

Titanoxide als Innovationsbasis für Elektroden, Varistoren und Heizleiter

Dr. Hans-Peter Martin, Dipl.-Ing. Katrin Schönfeld

Titanoxide sind in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr variabel. Damit verbunden ist die Variabilität der elektrischen Eigenschaften in einem weiten Bereich, so dass elektrische Komponenten mit vielfältigen elektrischen Funktionen hergestellt werden können. Am Fraunhofer IKTS werden Titanoxide kundenspezifisch für Anwendungen in der Energietechnik, Medizintechnik, Elektronik, Elektrotechnik oder Kernfusion entwickelt.

Titanoxide bringen zusätzlich keramiktypische Eigenschaften wie Abrasionsfestigkeit, Härte, Steifigkeit und mechanische Belastbarkeit mit und bieten somit die Chance für neue multi-funktionale Komponenten und Bauteile. Das vollständig oxidierte Titandioxid (TiO_2) kann über Dotierungen vom elektrischen Isolator zum elektrischen Leiter verändert werden (Tab. 1). Titandioxid ist unter oxidierender Atmosphäre bis über 1500 °C chemisch stabil und somit bis in den Hochtemperaturbereich einsetzbar. Unter reduzierenden Bedingungen bildet Titandioxid Sauerstoff Fehlstellen, die auch ohne Dotierung zu einer elektrischen Leitfähigkeit führen. Die Titanoxid-Magnéli-Phasen der Formel $\text{Ti}_{1-x}\text{O}_{2n-1}$ besitzen deutliche Sauerstoffdefizite und sehr niedrige elektrische Widerstände (Tab. 1).

Tab. 1: Größenordnung elektrischer Widerstände verschiedener Titanoxidtypen (Raumtemperatur)

TiO_2	TiO_2 , dotiert	Ti_4O_7 (Magnéli-Phase)
$10^{12} \Omega\text{cm}$	$10^0 \Omega\text{cm}$	$10^{-3} \Omega\text{cm}$

Technisch weniger bedeutend sind metallähnliche Oxide wie TiO und $\text{TiO}_{0,5}$, die sich elektrisch wie Metalle verhalten. Titanoxide mit Sauerstoffdefizit sind gegenüber TiO_2 allerdings bei Temperaturen über 400 °C oxidationsempfindlich und deshalb nur bei moderaten Temperaturen betriebsstabil. Titandioxid erreicht für ein Einzeloxid einen außergewöhnlich hohen elektrischen Permittivitätswert (ϵ_r) von 100. Abhängig von der Frequenz können die Permittivitätszahlen sogar Werte bis fast 1000 erreichen (Abb. 1). Auch die elektrische Permittivität ist adaptierbar. Im Verbund mit ZrO_2 oder CeO_2 kann ein TiO_2 -Komposit einen fast frequenzunabhängigen ϵ_r -Wert zwischen 30–50 erreichen.

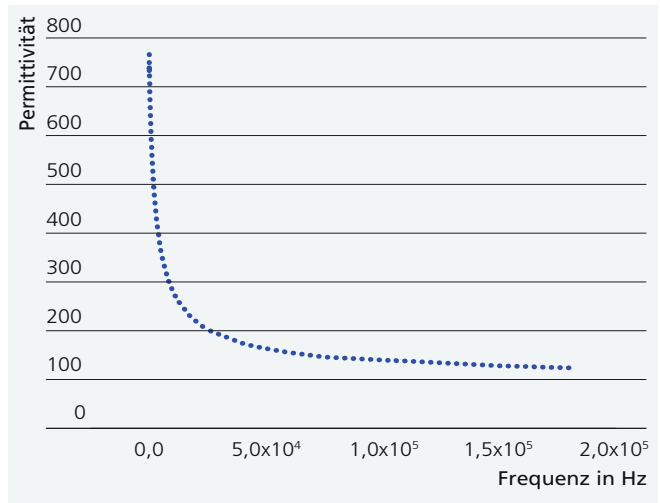


Abb. 1: Frequenzabhängige Permittivität von TiO_2 .

Eine Kombination von dotierten Titandioxidkörnern mit Korngrenzbereichen, die elektronische Barrieren zwischen den TiO_2 -Körnern aufbauen (Abb. 2), führt zu Niederspannungsvaristoren (Wechsel vom Isolator zum elektrischen Leiter bei einer definierten Schaltspannung). Diese schalten im Unterschied zu kommerziellen Varistoren bereits bei einer elektrischen Feldstärke im Bereich 10–100 V/mm von elektrischer Isolation auf elektrische Leitung. Auch die Kombination von elektrisch isolierenden Bereichen mit elektrisch leitenden Bereichen in monolithischer Fertigung ist fertigungstechnisch mit Titanoxid umsetzbar (Abb. 3). Insbesondere für Elektroden in der Plasmatechnik oder für hochtemperaturstabile elektrische Komponenten wurde hiermit eine Innovationsbasis erschlossen.

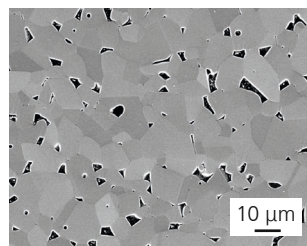


Abb. 2: Gefüge eines TiO_2 -Varistors.



Abb. 3: Isolierendes und leitfähiges Titanoxid.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Anpassung von Titanoxidwerkstoffen auf Anwenderaufgaben
- Testfertigung von Komponenten zur Testung des Betriebsverhaltens beim Anwender
- Messen von elektrischen Parametern für Werkstoffe bei Raumtemperatur und bis zu 1400 °C
- Konzepte und Technologien zur Herstellung und Integration für den Einsatz von Titanoxid- und anderen Keramikkomponenten