

**Kfz-Applikationen von mikromechanischen Druck- und
Beschleunigungssensoren**

Dipl.-Phys. U. Nothelfer

Kfz-Applikationen von mikromechanischen Druck- und Beschleunigungssensoren

Dr.-Ing. U. Nothelfer
TEMIC Telefunken mikroelektronik GmbH
Geschäftsbereich Mikrosysteme
Wolf-Hirth-Str. 7
73230 Kirchheim-Teck

Vortrag im Rahmen der Tagung

Mikrotechnik im Automobilbau

veranstaltet vom Haus der Technik E.V.
am 13. und 14. Februar 1996
in Essen

Gliederung:

- Einleitung
- Sensorsysteme für die Kfz-Technik
- Mikromechanische Drucksensoren
- Mikromechanische Beschleunigungssensoren
- Zusammenfassung

Kfz-Applikationen von mikromechanischen Druck- und Beschleunigungssensoren

Einleitung:

Die Mikrosystemtechnik nutzt die Verknüpfung verschiedener Basistechnologien wie Mikromechanik, Mikroelektronik, Mikrofluidik, Mikrooptik usw. und ermöglicht hierdurch die Zusammenführung komplexer Funktionalitäten. Mikrosysteme sind somit miniaturisierte Systeme, die im Gegensatz zur klassischen Mikroelektronik nicht auf die rein elektronische Verarbeitung von Informationen beschränkt sind, sondern integrieren - so das Ziel - manigfaltige Funktionen: Mikrosysteme sensieren, analysieren, kommunizieren mit anderen Systemen und lösen Aktivitäten aus.

Prognosen und Marktstudien bescheinigen der Mikrosystemtechnik seit längerem ein enormes Innovations- und Wachstumspotential, jedoch darf nicht verschwiegen werden, daß vermehrt Stimmen laut werden, die neben der augenscheinlichen Technologiefaszination aber auch endlich den ökonomischen Erfolg mikrosystemtechnischer Produkte fordern. Gerade die spezifischen Kostenstrukturen der Mikrotechniken machen mit einem hohen Investitionsvolumen, hohen Fixkosten, langen Entwicklungs- und Vorlaufzeiten und den damit notwendigen Vorlauffinanzierungen den wohl zu euphorisch propagierten Technologieeinstieg für kleine und mittlere Unternehmen nahezu unmöglich. Und auch der Weg über externe kundenspezifisch orientierte Institute oder andere Technologie-dienstleister gestaltet sich sehr langwierig und teuer, so daß er sich für kleine Unternehmen als nicht tragbar erweist.

Die entscheidenden Vorteile der Mikrosystemtechnik liegen so betrachtet ganz eindeutig in der Fertigung von Systemen hinter denen hohe Stückzahlen stehen. Die hierfür notwendigen Marktkapazitäten bietet aber momentan nur der Consumer- und insbesondere der Automotive-Bereich.

Sensorsysteme für die Kfz- und Verkehrstechnik

Die Kfz- und Verkehrstechnik ist heute ein wesentliches Anwendungsfeld. So hat der Einsatz von modernen, hoch zuverlässigen Mikrosystemen in der Automobilindustrie in den letzten Jahren einen rasanten Aufschwung erlebt. Insbesondere Sicherheitssysteme wie der Airbag oder ABS sind mittlerweile bis herunter zum Kleinwagen Automobilstandard. Die hierbei geforderte hohe Zuverlässigkeit bei sehr niederem Preisniveau wäre mit alt-hergebrachten feinwerktechnischen Lösungen nicht machbar gewesen. Neben diesen passiven Sicherheitssystemen sind derzeit bei allen Kfz-Herstellern aktive Systeme in der

Entwicklung, die unter dem Begriff Fahrdynamikregelung bekannt sind. Ziel ist die Verbesserung der aktiven Fahrsicherheit als Präventivmaßnahme zur Verhinderung von Unfällen, dabei greift das System zum Beispiel durch gezielte Bremswirkung an einzelnen Rädern in das Fahrverhalten ein und kann so innerhalb der physikalisch zulässigen Grenzen ein Ausbrechen des Fahrzeuges verhindern.

In Modellen der mittleren bis gehobenen Klasse sind bereits derart viele elektronisch bzw. elektrisch funktionierende Systeme eingesetzt, daß allein die Verkabelung Gewichtsanteile von vielen Kilogramm verursacht. Abhilfe schaffen können hier verteilte, intelligente Sensor- und Aktorsysteme, die nur über eine einzige Busleitung kommunizieren und über nur eine Stromleitung gespeist werden. Vor allem aus Kosten- und Zuverlässigkeitsgründen geht hier der Trend zur Miniaturisierung. Mikrosysteme können somit nicht nur in Bezug auf Sicherheit, sondern auch bezüglich Umweltverträglichkeit, Zuverlässigkeit, Energieverbrauch und Komfort ganz wesentlich zur weiteren Optimierung des Automobils beitragen.

