

Al₂O₃-Keramiken mit kontrollierbar einstellbaren Widerständen von 10⁶...10¹³ Ω·cm bzw. Ω

Autoren: Ranko Adjiski, Rene Söllner, Ulf Herrmann
QSIL Ceramics GmbH

Einführung

Grundlagen

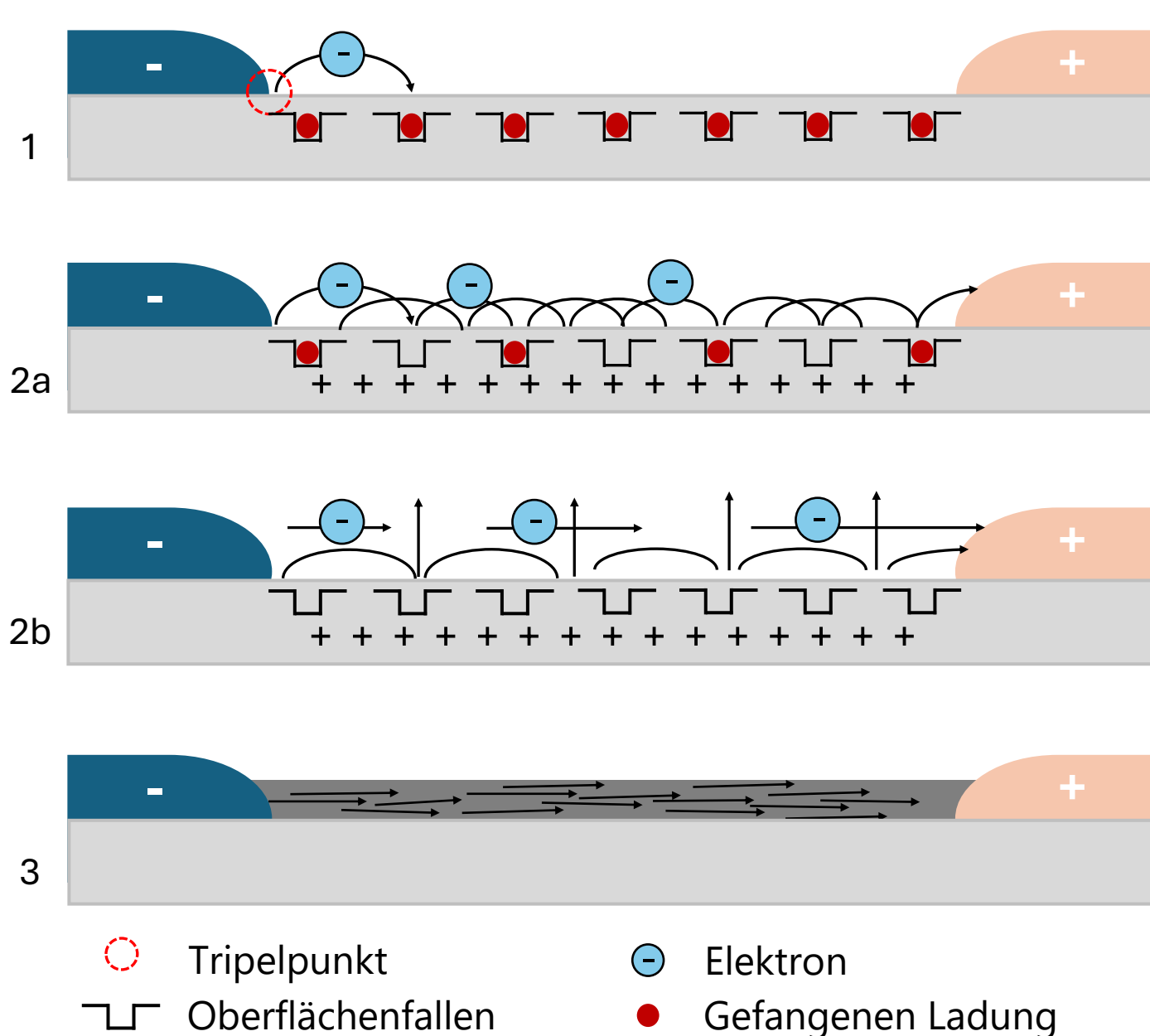
- Bildgebende Systeme auf Basis von Röntgenstrahltechnologien sind in vielen fortschrittlichen Technologien verbreitet, wie z.B. in zerstörungsfreien industriellen Werkstoffprüfungen, Gepäck-Scannern, medizinische diagnostische Bildgebungsverfahren und als Charakterisierungstools in der Analytik und Qualitätssicherung.
- Heute sind die Anoden- und die Kathodenisolatoren der Röntgenquellen meist aus Aluminiumoxidkeramik gefertigt, das für seine guten Isolationseigenschaften bekannt ist.

