

DF 1 FV-internes Symposium Ermüdung in Funktionswerkstoffen

Zeit: Freitag 10:00–13:00

Raum: TU C130

Hauptvortrag

DF 1.1 Fr 10:00 TU C130

Piezokeramische Aktuatoren – Milliardenfach reproduzierbare Dehnung im Prozentbereich? — ●JÜRGEN RÖDEL — TU Darmstadt, Institut für Materialwissenschaft, Petersenstr. 23, 64287 Darmstadt

Piezokeramische Aktuatoren ermöglichen in der Physik die Nahfeldspektroskopie und im Maschinenbau die schnelle Einspritzung im Dieselmotor im common-rail Verfahren. Zusätzliche Anwendungen sind in der Druckerindustrie, Textilindustrie, Kommunikations- und Spielzeugindustrie zu finden. Für die Anwendung ist ein reproduzierbares Verhalten als Aktuator (und z.T. als Sensor) über etwa 10^9 bis zu 10^{12} elektrische Zyklen verlangt. Dabei kommt es zur Agglomeration von Sauerstoffionen und zur Ladungskompensation durch elektronische Ladungsträger. Diese Umladungsvorgänge haben vor allem Einfluss auf die Kinetik der Bewegung von Domänenwänden. Im Vortrag werden Untersuchungsmethoden illustriert, die die interaktiven Mechanismen separieren sollen, die bei der Ermüdung von Piezokeramiken auftreten. Abschließend wird ein kurzer Blick auf die Zukunft der Forschung in diesem Bereich geboten. Dabei werden zwei Aspekte angesprochen: a) hohe Dehnungen, umweltverträgliche Materialien und b) der Beitrag der ab initio Modellierung, den vor allem die Physik in diesem spannenden Gebiet der Materialphysik leisten kann.

Hauptvortrag

DF 1.2 Fr 10:40 TU C130

Reliability issues associated with functional ceramics for industrial applications — ●MARTIN SELTEN, VOLKER KNOBLAUCH, and IMKE HEEREN — Robert Bosch GmbH, Abteilung FV/FLW, Postfach 106050, 70049 Stuttgart

When using functional ceramics in industrial applications, reliability issues are of great importance. Due to the brittle failure of ceramic materials the mechanical behavior is an important topic. With electroceramics another reliability issue comes into play: the potential degradation of electrical and electromechanical properties during application.

In this presentation several aspects of reliability of functional ceramic components are addressed. To be able to avoid quality problems, e.g. in sensors and actuators, it is necessary to draw ones attention to fatigue phenomena in the materials of interest. These phenomena must be studied under field relevant loading conditions to make sure the tested components meet operational demands. For automotive applications some of the typical demands are: high accuracy at varying temperatures (often from -40 to $+150^\circ\text{C}$) and throughout lifetime of the component, resistance to mechanical load (e.g. shock, vibration, high pressure) as well as humidity and corrosive atmosphere, high reliability (failure probability under 1ppm) and long lifetime (number of cycles until failure: $1\text{E}09$ to $1\text{E}10$). With these boundary conditions during application it is obvious that fatigue of materials must be taken into account whenever one aims for reliable components.

DF 1.3 Fr 11:20 TU C130

Domänendynamik in Ferroelektrika — ●THORSTEN SCHLEGEL, TORSTEN GRANZOW und DORU C. LUPASCU — Institut für Materialwissenschaft, TU Darmstadt, Petersenstr. 23, 64287 Darmstadt

Das makroskopische Verhalten ferroelektrischer Werkstoffe wird maßgeblich durch die Domänenwandbeweglichkeit bestimmt. In diesem Vortrag wird die Beweglichkeit von Domänenwänden in ferroelektrischen Einkristallen durch optische und elektrische Techniken dargestellt. Für die Nukleation von neuen Domänenwänden wird in Schaltexperimenten mit Schaltzeiten weit unter einer Mikrosekunde eine Initiationszeit beobachtet. Diese hängt sehr stark vom Alterungszustand des Kristalls ab. Beispiele für einachsige Kristalle werden gegeben, in denen Nukleations- und Schaltmechanismen einfach beobachtet werden können.

DF 1.4 Fr 11:40 TU C130

Die Verbesserung der Zuverlässigkeit piezoelektrischer Vielschichtaktoren — ●PATRICK PERTSCH, STEFAN RICHTER, DANIEL KOPSCH und EBERHARD HENNIG — PI Ceramic GmbH, Lindenstraße, 07589 Lederhose

Piezoelektrische Aktoren haben sich als Bewegungsquellen in vielen Bereichen der modernen Technik durchgesetzt. Eigenschaften wie nahezu unbegrenzte Positionsauflösung, hohe Stelldynamik und außergewöhnliche mechanische Leistungsdichten sowie enorme Stellkräfte

werden in Systemen mit höchsten Anforderungen, beispielsweise in der Automobil-Einspritztechnik, der Nanopositioniertechnik oder in der Schwingungsdämpfung, ausgenutzt.

