

## ■ Befreit durchatmen

**Mit einem Gas-Sensor lassen sich drohende Asthmaanfälle bereits in einem sehr frühen Stadium erkennen.**

Asthma ist eine chronische entzündliche Erkrankung der Atemwege. Betroffene Patienten haben immer wieder Atemnot, die in extremen Fällen zum Tode führen kann. In Europa leiden zwischen 5 und 15 Prozent der Bevölkerung



Noch ist der neue Asthmasensor etwas sperrig, die Siemens-Forscher streben eine Handy-ähnliche Größe an.

an dieser Krankheit. Nehmen die Betroffenen rechtzeitig entzündungshemmende Medikamente ein, können sie Asthmaanfälle verhindern. Wissenschaftler von Siemens haben nun einen Sensor entwickelt, der aufgrund seiner hohen Messgenauigkeit bereits sehr früh erkennt, dass sich die Atemwege anfangen zu entzünden. Der Sensor lässt sich prinzipiell so stark miniaturisieren, dass er in ein Handy-großes Gerät passt. Patienten könnten ihn also bei sich tragen und entzündungshemmende Medikamente rechtzeitig und gezielt einnehmen.

Als Signalstoff für die Messung dient Stickstoffmonoxid, das im Atem Betroffener einen Anteil von 30 bis 100 ppb (parts per billion,  $10^{-9}$ ) hat, während es bei gesunden Menschen nur 5 bis 20 ppb erreicht. Die in heutigen Gas-Sensoren verbreiteten Technologien wie Metalloxidhalbleiter oder elektrochemische Zellen weisen allerdings keine ausreichende Selektivität auf, um so geringe NO-Mengen nachweisen zu können, oder

erfordern einen komplexen Aufbau des Gerätes, was einer Miniaturisierung im Weg steht. Die Forscher von Siemens verwenden daher eine Feldeffekttransistor-Struktur, bei der sie für die Gate-Elektrode ein geeignetes Sensormaterial auswählen, das sich als dünne Schicht fertigen lässt. Organische Farbstoffe wie Phtalocyanine eignen sich dafür, weil sich Stickstoffdioxid sehr selektiv an sie anlagert. Bevor das Gas durch die Transistorstruktur strömt, sorgen die Forscher mit einer Katalysatorschicht dafür, dass das NO zu NO<sub>2</sub> oxidiert wird. Durch das angelagerte NO<sub>2</sub> verändert sich an der Gate-Elektrode die Austrittsarbeit der Elektronen um 70 bis 80 meV, was sich wiederum als Änderung des Transistorstroms bemerkbar macht.

Die Messgenauigkeit des vorhandenen Prototyps für NO beziffern die Wissenschaftler auf etwa ein ppb – ein Wert, der bislang nur mit deutlich größeren und teureren Geräten erreichbar war, die sich nicht für den Heimgebrauch eignen. Der Sensor kann dadurch bereits einen Tag vor einem akuten Asthmaanfall die steigende NO-Konzentration erkennen. Ihren Prototyp haben die Forscher mit synthetischem und echtem Atem erprobt, nun soll ein Feldtest folgen.

## ■ Hohe Hürde für Plagiate

**Dank intrinsischer Eigenschaften, die sich aus den Fertigungstoleranzen ergeben, lassen sich Mikrochips fälschungssicher machen.**

Die Produktpiraterie macht auch vor den Hightech-Branchen nicht

halt. Während bislang vor allem die Forschung über Fälschungssicherheit auf Mikrochip-Ebene diskutiert wurde, dürfte das Thema künftig auch in der Industrie zunehmend an Bedeutung gewinnen. Ein Ansatz zum Schutz vor Fälschungen sind so genannte Physical Unclonable Functions (PUFs). Bei ihnen nutzt der Hersteller eines elektronischen Schaltkreises eine intrinsische Eigenschaft des IC, um daraus einen bauteilspezifischen Datenschlüssel zu erzeugen. Solche intrinsischen Eigenschaften ergeben sich aus den Fertigungstoleranzen und können zum Beispiel Frequenzen oder Laufzeiten sein. Die Idee ist noch keine zehn Jahre alt. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Sichere Informationstechnologie (SIT) in Garching haben nun zwei Demonstratoren entwickelt, die das Prinzip nutzen.

