

Halbleiter-Gassensoren

Klein, energiesparend und kostengünstig

Halbleiter-Gassensoren sind in den vergangenen Jahren stetig kleiner und leistungsfähiger geworden. Gleichzeitig kommen sie mit immer weniger Energie aus. Miniaturisierte Gassensoren können heute preiswert und in großer Stückzahl produziert werden. Fraunhofer IPM entwickelt innovative Gassensoren – vom gassensitiven Material bis zum kostengünstigen Herstellungsverfahren.

Große Bandbreite an Einsatzbereichen

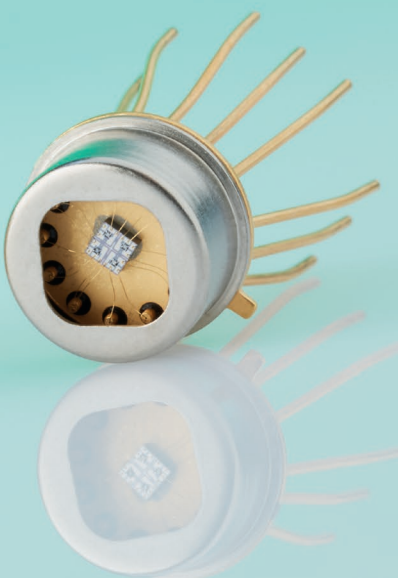
Halbleiter(HL)-Gassensoren (oder Metalloxid-Sensoren, MOX) kommen im Umweltmonitoring, in der Industrie, aber auch im Alltag immer häufiger zum Einsatz. Sie überwachen die Konzentration von Schadgasen – im Außenraum ebenso wie in Gebäuden oder Fahrzeugkabinen. In der Sicherheitstechnik, Lebensmittelindustrie, Klimatechnik oder der Medizin übernehmen HL-Gassensoren wichtige Messaufgaben. Gassensoren der neuen Generation werden in Zukunft auch in der vernetzten Produktion der Industrie 4.0 eine Rolle spielen.

Fraunhofer IPM hat mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von HL-Gassensoren. Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung und Modifizierung von gassensitiven Materialien und Sensorsubstraten sowie Verfahren zur kostengünstigen Produktion der Materialien und Sensoren. Der Leistungsverbrauch von MOX-Gassensoren 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.

Optimierter Sensoraufbau

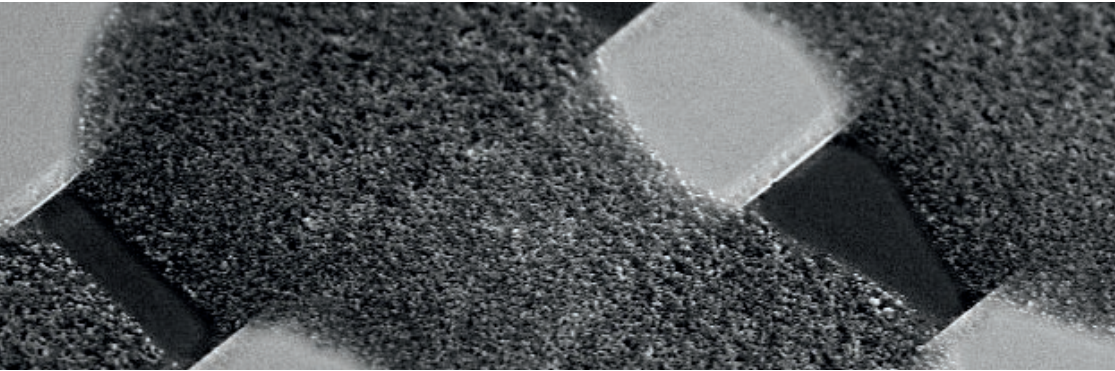
Typische am Fraunhofer IPM konzipierte Sensoren verfügen über eine gassensitive Fläche von $45 \times 45 \mu\text{m}^2$; das Sensorarray hat eine Gesamtfläche von $1,6 \times 1,6 \text{ mm}^2$. Die Strukturen werden durch eine vorderseitige Freilegung (nasschemische Ätzung) der Hotplates erzeugt. Bei einer Betriebstemperatur von 400 °C kommen Sensoren dieser Bauart mit weniger als 15 Milliwatt aus, sodass ein Batteriebetrieb grundsätzlich möglich ist. Zudem lassen Microhotplate-Anordnungen einen schnellen Temperaturwechselbetrieb zu. Die Aufheizzeiten dieser Sensorbauform liegen im Bereich weniger Millisekunden.



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.

Unser Angebot

- Entwicklung kunden- bzw. anwendungsspezifischer Materialien
- Entwicklung kundenspezifischer Substrate und Sensorgeometrien
- Gasabhängige Charakterisierung der Sensoren, Benchmark-Tests
- Erstellung eines Produktionskonzepts
- Technologische Beratung



Gedruckte Chromtitanoxid-
schicht auf Platinstrukturen

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 gassensitiver 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 beispielsweise 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 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 N_2 , O_2 oder bis zu acht verschiedene Prüfgase 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 (NH_3), schwefelhaltigen Gasen (H_2S , SO_2), 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	bis 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	< 100 mW

Angaben freibleibend, technische Änderungen vorbehalten.

Kontakt

Dr.-Ing. Benedikt Bierer
Gruppenleiter
Telefon +49 761 8857-263
benedikt.bierer@ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM
Georges-Köhler-Allee 301
79110 Freiburg
www.ipm.fraunhofer.de

