

# Erforschung einer Strategie und Entwicklung einer Messplattform zur Selbstüberwachung von Gasmesssystemen auf Basis von Halbleitergassensoren

16962 N

Eine störungsfreie Mess- und Sensortechnik ist in vielen Branchen der Dreh- und Angelpunkt für einen reibungslosen Prozessablauf. Besonders in der Sicherheits- und Umweltmesstechnik aber auch in der Klima- und Medizintechnik werden Gasmesssysteme auf Basis von Halbleitergassensoren eingesetzt. In diesem Forschungsprojekt wurde deshalb ein Konzept zur Selbstüberwachung von halbleitenden Metalloxid-Gassensoren durch die Kombination von temperaturzyklischem Betrieb (temperature cycled operation – TCO) und Impedanzspektroskopie (electrical impedance spectroscopy – EIS) untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich Sensorschädigungen bei der Auswertung von TCO und EIS in unterschiedlicher Weise bemerkbar machen. Damit ist eine Unterscheidung von Schädigungen und verschiedenen Gasangeboten durch Gegenüberstellung der mit beiden Verfahren gewonnenen Daten möglich. Es wurde eine Messplattform entwickelt, die simultan temperaturzyklische und impedanzspektroskopische Messungen durchführen kann. Wichtig ist dabei eine schnelle Impedanzmessung, da sich der Sensor im Verlauf eines Temperaturzyklus dauerhaft in einem Nichtgleichgewichtszustand befindet und laufend seine Eigenschaften ändert. Mit Hilfe der fourierbasierten Impedanzspektroskopie und einem breitbandigen Anregungssignal ist diese Plattform in der Lage, ein komplettes Impedanzspektrum in nur ca. 16  $\mu$ s zu erfassen, sodass der Sensor über die Messdauer als zeitinvariant betrachtet werden kann. Bei einem herkömmlichen Impedanzspektrometer, das mit einer Abfolge (Sweep) von Sinussignalen unterschiedlicher Frequenz arbeitet, dauert eine vergleichbare Messung mehrere Sekunden.

Die Frequenzbandbreite der entwickelten Messplattform reicht von 61 kHz bis 125 MHz. Vor allem der für die Signalauswertung interessante Hochfrequenzbereich konnte damit erweitert werden. Eine wichtige Rolle bei der Gewinnung der Impedanzspektren spielen der Einfluss verschiedener Anregungssignale sowie die Verarbeitung der Rohdaten. Hier wurde insbesondere der Einfluss verschiedener Signallängen und Transformationsalgorithmen untersucht. Obwohl das Signal-zu-Rausch-Verhältnis bei hohen Frequenzen durch den Einfluss parasitärer Kapazitäten stark abnimmt, sind mit dem optimierten Anregungssignal auch bei Frequenzen über 60 MHz aussagekräftige Messungen möglich. Durch das schnelle Messprinzip können auch an mikrostrukturierten Gassensoren im temperaturzyklischen Betrieb mit Zeitkonstanten im Bereich von 10 ms impedanzspektroskopische Messungen sinnvoll durchgeführt werden. Die verwendeten Elektronikkomponenten lassen ein Systemdesign zu, das in hochwertigen Sensorsystemen eingesetzt werden kann. Außerdem wurde die Software zur Auswertung weiterentwickelt. Die Extraktion der Merkmale und die Datenverarbeitung ist nun weniger komplex. Damit wird eine Automatisierung einfacher.

Im Projekt wurden auch Sensorvergiftungen durch Hexamethyldisiloxan (HMDSO) betrachtet. Es kommt vor allem in Silikonkunststoffen vor und besitzt wegen seiner Häufigkeit und den chemischen Eigenschaften eine große Relevanz. Zur Untersuchung der praktischen Anwendbarkeit des Verfahrens wurde ein Feldtest über mehrere Monate hinweg in einer Tiefgarage durchgeführt. Darin wurde ein Halbleiter-Gassensor des Typs UST GGS 1330 der Firma UST Umweltsensortechnik zusammen mit einem Feuchte- und Temperatursensor der Firma Sensirion sowie einem elektrochemischen Referenzsensor zur Kohlenmonoxid-Detektion der Firma Dräger betrieben. Am Ende des Feldtests wurde auch an diesem Sensor ein Vergiftungstest durchgeführt. Dazu wurde er gezielt den Ausdünstungen von frischem Bausilikon ausgesetzt. Mit dem über dreimonatigen Feldeinsatz, konnte gezeigt werden, dass eine Selbstüberwachung von Gassystemen mit der entwickelten Messplattform möglich ist.

Bei Sauerstoffsensoren auf Basis von Zirkonoxid zeigte sich, dass hier eine Schadenserkenkung noch einfacher möglich ist als bei Halbleitergassensoren. Dies geschieht ebenfalls wie bei der EIS über eine zyklische Variation der Sensorspannung. Allerdings bei konstanter Temperatur und wesentlich geringeren Frequenzen. Die Untersuchung eines charakteristischen Peaks im Sensorstrom ermöglicht eine Bestimmung des Vergiftungsgrads.

Die in diesem Projekt erhaltenen Ergebnisse lassen sich branchenübergreifend im Bereich der Mess- und

Sensortechnik einsetzen. Sie ermöglichen den Herstellern von Gassensorsystemen ihre Produkte gezielt auf Stabilität und Selektivität zu optimieren, ohne dabei die Funktionssicherheit zu gefährden.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema vom 05/11 bis 12/13 von der **Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Messtechnik** (Universität Campus, Gebäude 13, 66123 Saarbrücken, Tel.: 0681/302-4656) unter der Leitung von Prof. Dr. A. Schütze (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. A. Schütze).

--> [TIB](#)

Gefördert durch:



Das IGF-Vorhaben Nr. 16962 N der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages