

PRESSEINFORMATION

18 | 23

PRESSEINFORMATION

24. Oktober 2023 | Seite 1 / 4

Universelle Gassensor-Plattform mit verbesserter Dünnschichtverkapselung

Optische Sensoren zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes können in der Biomedizin, Pharmazie oder auch Lebensmittelbranche und zur Überwachung von Zuständen in Gewässern oder Bioreaktoren eingesetzt werden. Je nach Anwendung spielen Parameter wie die Größe des Gesamtsystems von Ansteuer- und Ausleseinheit und Preis eine entscheidende Rolle für die Auswahl der Sensorlösung. Am Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP wurde die Prozessierung von miniaturisierten Phosphoreszenzsensoren auf Basis der OLED-auf-Silizium-Technologie und mit kleinster Chipfläche weiterentwickelt. Die entstandene universelle Gassensor-Plattform mit verbesserter Dünnschichtverkapselung wird auf der IEEE Sensors 2023 in Wien, Österreich, vom 29. Oktober bis 1. November 2023, vorgestellt.

Sensoren zur Bestimmung des Gehaltes bestimmter Gase in der Umgebung finden sich in einer großen Bandbreite von Anwendungsbereichen. Insbesondere Gassensoren zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes können in der Lebensmittelherstellung, der Umweltüberwachung zur Messung des Sauerstoffgehaltes in Gewässern oder Meeren bis hin zu medizinischen Geräten zur Atemgasanalyse eingesetzt werden. Die Wahl des geeigneten Gassensors hängt immer von den spezifischen Anforderungen der Anwendung wie z. B. die Genauigkeit, Reaktionszeit oder den Umgebungsfaktoren, aber auch dem Preis und der Größe des Systems, ab.

Betrachtet man allein die Klasse der Sauerstoffsensoren, so gibt es am Markt viele optische Sensoren, welche aufgrund ihrer separaten LED-, Filter- und Sensorkomponenten schwierig zu miniaturisieren sind. Direkt auf dem CMOS-Chip integrierte ultraflache OLED-Lichtquellen überwinden diese Hürden und sind beliebte Alternativen durch ihre einfache Handhabung und Integrationsfähigkeit in bestehende Systeme.

Das Fraunhofer FEP besitzt langjähriges Knowhow in der Entwicklung und Fertigung hochintegrierter elektrooptischer Bauelemente basierend auf der OLED-auf-Silizium-Technologie. Neben der Realisierung verschiedenster OLED-Mikrodisplays nutzen die Wissenschaftler die Technologie auch für optische Sensorlösungen.

Dabei entstand bereits ein miniaturisierter Phosphoreszenzsensor, bei dem ein Markerfarbstoff auf dem OLED-on-Silicon-Chip in direktem Kontakt mit dem Sauerstoffprozess



Gefördert durch das
Bundesministerium
für Wirtschaft und
Klimaschutz

Förderkennzeichen:
16KN090725

steht und durch moduliertes blaues OLED-Licht angeregt wird, während die Phosphoreszenzantwort direkt im Sensorchip detektiert wird. Je nach verwendetem Farbstoff können neben dem Sauerstoffgehalt zukünftig auch andere Gase oder auch pH-Werte, Druck und Temperatur gemessen werden.

Auf dem aktuellen Markt für vergleichbare Sensorchips finden sich keine kommerziellen Lösungen zur Anregung- und Auslese von Farbstoffen inklusive einer Ansteuerung auf einer Chipfläche von weniger als 8×8 mm. Damit ist er deutlich kleiner als bisherige Aufbauten zur Anregung und Messung von Farbstoffen zur Konzentrations- und Zustandsbestimmung von Gasen. Die Abklingzeit der Farbstoff-Phosphoreszenz ist ein Parameter für die Sauerstoffkonzentration der Umgebung. Das deutlich geringere Phosphoreszenzsignal mit steigendem Sauerstoffgehalt wird über integrierte Silizium-Photodioden detektiert, im Chip lokal verstärkt und anschließend hinsichtlich der Phasenverschiebung zum Anregungssignal bewertet.

