

< Sensoren zur Detektion brennbarer Gasgemische, z. B. in der Prozessindustrie, arbeiten traditionell bei hohen Betriebstemperaturen. Für den Einsatz in neuen Märkten wie der Sicherheitsüberwachung in hochtechnisierten Gebäuden, in Elektrofahrzeugen oder in der Wasserstofftechnik sind dezentrale Low-Power-Sensoren gefragt.

Mikropellistoren – neue Sensoren für brennbare Gase

Ist eine Gasatmosphäre explosiv oder nicht? Diese Frage ist typisch für die industrielle Prozessmesstechnik, z. B. für sicheren Betrieb von Prozessanlagen. Zur Erkennung brennbarer Gase und explosiver Gasgemische werden gerne katalytische Verbrennungssensoren eingesetzt, sogenannte Pellistoren. Basierend auf neuen Materialien hat Fraunhofer IPM neuartige Mikropellistoren entwickelt, die brennbare Gase besonders zuverlässig, energieeffizient und kostengünstig detektieren können.

Woran erkennt man brennbare Gase? Richtig, sie brennen! Was auf den ersten Blick so naheliegend und einfach für die Detektion erscheint, gestaltet sich in der Praxis komplizierter. Denn die Sensorsysteme sollen die Brennbarkeit eines Gases erkennen können, ohne dass sie selbst einen Brand oder eine Explosion hervorrufen. Sichere Sensoren sind beispielsweise Pellistoren. Sie detektieren brennbare Gase wie Methan, Propan oder Wasserstoff, indem sie das brennbare Gas an der Oberfläche eines Katalysators adsorbieren, wo es in einer kontrollierten Reaktion oxidiert. Die bei dieser katalytischen Oxidation des Gases entstehende Wärme misst der Pellistor, indem er die durch die Temperaturänderung induzierte Widerstandsänderung eines Platin-basierten Heizers misst. Aus diesem Signal lässt sich in einer definierten Applikation die Anwesenheit und die grobe Konzentration des brennbaren Gases ermitteln.

Katalytische Sensoren – günstig und zuverlässig, aber nicht ohne Nachteile

Die Hauptvorteile katalytischer Sensoren sind das einfache Funktionsprinzip, die leichte Installation und die zuverlässige Kalibrierung. Doch auch moderne Pellistoren haben einige Nachteile, wie zum Beispiel hohe Betriebstemperaturen von über 400 °C, eine hohe Leistungsaufnahme und eine hohe Anfälligkeit für Katalysatorgifte. Der hohe Stromverbrauch

schränkt den Einsatz von Pellistoren in mobilen Anwendungen aufgrund der kurzen Batterielebensdauer ein. Ziel der Entwicklung von Fraunhofer IPM war daher nicht nur die Miniaturisierung, sondern vor allem auch die Senkung der Betriebstemperatur, denn mit ihr sinkt auch der Stromverbrauch. Das primäre Gaserkennungselement eines Pellistors ist die katalytische Schicht. Um die Betriebstemperatur senken zu können, sind daher hochaktive Katalysatoren erforderlich. Insbesondere zur Detektion von Methan, einem der inertesten brennbaren Gase, sind Katalysatoren mit hoher Aktivität oder besonders hohen Arbeitstemperaturen erforderlich (über 450 °C). Diese hohe Betriebstemperatur macht den zuverlässigen Nachweis von Methan so schwierig.

Neue Materialien für neue Sensoren

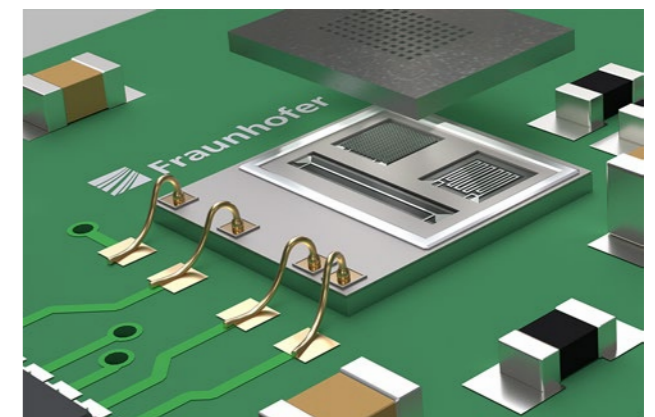
Um die Betriebstemperatur von Pellistoren zu senken, müssen neue katalytische Materialien gefunden werden – insbesondere für den Nachweis von Methan: Erst innovative Katalysator-Materialien mit höherer Aktivität würden bei gleichzeitig hoher Stabilität die Entwicklung neuer, besonders energieeffizienter Pellistoren erlauben. Doch die Entwicklung solcher Katalysatoren ist gleich aus drei Gründen alles andere als einfach: Erstens sind Katalysatoren, die in Sensoren verwendet werden, komplexe Systeme, die aus

