

Forschungsberichte Neue Materialien aus dem Fachgebiet  
Disperse Feststoffe TU Darmstadt

Band 11

**Christine Engel**

**Elektrische Eigenschaften gefüllter  
Pyrolyse-Keramiken im System Si-O-C**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Engel, Christine:*

Elektrische Eigenschaften gefüllter Pyrolyse-Keramiken im System Si-O-C/  
Christine Engel. Aachen: Shaker, 2001

(Forschungsberichte Neue Materialien aus dem Fachgebiet

Disperse Feststoffe TU Darmstadt; Bd. 11)

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-8892-4

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8892-4

ISSN 1434-503X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Elektrische Eigenschaften gefüllter Pyrolyse-Keramiken im System Si-O-C

Die Verwendung von Füllstoffen wie  $\text{MoSi}_2$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in Pyrolyse-Keramiken im System Si-O-C führt zu einem breiten Variationsspektrum des spezifischen elektrischen Widerstandes und seiner Temperatur- und Frequenzabhängigkeit. Diese Eigenschaften sowie die ihnen zugrunde liegenden Leitungsmechanismen können auch durch die Herstellungsbedingungen wesentlich beeinflusst werden.

Ungefüllte Si-O-C-Keramiken weisen halbleitendes elektrisches Verhalten auf. Je nach Herstellung variiert der spezifische Widerstand dieser Materialien um mehrere Größenordnungen zwischen  $5,7 \cdot 10^5$  und  $2,5 \cdot 10^{11} \Omega\text{-cm}$ . Zwei verschiedene Phasen werden für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich gemacht. Die erste ist eine amorphe Si-O-C-Restphase, die auch nach einer Phasenseparation (Ausscheidung von „freiem“ Kohlenstoff, SiC und/oder  $\text{SiO}_2$ ) noch vorhanden ist. Hier wird die elektrische Leitfähigkeit durch das für amorphe Halbleiter typische *variable-range* Hopping (VRH) bestimmt.

Ein thermisch aktivierter Mechanismus ist für den Ladungsträgertransport in der zweiten leitfähigen Phase verantwortlich, die in den Keramiken mit höheren Herstellungstemperaturen ( $\geq 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ ) detektiert wurde. Vermutlich spielen für dieses Material typische *basic structural units* (BSUs) aus „freiem“ Kohlenstoff eine wesentliche Rolle.

Bei dem Einsatz von isolierendem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als Füllstoff wird der spezifische Widerstand im Vergleich zu ungefüllten Si-O-C-Keramiken nach einer Pyrolyse bei  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$  um bis zu fünf Größenordnungen verringert. Dafür verantwortlich ist eine Phasenseparation, die zu einer Kohlenstoff-Anreicherung in der Si-O-C-Phase führt. Bei dem Aufheizen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -gefüllter Keramiken in sauerstoffhaltiger Atmosphäre findet bei etwa  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  ein starker, nicht reversibler Widerstandsanstieg statt. Die relativ hohe offene Porosität dieser Keramiken ermöglicht die Oxidation des Kohlenstoffs aus der Si-O-C-Phase, so daß die Zustandsdichte der Ladungsträger verringert wird.

In  $\text{MoSi}_2$ -gefüllten Si-O-C-Keramiken wird der spezifische Widerstand in erster Linie durch den Volumenanteil des Füllstoffs bestimmt. Mit steigendem  $\text{MoSi}_2$ -Anteil steigt die Leitfähigkeit um insgesamt 14 Größenordnungen an, wobei ein typischer Perkolationsprung mathematisch durch die *generalized effective media*-Theorie beschrieben wird. An der Perkolationschwelle findet parallel zu dem ausgeprägten Leitfähigkeitsanstieg eine Änderung des Leitungsmechanismus statt.