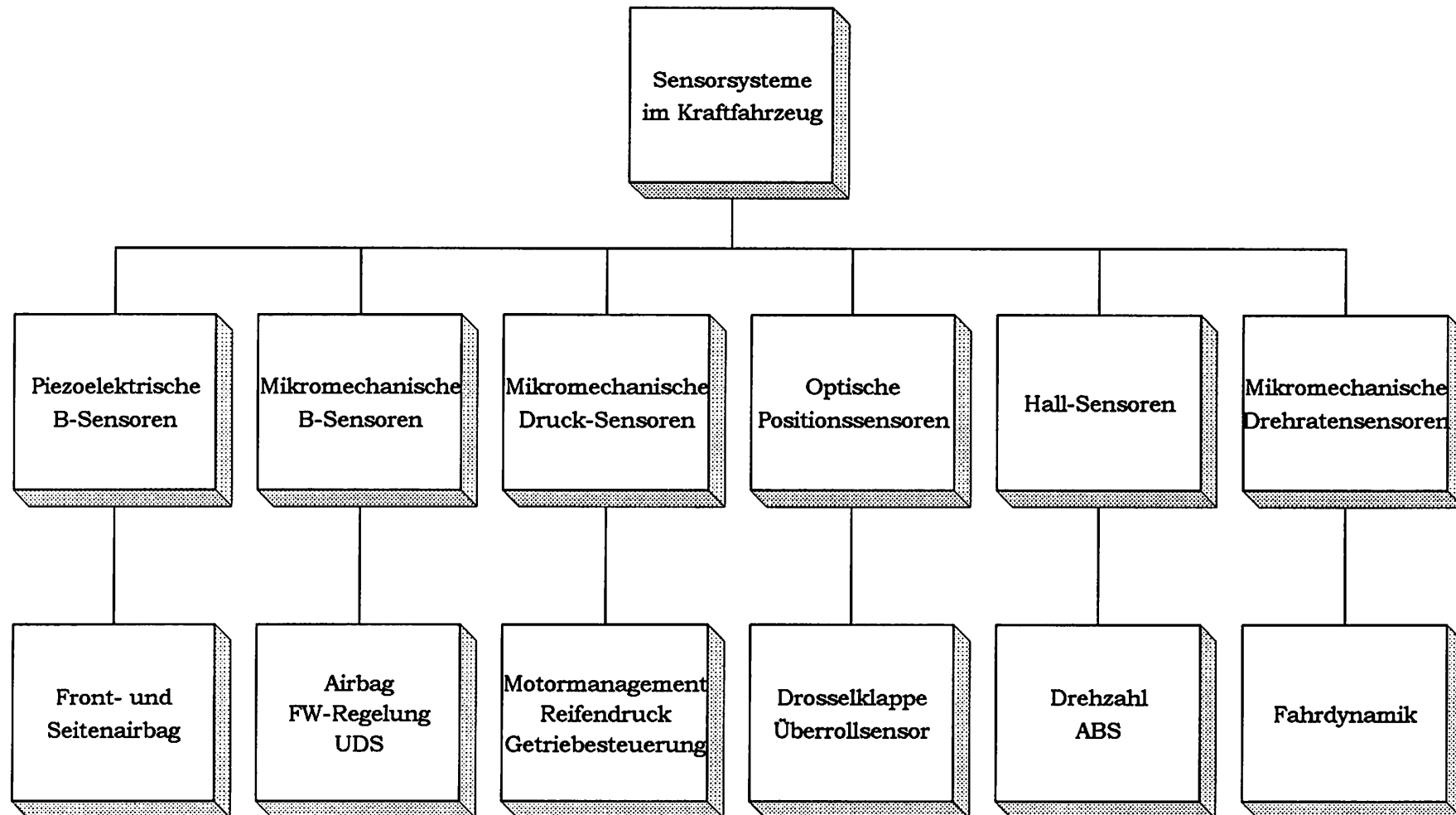
Applikationen wie Motormanagement, Reifenfüllstandskontrolle, Getriebesteuerung, Fahrbahnsensorik, Abstandsradar, Navigationssysteme sowie die bereits angesprochenen sicherheitsrelevanten Anwendungen wären hier zu nennen. Aber auch mit Blick auf künftige neue Verkehrskonzepte, die das individuelle Mobilitätsbedürfnis mit ressourcenoptimierten und umweltverträglichen Verkehrsmitteln verknüpfen, können Mikrosysteme enorme Bedeutung erlangen. Es befinden sich schon zum heutigen Zeitpunkt Systeme in der Erprobung, die ein führerloses, sensorgesteuertes und rechneroptimiertes Kolonnenfahren auf Autobahnen ermöglichen. Hierdurch wird neben dem erhöhten Fahrkomfort insbesondere auch Kraftstoff eingespart, wodurch schädliche Emissionen reduziert werden können.

Als Basis für all diese Anwendungen werden eine Vielzahl von Sensorsystemen benötigt, die den Kfz-Anforderungen genügen (vgl. Abb.1). Unter einem Sensorsystem versteht man dabei üblicherweise eine hybrid oder monolithisch integrierte Funktionseinheit, die aus Sensorelement und Elektronikfunktionen (Abgleich, Kompensation, Verstärkung usw.) besteht.

