

Sensorik: vom Temperatur- bis zum Dünnschichtsensor

Sensible Kleingeräte

Gerhard Wiegleb

Ist der Sensor nur Bauelement oder schon Meßsystem? Klar ist, daß sich der Sensor vom reinen Meßwertaufnehmer immer mehr zu einem Meßsystem entwickelt. Der Grund: Innovationen auf dem Gebiet der Mikroelektronik.

Die Sensortechnik hat in den letzten Jahren einen enormen Schub bekommen, der insbesondere durch eine gezielte Forschungsförderung durch das BMFT ermöglicht wurde. Auf der SENSOR '88 in Nürnberg, die zu den größten Fachmessen dieser Art gehört, wurden die neuesten Entwicklungen auf diesem Gebiet vorgestellt. Bei der Vielzahl von existierenden Meßeinrichtungen stellt sich zunächst die Frage, wie ein Sensor definiert ist.

Jede Meßeinrichtung, die einen physikalischen, chemischen oder biologischen Zustand in ein elektrisches Signal umwandelt, läßt sich als Sensor bezeichnen. Der Begriff des Sensors wurde insbesondere in Zusammenhang mit der Mikroelektronik geprägt, die für einen breiten Anwendungsbereich kostengünstige und möglichst kleine Meßwertaufnehmer benötigt. Diese Mikrosensoren, die zumeist unter Anwendung moderner Techniken (Dickschichttechnik/Dünnschichttechnik) hergestellt werden, ermöglichen einen effektiven Einsatz der Mikroprozessortechnik in unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie Kraftfahrzeug-Elektronik, Haushaltsgeräte, Robotik und industrielle Meßtechnik.

Dieser Bedeutung entsprechend wurden seit 1985 zirka 500 vorwiegend kleine und mittelständige Sensorenhersteller in der Bundesrepublik Deutschland vom BMFT gefördert. Ziel dieses Mikroperipherik-Verbandvorhabens war der Einstieg in

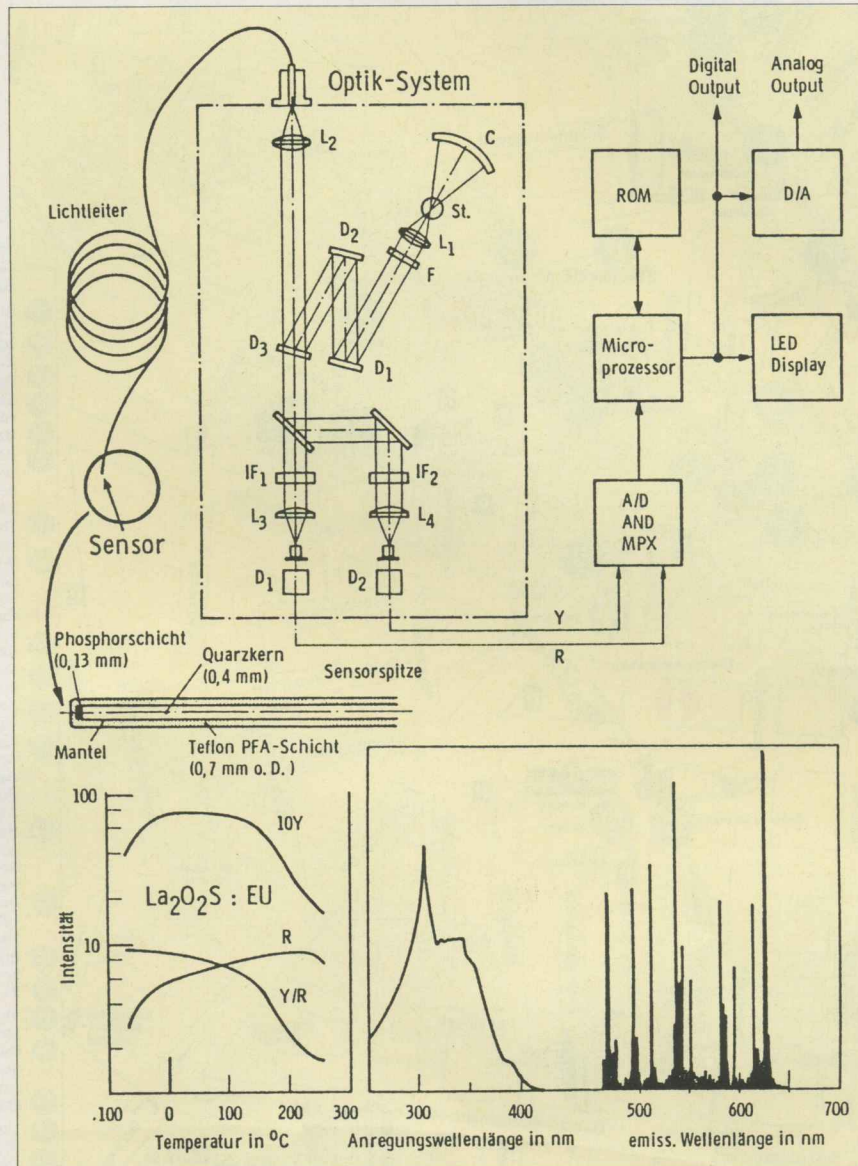


Bild 1: Der faser-optische Temperatursensor beruht auf dem temperaturabhängigen Intensitätsverhalten verschiedener Fluoreszenzlinien bestimmter Phosphormaterialien.

