



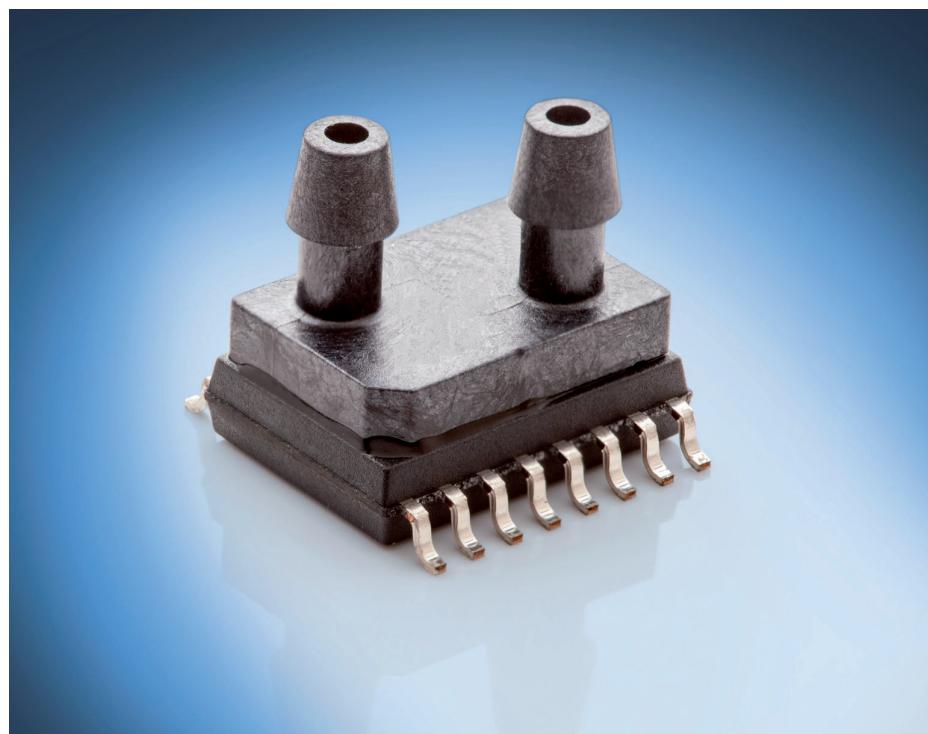
Konsequente Miniaturisierung: SOIC-Niederdrucksensoren – SM9333

In diesem Artikel beschreibt AMSYS den Aufbau und die Eigenschaften des neuartigen SOIC-Drucksensors SM9333, der ein Beispiel für die konsequente Miniaturisierung eines differentiellen Niederdrucksensors ist. Im Wesentlichen besteht der OEM-Sensor nur aus zwei Halbleiterbausteinen, einem MEMS (mikroelektromechanischer Sensor) und einem ASIC (anwendungsspezifisches IC). Die Messzelle und die gesamte Auswertelektronik mit den gespeicherten Abgleichkoeffizienten sind in einem normalen 16-Pin IC-Gehäuse untergebracht.