Mikromechanische Sensoren

Schlüsselemente solcher Sensorsysteme sind zweifelsohne die eigentlichen Sensorelemente. Zu unterscheiden gilt es hierbei zwischen mikroelektronischen Sensoren (Hall-Sensor, IR-Sensor), mikromechanischen Sensoren (Bulk- bzw. Oberflächenmikromechanik), in Hybridtechnik gefertigten Sensoren (Piezokeramischer Sensor) und den klassisch feinwerktechnischen Sensoren, die aber mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt werden.

Abb.1



Im Bereich der physikalischen Meßgrößen Druck, Beschleunigung, Dreh- und Flußrate werden hierbei mehr und mehr mikromechanische Sensorelemente eingesetzt. Dabei nutzt die Mikromechanik an Stelle der konventionellen feinwerktechnischen Fertigungsverfahren das technologische Know-How der Siliziummikroelektronik. Insbesondere durch den Einsatz der hochgenauen Strukturübertragung mittels photolithographischer Verfahren sowie durch Nutzung von präzisen Ätz- und Schichtabscheidetechniken, lassen sich enorme Miniaturisierungen erreichen. Desweiteren kann das Konzept der kostengünstigen Fertigung in Batch-Prozessen genutzt werden.

Als Basismaterial wird ebenfalls überwiegend das einkristalline Silizium genutzt, da es neben den exzellenten elektronischen Eigenschaften auch ausgezeichnete mechanische Eigenschaften aufweist.

Grundsätzlich wird zwischen zwei mikromechanischen Technologieströmungen unterschieden; in der sogenannten Bulk- oder Volumenmikromechanik werden durch den Einsatz anisotroper Naß- oder Trockenätzverfahren freitragende 3-D Strukturen im Siliziumsubstrat freigestellt. Dies hat zur Folge, daß die homogenen Materialeigenschaften des einkristallinen Siliziums voll genutzt werden können. Als nachteilig erweist sich jedoch, daß die Siliziumwafer beiseitig strukturiert und bearbeitet werden müssen.

Demgegenüber werden in der Oberflächenmikromechanik (OFM) meist polykristalline Siliziumschichten über einer oder mehreren Opferschichten abgeschieden. Nach Entfernung der Opferschicht entstehen so freitragende 3-D Gebilde. Von der Prozeßführung und von den eingesetzten Schichten her ist die OFM somit prädestiniert für monolithisch integrierte Lösungen. Als problematisch bei dieser Technologie erweisen sich allerdings Schwankungen der mechanischen Eigenschaften aufgrund von Schichtstress und Stressgradienten sowie unerwünschte Adhäsionseffekte aufgrund von „sticking“-Phänomenen.

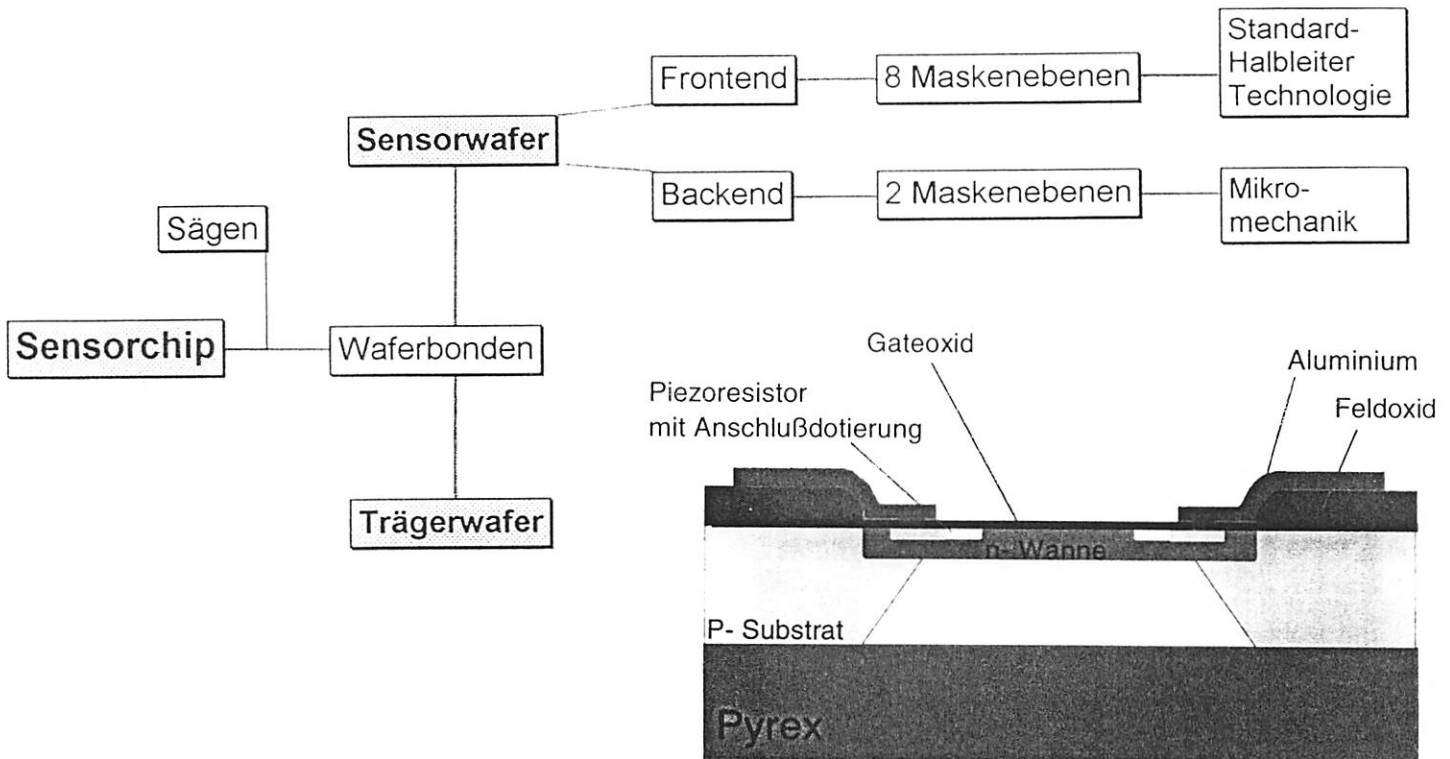
Im Rahmen dieses Vortrages werden nun verschiedene Sensorelemente vorgestellt, die mit den Methoden der Bulk-Mikromechanik gefertigt wurden. Im wesentlichen handelt sich dabei um piezoresistive Druck- und Beschleunigungssensoren mit variierenden Spezifikationsbereichen, die durch hybride Aufbautechnik in Sensorsysteme für verschiedene Applikationen integriert wurden.