die moderne Miniaturisierungstechnologie zur Herstellung von mikroelektronik-kompatiblen Sensoren. Die Schwerpunkte der Sensor-Forschung lagen auf folgenden Gebieten: integrierte Optik für Sensoren (Glas, Lithiumniobat), Glasfasersensorsystem, Mikromechanik-Sensoren, chemische Sensoren zur Messung von Gas- und Ionenkonzentrationen, Leistungsbaulemente, Aktorik für die Ölhdraulik/Pneumatik-Mikroelektronik-Systeme, Miniaturisierungstechniken und

integrierte Sensorelektro-nik. Anhand einiger Beispiele werden die Fortschritte auf diesen Gebieten näher beschrieben.

Faseroptischer Temperatursensor

Das Prinzip des faseroptischen Temperatursensors beruht auf dem temperaturabhängigen Intensitätsverhalten verschiedener Fluoreszenzlinien bestimmter Phosphormaterialien. Der Aufbau des Temperatursensors ist

in Bild 1 zu sehen. Über ein Abbildungssystem (L₁, F, D₁, D₃, L₃) wird die von der Strahlungsquelle (St) ausgehende UV-Strahlung in einen Lichtleiter fokussiert. Am Ende des Lichtleiters befindet sich eine 0,13 mm dicke Phosphorschicht (La₂O₂S:Eu), die mit der UV-Strahlung zur Fluoreszenz angeregt wird. Die daraus resultierende Fluoreszenzstrahlung liegt im Spektralbereich von 500 nm bis 600 nm. Diese Strahlung gelangt dann wiederum durch den Lichtleiter in das

Optik-System. Aus der zurückreflektierten Fluoreszenzstrahlung werden durch die Filter IF₁ und IF₂ zwei Linien Y und R herausgefiltert, aus denen elektronisch das Verhältnis Y/R gebildet wird. Dieses Verhältnis ist eine monotone Funktion der Temperatur im Bereich von -50°C bis 250°C. Die Auflösung beträgt 0,1°C bei einer Genauigkeit von ± 2°C.

hängigkeit von der Kristallorientierung und Dotierung des Grundmaterials mit Fremdatomen. Durch zeitlich begrenztes Einwirken der Ätzlösung auf den Kristall lassen sich so komplexe, dreidimensionale Strukturen erzeugen.

Die Vorteile der Technik der Silizium-Mikromechanik gegenüber konventionellen Technologien zur Messung mechani-

und Rohstoffeinsparungen, die Umweltmeßtechnik zur frühzeitigen Erkennung von Umweltunfällen sowie der Einsatz in Kleinheizungen und Kraftfahrzeugen. Mit heute verfügbaren Meßsystemen können schon wegen der geometrischen Abmessungen und der sehr hohen Preise nur stichprobenartige Messungen durchgeführt werden.

Die Aktivitäten zielen auf Sensoren, die zum Beispiel der zur Motorsteuerung eingesetzten Lambda-Sonde vergleichbar sind. So sollten die Sensoren in Miniaturisierungstechnologien wie Dickschicht-, Dünnschicht-, Halbleiter- oder davon abgeleiteter Hybridtechnik herstellbar sein, um dadurch die geometrischen Abmessungen und den Preis auf ein vertretbares Maß zu verringern.

In Bild 2 ist ein miniaturisierter chemischer Sensor zur Analyse von binären Gasgemischen (zum Beispiel Wasserstoff in Luft) dargestellt. Wasserstoff besitzt gegenüber den anderen Gasen eine sehr große Wärmeleitfähigkeit. Durch eine thermische Abkühlungsmethode läßt sich diese Eigenschaft mit einem miniaturisierten Sensor zur Bestimmung des Wasserstoffgehalts in Gasgemischen ausnutzen. Die aktive Fläche des Sensors beträgt ein Quadratmillimeter, so daß die Ansprechzeit des Sensors unter einer Sekunde liegt.

Dünnschicht-Sensoren

Die Dünnschicht-Sensoren sind von der Fertigung her auf große Stückzahlen (> 10⁶) ausgelegt. Insbesondere der Bereich der Temperaturmeßtechnik und die Magnetfeldmeßtechnik mit Hallensensoren und magnetoresistiven Widerständen wurden durch die Dünnschicht-Technologie stark beeinflusst.

Die Vorteile dieser Sensorgruppe sind:

- Massenproduktion > 10⁶ Stück möglich;
- Fertigungs-Know-how aus der IC-Herstellung ist auf die

Sensor-Herstellung übertragbar;

- Integration von Sensoren mit der Elektronik.