Trends auf dem Markt

- Reduzierung der Systemgröße sowie mobile Geräte für mehr Komfort und Manövrierbarkeit
 - Bedarf an kleineren und leichteren Röntgenquellen
- Verbesserung der Auflösung und Bildgebungsleistung
 - Bedarf nach höheren Betriebsspannungen

Problemstellung

- Die Al₂O₃-Isolatoren in den Hochleistungsvakuümrohren „leiden“ unter Elektronenansammlungen bei hohen Spannungen, die zu Oberflächenentladungen und damit zum vorzeitigen Ausfall der Röntgenröhren führen können.



Skizze der physikalischen Prozesse bei Oberflächenentladungen in Vakuum: (1) Feldemission vom Tripelpunkt, (2a) Gesättigte Sekundäremissionslawine, (2b) Elektroneninduzierte Ausgasung, (3) Elektrischer Überschlag in desorbiertem Gas.
H. C. Miller, IEEE Trans. Dielect. El. Insul., 22 (6) (2015) 3641.

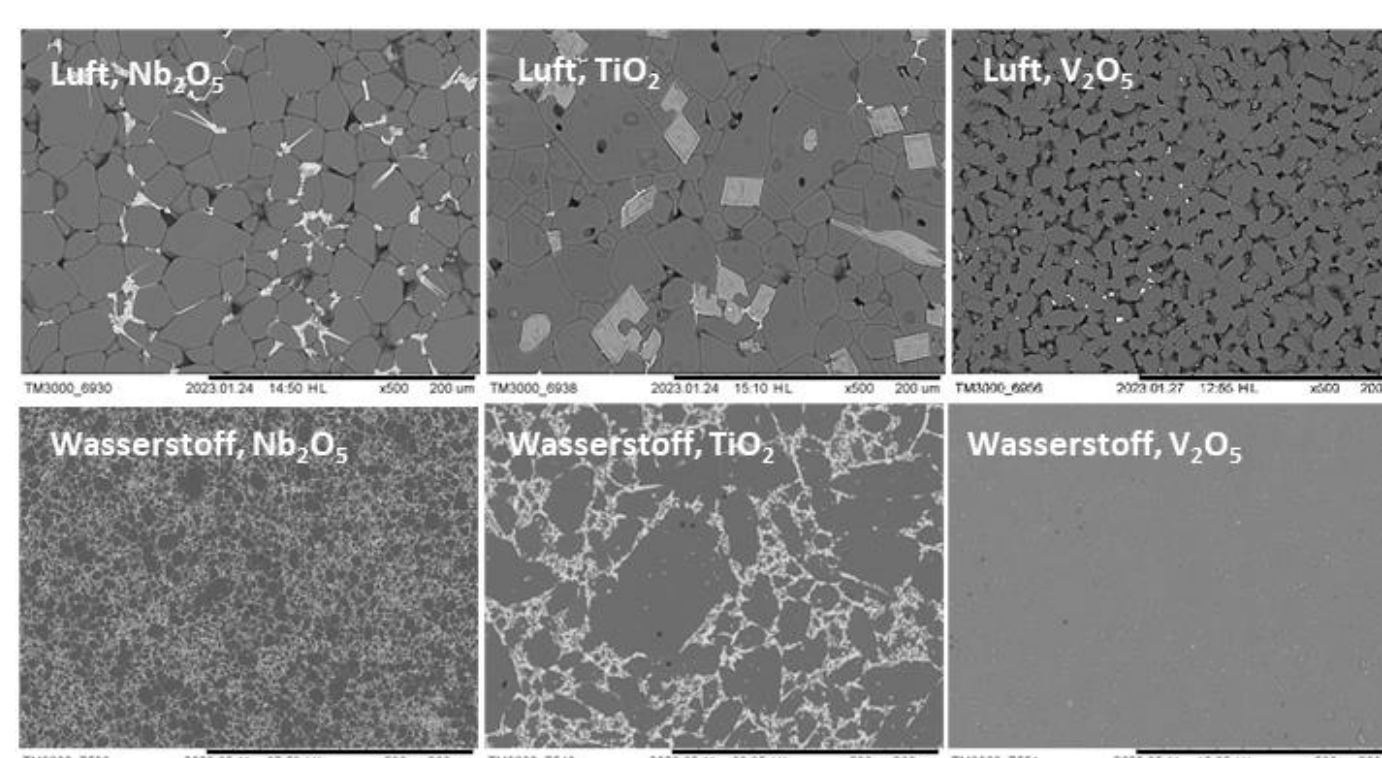
Stand der Technik

- Volumendotierung der Al₂O₃-Isolatoren, **EP2857373B1**
 - Intragranular verteilt TiO₂ und MgO
 - Verringerung der Anzahl von Oberflächenfallen/ gefangenen Ladungen und damit Reduzierung der Emission von Sekundärelektronen
 - Verbesserung der Hochspannungsbeständigkeit der Al₂O₃-Isolatoren im Hochvakuum
- Oberflächendotierung der Al₂O₃-Isolatoren
 - Aufbau eines 3D-Netzwerkes leitfähiger Ti_nO_{2n-1}-Phasen entlang der Al₂O₃-Korngrenzen in Oberflächennähe
 - Oberflächenwiderstand in TΩ-Bereich
 - Kontrollierbare Ableitung von Oberflächenladungen
 - Einschränkung: Anwendbar nur auf glasphasenhaltige Keramik