Piezoresistiver Drucksensor

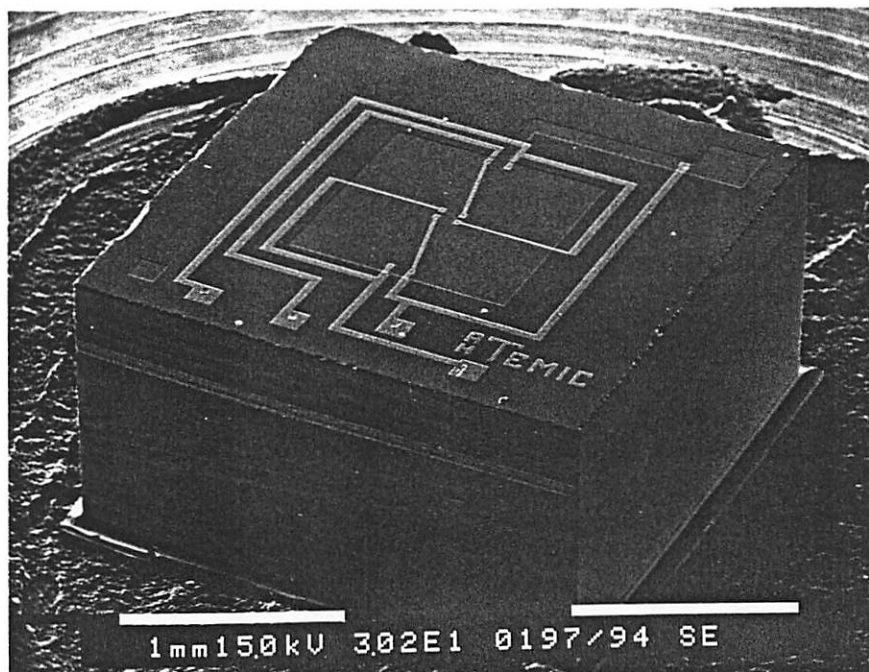
Geschäftsbereich Mikrosysteme

⇒ Herstellung des Sensorelementes (1bar Absolutdrucksensor)