Die technisch und wirtschaftlich bedeutendste Klasse dieser Aktoren sind sog. monolithische Aktoren, bei denen einige hundert Piezokeramiksichten zusammen mit Edelmetallelektroden in einer Grünfolientechnologie gestapelt und anschließend gesintert werden.

Im Beitrag werden Ergebnisse von Lebensdaueruntersuchungen an derartigen Aktoren unter extremer Belastung bei Wechsel- und Gleichsignalansteuerung vorgestellt sowie geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit erläutert.

DF 1.5 Fr 12:00 TU C130

Schaltverhalten reduzierter ferroelektrischer Keramiken — ●T. GRANZOW¹, D.C. LUPASCU¹, J. RÖDEL¹ und E. SUVACI² — ¹FG Material- und Geowissenschaften, TU Darmstadt — ²Dept. of Materials Science and Engineering, Anadolu University, Eskisehir, Turkey

Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) nimmt eine besondere Stellung unter den elektrischen Funktionskeramiken ein und hat auch auf dem Gebiet der nicht-flüchtigen ferroelektrischen Speicher (FE-RAMs) Einsatz gefunden. Dabei ist trotz intensiver Forschung noch ungeklärt, welchen Einfluss Störungen wie Dotier-Ionen bzw. Sauerstoff-Fehlstellen auf die Bildung und das Schalt-Verhalten ferroelektrischer Domänen in PZT haben. Man geht aber davon aus, dass Sauerstoff-Fehlstellen das Schalten behindern, wodurch die Koerzitivfeldstärke E_c heraufgesetzt und eine stärkere Ermüdung, d.h. ein Nachlassen der ferroelektrischen Eigenschaften unter zyklischer elektrischer Belastung, induziert wird. In diesem Vortrag werden Messungen der ferroelektrischen Hysterese an PZT-Keramiken präsentiert, in die durch Reduktion unterschiedliche Konzentrationen von Sauerstoff-Fehlstellen gezielt eingebracht wurden. Dabei werden die Eigenschaften von undotiertem PZT mit denen von donor- bzw. akzeptordotiertem Material verglichen. Es wird gezeigt, dass sich entgegen den Erwartungen die Koerzitivfeldstärke nicht erhöht und das Ermüdungsverhalten sogar verbessert wird. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf mögliche Ermüdungs-Mechanismen diskutiert.

DF 1.6 Fr 12:20 TU C130

Modellvorstellungen zur Alterung von perovskitischen Ferroelektrika — ●DORU C LUPASCU, YURI GENENKO, HERMANN RAUH und NINA BALKE — Institut für Materialwissenschaft, TU Darmstadt, Petersenstr. 23, 64287 Darmstadt

Alterung eines Werkstoffs ist die zeitabhängige Veränderung seiner Eigenschaften bei konstanten thermodynamischen Randbedingungen. In ferroelektrischen Werkstoffen führt Alterung zur Reduktion des dynamischen ferroelektrischen Schaltverhaltens. Auf mikroskopischer Skala wird eine Vielzahl von Mechanismen diskutiert, die die Beweglichkeit ferroelektrischer Domänenwände beeinflussen können. Hierfür kommen die lokale Blockierung der Bewegung durch Defekte an der Domänenwand, die Kompensation der Polarisation an inneren und äußeren Rändern oder die Reorientierung von Defekt-Dipolen in Frage. In diesem Vortrag werden einfache Modellvorstellungen auf ihre quantitative Plausibilität hin verglichen. Dabei werden insbesondere die Unterschiede zwischen Defekt-Dipol-Modellen und Driftmodellen einander gegenübergestellt. Ausgehend von 1D-Modellen werden die Zeitabhängigkeiten diskutiert, die durch die unterschiedlichen Feldgeometrien in 1D und 2D entstehen.

DF 1.7 Fr 12:40 TU C130

Towards a microscopic understanding of aging and fatigue in functional ceramics — ●RÜDIGER-A. EICHEL — Eduard-Zintl-Inst., TU Darmstadt

Electron paramagnetic resonance (EPR) provides a sensitive tool for investigating structure and dynamics of point and extended defects in oxide ceramics, which are thought playing a major role in aging and fatigue mechanisms. In particular, high-frequency EPR is used in order to elucidate the anisotropic nature of such phenomena.