

TU Ilmenau schließt Projekt Taupunktsensor für säurehaltige Gase ab

In einem Verbundvorhaben mit zwei KMU wurde seitens der Technischen Universität Ilmenau ein Sensorelement auf LTCC-Basis entwickelt, mit dem es möglich sein wird, den Taupunkt säurehaltiger Gase aus Abgasanlagen in-situ zu bestimmen. Derartige Sensoren helfen, die Abgastemperatur von industriellen fossilen Brennanlagen niedrig zu halten, ohne Gefahr zu laufen, dass Säure im Abgasstrang kondensiert und den Schornstein zerstört. Damit wird das Absenken von Brenntemperaturen ermöglicht, was zu geringerem CO₂-Ausstoss führt.

Die Herausforderungen bei der Entwicklung stellten sich dem Fachgebiet Elektroniktechnologie wie folgt dar:

- dauerhafter Betrieb bei über 250°C,
- säurefeste Sensoroberfläche für die Impedanzmessung,
- großer Signalhub im Betauungsfall, um keine Verfälschungen durch Zuleitungen zu haben,
- integrierter Temperatursensor und
- geringe Wärmekapazität im Sensorbereich für effiziente Kühlung.

Die Hochtemperatur-AVT und die Sensorsteuerung waren Bestandteile der Arbeiten der Industriepartner.

Aufgrund der Einsatzbedingungen bot sich ein keramisches System auf Basis von Niedertemperaturkeramik (LTCC) an. Eine lokal geringere Wärmekapazität ist durch die Reduktion der LTCC-Lagenzahl erreichbar. Siebgedruckte Platin-Strukturen können zur Temperaturdetektion verwendet werden und typische LTCC-Systeme sind für den Hochtemperatureinsatz geeignet. Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten lag deshalb auf der Säurefestigkeit der LTCC inklusive Sensorstruktur und der Optimierung des Signalhubs im Betauungsfall. Zu Beginn des Projekts stand nicht fest, ob ein resistives oder kapazitives Messprinzip verwendet werden sollte. Bei der Messung auf resistiver Basis sind die metallischen Elektroden im direkten Kontakt mit dem säurehaltigen Medium während bei der Kapazitätsmessung eine Abdeckschicht zwischen Elektrodenstruktur und Betauungsschicht liegt. In beiden Fällen kommen Interdigitalelektroden zum Einsatz. In einem ersten Experiment wurde deshalb die Säurefestigkeit überprüft. Über einen Zeitraum von 30 Tagen wurden Proben zweier kommerzieller LTCC-Materialien mit verschiedenen siebgedruckten Edelmetallelektroden in Lösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen von Salpeter- und Schwefelsäure gelagert. Bei allen Materialkombinationen gab es Farbänderungen in der LTCC und die Strukturen lösten sich von der LTCC (Verlust der Haftfestigkeit, Abb. 1). Die metallischen Strukturen selbst blieben intakt. Dadurch entfiel die weitere Betrachtung des resistiven Messprinzips. Im zweiten Säurefestigkeitstest wurde aus einer Vielzahl von Abdeckgläsern eine Glasbeschichtung identifiziert, die unter den Testbedingungen einen stabilen Schutz bot. Abb. 2 zeigt dazu einen schematischen Aufbau.



Abb. 1: Ablösen der Goldelektrode von der LTCC nach dem Säuretest

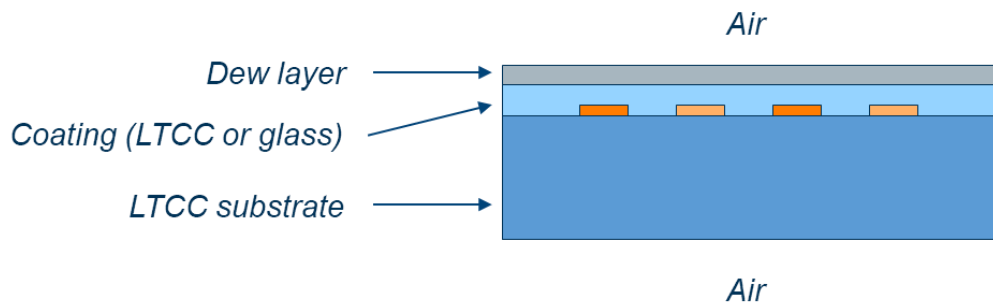


Abb. 2: Schematischer Aufbau des kapazitiven Sensors (Simulationsmodell)