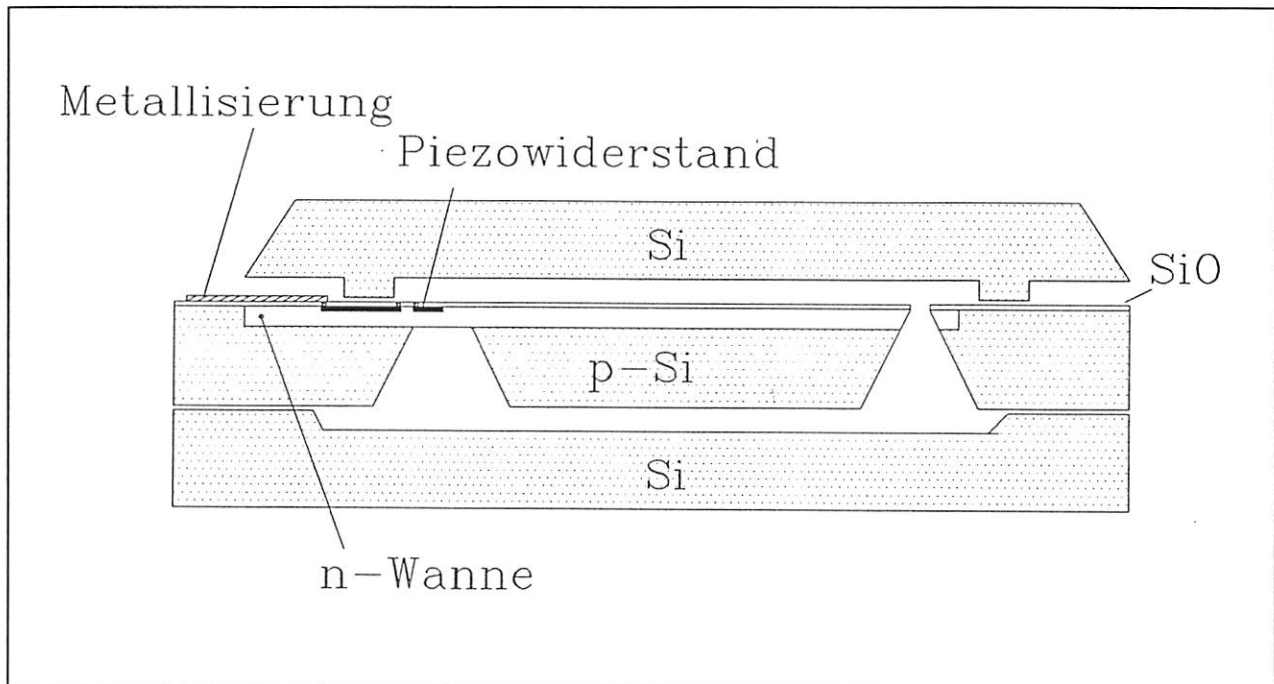
- Prozeßablaufdiagramm



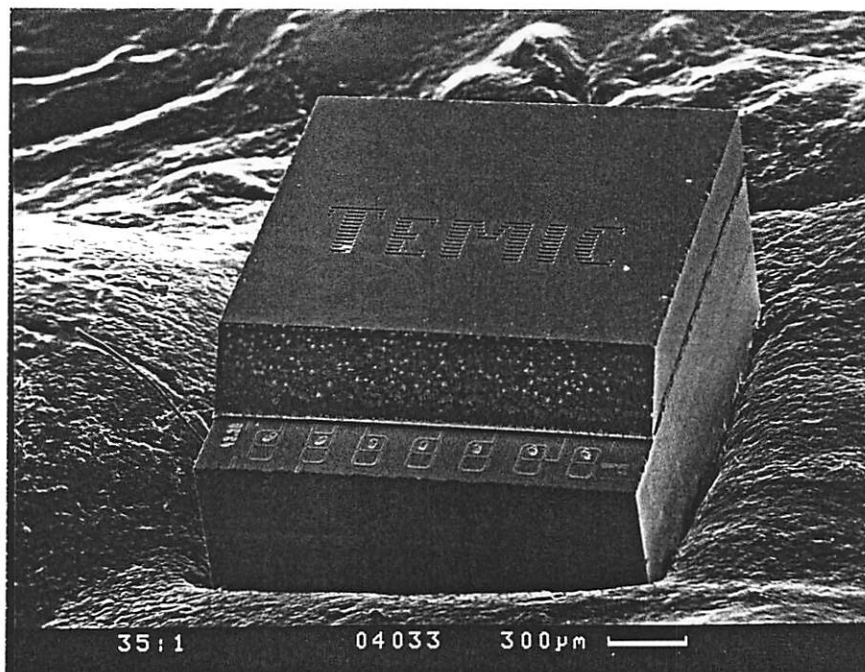
⇒ REM - Aufnahme (fertigprozessiert)



Schemazeichnung:



REM-Aufnahme Airbagsensorelement:



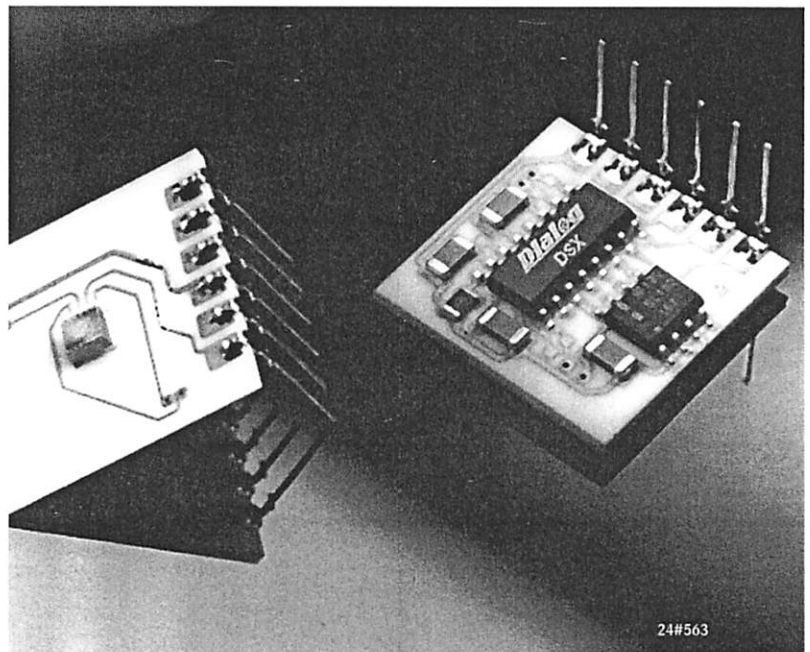
Drucksensor DSA-101X

- Low cost
- Skaliert und temperaturkompensiert
- Kompakter Aufbau
- Großer Arbeitstemperaturbereich

Beschreibung:

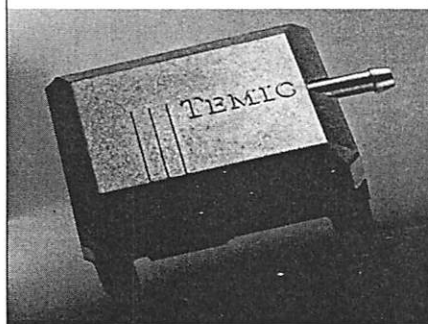
Der von TEMIC entwickelte piezo-resistive Absolutdrucksensor ist intern skaliert und temperaturkompensiert. Er liefert eine dem angelegten Druck proportionale Ausgangsspannung, die ratiometrisch zur Versorgungsspannung ist.

Mögliche Applikationen sind im Industriebereich, in pneumatischen Einrichtungen und im Motor-Management.



24#563

Kundenspezifisches Gehäusebeispiel:



Anfragen an:

Abteilung Vertrieb
Tel.: 07021 / 989-592
Fax: 07021 / 989-599

TEMIC

Bereich Mikrosysteme
Wolf-Hirth-Straße 7
73230 Kirchheim unter Teck

Technische Daten

	DSA-101X
Meßbereich	200 mbar bis 1050 mbar (abs.) 20 kPa bis 105 kPa (abs.)
Ausgangsspannung (ratiometrisch zu V_s)	$V_{out} = V_s \cdot (1,059 \cdot p - 0,13176)$ p:bar $V_{out} = 0,4 \text{ V bis } 4,9 \text{ V}$ ($V_s = 5,00 \text{ V nominal}$)
Ausgangsspannungs-Hub	4,5 V
Empfindlichkeit	5,3 mV / mbar ($V_s = 5,00 \text{ V nominal}$)
Genauigkeit	$\pm 1,2\% \text{ FS}$
Temperaturbereich kompensiert	0° bis + 85° C
Stromaufnahme	$\leq 15 \text{ mA}$ (10 mA nom.)
Versorgungsspannung	5 V \pm 0,25 V
Temperatur-Betrieb	- 40° C bis + 100° C
Temperatur-Lagerung	- 40° C bis + 125° C
Überdruck-Fertigkeit	4 bar (400 kPa)

Genauigkeit beinhaltet:

Linearität; Offset-Abgleich, Empfindlichkeits-Abgleich, Reproduzierbarkeit;
Offset- und Drift, Druck-Hysterese

Technische Änderungen vorbehalten.

Beschleunigungssensor BSX-91P

- Für AC-Applikation
- Keine Fehlfunktion und keine Veränderung des Zustandes bei Spannungsspitzen von bis zu 25 V für $t < 60$ sec.

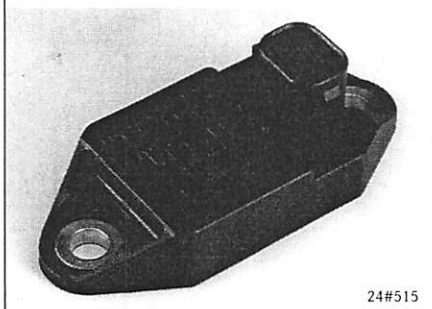
Beschreibung:

Ein eindimensional wirkendes mikro-mechanisches Aufnahmerelement gibt ein analoges Signal an eine Rechneinheit weiter, die dann die kundenspezifischen Auswertungen vornimmt. Über eine Steckereinheit wird das Modul an das Datennetz angeschlossen.

Packaging:

Die auf Keramiks substrat Al_2O_3 aufgebauten Sensorsysteme in hermetisch dichtem Metallgehäuse werden in der Regel in kundenspezifische Gehäuse eingebaut, vergossen bzw. verschlossen.

