



Analog - Digitale
Mikromechanische
Sensorsysteme

Einbaufertige Keramiksensoren mit integrierter Elektronik

Einbaufertige Keramiksensoren ME705

Spricht man von moderner Druckmeßtechnik, so verbindet man mit diesem Begriff vorwiegend mikromechanische Meßzellen auf Siliziumbasis. Bei näherer Betrachtung stößt man jedoch auf Randbedingungen, die den Einsatz der Halbleiterelemente erschweren oder sogar unmöglich machen. Dazu gehören die Reinraumbedingungen für die Montage, die starke Temperaturabhängigkeit, die beschränkte Medienkompatibilität und eine konstruktionsbedingte Grenzbelastbarkeit. Genug Gründe, um sich nach alternativen Meßelementen umzusehen. Geschieht dies unter dem Gesichtspunkt des Einsatzes in rauher Umgebung, so stößt man unweigerlich auf Keramik-Elemente (Abbildung 1).

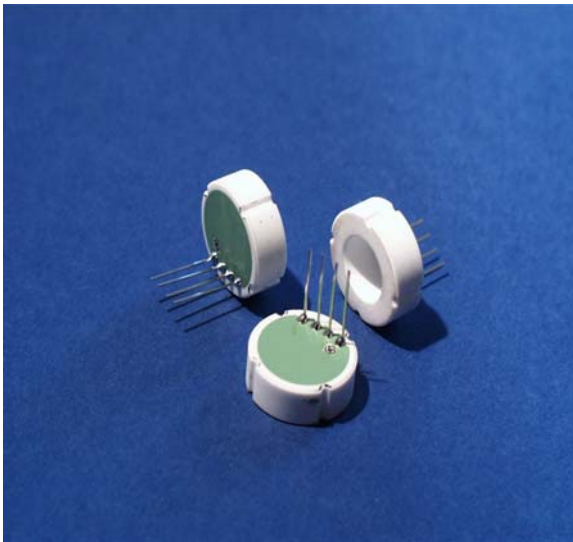


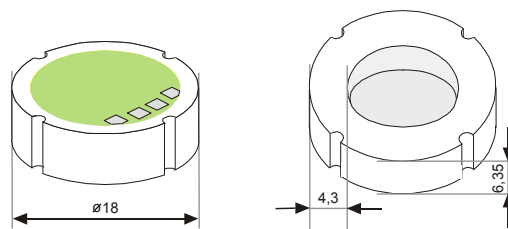
Abbildung 1 –Keramikmeßzellen ME651-

Keramik als Basismaterial für Druckaufnehmer wurde erstmals Mitte der siebziger Jahre in der Drucksensorik eingesetzt. Die Fortschritte in der Keramiktechnologie führten dazu, daß diese Sensoren heute in hohen Serienstückzahlen und für viele Anwendungen hergestellt werden. Besonders im industriellen Bereich, in der Medizintechnik und in der KFZ-Technik hat sich die Kombination von Keramiktechnologie und Dickschichttechnik erfolgreich durchgesetzt. Typische Anwendungsfelder sind heute:

Bremssysteme (Pneumatik), Benzinpumpen, Getriebeüberwachung, Hebevorrichtungen (Hydraulik), Dialysegeräte, Kompressoren, Füllstandüberwachung usw.

Bremssysteme (Pneumatik), Benzinpumpen, Getriebeüberwachung, Hebevorrichtungen (Hydraulik), Dialysegeräte, Kompressoren, Füllstandüberwachung usw.

Keramik-Druckmeßzellen werden prinzipiell wie konventionelle Dick- oder Dünnschicht-Hybridschaltungen hergestellt. Als Grundmaterial dient Aluminiumoxid (Al_2O_3), das entsprechend dem physikalischen Wirkprinzip strukturiert wird. Hier unterscheidet man kapazitive und resistive Meßzellen, wobei im Weiteren ausschließlich resistive Keramikelemente betrachtet werden sollen.