Zur Optimierung des Sensorsignals bei gegebener Fläche wurde zunächst davon ausgegangen, dass eine hohe Auflösung der Interdigitalstruktur erforderlich ist. Mittels Siebdruck wurde mit der ausgewählten Elektrodenpaste eine Auflösung von 70 μm Linienbreite und -abstand sicher erreicht. Über die Laserstrukturierung lies sich die Auflösung auf 30 μm senken, was zu einem deutlichen Kapazitätszuwachs führte. Bei der elektromagnetischen Simulation der Elektroden inklusive Abdeckschicht stellte sich jedoch heraus, dass ein schmaler Elektrodenabstand bei identischer Abdeckungsschichtdicke zu einem geringeren Signalhub im Betauungsfall führt. Der Demonstrator wurde deshalb in der kostengünstigeren Siebdruckvariante gefertigt und charakterisiert. Abb. 3 zeigt ein glasabgedecktes Sensorelement mit kreisförmiger Interdigitalstruktur und Temperatursensor in Mäanderformat. Die Messung des Signalhubs wurde mit einem Wasserzerstäuber nachempfunden (Abb. 4). Eine detaillierte Darstellung der Projektergebnisse erfolgte zur CICMT 2022 in Wien. Die Projektbeteiligten möchten an dieser Stelle ihren Dank für die Projektförderung unter dem BMBF-ZIM-Programm "Zentrales Innovationsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)" unter der Vertragsnummer FKZ: ZF4030903WM9 ausdrücken.

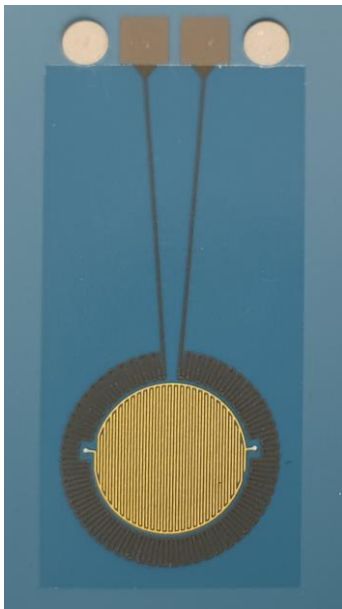


Abb. 3: Demonstrator des Betauungssensors

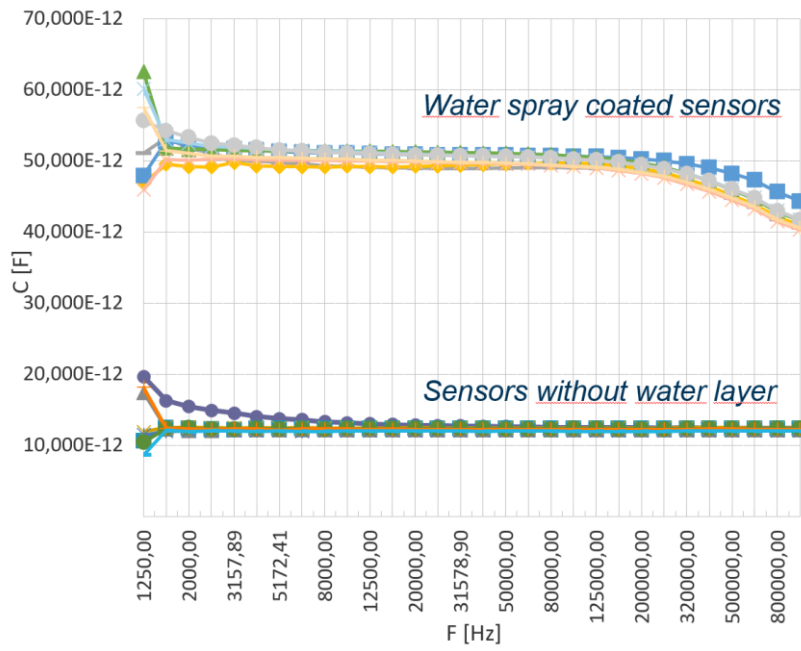


Abb. 4: Messung der Kapazitätsänderung durch Wasserschicht