Kundenspezifisches Gehäusebeispiel:



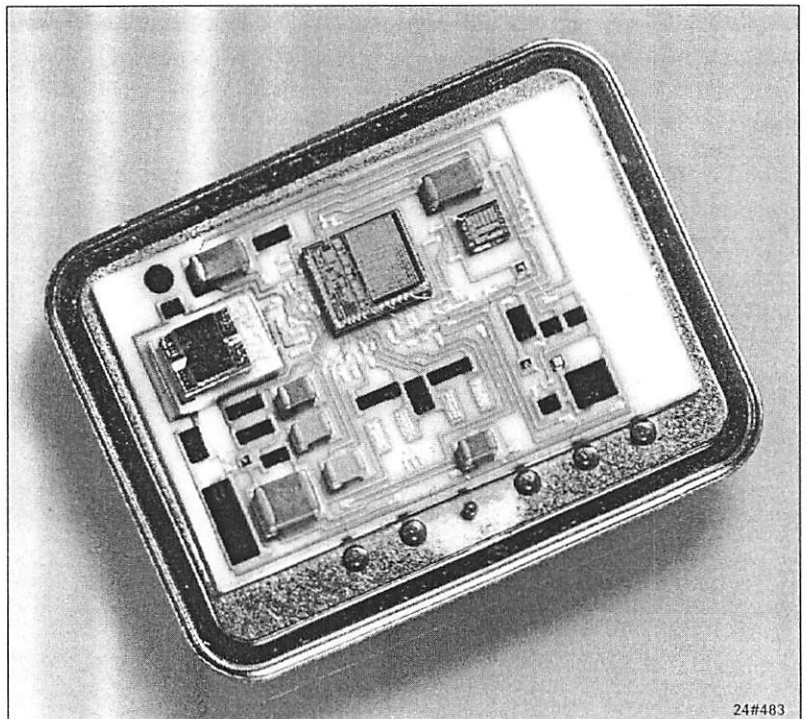
24#515

Anfragen an:

Abteilung Vertrieb
Tel.: 07021 / 989-592
Fax: 07021 / 989-599

TEMIC

Bereich Mikrosysteme
Wolf-Hirth-Straße 7
73230 Kirchheim unter Teck



24#483

Technische Daten

	BSX-91-2	BSX-91-20
Meßbereich	-2 g bis +2 g	-20 g bis +20 g
Empfindlichkeit	850 ... 1150 mV/g	80 ... 120 mV/g
Frequenzbereich	70 mHz ... 200 Hz	
Funktionstemperaturbereich	-15°C ... +85°C	-40°C ... +110°C
Amplitudenlinearität (f = 10 Hz)	± 3 %	
Ausgangsrauschen	< 12 mV (eff)	
Spannungsbereich	9 V ... 16 V	
Stromaufnahme	typ. 12 mA bei 12 V	
Lastwiderstand R_L	≥ 10 k Ω	
Lastkapazität	≤ 100 nF	
Modulgröße BxHxT mm	20 x 12 x 24	

Technische Änderungen vorbehalten.

Bitte Rückseite beachten.

Beschleunigungssensor BSX-94K

- Für DC-Applikation
- Integrierte Diagnosefunktion
- Kurzschlußfester Ausgang
- Verpol- und überspannungsgeschützt bis 18 V.

Beschreibung:

Mikromechanisches Sensorelement mit integrierter Signalaufbereitung und Temperaturkompensation.

Packaging:

Die auf Hybrid aufgebauten Sensorsysteme in hermetisch dichtem Metallgehäuse werden in der Regel in kundenspezifische Gehäuse eingebaut, vergossen bzw. verschlossen.

Kundenspezifisches Gehäusebeispiel:



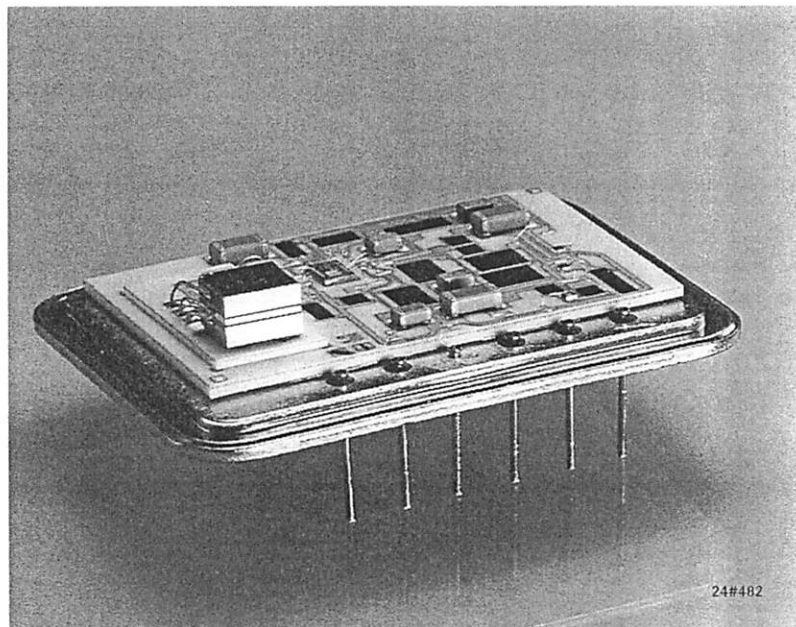
24#512

Anfragen an:

