

Optimierung des Ruß-Anlagerungsverhaltens resistiver Rußpartikelsensoren durch spannungsinduzierte Vorkonditionierung bei hohen Temperaturen

Jens Ebel^{1,2}, Carolin Schilling¹, Holger Fritze²

¹ Robert Bosch GmbH, Stuttgart/ Deutschland

² Institut für Energieforschung und physikalische Technologien, Goslar/Deutschland

Zusammenfassung

Zur Überwachung der Funktion des Dieselpartikelfilters (DPF) wird ein Rußpartikel-sensor eingesetzt, dessen Aufgabe es ist kleinste Rußmengen im Abgasstrom zu detektieren [1]. Die derzeit führende Technologie ist das resistive Messprinzip basierend auf der elektrophoretischen Abscheidung von geladenen Rußpartikeln an einer Interdigitalelektrode (IDE) unter Ausbildung leitfähiger Rußbrücken [2, 3]. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie eine kleine Änderung der Regenerationsstrategie des Sensors die Rußanlagerung beeinflusst und damit die Sensitivität um bis zu 25% steigert. Abbildung 1 zeigt im Vergleich die aktuelle Standardbeschaltung und die neue Beschaltung „Polarisation während Regeneration“. Experimente zeigen, dass diese Empfindlichkeitssteigerung nur in Kombination mit einer heißleitenden Elektrodenträgerschicht beobachtet wird. Die Bedeutung eines homogenen

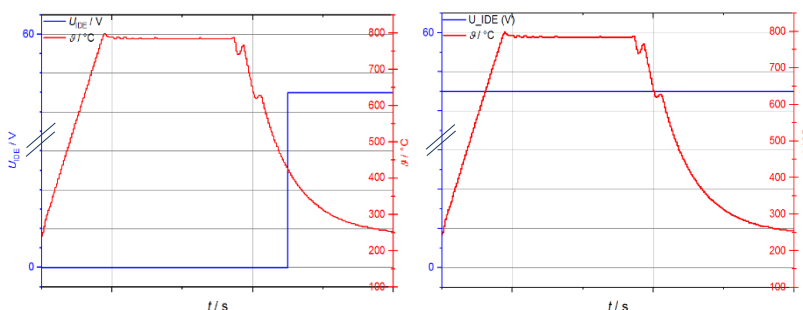


Abbildung 1: Untersuchte Beschaltungsvarianten. Standardvariante (links), "Polarisation während Regeneration" (rechts)

elektrischen Feldes unmittelbar über der Elektrode wird experimentell erfasst und fließt in die Modellbildung zur Erklärung dieses Effektes ein.

Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse

Messungen am Motorprüfstand zeigen, dass die Sensorempfindlichkeit unabhängig vom Motorbetriebspunkt durch „Polarisation während Regeneration“ signifikant gesteigert wird. Rußbrückenanalysen mittels MATLAB Bildauswertung an Rasterelektronenmikroskop Aufnahmen zeigen, dass neuartig beschaltete Sensoren einen deutlich niedrigeren Verzweigungsgrad der Rußbrücken aufweisen als standardbeschaltete Sensoren. Die Reduktion des Verzweigungsgrades der Rußbrücken durch „Polarisation während Regeneration“ ist der Ursprung der Empfindlichkeitssteigerung.

In einem weiteren Experiment werden zwei Sensorelementtypen verglichen. Die beiden Varianten unterscheiden sich lediglich in der Elektrodenträgerschicht (vgl.

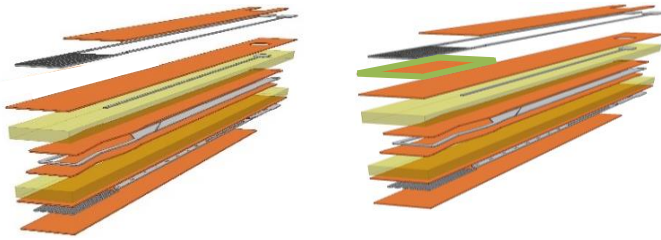


Abbildung 2: Explosionszeichnung des Sensorelementes Typ 1 (links) und Typ 2 (rechts). Platin (grau), YSZ (gelb), Aluminiumoxid (orange), eisendotiertes Aluminiumoxid (grün markiert)

Abbildung 2). Diese Messungen zeigen, dass die heißleitende Sensorsubstratschicht aus eisendotiertem Aluminiumoxid erforderlich ist um den empfindlichkeitssteigernden Effekt hervorzurufen.

Modellbildung

Der Effekt kann über die Betrachtung des elektrischen Feldes über der IDE erklärt werden. Die Homogenität der Feldlinien in der Messphase hängt von der Beschaltung des Sensors ab. Die elektrische Flussdichte im Material ist hoch genug um Verunreinigungen wie Natrium durch das Gitter zu verschieben. Natriummigration wurde durch energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) Analysen nachgewiesen. Migrierendes Natrium führt zur Bildung von Ladungszentren zwischen den Elektroden und damit Verzerrung des elektrischen Feldes.

Bei der Standardbeschaltung nimmt die Mobilität der Ladungsträger im Substratmaterial mit fallender Temperatur ab, sodass sich diese unter dem Einfluss des elektrischen Feldes nur noch geringfügig verschieben und als geladene Teilchen im Elektrodenzwischenraum verbleiben. Bei „Polarisation während Regeneration“ werden in eisendotiertem Aluminiumoxid zusätzliche Ladungsträger aktiviert, die sowohl elektronischer als auch ionischer Natur sind. Die Mobilität dieser Ladungsträger ermöglicht den elektrischen Ausgleich der Ladungen, die durch die Migration von Verunreinigungen hervorgerufen werden. Die Tortuosität ist entsprechend dem homogenen elektrischen Feld niedrig und die Empfindlichkeit hoch. Bei Sensoren von Typ 1 werden durch das Fehlen der eisendotierten Aluminiumoxidschicht deutlich weniger Ladungsträger im Substratmaterial aktiviert, sodass die Empfindlichkeitssteigerung nur in geringem Maße beobachtet wird.

Literaturangaben

- [1] Linke, J. u. Konrad: 16. Internationales Stuttgarter Symposium. Proceedings. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2016, S. 1595–1603
- [2] Grondin, D., Breuil, P., Viricelle, J. P. u. Vernoux, P.: Procedia Engineering 120 (2015), S. 1237–1240
- [3] Feulner, M., Hagen, G., Hottner, K., Redel, S., Müller, A. u. Moos, R.: Sensors (Basel, Switzerland) 17 (2017) 2