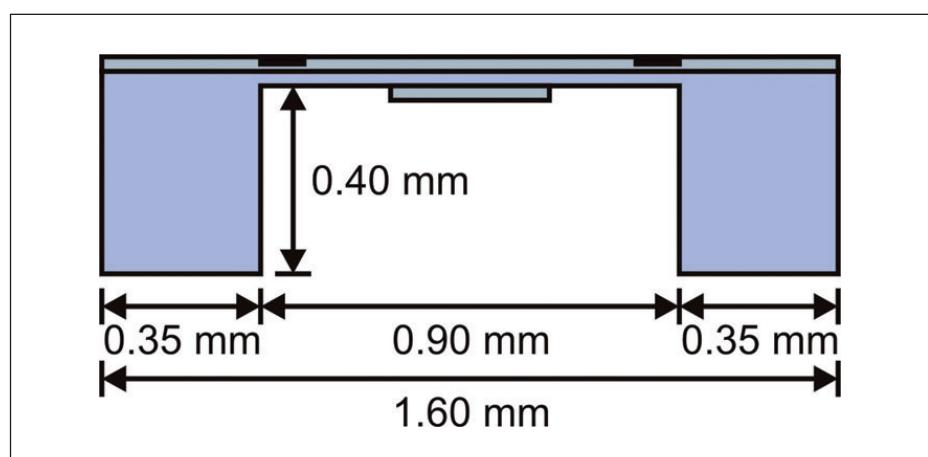
Da die Anwendungen besonders für die Niederdrucksensoren einen außergewöhnlich großen Markt darstellen (Füllstandanzeige, Strömungsmessung, Atem- und Filterüberwachung usw.) war und ist es Ziel der Entwicklung von Niederdrucksensoren, die Offset- und Stabilitätsprobleme sowie die temperaturabhängigen Einflüsse zu reduzieren. Insbesondere ist es der Temperaturkoeffizient des Offsets (TCO), der den größten Anteil am Gesamtfehler in der Ausgangskennlinie ausmacht und der unter Beibehaltung einer messtechnisch sinnvollen Empfindlichkeit verringert werden musste.

Je niedriger der wirkende Druck ist, umso empfindlicher muss der Sensor sein. Dies bedeutet für die piezoresistiven Druckmesszellen entweder eine dünnerne oder eine größere Membran. Dünnerne Membranen haben aber das Problem, dass ihre Übertragungskennlinie umso nichtlinearer und ihr Überdruckverhalten umso geringer wird, je dünner die Membran ist.

Da die Aufweitung der Membranfläche zur Sensitivitätssteigerung neben dem Anwachsen von Nichtlinearitäten auch eine Vergrößerung der Chipfläche und damit eine Verteuerung des Sensors mit sich ziehen würde, musste eine andere Lösung gefunden werden. Dies umso mehr, als dass mit der klassischen Membranstruktur (KOH-geätzte Cavity mit schrägen Seitenwänden) unter dem Aspekt technisch akzeptabler Parameter derzeit nur Drücke bis minimal 100 mbar realisiert werden können. Daher musste für neue Lösungen insbesondere die



▲ Abb. 1: SOIC-Drucksensor SM9333.



▲ Abb. 2: Beispielhafter Querschnitt und Maße einer DRIE-geätzten Niederdruckmesszelle mit biegesteifem Massezentrum.

klassische Nassätztechnik in Frage gestellt werden.

Durch Simulationen erhielt man als geeignete Strukturen für die Nieder-

druckmesszellen u. a. eine nahezu quadratische Membran, steile Cavity-Seitenwände und zur Sensitivitätserhöhung ein biegesteifes Massezentrum, das symmetrisch auf der Cavity-Rückseite realisiert wird (Abb. 2 und Abb. 3).

Der Weg zu solchen Strukturen ist eine Prozesskombination, die als reaktives Ionen-Tiefen-Ätzen (DRIE) bezeichnet wird. Im Gegensatz zum klassischen KOH-Ätzen handelt es sich hierbei um einen Trocken-Plasma-Ätz-Prozess.

DRIE ist eine Kombination aus einer chemisch isotropen (richtungsabhängigen) Ätzreaktion und aus einem anisotropen (richtungsunabhängigem) Materialabtrag durch einen Sputterprozess. Diese Technologie erlaubt es, Gräben oder zur Siliziumoberfläche senkrechte Kammern in das Silizium einzugraben.

