



^ *Kleine und leistungsfähige Metalloxid-Gassensoren: Das Array mit vier gassensitiven Elementen ist auf einer Chipfläche von $1,6 \times 1,6 \text{ mm}^2$ platziert.*

HALBLEITER-GASSENSOREN

HL-Gassensoren (oder Metalloxid-Sensoren, MOX) sind in den vergangenen Jahren stetig kleiner und leistungsfähiger geworden. Gleichzeitig kommen sie mit immer weniger Energie aus. Dank innovativer Herstellungsmethoden können miniaturisierte Gassensoren heute preiswert und in großer Stückzahl produziert werden. In Zukunft werden solche Sensoren daher nicht nur in der Industrie, sondern auch im Alltag vermehrt zum Einsatz kommen. Die Digitalisierung im »Smart Home« und in Fahrzeugen, aber auch mobile Apps – etwa zur Überwachung bestimmter Vitalfunktionen – treiben den Einsatz miniaturisierter HL-Gassensoren voran. Neben etablierten Anwendungen in der Sicherheitstechnik, der Lebensmittelindustrie, der Klimatechnik sowie in der Medizin werden Gassensoren der neuen Generation in Zukunft auch Messaufgaben in der vernetzten Produktion der Industrie 4.0 übernehmen.

Fraunhofer IPM hat mehr als 15 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von HL-Gassensoren. Forschungsschwerpunkte

sind die Entwicklung und Modifizierung gassensitiver Materialien, Sensorsubstrate sowie Verfahren zur kostengünstigen Produktion der Materialien und Sensoren.

»Low power«: optimierter Sensoraufbau für geringen Leistungsverbrauch

Der Leistungsverbrauch von Metalloxid-Gassensoren (MOX) ist abhängig von der Bauform des Sensors. Sensoren auf Si-Bulk-Substraten benötigen eine Leistung von ca. 1 Watt (bei 400 °C). Mikromechanische Aufbauten, sogenannte »Microhotplates«, sorgen für eine thermische Entkopplung des Sensors vom Gehäuse und reduzieren so den Leistungsverbrauch deutlich. Von Fraunhofer IPM konzipierte Sensoren weisen gassensitive Flächen von $45 \times 45 \mu\text{m}^2$ und das Sensorarray eine Gesamtfläche von $1,6 \times 1,6 \text{ mm}^2$ auf. Die Strukturen werden durch eine vorderseitige Freilegung (nasschemische Ätzung) der Hotplates erzeugt. Bei einer Betriebstemperatur von 400 °C kommen Sensoren dieser Bauart mit weni-

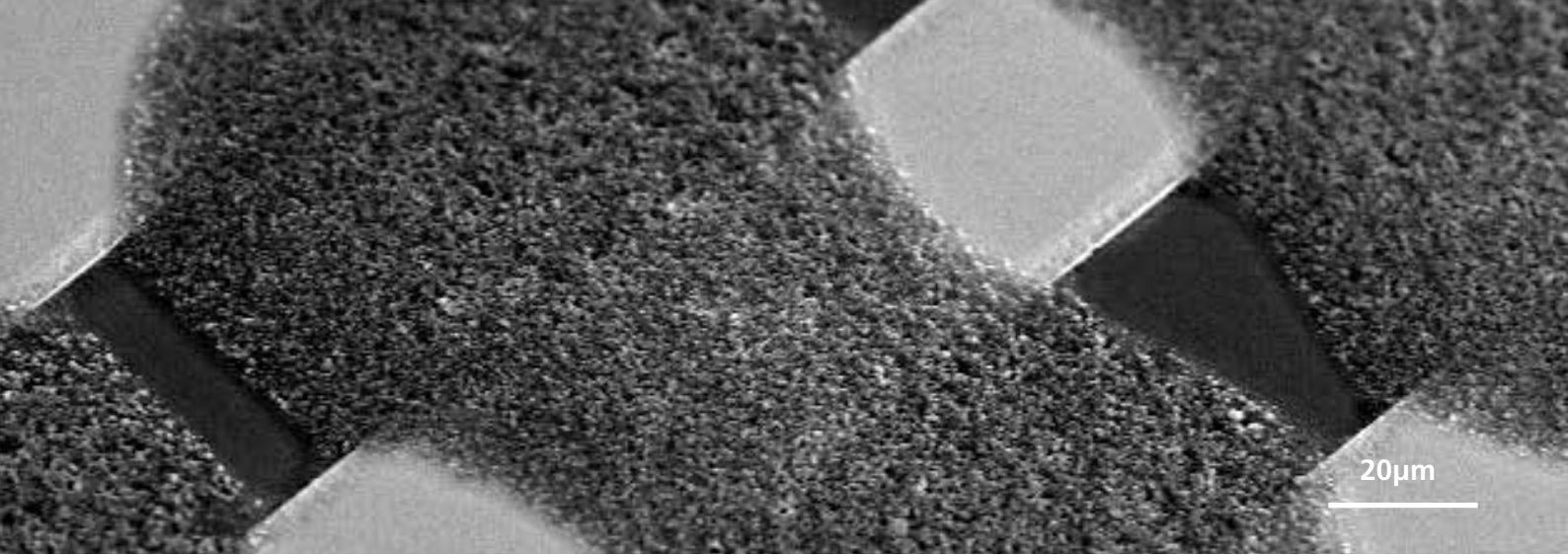
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Georges-Köhler-Allee 301
79110 Freiburg