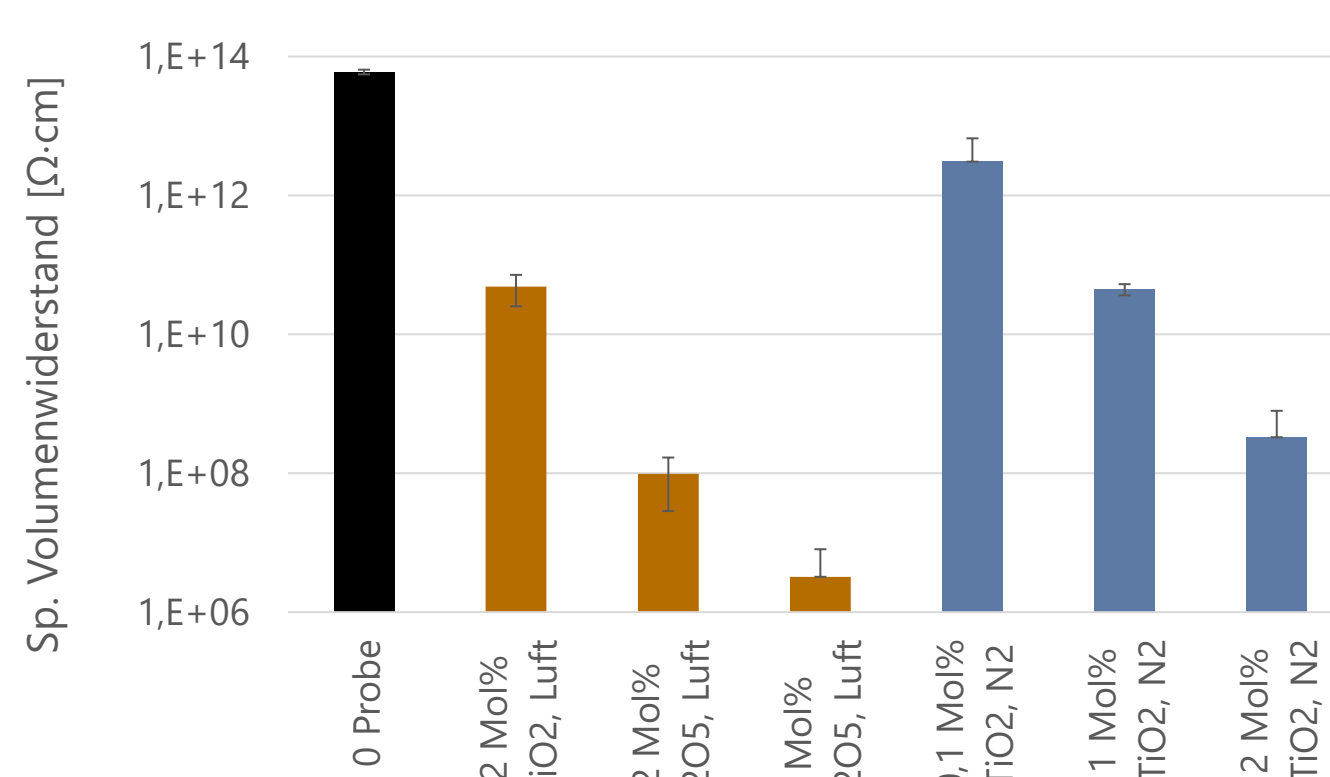
Werkstoffentwicklung

Volumendotierte Al₂O₃-Keramiken

- Dotierungsstoffe: Fe₂O₃, MnO₂, MoO₃, V₂O₅, TiO₂, Nb₂O₅
 - Intergranular verteilt: Fe-, Mn-, Nb- und Ti-Suboxide
- Sinteratmosphären: Oxidierend, Inert, Reduzierend
- Mehrere Möglichkeiten, den Widerstand reproduzierbar im Bereich von 10⁶ bis 10¹³ Ω·cm einzustellen