Dimensions in mm

Abbildung 2: -Maßzeichnung der resistive keramische
Druckmeßzelle ME651-



Analog - Digitale
Mikromechanische
Sensorsysteme

Einbaufertige Keramiksensoren mit integrierter Elektronik

Resistive keramische Meßzelle

Die resistive keramische Meßzelle (ME651) des Sensors ME705, der von Metallux S.A., Schweiz hergestellt und von AMSYS GmbH, Mainz vertrieben wird (Abbildung 2), besteht aus einem festen Ring, auf den ganzflächig eine dünne Keramikmembran (druckempfindliches Element) aufgebracht ist. Diese kann aufgeklebt oder monolithisch, gemeinsam mit dem Ring durch ein Formpreßteil hergestellt werden. Auf diese Weise entsteht eine Art miniaturisierter Topf aus Keramik. Die eine Seite der Membran (Topfinnenseite) ist dem Medium zugewandt. Sie ist Dank der hervorragenden chemischen Beständigkeit der Keramik gegen die meisten Medien resistent. Dies gilt insbesondere auch für aggressive Medien.

Auf der anderen Seite der Membran (Topfaußenseite) werden mit Methoden des Siebdruckverfahrens (Dickschichttechnik) Widerstände und Leiterbahnen mit unterschiedlich leitfähigen Pasten aufgedruckt, die unter hohen Temperaturen in einem genau definierten Temperaturprofil gesintert werden. Sie sind nach dem Brennvorgang unlöslich mit der Keramik verbunden. In Abhängigkeit von der Leitfähigkeit der Pasten erhält man auf diese Weise dielektrische Schichten oder Widerstände mit verschiedenen Widerstandsbasiswerten. Durch die Formgebung können die Widerstandswerte genauer dimensioniert werden. Die Widerstände positioniert man an den Stellen des größten mechanischen Stresses und verbindet sie durch den Siebdruck einer metallischen Leiterbahnpaste zu einer Wheatstone'schen Brückenschaltung.

Bei der Meßzelle des ME705 handelt es sich um den Typ ME651, der auch separat als Meßzelle ohne elektronische Signalverarbeitung angeboten wird.

Wenn sich die Membran bei Druckbeaufschlagung durchbiegt, werden zwei diagonal liegende Widerstände gestreckt, wohingegen die beiden anderen gestaucht werden. Die entsprechenden molekularen Verschiebungen der leitenden Bestandteile der gesinterten Pasten bewirken eine Änderung der Widerstände, die weitgehend proportional zu der Durchbiegung und damit proportional zur Druckbeaufschlagung ist. Durch die Brückenschaltung der Widerstände erhält man letztlich ein differentielles, druckabhängiges Ausgangssignal, das in der Größenordnung von 2-5mV/V liegt. Bei einer Betriebsspannung von 5V bedeutet dies ein Full-Scale-Signal von nur 25mV.

Kalibration und Kompensation

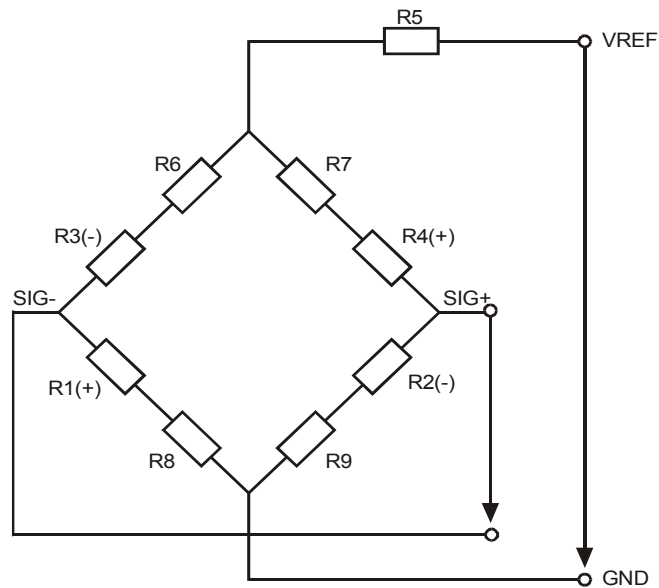
Durch Abgleich von Widerständen, die zusammen mit den Brückenwiderständen ein entsprechendes Netzwerk auf der Meßzelle bilden, kann der Offset auf nahezu Null kalibriert werden ($\pm 0,2\text{mV/V}$ @ 25°C). Ebenso kann nach der Messung des Offsets als Funktion der Temperatur auch der Temperaturkoeffizient des Offsets (therm. Nullpunktverschiebung) durch Abgleich von PTC-Widerständen kompensiert werden (Abbildung 3). Hier werden für den ME705 typische Werte von $\leq \pm 0,5\%$ FS im Bereich -25°C bis 80°C gewährleistet.