Diese bisherigen Sensorchips wurden in einem recht aufwändigen Prozess mit einer früheren „Vitex“-Dünnschichtverkapselung prozessiert, die aus einer Kombination von gesputterten Oxid-Schichten als Barriere gegen Sauerstoff und Wasser sowie mehreren organischen Glättungsschichten bestand. Ein Nachteil dieser Verkapselungstechnologie ist der hohe Aufwand, bei dem mindestens 2–3 Prozesskammern notwendig und die Stabilität der Prozessparameter herausfordernd sind. Zusätzlich verringern Partikelbelastungen die Ausbeute bei der Prozessierung dieser Sensorchips. Faktoren, die sich in den Herstellkosten niederschlagen und den Transfer in die Industrie erschweren.

Um die Ausbeuten der Sensorchips zu erhöhen und perspektivisch noch kleinere Chips anbieten zu können, wurde am Fraunhofer FEP innerhalb des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Projektes AquaSens unter anderem die Optimierung der Verkapselungstechnologie fokussiert. Entstanden sind nun deutlich verbesserte Gassensorchips zur Sauerstoffmessung auf kleinster Fläche.

Projektleiter Dr. Karsten Fehse erläutert: „Zur Optimierung des Gesamtchips haben wir eine neue Verkapselungsschicht bestehend aus einer Atomic-layer-deposition (ALD)-abgeschiedenen Barrierschicht etabliert. Ein großer Vorteil ist hier, dass wir dazu nur eine Prozesskammer benötigen, was die Prozessschritte und Kosten enorm senken kann. Dazu ist der Prozess nun deutlich partikelärmer und wir erhalten weniger Defekte in den Verkapselungsschichten der Sensorchips, was die Ausbeuten natürlich erhöht. Zudem können wir mit der neuen ALD-Technologie die Schichtdicken der einzelnen Schichten sehr präzise einstellen und erhalten so eine hohe Reproduzierbarkeit der Verkapselungsbarriere.“

Die Wissenschaftler haben bereits erste Alterungsversuche an Chips mit und ohne zusätzlicher Glasverkapselung durchgeführt. Die Ausbeute der Sensorchips bei einer Lagerung von 90 Tagen bei 85 % relativer Luftfeuchte und 85 °C war deutlich höher als bei den bisherigen „Vitex“-verkapselten Proben. Diese positiven Ergebnisse unter den sehr hohen Anforderungen für organische Bauelemente zeigen die Stabilität und Nutzbarkeit der Organik-CMOS-Kombination für die Sensorik. Weiterhin wurden bereits erste Demonstratoren zur Sauerstoffmessung umgesetzt und zur Konzentrati-

18 | 23

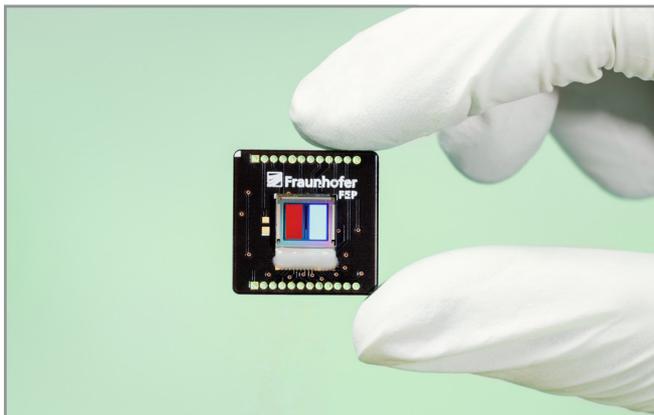
PRESSEINFORMATION

24. Oktober 2023 | Seite 3 / 4

onsbestimmung in Luft und Wasser evaluiert. Das miniaturisierte Sensorkonzept hat die Sauerstoffkonzentration zwischen 0 bis 20 % in Luft vergleichbar zu Literaturwerten bestimmen können.

Neben der Optimierung der Verkapselung der Sensorchips wollen die Forschenden am Fraunhofer FEP die Gesamtchipgröße perspektivisch auf weniger als 2×2 mm verringern. Karsten Fehse führt hierzu aus: „Eine der Herausforderungen der weiteren Miniaturisierung ist die optische Trennung der Lichterzeugung und Detektion. Denn je näher die Lichterzeugung durch die OLEDs an die Silizium-Photodioden heranrückt, d.h. der Chip kleiner wird, desto schwieriger ist es diese optische Trennung. Bei schlechter Signaltrennung detektiert die Photodiode nur das OLED-Signal, aber nicht das Farbstoff-Antwortsignal. Mit unserem Knowhow in der Chipentwicklung arbeiten wir hier an Lösungen durch eine Anpassung der Lichtabstrahlcharakteristik der OLEDs und Integration von Farbfiltern auf dem Chip.“

Der entwickelte Sensorchip zur Sauerstoffbestimmung ist am Fraunhofer FEP bereits verfügbar und wird im Rahmen der IEEE Sensors 2023 in Wien, vom 29. Oktober bis 1. November 2023 am Stand Nr. 6 sowie im Vortrag vorgestellt. Die Wissenschaftler sind offen für weitergehende Gespräche zur Validierung und Weiterentwicklung der Sensorchips. Für die Entwicklung kundenspezifischer Sensoren je nach gewünschtem Anwendungsfall verfügt das Fraunhofer FEP auch über ein etabliertes Netzwerk zu führenden Farbstoffherstellern für die Sensormarker.



Universelle Gassensor-Plattform

© Fraunhofer FEP, Foto: Claudia Jacquemin

Bildquelle in Druckqualität: www.fep.fraunhofer.de/presse



Gesamtsystem des miniaturisierten Gassensors

© Fraunhofer FEP

Bildquelle in Druckqualität: www.fep.fraunhofer.de/presse

Über das Projekt AquaSens:

LocaSenZ – AquaSens

Optisches Sensorfront-End für ein fluoreszenzoptischen gelösten Sauerstoff Sensor in Aqua-Kulturen

Fördergeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Förderkennzeichen: 16KN090725

Laufzeit: 01.06.2021 – 31.05.2023

18 | 23

PRESSEINFORMATION

24. Oktober 2023 | Seite 4 / 4

Fraunhofer FEP auf der IEEE Sensors 2023

IEEE Sensors 2023

29. Oktober – 1. November 2023

Hilton Vienna Park

<https://2023.ieee-sensorsconference.org/>

Stand Nr. 6

Poster Session

Optical Sensors – B

Poster Area 5

1. November 2023, 13:30 – 15:00 Uhr

Chairs: Karsten Fehse

Vortrag:

Optical Sensors – 3 Session

1. November 2023, 15:00 – 16:30 Uhr, Raum 7

Combination of Organic and Inorganic Semiconductor for Sensing Applications

Dr. Karsten Fehse et al.

Weitere Publikationen zum Thema:

- Organic-on-silicon photonic platform for advanced imagers, microdisplays and sensors
Wartenberg et. al, 2023, Smart Photonic and Optoelectronic Integrated Circuits 2023
- CMOS-integrierte Lichtemitter für optische Sensorik und Mikrodisplays
Fehse, Karsten; Richter, Bernd; Schedwill, Ines
2020, Photonik
- Integration organischer Leuchtdioden auf einem Sensorchip zur Messung der Sauerstoffkonzentration in Gasen und Flüssigkeiten
Fehse, Karsten et. al.
2019, 14. Dresdner Sensor-Symposium 2019

Das **Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP** arbeitet an innovativen Lösungen auf den Arbeitsgebieten der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbehandlung und der organischen Halbleiter. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen in der Elektronenstrahltechnologie, Rolle-zu-Rolle-Technologie, der plasmagestützten Großflächen- und Präzisionsbeschichtung sowie in Technologien für organische Elektronik und im IC-Design. Das Fraunhofer FEP bietet damit ein breites Spektrum an Forschungs-, Entwicklungs- und Pilotfertigungsmöglichkeiten, insbesondere für die Behandlung, Sterilisation, Strukturierung und Veredelung von Oberflächen sowie für OLED-Mikrodisplays, organische und anorganische Sensoren sowie optische Filter. Ziel ist, das Innovationspotenzial der Technologien für neuartige Produktionsprozesse und Bauelemente zu erschließen und es für unsere Kunden nutzbar zu machen.