



AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

**Drucksensoren mit Siliziummesszellen sind empfindlich gegen Flüssigkeiten und eine Vielzahl von aggressiven Medien.
AMSYS erklärt, am Beispiel des AMS 5812, wie diese Empfindlichkeit umgangen werden kann. Gleiches gilt für die Sensoren der Serien AMS 5105 und AMS 5915.**

Dieser Artikel beschreibt mit welchen Vorkehrungen es möglich ist, die gefürchtete Medienempfindlichkeit bei piezoresistiven Relativ- bez. Differenzdrucksensoren drastisch zu reduzieren, nachdem im Vorfeld einige Grundlagen zum Aufbau der piezoresistiver Siliziummesszellen (Druck-Die) vermittelt wurden.

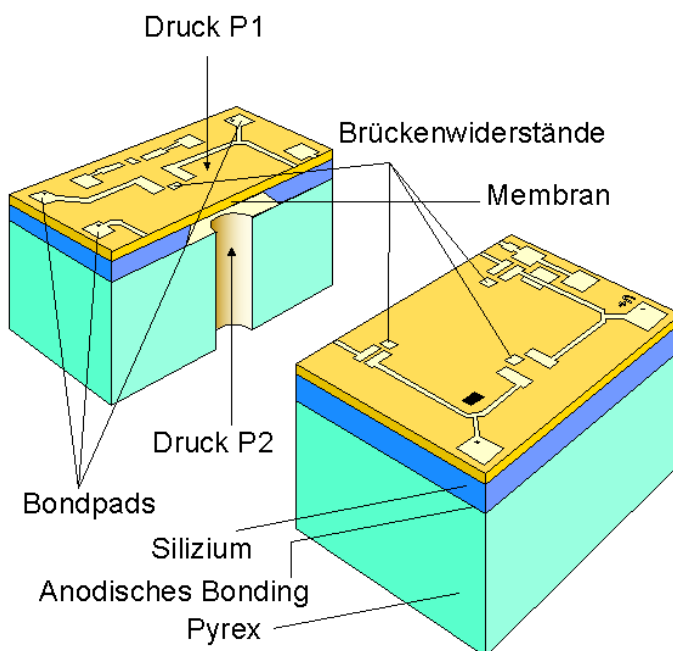


Abbildung 1: Typischer Aufbau einer Siliziummesszelle für die Relativ- oder Differenzdruckmessung

Die Abmessungen der Siliziummesszellen sind abhängig von dem Druckbereich und von ihrer Herstellungstechnologie. Sie können sich von ca. 1,5 x 1,5 x 0,5 mm³ beim Standarddruckbereich (300 mbar bis 10 bar) bis 4,5 x 4,5 x 1 mm³ bei Niederdruckmesszellen (10 mbar bis 250 mbar) erstrecken.

Die Messzellen bestehen aus dem Pyrex-Glassockel (grün in der Abbildung), dem Siliziumkörper mit eingetätzter Cavity (blaue Schicht darüber) und der Membranschicht (gelb), die ebenfalls aus Silizium besteht.

Mikromechanische Druckmesszellen aus Silizium

Da die mikromechanischen Wandlerelemente auf Siliziumbasis (siehe *Abbildung 1*) mit den Methoden der Halbleitertechnologie hergestellt werden, genügen sie den hohen Ansprüchen in Bezug auf Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit, durch die sich z.B. integrierte Schaltungen (IC) auszeichnen.

AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

Alle mikromechanischen Druckmesszellen aus Silizium haben als druckempfindliches Element eine dünne Membrane, die vorwiegend anisotrop aus dem Siliziumchip ausgeätzt wird (Cavity). An geeigneten Stellen der Membrane werden in Halbleiterprozessen lokal Fremdatome in das Siliziumkristallgitter implantiert, so dass Zonen mit geänderter elektrischer Leitfähigkeit entstehen, die die Eigenschaften von Widerständen besitzen. Sobald ein Druck auf die Membran wirkt, deformiert sich mit der Durchbiegung der dünnen Siliziummembran die molekulare Gitterstruktur des Kristalls. Insbesondere in den Widerstandsgebieten finden starke Kristallverschiebungen statt, die zu einer messbaren Änderung ihres Widerstandwertes führen (Piezoresistiver Effekt). Werden diese integrierten Widerstände zu einer Brücke geschaltet, so erhält man bei Strom- oder Spannungseinprägung ein druckabhängiges, differentielles Signal im Millivoltbereich, das mit einer geeigneten Verstärkerschaltungen elektronisch gut erfasst und aufbereitet werden kann.