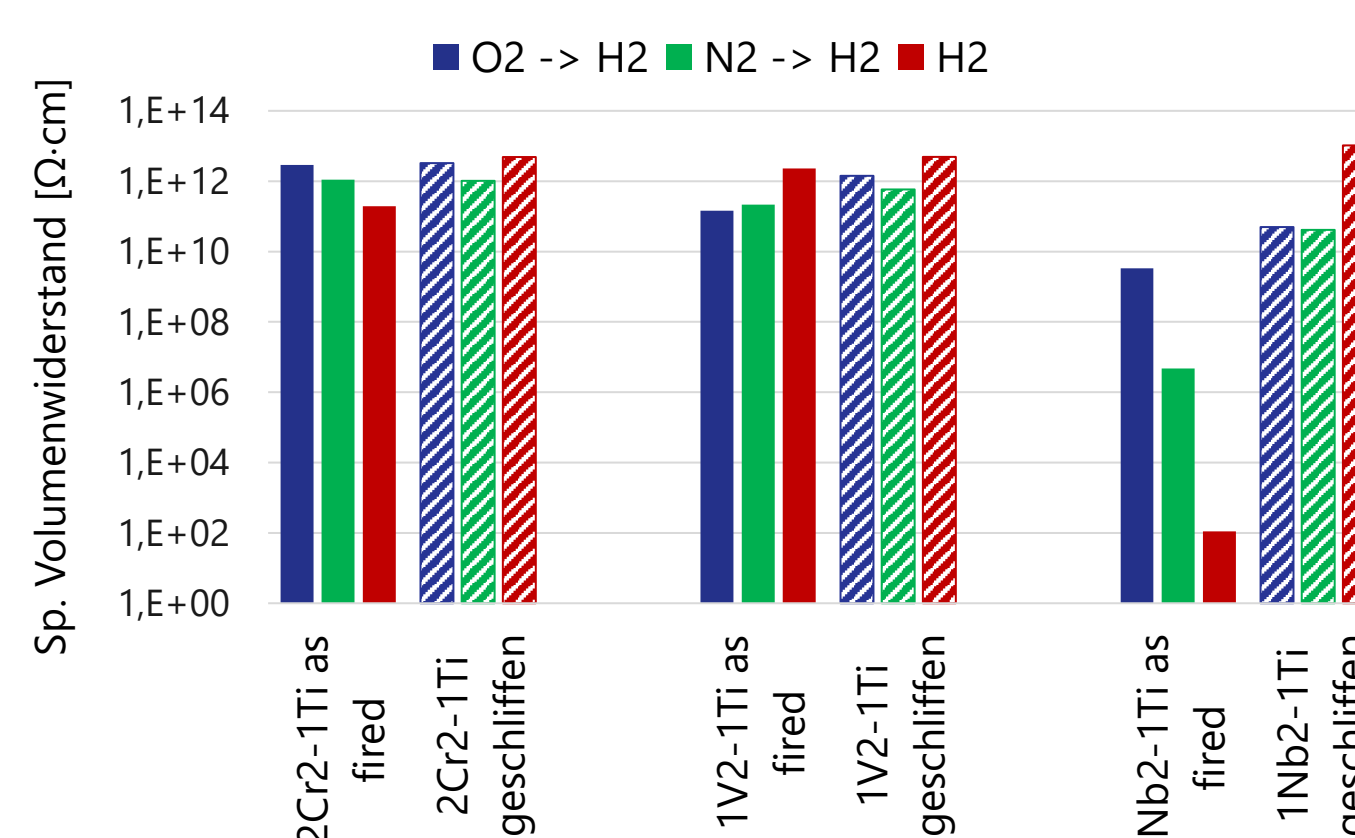
Mikrostruktur von ausgewählten volumendotierten 99,5%ige Al₂O₃-Keramiken nach Sintern in unterschiedlichen Atmosphären (2 Mol-% Metalloxid).