Im einen Fall handelt es sich um Ringoszillatoren, deren Taktfrequenzen aufgrund von Fertigungstoleranzen leicht unterschiedlich ausfallen. Die Forscher erfassen diese Frequenzunterschiede zwischen jeweils zwei Oszillatoren, um daraus die einzelnen Bits für eine Verschlüsselung mit einem 128 Bit langen Schlüssel – dem heutigen Standard in der Informationstechnologie – abzuleiten. Um auf die erforderliche Zahl an Bits zu kommen, sind mindestens 129 Oszillatoren nötig. Allerdings muss sich die PUF unabhängig von Umgebungseinflüssen und Alterung des Bauteils ermitteln lassen, sodass in Wirklichkeit mehr Oszillatoren erforderlich sind – in der Größenordnung von tausend. Wie viele genau, hängt auch vom



Fraunhofer SIT

Wie ein Fingerabdruck können Eigenschaften, die von Fertigungsschwankungen abhängen, Mikrochips unverwechselbar machen.

Fehlerkorrekturalgorithmus der verwendeten Implementierung ab.

Der zweite Prototyp, den die Fraunhofer-Forscher entwickelt haben, nutzt über Kreuz verbundene Latches (zustandsgesteuerte Flip-Flops), um die PUF zu erzeugen. Hier ergibt sich der Messwert aus dem spezifischen Zustand, den jedes der Latch-Paare einnimmt, wenn sie zunächst gegensätzlich angeregt werden und dann die Anregung endet.

PUFs lassen sich direkt in anwendungsspezifische Schaltkreise (ASICs) oder in programmierbare (FPGAs) integrieren. Zu den Anwendungen, für die dieser Fälschungsschutz interessant sein kann, gehören Smartcards oder auch elektronische Steuergeräte in der Automobilindustrie.

## ■ Erweitertes Farbsehen

### Eine modifizierte Siliziumnitridschicht vergrößert die spektrale Empfindlichkeit von CMOS-Bildsensoren.

Bildsensoren auf Basis von komplementären Metall-Oxid-Halbleitern (CMOS) spielen heute für viele Anwendungen eine wichtige Rolle – von der Digitalkamera über die industrielle Bilderkennung bis hin zur Automobilindustrie. Damit sie über einen möglichst großen Spektralbereich ansprechen, müssen nicht nur die eigentlichen Sensoren eine geeignete Empfindlichkeitskurve aufweisen. Auch die Schutzschicht, welche die Sensoren vor Umwelteinflüssen jeglicher Art bewahrt, darf im relevanten Spektralbereich nicht oder nur gering absorbieren. Üblich in der Halbleiterindustrie für diese so genannte Passivierung sind dünne Schichten aus Siliziumnitrid. Allerdings hat das standardmäßig verwendete Siliziumnitrid den Nachteil, dass es Wellenlängen absorbiert, die kürzer als 450 nm sind. Jeder Hersteller von CMOS-Bildsensoren hat hierfür eine eigene – gut gehütete – Lösung entwickelt, wie er den Nachteil vermeiden oder zumindest abmildern kann.



Eine modifizierte Passivierungsschicht erweitert die spektrale Empfindlichkeit von CMOS-Bildsensoren.

Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) in Duisburg sind für ihre Fertigungsline nun den Weg gegangen, das Siliziumnitrid mit Stickstoff anzureichern, sodass sich die Absorptionskante der Passivierungsschicht weiter ins Ultraviolette verschiebt, weil sich die Bandlücke des Materials vergrößert. Sie erzeugen das angereicherte Siliziumnitrid mit der Plasmaunterstützten Chemischen Gasphasenabscheidung (PECVD) als amorphe Deckschicht auf dem Wafer. Mit entsprechenden Tests zu Alterung, Dichtigkeit und Temperatur konnten die Forscher den Prozessschritt qualifizieren.

Ihre Absorptionsmessungen zeigen, dass die modifizierte Passivierungsschicht es ermöglicht, Bildsensoren bis herunter zu 200 nm Wellenlänge einzusetzen. Selbst für den optischen Spektralbereich bringt der Sprung von 450 nm auf 400 nm bei Farbkameras noch Vorteile, weil die Pixel im Blauen die geringste Empfindlichkeit haben – sich eine Erweiterung des kurzwelligen Bereichs also am deutlichsten bemerkbar macht. Daneben sind CMOS-Bildsensoren mit erweiterter spektraler Empfindlichkeit auch für die UV-Spektroskopie oder Fluoreszenzmikroskopie interessant.

Michael Vogel