Abteilung Vertrieb
Tel.: 07021 / 989-592
Fax: 07021 / 989-599

TEMIC

Bereich Mikrosysteme
Wolf-Hirth-Straße 7
73230 Kirchheim unter Teck



24#482

Technische Daten

	BSX-94-02	BSX-94-xx
Meßbereich	±1,6 g	kunden- spezifisch
Empfindlichkeit	0,9375 V/g*	
Ausgangsruhespannung	2,5 V ± 0,1*	
Frequenzbereich	0 Hz ... 200 Hz	
Funktionstemperaturbereich	-40°C ... +115°C	
Querempfindlichkeit	< 3 %	
Gesamtfehler	< 5 %	
Ausgangsrauschen	< 10 mV _{eff}	
Versorgungsspannung	5 V ± 0,25	
Versorgungsstrom	≤ 25 mA	
Lastwiderstand R _L	≥ 10 k Ω	
Lastkapazität	≤ 100 nF	
Modulgröße BxHxT mm	34 x 26 x 12	

* ratiometrisch zur Versorgungsspannung

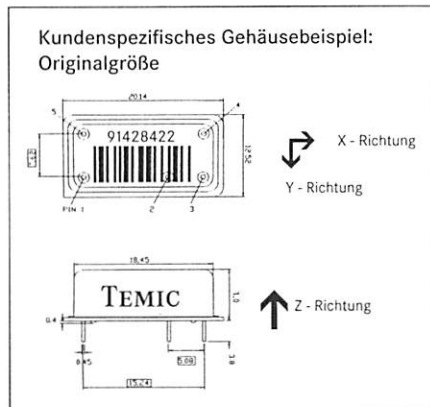
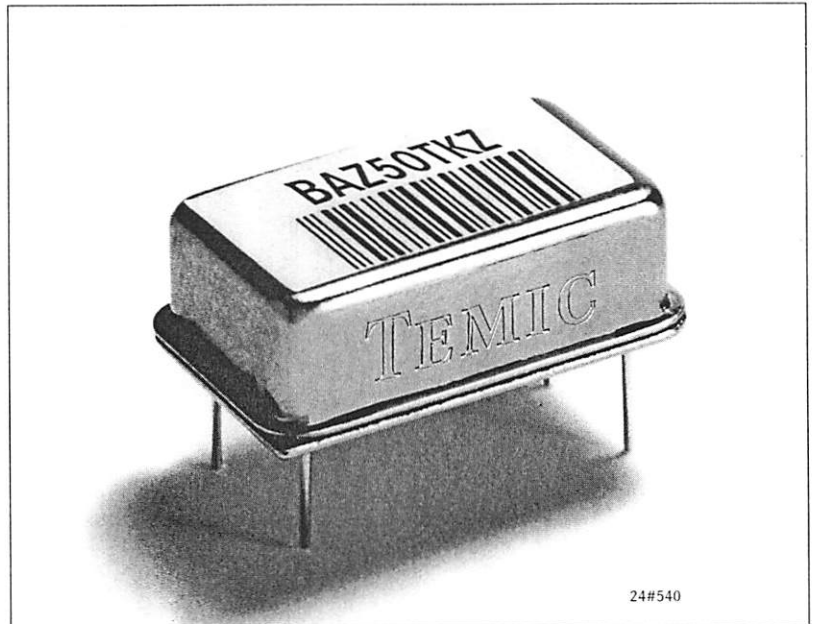
Technische Änderungen vorbehalten.

Beschleunigungssensor BAZ

- Für AC-Applikation
- Empfindlichkeitsachse senkrecht zur Leiterplatte
- Kompakte Bauweise
- Selbsttestfunktion
- Großer Betriebstemperaturbereich

Beschreibung:

Der BAZ ist ein piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer mit integrierter Signalaufbereitung. Er enthält einen Hochpassfilter 2. Ordnung und einen Tiefpassfilter 2. Ordnung mit kritischer Dämpfung. Für den Anschluß an die üblichen A/D-Wandler werden keine externen Bauelemente benötigt.



Technische Daten

	BAZ
Hauptempfindlichkeitsrichtung	Z-Achse
Gehäuse	hermetisch dichtes Metallgehäuse mit 5 Pins
Temperaturbereich	- 40 ° C bis + 95° C
Meßbereich	50 g ⁽¹⁾
Empfindlichkeit	48 mV/g ⁽¹⁾
Obere Grenzfrequenz	315 Hz 2. Ordnung
Untere Grenzfrequenz	1,5 Hz 2. Ordnung
Versorgungsspannung	5 V
Ausgangsruhespannung	2,5 V ratiometrisch

Anfragen an:

Abteilung Vertrieb
Tel.: 07021 / 989-592
Fax: 07021 / 989-599

TEMIC

Bereich Mikrosysteme
Wolf-Hirth-Straße 7
73230 Kirchheim unter Teck

⁽¹⁾ Meßbereich bis 500 g möglich, Empfindlichkeit kundespezifisch anpaßbar

Testmöglichkeit über Testpin

Der Sensor ist durch Barcode / Klartext serialisiert

Technische Änderungen vorbehalten.