Ansprechpartnerin

Dr. Marie-Luise Bauersfeld
Gruppenleiterin
Integrierte Sensorsysteme
Telefon +49 761 8857-290
marie-luise.bauersfeld@ipm.fraunhofer.de

www.ipm.fraunhofer.de



▲ **Gedruckte Chromtitanoxid-schicht auf Platinstrukturen.**

ger als 15 Milliwatt aus, sodass ein Batteriebetrieb grundsätzlich möglich ist. Zudem lassen Microhotplate-Anordnungen einen schnellen Temperaturwechselbetrieb zu. Die Aufheizzeiten dieser Sensor-Bauform liegen im Bereich von wenigen Millisekunden.

Gassensitive Materialien

Die gassensitiven Metalloxidschichten werden in Dick- oder Dünnschichttechnik auf ein nichtleitendes Substrat wie Keramik, Silizium oder auch auf kundenspezifische Materialien aufgebracht. Gängige Beschichtungsverfahren sind Sputtern und Aufdampfen, aber auch das Drucken von gassensitiven Tinten.

Für die Herstellung von »low power« Sensoren werden am Fraunhofer IPM speziell entwickelte, druckfähige Metalloxid-Tinten auf ein Substrat abgeschieden. Hier entfällt ein photolithographischer Prozess. Die besonders porösen gedruckten Schichten

sorgen für ein günstiges Verhältnis von Oberfläche zu Volumen und damit für eine höhere Empfindlichkeit. Als sensitive Materialien kommen Metalloxide wie Zinnoxid mit Platin- bzw. Palladiumbeimischung, Lanthan-Indium-Oxid, Wolframoxid oder Chrom-Titan-Oxid zum Einsatz. Das Sensorlayout sieht bspw. vier HL-Gassensoren auf Basis dieser Metalloxide vor, sodass eine hohe Bandbreite an relevanten Gasen detektiert werden kann. Zur Selektivitätssteigerung ist jedes Sensorelement separat heizbar und auf einer separaten Sensorplattform platziert.

Gasabhängige Sensor-Charakterisierung

Zur Qualifizierung der Gassensoren verfügt Fraunhofer IPM über einen eigenen Gasprüfstand. Dieser ermöglicht die gleichzeitige Beaufschlagung von bis zu acht Prüfgasen, die Regulierung von Temperatur, Strömung und Luftfeuchte sowie die Aufzeichnung resultierender Signalverläufe. Standardmäßig können N₂, O₂ oder bis zu acht verschiedene Prüfgasen zeitgleich beaufschlagt werden.

Halbleiter-Gassensoren

Halbleiter-Gassensoren (auch: Metalloxidsensoren, MOX) sind elektrische Leitfähigkeitssensoren. Der Widerstand ihrer sensorisch aktiven Schicht ändert sich beim Kontakt mit dem zu detektierenden Gas. MOX-Gassensoren reagieren auf fast alle reduzierenden und oxidierenden Gase und ermöglichen somit nicht nur die Detektion von Spurengasen wie Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO_x), Ammoniak (NH₃), schwefelhaltigen Gasen (H₂S, SO₂), Kohlenwasserstoffen (C_xH_y), sondern auch die Analyse komplexer Aromen wie flüchtige organische Verbindungen (VOCs). Eine hohe Selektivität wird durch eine geeignete chemische Beschichtung erreicht. Je nach Material und Zielgas sind Betriebstemperaturen zwischen 300 °C und 900 °C notwendig, um die Eigenleitfähigkeit des Sensors zu gewährleisten. Die Sensitivität ist gasabhängig und reicht von wenigen ppb bis in den Prozentbereich. Die Nachweisgrenze ist abhängig vom gassensitiven Material.

Leistungsverbrauch

Sensor auf Si-Bulk-Substrat	Quarzglas-Spacer als Wärmesenke Kontaktierung über Au-Bonden	ca. 1300 mW
Sensor im Gehäuse frei aufgehängt	Kontaktierung über Pt-Spaltschweißen	ca. 700 mW
Sensor auf Si-Hotplate oder Si-Membran	Kontaktierung über Au-Bonden	ca. 100 mW

Angaben freibleibend, technische Änderungen vorbehalten.