kritische Spannungen während des Sinterprozesses abgeschätzt und die Sinterpraxis optimiert werden. Aus den gesinterten Blöcken stellte das Fraunhofer CSP in Halle

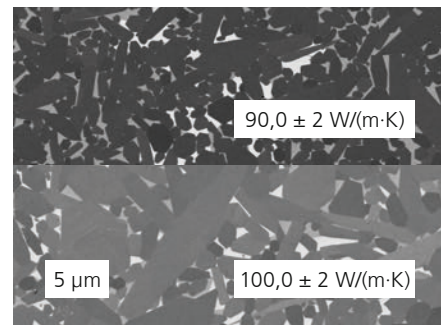
über Violdrahtsägen  $7,5 \times 5,5$  Zoll-Substrate her. Die erzielten Substrate mit niedriger Rauheit und hoher Ebenheit bedürfen keiner mechanischen Nachbearbeitung der Substratoberfläche für die nachfolgende Metallisierung. Zudem ist die Substratdicke von beispielsweise  $320 \mu\text{m}$  bis zu  $100\text{--}150 \mu\text{m}$  zielgenau einstellbar.

Neben der entwickelten AMB-Technologie qualifizierte das Forschungsteam auch Methoden für die Charakterisierung der Substrate hinsichtlich der Gefüge, der thermischen, mechanischen, elektrischen und dielektrischen Eigenschaften (Steinborn et al., S. 62 und Gnauck et al. S. 59).

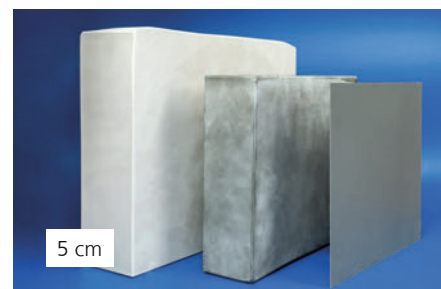
Durch weitere Optimierung des Werkstoffs und des Sinterregimes sind Wärmeleitfähigkeiten  $> 100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  realisierbar.

## Leistungs- und Kooperationsangebot

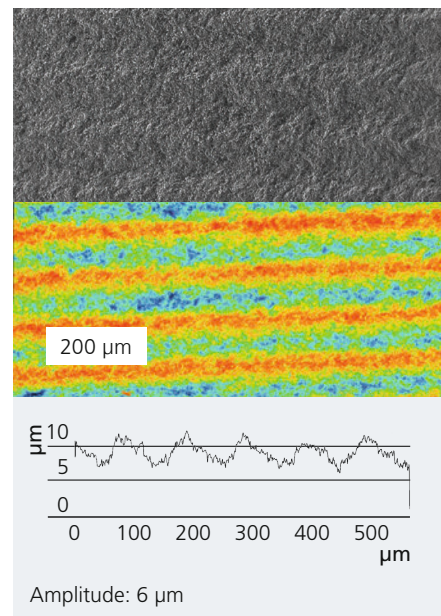
- Entwicklung von Nitridwerkstoffen mit applikationsoptimierten Eigenschaften
- Charakterisierung von Substraten hinsichtlich mechanischer, thermischer und elektrischer Eigenschaften



Gefüge einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik vor (oben) und nach (unten) der Sinteroptimierung.



Grün- und Sinterkörper aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  sowie daraus über Drahtsägen am Fraunhofer CSP hergestelltes Substrat mit einer Dicke von  $320 \mu\text{m}$ .



Laserscanning-Mikroskop- und FESEM-Aufnahme der gesägten  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Oberfläche.