In *Abbildung 2* wird schematisch gezeigt, wie man sich die Membranauslenkung der Differenzdruckmesszellen bei verschiedenen Druckverhältnissen vorzustellen hat. Der Vorzeichenwechsel im Ausgangssignal bedeutet nichts anderes als die Richtungsumkehrung der Membranauslenkung bei Änderung der Druckverhältnisse.

Die Frage, ob $P_1/P_2 \geq 1$ oder $P_1/P_2 \leq 1$ erfasst wird, hat unter dem Aspekt der Medienempfindlichkeit bei piezoresistiven Messzellen eine zentrale Bedeutung, auf die später eingegangen wird.

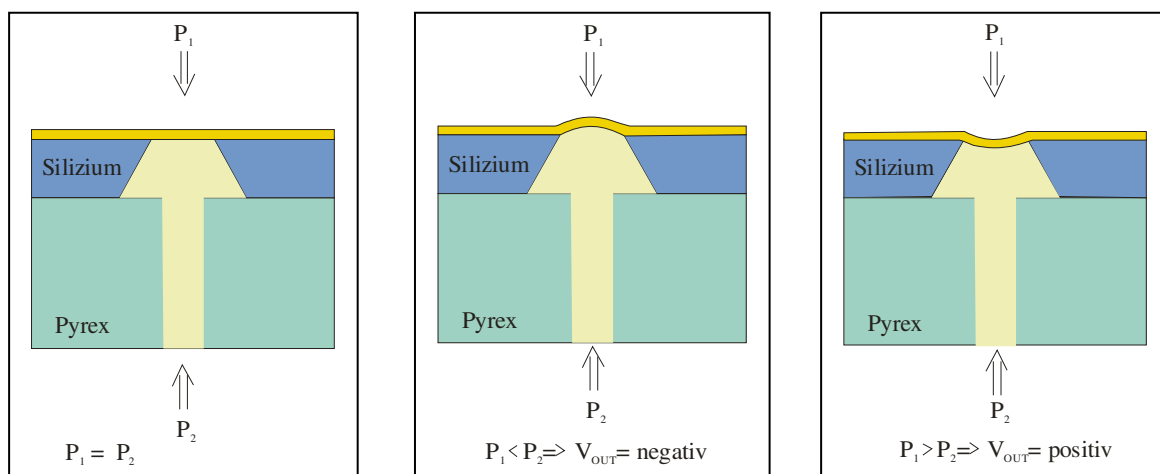


Abbildung 2: Funktionsweise einer piezoresistiven Messzelle zum Messen von Differenz- oder Relativdrücken

Relativdruckmessung

Entspricht einer der beiden anliegenden Drücke P_1 oder P_2 dem wirkenden Umgebungsdruck, so spricht man von Relativdruckmessung, die nur eine Variante der Differenzdruckmessung ist.

Signalaufbereitung

Da die Siliziummesszellen bei der üblichen Wheatstone'schen Brückenschaltung bei Druckbeaufschlagung ein Differenzsignal von typisch ≤ 100 mV (abhängig von der Membranempfindlichkeit) als Full Scale Signal erzeugen können, ist zur Signalverarbeitung zunächst ein Instrumentenverstärker notwendig, der das differentielle Signal verarbeiten kann (*Abbildung 3*). Dieser soll das Signal mit möglichst geringem Offset und Offsetdrift und optimiertem Signal/Rauschverhältnis verstär-

AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

ken. In der nachfolgenden Single-Ended-Conversion-Stufe wird das Differenzsignal auf ein festes Potential, in der Regel auf den Nullwert, bezogen. Die nachfolgende Signalbearbeitung digitalisiert den verstärkten Wert oder kalibriert ihn mit Hilfe einer Spannungs- oder Stromendstufe auf den gewünschten Nullpunktwert in Volt oder mA, so dass bei Differenzmesszellen ohne Druckbeaufschlagung als Ausgangssignal z.B. der Wert 0 V oder im Beispiel der 2-Draht Stromschleifenanwendung der Wert 4 mA gemessen werden kann.