Die erwähnten Schritte werden mehrfach wiederholt, wobei nach jedem Schritt eine Passivierung (durch eine Polymerverbindung) des entstandenen Grabens erfolgt. Um die Anisotropie des Gesamtprozesses zu gewährleisten, werden die Seitenwände in den nachfolgenden Schritten durch die Passivierung vor weiterem Materialabtrag geschützt. Wenn die gewünschte Tiefe der Cavity erreicht ist, müssen die Seitenwände begradigt und das restliche Passivierungs- und Maskenmaterial entfernt werden. Durch eine zusätzliche entsprechende Maskierung und Ätzung erreicht man, dass die Membran von der Rückseite reliefartig strukturiert und in der Mitte ihrer Unterseite symmetrisch verstärkt werden kann. Das führt bei Druckbeaufschlagung zu einer intensiveren Membrandurchbiegung in den Randbereichen. Da hier die Piezowiderstände positioniert sind, erhält man mit der stärkeren Membraneformation die gewünschte Sensitivität. Es ist offensichtlich, dass es sich bei diesem Herstellprozess um ein äußerst aufwendiges und kompliziertes Verfahren handelt, das aber in der Lage ist, kleinere Dice mit höherer

Empfindlichkeit und besseren technischen Daten zu produzieren. Mit so strukturierten Niederdruckmesszellen wird bei 5 V Versorgung im Temperaturbereich von -25 °C bis 85 °C eine Ausgangsspannung von ~ 30 mV und eine Linearität von 0,2 % FSO erreicht, die mit modernen Verstärkerschaltungen gut bearbeitet werden kann.

Aufbau des Drucksensors SM9333

Der von AMSYS angebotene SM9333 besteht aus einer Silizium-Niederdruckmesszelle, die im DRIE-Prozess hergestellt wird und einem komplexen ASIC, das den elektronischen Abgleich des Sensors (Kalibration, Kompensation und Linearisierung) während der Herstellung ermöglicht. Dazu werden im internen EEPROM Korrekturkoeffizienten abgelegt, die durch einen gespeicherten Algorithmus mit den jeweiligen Messwerten verrechnet werden, sodass nach jedem Zyklus (0,5 ms) ein aktualisierter Druck- und Temperaturwert am Ausgang im I²C Format bereitsteht.

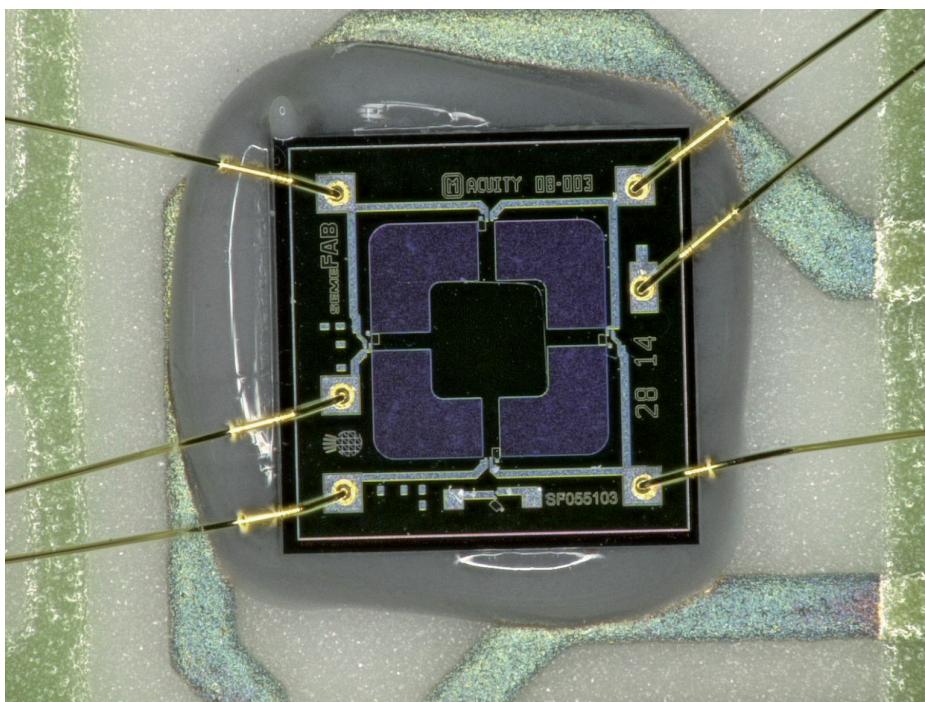
Bei dem ASIC handelt es sich um ein CMOS-IC, das aus einem Instrumentenverstärker, einem 16 bit AD-Wandler, einem EEPROM, dem Prozessor und einer Ausgangsstufe besteht (DSP).

