

Photoakustische Gasmesssysteme

Selektive Messungen bei geringem Leistungsverbrauch

Gase lassen sich mithilfe photoakustischer Spektroskopie (PAS) sehr genau und selektiv nachweisen. Mögliche Einsatzgebiete reichen von rauen, industriellen Umgebungen über die Raumluftüberwachung bis zu medizinischen Anwendungen. Fraunhofer IPM entwickelt photoakustische Messsysteme, die je nach Anwendung besonders kompakt und energiesparend sind.

Photoakustische Spektroskopie

Das Messprinzip der Photoakustik wurde bereits 1880 von Alexander Graham Bell beschrieben: Bestrahlt man eine zu untersuchende Gasprobe in einer Messzelle mit einer gepulsten Lichtquelle, so absorbieren die Gasmoleküle das Licht und die Gasprobe erwärmt sich. Bei konstanter Volumengröße der Messzelle entstehen dadurch akustische Wellen, deren Frequenz mit der Modulationsfrequenz der Lichtquelle übereinstimmt. Diese akustischen Wellen, also das photoakustische Signal, können mit Schallwandlern (z. B. kommerziellen MEMS-Mikrofonen) detektiert werden. Die Signalamplitude korreliert mit der Stärke der Absorption und gibt somit Aufschluss über die Gaskonzentration in der Messzelle.

Indirekte und direkte Photoakustik

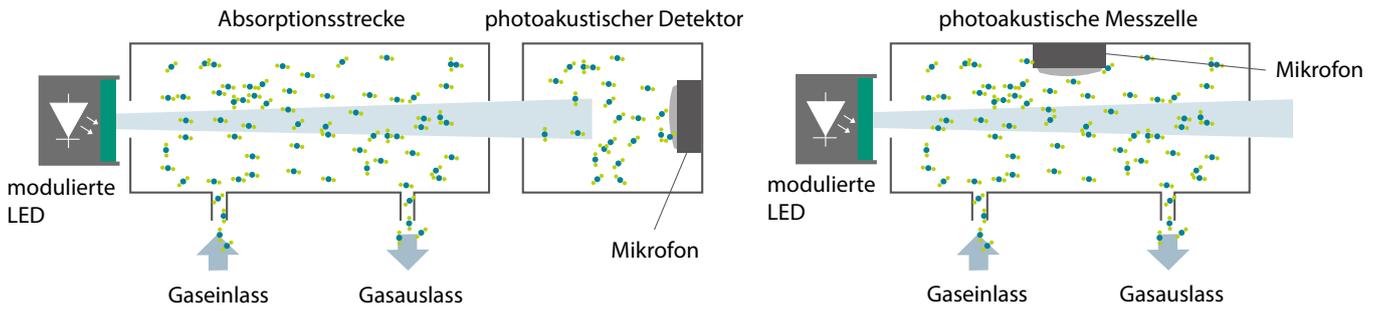
Photoakustische Sensoren können auf zwei Arten aufgebaut werden: direkt (Einkammer-Verfahren) und indirekt (Zweikammer-Verfahren). Beim direkten Verfahren wird die Schallwelle im Messgas selbst erzeugt und detektiert; beim indirekten Verfahren hingegen wird das Zielgas in einem Detektor hermetisch eingeschlossen, welcher dann in einem Absorptionsspektrometer-Aufbau zum Einsatz kommt. Beide Verfahren haben je nach Anwendung Vor- und Nachteile und sollten je nach Messaufgabe eingesetzt werden.

Sensoren nach dem direkten Verfahren werden oftmals in akustischer Resonanz betrieben, um die Sensitivität weiter zu erhöhen.

Photoakustischer Sensor zur CO₂-Messung nach dem indirekten Prinzip als SMD-Bauteil. Der Sensor ist nicht einmal halb so groß wie ein Zuckerwürfel und eignet sich mit einer Auflösung von 20 ppm zur Überwachung von CO₂ in der Umgebungsluft.

Unser Angebot

- Kunden- bzw. anwendungsspezifische Systemkonzepte
- Gasabhängige Charakterisierung von Systemen und Benchmark-Tests
- Erstellung von Produktionskonzepten
- Technologische Beratung



Funktionsprinzip einer nicht-resonanten (l.) und einer resonanten (r.) photoakustischen Messzelle. Durch die mit Zielgas gefüllte Detektionskammer ist das System frei von Querempfindlichkeiten.

LED, Laser oder IR-Strahler als Lichtquelle

Je nach Zielgas und Anwendung werden neben unterschiedlichen Messzellen-Geometrien die Lichtquellen ausgewählt. Beides bestimmt im Wesentlichen den Preis und die Baugröße des Gasmesssystems. Kostengünstige Messsysteme, die z. B. LEDs als Lichtquelle verwenden, können die Zielgaskonzentrationen sehr empfindlich (1 ppm-Bereich) bestimmen. Werden Laser als Lichtquelle verwendet, erreicht die Empfindlichkeit der Messsysteme sogar Werte im niedrigen ppb-Bereich.

Von der Emissionsmessung bis zur Blutgasanalyse

Fraunhofer IPM hat Erfahrung mit der Entwicklung photoakustischer Gassensorsysteme für sehr unterschiedliche Anwendungen: Für ein kompaktes SO₂-Messsystem, das zur Emissionsmessung im Abgaswäscher auf Schiffen verwendet wird, setzen wir auf eine resonante Einkammer-Messzelle mit einer UV-LED als Lichtquelle. So wird die hohe geforderte Auflösung von 1 ppm im Messbereich bis 50 ppm SO₂ erreicht.

Ein am Fraunhofer IPM entwickelter indirekter PA-Sensor detektiert Methan mit einer Auflösung im sub-ppm Bereich. Dazu

wurde ein photoakustischer Methandetektor mit einer ebenfalls am Fraunhofer IPM entwickelten Langwegzelle kombiniert. Dank einer LED als Lichtquelle zeigt sich der Sensor außerdem driftstabil und sparsam beim Stromverbrauch.

Bei einem miniaturisierten photoakustischen CO₂-Sensor für Detektion der Raumluftqualität wurde eine nicht-resonante Messzelle mit einer Infrarot-LED und einem MEMS-Mikrofon kombiniert. Dies ermöglicht einen besonders kleinen Sensor mit einer Auflösung von 20 ppm im Messbereich für Umgebungsluftkonzentrationen bis 5000 ppm CO₂. Die Gesamtabmessungen des Sensors liegen bei gerade einmal 8 × 7,5 × 17 mm³.

Nach demselben Konzept funktionieren unsere miniaturisierten Sensorsysteme zur kontinuierlichen, transkutanen Überwachung der CO₂-Konzentration (tcpCO₂) im Blut: Für den erforderlichen Konzentrationsbereich von 5 bis 25% CO₂ mit einer Auflösung von 0,1% wurde ein Mikrosensor mit einem optisch aktivem Gasvolumen von nur einigen hundert Nanolitern entwickelt. Der Sensor kann z. B. per Pflaster auf die Haut aufgebracht werden. Durch die Durchblutung des Gewebes, kann CO₂ über die Haut und durch eine gasdurchlässige Membran in die Detektionszelle diffundieren. Somit kommt der tcpCO₂-Wert dem arteriellen Wert sehr nahe.

Kontakt

Christian Weber
 Projektleiter
 Integrierte Sensorsysteme
 Telefon +49 761 8857-744
 christian.weber@ipm.fraunhofer.de

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