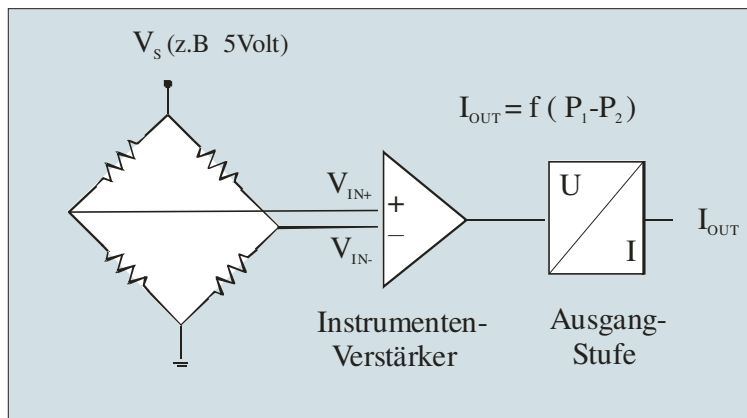


Abbildung 3: Elektronik zur Signalverarbeitung mit analoger Stromausgangsstufe

Wenn das größere Brückensignal V_{IN+} an den positiven Eingang und das kleinere Signal V_{IN-} an den negativen Eingang des Instrumentenverstärkers angeschlossen wird und wenn der Verstärker so ausgelegt ist, dass er nur positive Eingangsspannungen verstärken kann, liegt mit $P_1 \geq P_2$ (Deformation der Membran in Richtung Cavity) ein positives Signal an und es ergibt sich die Übertragungskennlinie wie in *Abbildung 4*.

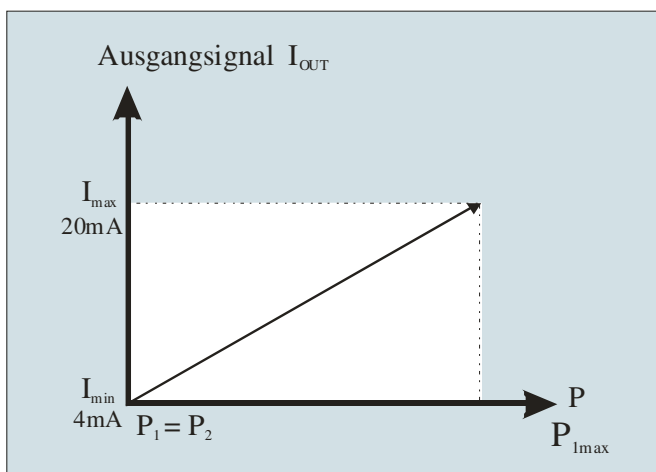


Abbildung 4: Übertragungskennlinie bei positivem Eingangssignal $P_1/P_2 \geq 1$

Wichtig: Bei der beschriebenen Konfiguration werden negative Eingangssignale mit $P_1 < P_2$ vom Instrumentenverstärker nicht verstärkt. In diesem Falle bleibt das Ausgangssignal des Verstärkers auf Null und das Ausgangssignal des Sensors täuscht die Situation $P_1 = P_2$ vor.



AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

Medienkompatibilität

Die Membranoberseite der Siliziummesszelle hat zur Kontaktierung mit dem Substrat kleine Metallflächen (Bondpads) aus hochreinem Aluminium (siehe *Abbildung 1 und 5*), die jedoch nicht korrosionsbeständig sind. Zum Schutz werden diese Kontaktflächen nach dem Anbringen der Golddrähte (Drahtbonden) mit einem Überzug aus weichem Silicongel überzogen. Es gibt Gele, die z.B. gut gegen Wasser oder Öle oder Alkohole usw. schützen, aber es gibt kein Gel, das einen weitgehend universellen Schutz gegen beliebige Medien gewährleistet. Der Schutzüberzug muss also an die jeweilige Anwendung angepasst sein.

Ein weiterer Nachteil der Gelmaterialien ist ihr hygroskopisches Verhalten. In den Gelen wird durch direkten Kontakt mit Flüssigkeiten oder durch Kondensation Feuchtigkeit eingelagert, die im Laufe der Zeit bis auf die Siliziumschicht durch diffundieren kann. Hier verursacht sie neben der erwähnten Korrosion eine hochohmige Verbindung zwischen den auf verschiedenen Potentialen liegenden Leiterbahnen, wodurch die Messwerte verfälscht werden.

Bei Niederdruckmesszellen hat der Gelüberzug zudem noch einen beachtlichen Einfluss auf die Sensitivität und auf die Temperaturkoeffizienten der Messzelle, weshalb man sehr oft in diesem Druckbereich auf einen solchen Schutz verzichtet.

Messzellen ohne Gelüberzug können aus den erwähnten Gründen nur zur Messung von trockenen, nicht aggressiven Gasen wie z.B. Luft benutzt werden.

Diese offensichtlichen Nachteile der Siliziummesszelle können für die geforderte Medienkompatibilität umgangen werden, indem man entweder die Messzelle in eine ölgefüllte Kapsel einbaut (was erhebliche Mehrkosten verursacht) oder den medienbehafteten Druck auf die unempfindliche Rückseite der Messzelle appliziert (Rückseitenbeaufschlagung).

