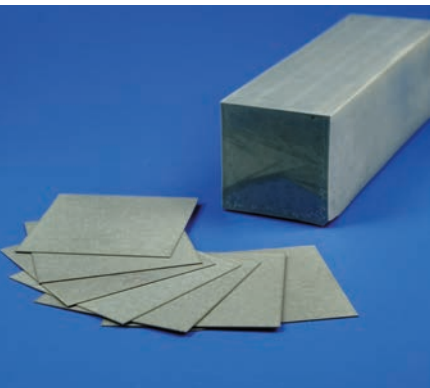
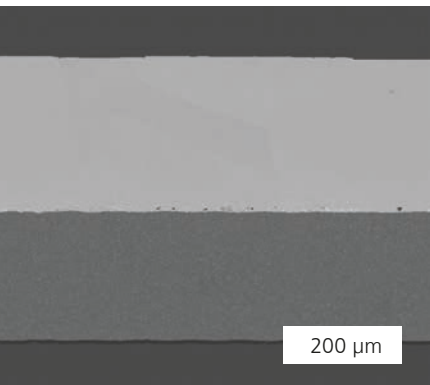


Günstige Kupfer-Siliciumnitrid-Verbunde als Schaltungsträger für Leistungselektronik

**Dr. Jochen Schilm, Dr. Axel Rost, Dr. Mathias Herrmann,
Dipl.-Ing. Lea Schmidtner, Dr. Eveline Zschippang, Dr. Sindy Mosch,
Dr. Nikolai Trofimenko, Dr. Lars Rebenklau, Dipl.-Ing. Henry Barth**



Mittels Vieldrahtsägen hergestellte Si_3N_4 -Keramik-Substrate (2 x 2 Zoll).



Fügezone eines aktivgelöteten $\text{Cu-Si}_3\text{N}_4$ -Verbundes.



Messaufbau mit AMB-Prüfling und PRPD-Pattern (Phasen aufgelöste Teilentladungsverteilung).

Strukturierte Metall-Keramik-Substrate stellen als Schaltungsträger eine wichtige Komponente für leistungselektronische Baugruppen dar. Bestehende Lösungen, wie direkt gebondete Kupfer-Aluminiumoxid- (DBC, direct bonded copper) oder aktiv gelötete Kupfer-Aluminiumnitrid-Verbunde (AMB, active metal brazing) werden zukünftigen Anforderungen der Elektromobilität sowie dem Potenzial neuer auf Siliciumcarbid (SiC)-basierender Halbleiterbauelemente nicht mehr gerecht. Eine Lösung versprechen Verbunde mit Siliciumnitrid (Si_3N_4)-Keramiken mit ihren überragenden mechanischen Eigenschaften. Damit werden Metall-Keramik-Substrate möglich, die in leistungselektronischen Baugruppen eine deutlich verbesserte Stabilität gegenüber aktiven und passiven Thermozyklen aufweisen.

Im Verbundvorhaben CuSiN entwickelt das Fraunhofer IKTS gemeinsam mit Partnern zuverlässige und leistungsfähige Kupfer-Siliciumnitrid-Verbunde ($\text{Cu-Si}_3\text{N}_4$) über das Aktivlöten (AMB-Technologie). Keramische Si_3N_4 -Substrate mit Dicken < 320 µm, hergestellt mittels Vieldrahtsägen gesinterter Si_3N_4 -Blöcke, weisen bereits heute Wärmeleitfähigkeiten > 90–100 $\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ und Festigkeiten > 700 MPa auf (Bild oben). Die Basis hierfür bilden besonders sauerstoffarme Si_3N_4 -Pulver in Verbindung mit aluminiumfreien Additiven. Neu ist auch die Möglichkeit, kompakte Si_3N_4 -Presskörper mit Dimensionen bis zu 5 x 7 Zoll zu homogenen und hochwertigen Gefügen versintern zu können.

Für das stoffschlüssige Fügen von Kupferfolien gegen Si_3N_4 -Substrate über das Aktivlöten sind neue, für den automatisierten Siebdruck taugliche Aktivlotpasten erforderlich. Neben guten Verbundfestigkeiten (derzeit bis 25 N pro mm-Kupferbreite) sind möglichst poren-

arme Fügezonen für eine hohe Zuverlässigkeit der Verbunde zu realisieren (Bild in der Mitte). Erreicht wird dies durch Rezepturen mit homogen verteilten, minimalen Anteilen an Aktivphasen und Lotschichten von weniger als 25 µm. Zudem ist eine zuverlässige Entfernung organischer Binderkomponenten aus gedruckten Lotschichten in flächigen $\text{Cu-Si}_3\text{N}_4$ -Anordnungen im Ultrahochvakuum unterhalb von 380 °C möglich. Hierdurch gelang es, den Fügeprozess hinsichtlich defektarmer Fügezonen, hoher Verbundfestigkeiten und minimierter Lotmengen weiter zu optimieren.

Im Bereich der Charakterisierung aktivgelöteter $\text{Cu-Si}_3\text{N}_4$ -Verbunde stellen Untersuchungen zum Teilentladungsverhalten ein für Metall-Keramik-Verbunde neues Thema dar. Die Teilentladungsmessung ist ein zerstörungsfreies Messverfahren, um Defekte in Dielektrika zu detektieren. Mit eigens dafür angepassten Messaufbauten und Analysemethoden konnten Teilentladungsprozesse mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst und über eine Korrelation mit Werkstoff- bzw. Verbundeigenschaften ein Verständnis für diese Effekte geschaffen werden.

Die im Rahmen von CuSiN gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen als Leistungsangebot die Entwicklung von Si_3N_4 -Keramiken, Aktivlotpasten und Aktivlötprozessen sowie die materialwissenschaftliche und elektrische Charakterisierung von Kupfer-Keramik-Substraten.

Gefördert durch:

 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages