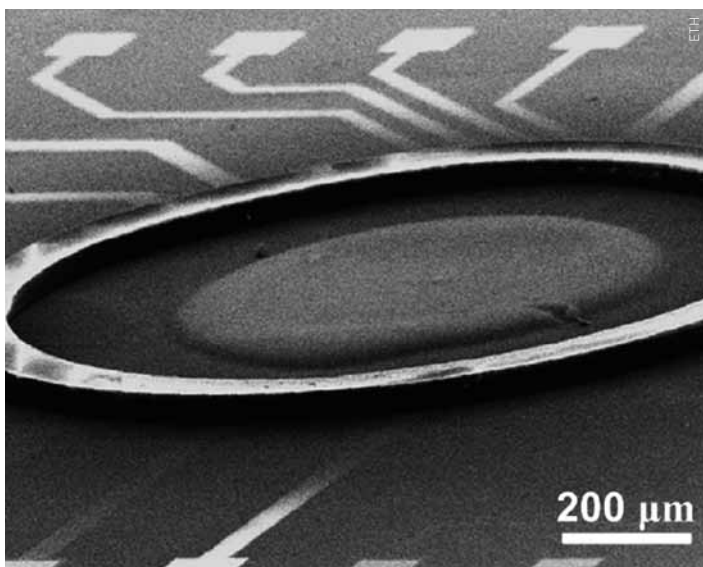


Nanodetektoren riechen Gaspartikel

Geräte, die Gas analysieren, sind nach wie vor gross und unhandlich. Nun sind aber miniaturisierte Sensoren in der Entwicklung, die auf Nanopartikeln basieren. Damit könnten in Zukunft viele Krankheiten billiger und schneller diagnostiziert werden.



Der Gassensor besteht aus einer Schicht aus SnO₂-Nanopartikeln.

Hören, Sehen, Berühren und Riechen sind Sinne, die uns helfen, uns in unserer Welt zu rechtzufinden. Wir kommunizieren darüber mit unserer Umwelt und entwickeln uns weiter. Jedoch sind unsere Fähigkeiten der Wahrnehmung begrenzt. Dies schränkt unsere Handlungsfähigkeit in vielen Situationen ein und macht den Einsatz von Hilfsmitteln nötig. Tiere können oft besser riechen oder sehen als wir, was sie schon seit frühester Menschheit zu einem Begleiter und Assistenten des Menschen gemacht hat. Eine Patrouille ohne Polizeihund ist kaum mehr vorstellbar. Der Grund ist einfach: Tiere besitzen deutlich empfindlichere Sinne, vor allem bei Gerüchen. Sie können schon geringste Mengen von Stoffen in der Luft wahrnehmen. So werden beispielsweise Hunde an Flughäfen zur TNT-Detektion eingesetzt, da sie dieses bei Raumtemperatur schon bei einer Konzentration von wenigen ppb – ppm (parts per billion – million) erkennen können. Eine Detektion dieser

geringen Mengen mit Messgeräten ist technisch eine Herausforderung. Dass wir, in unserer digitalen Welt, immer noch auf die Hilfe von Tieren als «tragbare Gassensoren» angewiesen sind, weist auf die momentane Limitierung der Gasanalyse-Technologie hin. Sie ist vergleichbar mit dem technischen Zustand, als noch Pferde und Kutschen an Stelle von Autos, Motorrädern oder Flugzeugen als Transportmittel verwendet wurden.

Wir haben zwar erfolgreich grosse Gasanalyse-Systeme entwickelt (z.B. den Gaschromatograph oder den Flame Ionization Detector), die fähig sind, sehr kleine Mengen von Substanzen zu erkennen. Aber wir haben es noch nicht geschafft, portable Systeme zu entwickeln, die eine leistungsfähigere und kostengünstigere Alternative zu den in der Natur vorhandenen Sensoren darstellen. Eine viel versprechende Möglichkeit zur Entwicklung von tragbaren Geräten zu Gasdetektion bieten Gassensoren, die aus Nano-

partikeln aufgebaut sind. Sie bringen ein hohes Miniaturisierungspotenzial mit sich und sind durch ihre nanostrukturellen Eigenschaften effizienter als mikro- oder makroskopische Lösungen.

Sensitivität, Stabilität und Selektivität

Gewisse Nanopartikel, die aus Metalloxiden bestehen, können verschiedene Gase «riechen», da sich ihre elektrische Leitfähigkeit als eine Funktion der Gaskonzentration ändert. Die zu detektierenden Gase wirken dabei oxidierend oder reduzierend auf den Gassensor.

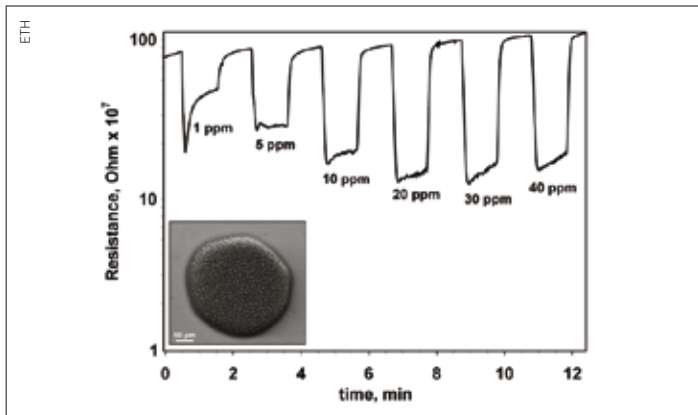
Dieser Mechanismus wurde Mitte des letzten Jahrhunderts bekannt und dient als Grundlage für die Entwicklung von chemoresistiven Gassensoren. Im Gegensatz zu anderen Systemen wird die Sensitivität von Nanopartikeln erhöht, wenn die Partikel kleiner werden. Aus diesem Grund liegt die Miniaturisierung von Gassensoren, die aus Nanopartikeln bestehen, bereits auf der Hand. Die Nachteile dieser Sensoren sind allerdings ihre geringe Langzeitstabilität und niedrige Selektivität. Dies ist der Grund, warum solche Sensoren bisher nur eingeschränkt und hauptsächlich zur qualitativen Detektion (z.B. zur Erkennung von H₂-Leckagen) eingesetzt wurden.

Am Particle Technology Laboratory (PTL) der ETH Zürich unter der Leitung von Professor Sotiris E. Pratsinis sind diese Probleme Inhalt der aktuellen Forschung. Eine Möglichkeit ist, neue Nanopartikel aus der Flamme zu schaffen, die aus einer ausgewählten Mischung von Halbleiter-Metalloxiden bestehen. Die Mitarbeiter des PTL konnten zeigen, dass durch die Wahl geeigneter Materialien

und durch eine Optimierung der Morphologie der Nanostrukturen, eine ausreichende Langzeitstabilität erreicht werden kann. Dies liess sich durch die Dotierung von SnO₂ mit SiO₂ verwirklichen. Ebenso konnte durch die Dotierung von SnO₂ mit TiO₂ ein Sensor erstellt werden, der eine optimale Selektivität aufweist. Diese Resultate zeigen, dass chemoresistive Sensortechnologie nicht nur für den Einsatz in der qualitativen, sondern auch für die quantitative Gasanalyse bereit ist.

Integrierte Mikro-Gassensoren

Durch die Synthese von Nanopartikeln in der Flamme ist die Möglichkeit gegeben, die Partikel direkt auf Sensorsubstraten abzuscheiden und durch Masken sehr kleine, tragbare Sensoren zu bauen. Dies ist ein enormer Vorteil im Vergleich zu anderen Methoden zur Herstellung von Nanopartikeln wie beispielsweise sol-gel Verfahren. Der Herstellungsprozess in der Flamme ist kompatibel mit CMOS-Technologie und kann deshalb in die Standard-Chipherstellung integriert werden. Während eines KTI-Projektes zwischen dem PTL, dem ehemaligen Physical Electronics Laboratory (PEL, ETH Zürich) und der Firma Sensirion war es möglich, chemoresistive Gassensoren von wenigen Millimetern herzustellen und für die CO-Detektion zu testen (siehe Bild). Diese Sensoren zeigten schon bei wenigen ppm (parts per million) des Analyse-gases eine hohe Sensitivität trotz kurzer Reaktions- und Erholungszeiten. Nanopartikelschichten, die auf diese Weise hergestellt werden, haben allerdings einen hohen elektrischen Widerstand, was sie ungeeignet für kommerzi-



Kohlenmonoxid (CO) detektiert er ab einer Konzentration von 1 ppm.

elle Anwendungen macht. Hohe elektrische Widerstände von Nanopartikelschichten sind ein häufig auftretendes Problem. Um dies zu verhindern, müssen Partikel vergrößert und dadurch Einbussen in der Effizienz in Kauf genommen werden. Vor kurzem hat das Forschungsteam von Prof. Pratsinis einen Ausweg aus diesem Dilemma gefunden. Indem «Nanoelektroden» (leitende Nanopartikel) unter und über der funktionellen Schicht aus «Gassensor»-Partikeln abgeschieden wurden, konnte der elektrische Widerstand des Sensors reguliert und gleichzeitig seine hohe Effizienz beibehalten werden. Mit dieser Entwicklung steht der Kommerzialisierung von Schichten aus gassensitiven Nanopartikeln in tragbaren Mikrosensoren nichts mehr im Wege.

Nichtinvasive Diagnose

Schon in der Zeit von Hippokrates um 400 v. Chr. war bekannt, dass bestimmte Mundgerüche in Verbindung mit verschiedenen Krankheiten stehen. Diese Beziehung ist heute wieder als nichtinvasive Methode zur Diagnose von Krankheiten aktuell. Tatsächlich können gewisse Bestandteile des Atems als so genannte breath markers fungieren, d.h. ihre Anwesenheit in einer spezifischen Konzentration ist ein Indikator für eine bestimmte Krankheit. Lungenkrankheiten können zum Beispiel durch Stickstoffmonoxid oder Wasserstoffperoxid angezeigt werden, während Magen-Darm-Krankheiten durch das

Vorliegen von Wasserstoff oder Kohlenstoff-Isotopen bestimmt werden. Schon längst gehören Atemtests bei verschiedenen Erkrankungen zur klinischen Routine, etwa beim Nachweis einer Infektion des Magens mit *heliobacter pylori* oder bei der Erkennung von Unverträglichkeiten. Ein weiteres Beispiel für einen breath marker ist Aceton. Seine Konzentration im Atem korreliert mit dem Zuckergehalt im Blut. Dies ist von grossem Interesse für die Behandlung von Diabetespatienten. Durch einen Gassensor, der zuverlässig die Acetonkonzentration im Atem bestimmen kann, könnte der Patient in Zukunft auf seinen Zuckergehalt im Blut zurückschliessen und dementsprechend die benötigte Insulinmenge bestimmen. Die Schwierigkeit in diesem Fall ist allerdings, dass geringe Konzentrationen (< 1 ppm) genau gemessen werden müssen. Durch einen miniaturisierten chemoresistiven Gassensor basierend auf Si:WO₃-Nanopartikeln war es den Mitarbeitern des PTL sogar möglich, Acetonkonzentrationen von nur 20 ppb in simulierter Atemluft zu messen. Durch die Herstellung dieses Sensors könnte schon bald möglich sein, Selbstdiagnosesysteme dieser Art auf den Markt zu bringen und dadurch die Ausgaben des Gesundheitssystems zu verringern – und gleichzeitig den Alltag der Patienten zu erleichtern. ☺

Dr. Antonio Tricoli, Institut für Verfahrenstechnik, ETH Zürich
www.ptl.ethz.ch

12 349

12 349 Versicherte verlangen eine effiziente Administration und eine kompetente Beratung. Mit ihrer langen Erfahrung kann die PTV besonders gut auf die speziellen Interessen der Verbandsmitglieder eingehen.



■ Pensionskasse der Technischen Verbände
SIA STV BSA FSAI USIC
Telefon 031 380 79 60
www.ptv.ch