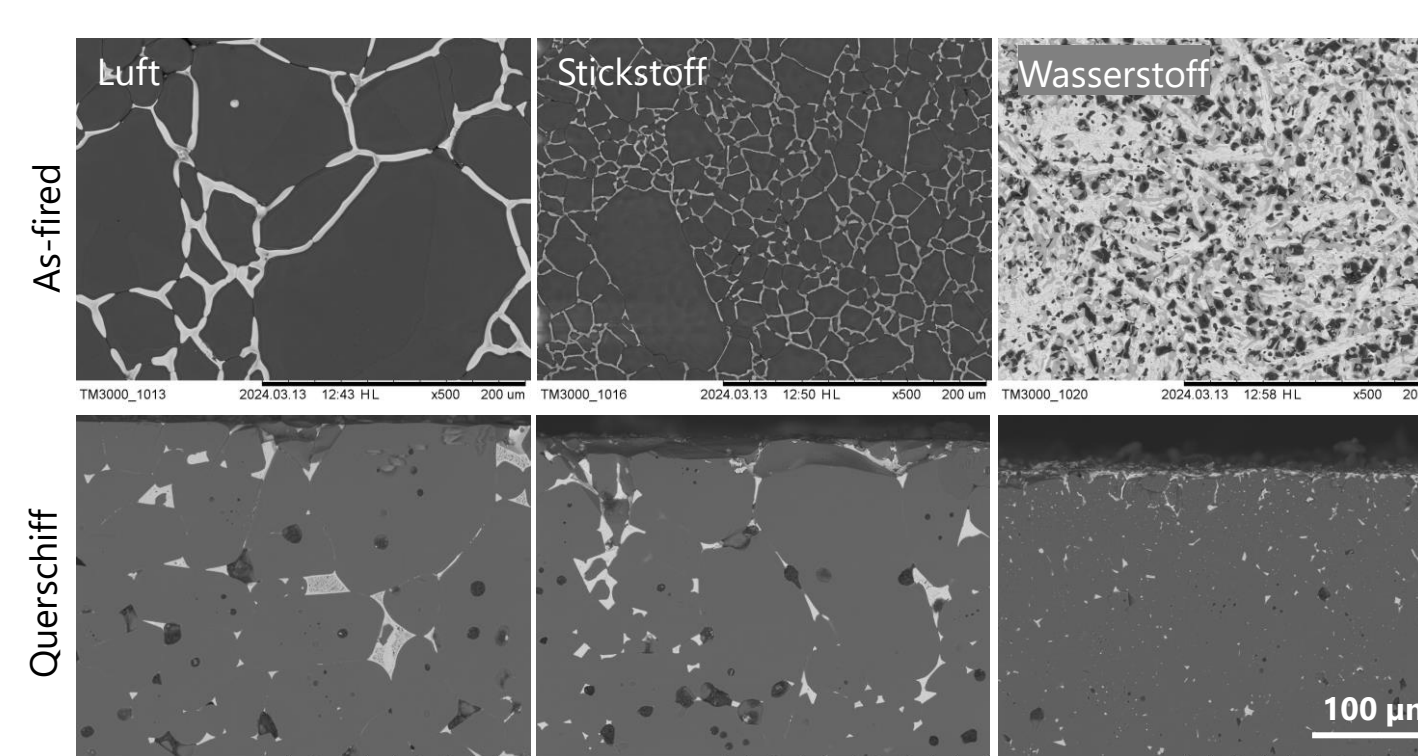
Widerstand von ausgewählten volumendotierten 99,5%igen Al₂O₃-Keramiken. Der Widerstand kann gezielt und reproduzierbar im Zielbereich eingestellt werden.

Dotierungssysteme mit mehreren Komponenten

- Binäre Dotierungssysteme
 - Cr₂O₃, V₂O₅ und Nb₂O₅ als Codotierungen zum TiO₂
- Sinterung in oxidierende, inerte und reduzierende Atmosphäre
- Synergieeffekt der Dotierungen am stärksten im System TiO₂-Nb₂O₅ ausgeprägt
 - Bildung von Hybridstrukturen nach Sintern in H₂: Gut leitende Oberfläche und isolierendes Volumen



Widerstand von volumencodotierten 99,5%ige Al₂O₃-Keramiken nach Sintern in unterschiedlichen Atmosphären.