Die Niederdruckmesszelle und das ASIC sind in einem normalen 16-Pin SOIC Gehäuse montiert, das in seinen Abmessungen der bekannten JEDEC-Norm MS-O12 entspricht (s. Abb. 4). Das Gehäuse besteht aus Thermoplast (PPS) und ist damit weitgehend gegen Chemikalien resistent.

Damit kann der SM9333 wie ein IC im Leiterplattenentwurf gelayoutet und im Reflow-Verfahren verarbeitet werden. Auf der Gehäuseoberseite befinden sich zwei Stutzen, an die die Schläuche für die Druckmessung angeschlossen werden.

Eigenschaften des Drucksensors SM9333

Der SM9333 ist ein bidirektonaler Dif-



▲ Abb. 3: Niederdruckmesszelle mit biegesteifem Massezentrum und Bondverbindungen.



▲ Abb. 4: Schnittbild des SOIC-Sensors SM9333.

ferenzdruck- und Temperatursensor für ± 125 Pa mit kompletter Auswerte-elektronik.

Der Drucksensor hat einen 16 bit DAC und eine Signalauflösung von 14 bit, sodass man unter Berücksichtigung des LSB mit einer Auflösung von 0,03 Pa rechnen kann. Dies ist nicht zu verwechseln mit dem totalen Fehlerband (TEB), dem maximal möglichen

Fehler, der im kompletten Betriebsbereich von -25 bis 85 °C mit typisch $\pm 0,5\%$ FS angegeben wird und alle Fehler einschließlich Kalibrations-, Temperatur- und stochastischen Fehlern umfasst. Damit gehört der SM9333 zu den genauesten Niederdrucksensoren auf dem Markt. Der Kalibrationstemperaturbereich erstreckt sich von -25 bis 85 °C, das

heißt, der Sensor wird in diesem Temperaturbereich vermessen und kalibriert, kompensiert und linearisiert. Die Versorgungsspannung beträgt 3,3 V und die Stromaufnahme liegt bei typischerweise 3,3 mA.

Die Kommunikation mit dem Sensor erfolgt über eine standardisierte I²C-Schnittstelle und ist somit für den Einbau in elektronische Systeme bestens geeignet. Um Fehler zu erkennen ehe die Folgen teuer werden, ist der SM9333 mit einer Statusdiagnose, Fehlererkennung und CRC-Checks ausgestattet.

Der OEM-Sensor ist primär für medizinische Anwendungen (z. B. Atmungskontrolle, Reinraumkontrolle usw.) konzipiert, kann aber auch in industriellen Anwendungen wie zum Beispiel in der Klima- oder in der Haustechnik eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Mit der neuen Generation der SOIC-Drucksensoren wie dem SM9333 werden von AMSYS Sensoren angeboten, die an der Grenze der Möglichkeiten der heutigen Aufbau- und Verbindungstechnik stehen. Nicht zuletzt aus Gründen des Handlings (Schlauchmontage) wird man eine weitergehende Miniaturisierung infrage stellen müssen.

Modernste MEMS-Technologie (DRIE-Prozess) und der Fortschritt in der Mikroelektronik ermöglichen hervorragende Werte in Auflösung, Genauigkeit und Stabilität auf kleinstem Raum. Mit den kleinen Abmessungen und der höheren Leistungsfähigkeit zeugen die SOIC-Sensoren von einer konsequenten Miniaturisierung.

► INFO

Kontakt:
AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 4
55124 Mainz
Tel.: 06131 469875 0
Fax: 06131 469875 66
E-Mail: info@amsys.de
www.amsys.de