Der Abgleich geschieht heute ausschließlich mit Laservorrichtungen, die in die Widerstände einschneiden und durch Einengung des elektrischen Feldverlaufes die Widerstandswerte auf den gewünschten Wert erhöhen.

Der Temperaturkoeffizient der Spanne (therm. Empfindlichkeitsänderung) liegt ohne Abgleich bei typisch $\leq \pm 0,02\%$ FS/K. Im industriellen Temperaturbereich von -25°C bis 85°C liegt er bei $\leq \pm 1\%$.

Die Genauigkeit (Accuracy), die sich aus Linearität, Hysterese und Wiederholgenauigkeit zusammensetzt und nicht abgeglichen werden kann, hängt vom Druckbereich ab und variiert zwischen $\leq \pm 0,2\%$ bis $1,5\%$ FS.

Einbaufertige Keramiksensoren mit integrierter Elektronik



R1 ... R4	Brückenwiderstände	10 kOhm +/- 20%
R5	Empfindlichkeitsabgleich	600 Ohm ... 13 kOhm
R6, R7	Offsetabgleich	570 Ohm ... 13 kOhm
R8, R9	TK-Offset Kompensation	2 ... 40 Ohm
VREF	+ Versorgungsspannung	5 ... 30 VDC
GND	- Versorgungsspannung	
SIG+	+ Ausgangssignal	
SIG-	- Ausgangssignal	

Abbildung 3: -Abgleichnetzwerk der keramischen Meßzelle
des ME705-

Auswerteelektronik

Da die Empfindlichkeit der Keramikmeßzellen vergleichsweise gering ist (2-5mV/V), muß das Drucksignal der Meßzelle verstärkt und bezüglich der Ausgangswerte an die Anforderungen des übergeordneten Systems angepaßt werden.

Dies geschieht bei dem ME705 mit einer analogen integrierten Schaltung (Abbildung 4) Hierzu wird der AM457 von Analog Microelectronics GmbH, Mainz eingesetzt, der die ein Ausgangssignal von 0,2V bis Vcc-0,2V erzeugen kann. Das benutzte IC zeichnet sich in einem weiten Temperaturbereich (-40 bis 125°C) durch geringen Offset (0,1 mV) und geringe Offsetdrift (0,5µV/K) aus und trägt nicht nennenswert zum Fehler der Meßzelle bei. Das IC ist ratiometrisch zur Versorgung und besitzt diverse integrierte Schutzfunktionen.

Um eine Ausgangsspannung von 0,5 bis 4,5 Volt zu erzeugen, wie sie in der KFZ-Industrie üblich ist, werden auf einer kleinen externen Leiterplatte Offset und Verstärkungsfaktor (Spanne) werkseitig mit dem Laser kalibriert (Abbildung 5).