Mit einem **SIMULTAN-THERMOGRAVIMETRIE-DIFFERENTIALTHERMOANALYSE-SYSTEM** lassen sich neue katalytische Materialien charakterisieren. Dabei wird mittels Thermogravimetrie die Massenänderung des Materials während eines bekannten Heiz- oder Abkühlvorgangs beobachtet. Simultan zu dieser Messung wird eine Differentialthermoanalyse gemacht. Bei diesem Verfahren wird die von einem Material bei Aufheizung oder Abkühlung abgegebene bzw. aufgenommene Wärmemenge gemessen.

Katalysatormaterial und verschiedenen Additiven bestehen, die erst die Integration in den Sensor ermöglichen und die mechanische Stabilität der Schicht erzeugen. Diese Additive können sowohl die Katalysatoraktivität als auch die -stabilität beeinflussen. Hinzu kommt, dass ihre Wirkung durch die Gassensorcharakterisierung schwer zu identifizieren ist. Zweitens ist die von einem Sensor erfasste Reaktion ebenfalls eine komplexe Reaktion, die durch das gesamte Sensorsystem bestimmt wird. Und drittens ist der Präparationsprozess einzelner Sensoren recht umfangreich.

Zuverlässige Messmethoden zur Untersuchung katalytischer Materialien

Zur Überwindung dieser Einschränkungen, die bei der Entwicklung von Pellistor-Gassensoren bestehen, setzt Fraunhofer IPM auf ein Simultan-Thermogravimetrie-Differentialthermoanalyse-System in Verbindung mit einem Quadrupol-Massenspektrometer. Damit konnte der Einfluss der Partikelgrößenverteilung und Morphologie von Co_3O_4 auf seine katalytische Aktivität für die Methanoxidation und seine thermische Stabilität systematisch untersucht werden. Die mit dieser Messtechnik erzielten Ergebnisse zeigen die Zuverlässigkeit der Methode zur Vorauswahl von Katalysatoren für die Anwendung in katalytischen Gassensoren. Insbesondere Metalloxide mit Spinellstrukturen wie Co_3O_4 , $\text{Ni}_x\text{Co}_{3-x}\text{O}_4$, $\text{Co}_{3-x}\text{Cu}_x\text{O}_4$, $\text{Co}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ eignen sich zur katalytischen Verbrennung von Methan und können somit die Temperatur für die katalytische Reaktion in neuartigen Mikropellistoren erheblich senken.



So soll es einmal aussehen: Zoom-In auf den Mikropellistor eines Low-Power-Warnsystems zur Detektion brennbarer Gase.

Vielversprechende Anwendungen

Mit den neuen Methoden für das Design katalytischer Materialien schafft Fraunhofer IPM die Voraussetzung für Mikropellistoren der nächsten Generation, die bei Betriebstemperaturen von unter 350 °C arbeiten. Dies erlaubt die Konzeption besonders energieeffizienter Sensoren, die mit einer elektrischen Leistung von weniger als 100 mW auskommen. Kleine Abmessungen (unter 3 mm²) und die Möglichkeit zur kostengünstigen Serienproduktion eröffnen einen hervorragenden Marktzugang in klassische Märkte wie Bergbau, Gas-, und Treibstofflager sowie die petrochemische Industrie. Aber auch die Perspektiven in Wachstumsmärkten wie z. B. Smart Home- und Consumer-Anwendungen, Elektromobilität und Wasserstofftechnik sowie beim Schutz von Infrastruktur sind vielversprechend.