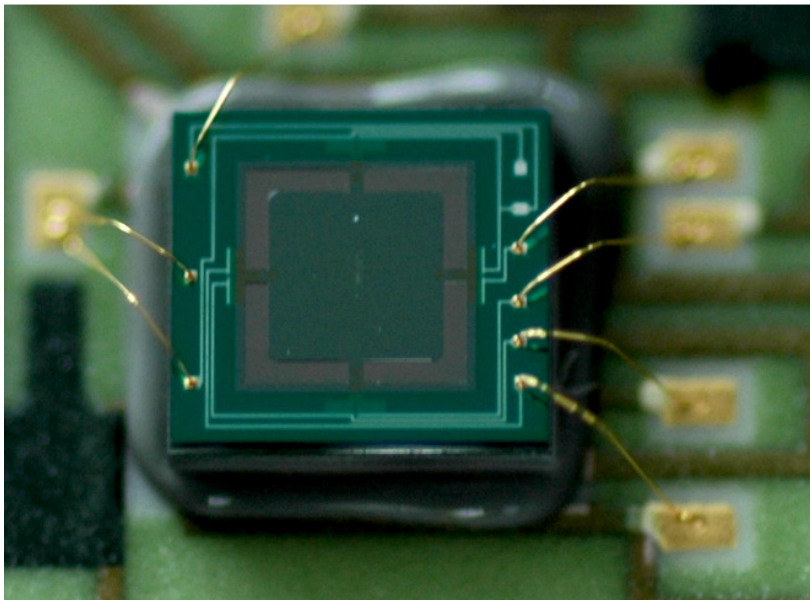


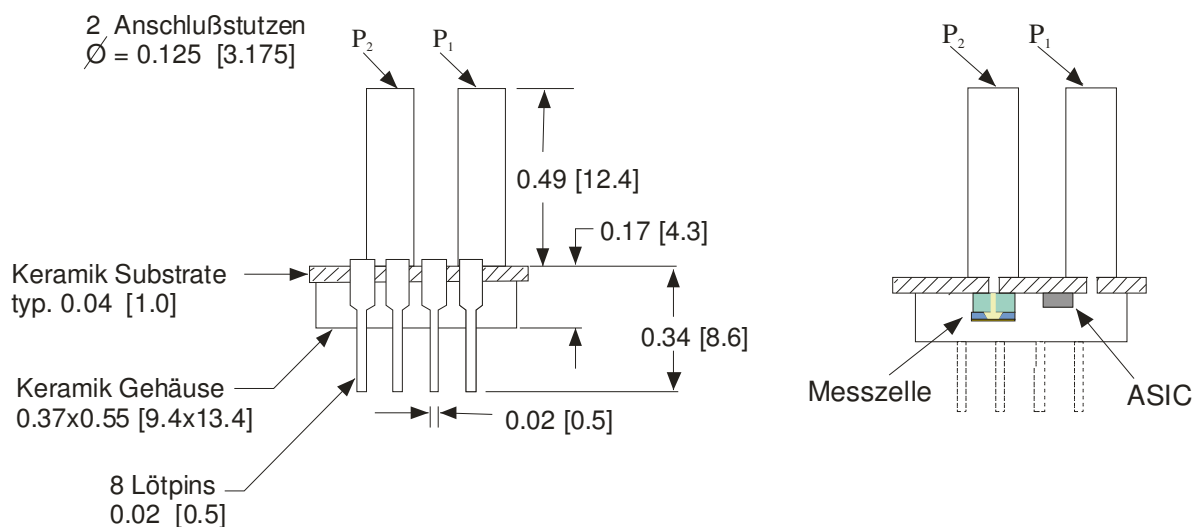
Abbildung 5: Golddraht gebondeter Niederdruckdice

AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

Die Rückseite der Siliziummesszellen (Unterseite in *Abbildung 1*) ist wegen der fehlenden Alu-Bondpads gegenüber der Oberseite wesentlich besser mediengeschützt. Hier kommen nur Siliziumoxid, Pyrex-Glas, Keramik und in einem schmalen Fügespalt Silicon- oder Epoxikleber mit den Messmedien in Berührung. Bei der Rückseitenbeaufschlagung mit kritischen Medien gibt es also weder Korrosion noch hochohmige Verbindungen.