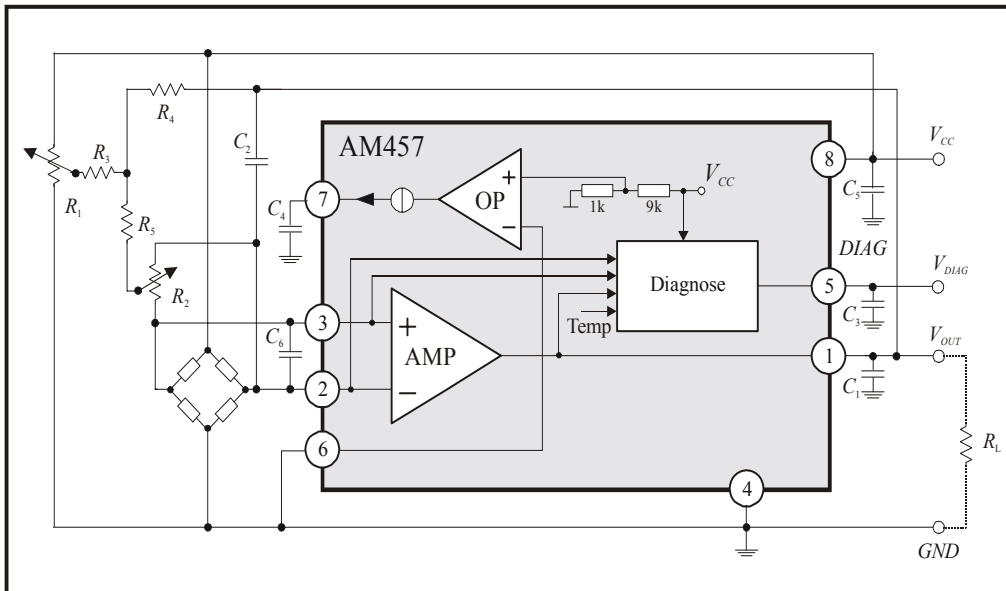


Abbildung 4 -Signalverarbeitung einer Keramikmeßzelle mit dem AM457-



Abbildung 5 -Einbaufertiger ME705-

Damit die Störfestigkeit gegenüber EM-Einstrahlung erhöht wird, ist beim ME705 die Leiterplatte mit dem Auswerte-IC in geringer Distanz auf die Meßzelle montiert (Abbildung 5). Sie ist dank der integrierten Schaltung im Durchmesser kleiner als die Meßzelle ($\varnothing 14\text{mm}$), so daß eine problemlose Montage gewährleistet ist. Die gesamte Bauhöhe des ME705 wird mit 12mm angegeben. Als Anschlüsse an einen entsprechenden Stecker sind 4 Löt pads auf der Leiterplatte vorhanden.

Der ME705 wird für verschiedene Druckbereiche zwischen 2 und 400bar in der Version als Relativsensor angeboten.



Analog - Digitale
Mikromechanische
Sensorsysteme

Einbaufertige Keramiksensoren mit integrierter Elektronik

Einbau der Keramiksensoren

Wegen der Reproduzierbarkeit muß der Einbau des ME705 möglichst streßfrei erfolgen. Dazu gibt es zwei Hilfestellungen:

- a) Eine Einbauempfehlung (www.amsys.de/products/ceramic.htm) für Keramikmeßzellen
- b) Die Offsetwerte nach dem Einbau des ME705 in ein Gehäuse. Da der Sensor werkseitig auf 0,5Volt Nullpunktwert bei einer Einstellgenauigkeit ($\leq \pm 1\%FS$) eingestellt ist, muß dieser Wert nach dem Einbau reproduziert werden können, andernfalls hat der Einbau zu einer Offsetverschiebung geführt und muß korrigiert werden.

Zur Prototypenerprobung bietet AMSYS, Mainz Schraubgehäuse aus Edelstahl mit einem G1/4" Außengewinde an, in das der ME705 ohne Schwierigkeiten eingebaut werden kann (Abbildung 6).



Abbildung 6 –Prototypengehäuse für keramische Meßzellen-

Kontaktaufnahme:

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 13, D – 55124 Mainz
Internet: <http://www.amsys.de>

Telefon: +49 (0) 6131/469875 – 0
Telefax: +49 (0) 6131/469875 – 66
E-Mail: info@amsys.de

Informationen:

Einzelheiten und technische Informationen ME705: www.amsys.de/products/me705.htm
Technische Informationen AM457: www.analogmicro.de/german/standard/index.htm