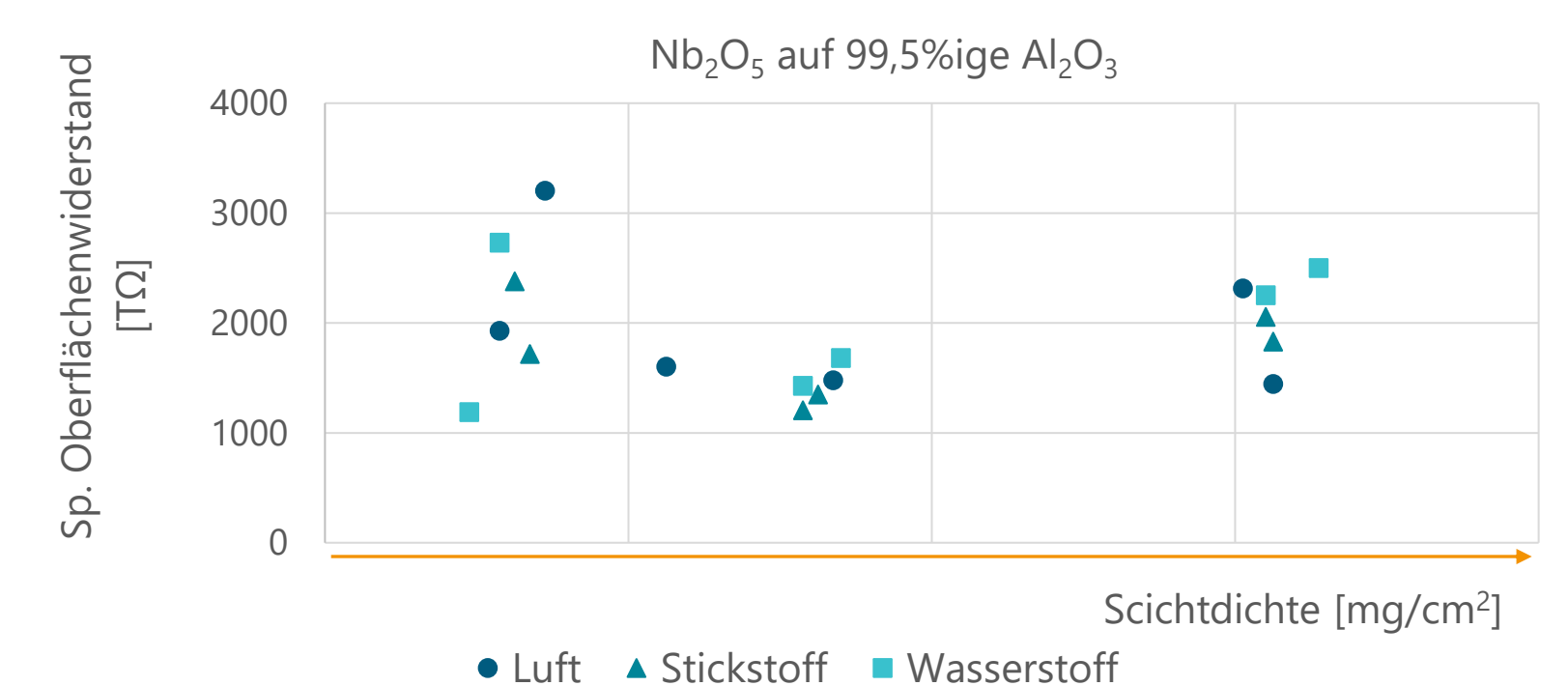


Mikrostruktur von mit TiO₂-Nb₂O₅-codotierten 99,5%ige Al₂O₃-Keramiken.

Querschnittaufgaben

Oberflächenschichten

- Technologie zu dem homogenen Auftrag der Beschichtungen wurde entwickelt
- Beschichtungssysteme basierend auf TiO₂ und Nb₂O₅ wurden angemustert.
- Es ist auch möglich, Diffusionsschichten auf reinen Al₂O₃-Keramiken aufzutragen
 - Bisher könnten praktisch anwendbaren Schichten nur in hohem TΩ-Bereich erreicht werden



Oberflächenwiderstand von 99,5%igen Al₂O₃-Keramiken mit Nb₂O₅-Diffusionsschichten. Der Widerstand kann gezielt und reproduzierbar im Zielbereich eingestellt werden.

Widerstandbestimmung

- Genaue Bestimmung der Widerstände ist von entscheidender Bedeutung für die Anwendung, insbesondere in dem hochohmigen Bereich
- QSIL hat eigenen Prüfaufbau für die zuverlässige und reproduzierbare Bestimmung der Widerstände der dotierten Keramiken bis 30 kV unter verschiedenen Atmosphären entwickelt



Eigens entwickelte Vorrichtung zur zuverlässigen und reproduzierbaren Messung von Leckströmen/Widerständen an volumen- und oberflächendotierten Isolatoren.

Mögliche Anwendungsfelder

- Hochleistungsisolatoren und Durchführungen in Röntgenanlagen, Computertomographen, Endoskopen etc. in der Medizin-, Sicherheits- und Werkstoffprüftechnik.
- Isolationsbauteile in Sensoren, Elektronenmikroskopen, Beschleunigersektionen, Hochleistungslasern und Elektronenstrahlensystemen



Benefits

- Erschließung von neuen Märkten
- Steigerung von Produktion und Umsatz