Rückseitenbeaufschlagung bedeutet für die Messzelle, dass der wirkende (höhere) Druck = P_2 ist (*Abbildung 1* und *Abbildung 6*). Damit ändert sich die Bedingung $P_1/P_2 \geq 1$ in $P_2/P_1 \geq 1$, was die Umkehrung der Membranauslenkung und den Vorzeichenwechsel des differentiellen Brückensignals zu Folge hat. Am negativen Eingang des Instrumentenverstärkers würde damit ein höherer Wert als am positiven Eingang anliegen, was für den Verstärker ein negatives Eingangssignal bedeutet. Negative Eingangssignale werden aber von der Standardanordnung des Instrumentenverstärkers nicht als Signal erkannt. In diesem Falle bliebe das Ausgangssignal des Instrumentenverstärkers Null.

Polte man aber den Eingang des Instrumentenverstärkers um, so sieht dieser unter der Bedingung $P_2/P_1 \geq 1$ ein positives Signal und verstärkt das Signal in vorgegebener Weise.



All dimension in inch[mm]

Abbildung 6: Aufbau des AMS 5812 [1] und Darstellung der integrierten Messzelle und des Verstärkers

Nachteil der geschilderten Methode ist die Tatsache, dass der höhere Druck P_2 gegen die verwendeten Klebeverbindungen wirkt. Daher muss die Materialverbindung Pyrex – Keramiksubstrat und Pyrex - Silizium (siehe *Abbildung 1*) mit entsprechenden Klebern gut beherrscht werden. Bei den modernen Klebern ist dies eine Frage der Materialvorbereitung und des Qualifizierungsaufwandes. AMSYS hat bei seinen Drucksensoren u.a. Kleber im Einsatz, die eine Druckbeaufschlagung von weit mehr als 60 bar im Temperaturbereich von -45 bis 125°C erlauben.



AMS 5812 - Medienkompatibilität bei Siliziumdrucksensoren

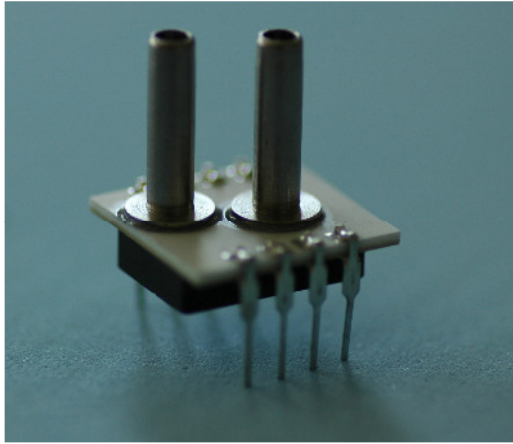


Abbildung 7: AMS 5812

Die angesprochene Modifikation der Verstärkerelektronik (Umpolung des Instrumentenverstärkers) kann bei dem AMS 5812 auf Kundenwunsch für alle Druckbereiche (5 mbar bis 7 bar) während der Herstellung vorgenommen werden. Damit wird erreicht, dass der leiterplattenmontierbare AMS 5812 weitgehend medienresitiv wird und z.B. für Füllstandmessungen in Flüssigkeitsbehälter geeignet ist.

Der AMS verfügt über einen analogen und einen digitalen Ausgang (I²C-Bus-Interface mit individueller Adressierung).

Die Serie AMS 5915 [2] hingegen verfügt über einen digitalen Ausgang und die Serie des AMS 5105 [3] über zwei unabhängige programmierbare Schaltausgänge und einen analogen Ausgang.

Diese Sensoren kommen in zahlreichen Anwendungsbereichen von der Atemkontrolle, über HVAC bis zur Füllstandmessung zum Einsatz.

Zusammenfassung

Man kann moderne Siliziumdrucksensoren durch Rückseitenbeaufschlagung und Verpolung des Eingangs des Instrumentenverstärkers weitgehend gegen aggressive Gase und eine Vielzahl von Flüssigkeiten schützen. Füllstandsanzeige in Flüssigkeiten sowie Druckkontrolle in Nassgassystemen werden damit für Drucksensoren mit Siliziummesszellen möglich.

Für nahezu alle Messaufgaben im Bereich der Differenz- und Relativdruckmesstechnik erhält man mit der beschriebenen Modifikation kostengünstige, weitgehend mediengeschützte Drucksensoren.

Weiterführende Informationen

- [1] Produktinformation und Datenblatt AMS 5812:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5812-analog-digitaler-drucksensor/>
- [2] Produktinformation und Datenblatt AMS 5915:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5915-digitaler-drucksensor/>
- [3] Produktinformation und Datenblatt AMS 5105:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5105-drucksensor-mit-schaltausgaengen/>

Kontakt

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 4
55124 Mainz
Deutschland

Telefon: +49 (0) 6131/469 875 0
Telefax: +49 (0) 6131/469 875 66
E-Mail: info@amsys.de
Internet: <http://www.amsys.de>