In Bild 3 ist ein Temperatursensor dargestellt, der in Dünnschichttechnik hergestellt wurde. Er besteht aus einem keramischen Basismaterial (Al₂O₃), um eine bessere Temperatur-Ankopplung durch die hohe Wärmeleitfähigkeit der Keramik zu ermöglichen. Durch die miniaturisierte Ausführung erhält man auch ein sehr schnelles Ansprechverhalten. Der Sensor wird im „Mehrfach-Nutzen“ auf einem Keramiksубstrat hergestellt. In dieser vorgefertigten Form lassen sich die einzelnen Sensoren auf dem Substrat mit einem Lasertrimmer auf ihren endgültigen Widerstandswert einstellen, wodurch die unvermeidbaren Fertigungstoleranzen eingeschränkt werden. Für die Massenherstellung von Sensoren werden sich weiterhin die Dickschicht- und Dünnschichttechnik als Basistechnologien einsetzen lassen, da nur sie eine gezielte Integration von Sensor und Elektronik ermöglichen. Neben der Förderung von Sen-

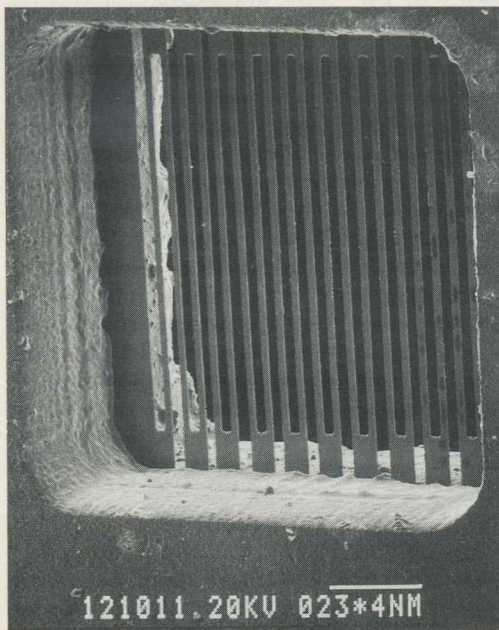


Bild 2: Chemische Sensoren eignen sich zur Analyse von binären Gasgemischen, zum Beispiel Wasser/Luft. (Bilder: Kostal)

Mikromechanische Sensoren

Die Technik der Silizium-Mikromechanik bietet die Möglichkeit, dreidimensionale Strukturen wie Membranen oder einseitig eingespannte Biegebalken herzustellen. Die Dicke dieser Strukturen kann dabei bis hinunter zu 1 µm betragen, bei einer lateralen Ausdehnung von 0,1 bis 1 mm. Anordnungen dieser Art dienen als Sensorelemente vornehmlich für mechanische Meßgrößen wie Beschleunigung, Schwingungsfrequenz oder Druck.

Bei der Herstellung von mikromechanischen Bauelementen aus Silizium benutzt man neben bekannten fotolithographischen Verfahren im wesentlichen selektive, anisotrope Ätzverfahren. Bei dieser speziellen Technik ist die Ätzgeschwindigkeit bis zu einem Faktor 200 unterschiedlich in Ab-

scher Größen bestehen in der Verwendung kristallinen Siliziums, einem Material mit hoher Härte und vernachlässigbarem Kriechen, in der Miniaturisierung der mechanischen Komponenten, in ihrem geringen Gewicht und in der Möglichkeit rationeller Fertigung im „Nutzen“. Darüber hinaus bietet diese Technologie die Möglichkeit an, sowohl das Sensorelement als auch die für eine Signalvorverarbeitung notwendigen Schaltkreise auf einen Baustein monolithisch zu integrieren.

Chemische Sensoren

Für kostengünstige Sensoren zur Bestimmung der jeweils aktuellen Konzentration definierter chemischer Stoffe in Gasen oder Flüssigkeiten besteht ein hoher Bedarf. Anwendungsfelder sind die Prozeßtechnik mit Auswirkungen auf Energie-

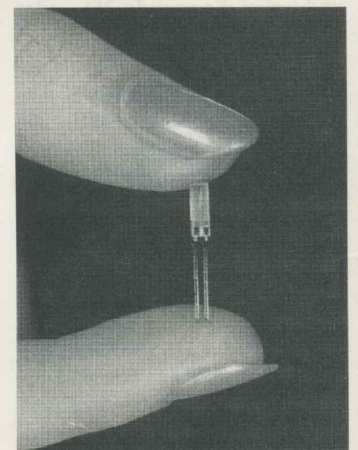


Bild 3: Temperatursensor

sensor-Entwicklungen dürfen auch die Aktoren (Stellglieder) nicht vernachlässigt werden, da auf diesem Gebiet noch sehr viel Pionierarbeit zu leisten ist. Insbesondere die Anwendung neuer Herstellungstechniken ist in diesem Zusammenhang notwendig, um die Aktoren auch für die Massenmärkte interessant zu machen.

Leserservice 30