

Anwendungsvorteile der LBA-Differenzdrucksensoren aufgrund ihres sehr hohen pneumatischen Strömungswiderstands

1 MESSPRINZIP

First Sensors hochempfindliche LBA-Differenzdrucksensoren eignen sich zur Messung sehr niedriger Luft- und Gasdrücke ab 25 Pa Messbereichsendwert. Die LBA-Serie basiert auf einer völlig neuartigen MEMS-Sensortechnologie, die den Strömungskanal im Silizium-Halbleiterchip integriert. Gleichzeitig nutzen die Sensoren das bewährte Prinzip der Differenzdruckmessung mittels thermischer Massendurchflussmessung (siehe Bild 1). Bei diesem Messprinzip ist ein Heizelement zwischen zwei temperaturempfindlichen Widerständen angeordnet, die sich stromaufwärts und stromabwärts befinden. Durch einen Gasstrom verschiebt sich das Temperaturprofil in Richtung des stromabwärts gelegenen Widerstands. Zwischen den beiden Widerständen ergibt sich eine Temperaturdifferenz, die ein zum Massendurchfluss proportionales Spannungssignal erzeugt. Da die Strömung durch den Sensor aufgrund des Druckunterschieds zwischen den beiden Anschlüssen des Sensors verursacht wird, ist das Ausgangssignal auch ein Maß für den anliegenden Differenzdruck.

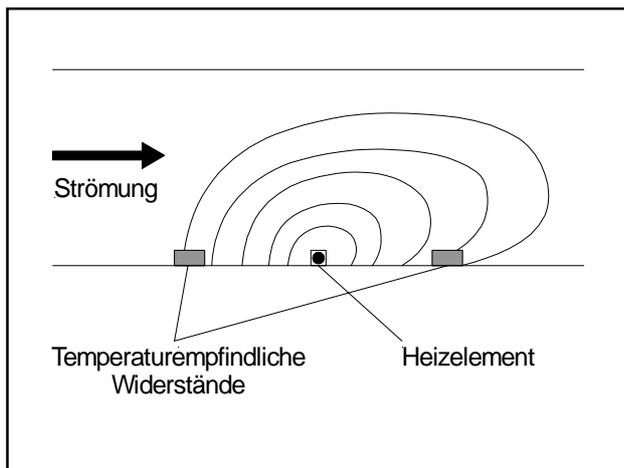


Bild 1: Prinzip der thermischen Massendurchflussmessung

Bild 2 zeigt die Kennlinie des unverstärkten LBA-Sensorbasiselements in Abhängigkeit vom Differenzdruck. Die LBA-Technologie zeichnet sich durch eine hohe Empfindlichkeit im Bereich kleiner Differenzdrücke und speziell um den Nullpunkt sowie durch einen großen Dynamikbereich aus. Die LBA-Sensoren besitzen eine integrierte analoge Signal-aufbereitung zur Kalibration, Temperatur-kompensation und Signalverstärkung und können auf unterschiedliche Anwendungs-anforderungen optimiert werden, je nachdem ob ein großer Dynamikbereich, ein lineares Ausgangssignal oder eine hohe Auflösung gefordert ist.

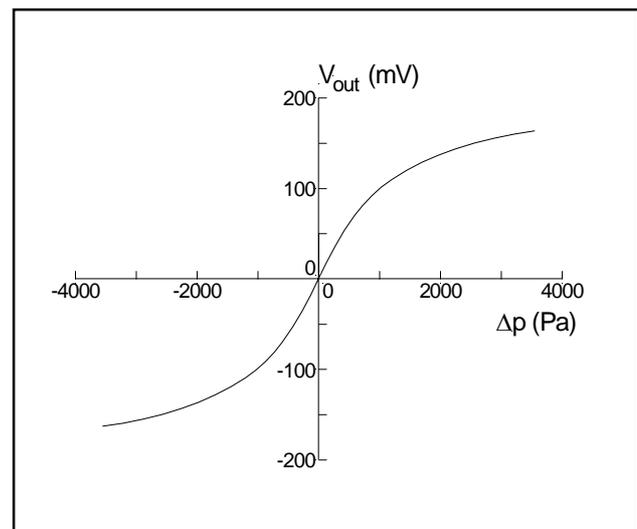


Bild 2: Signal-Druck-Kennlinie des unverstärkten LBA-Sensorbasiselements

Anwendungsvorteile der LBA-Differenzdrucksensoren aufgrund ihres sehr hohen pneumatischen Strömungswiderstands

2 SENSORAUFBAU

Die LBA-Sensoren basieren auf einem nur ca. 2 x 2 mm großen Siliziumchip, der den Strömungskanal, das Messelement und eine analoge CMOS-Signalaufbereitung enthält. Durch die Miniaturisierung und Integration des Strömungskanals auf Chip-Ebene (siehe Bild 3) werden sehr hohe pneumatische Widerstände von bis zu 200.000 Pa/(ml/s) erreicht, bis zu 1000-fach größer als bei vergleichbaren Sensoren. Dies reduziert den Gasfluss durch den Sensor auf ein Minimum und erlaubt besondere Vorteile für Anwendungen in staubigen oder feuchten Umgebungen sowie bei der Verwendung von langen Verbindungsschläuchen und Filtern (ausführliche Erläuterung siehe Kapitel 4 - 6).

In herkömmlichen durchflussbasierten Sensoren wird der Strömungskanal und damit die Gasströmung durch den Sensor durch das Kunststoffgehäuse des Sensors bestimmt. Im Gegensatz dazu wird bei den LBA-Differenzdrucksensoren auf Chip-Ebene ein sehr enger Strömungskanal hergestellt. Dies ermöglicht Vorteile bei der Gehäusekonstruktion wie eine hohe Flexibilität der Bauform, sehr kleine und stabile Gehäuseaufbauten und geringere Kosten. Zusätzlich erlaubt die beim LBA verwendete Halbleitertechnologie extrem kleine Fertigungstoleranzen und die kostengünstige Herstellung der Sensorchips in Halbleitermassenfertigung.

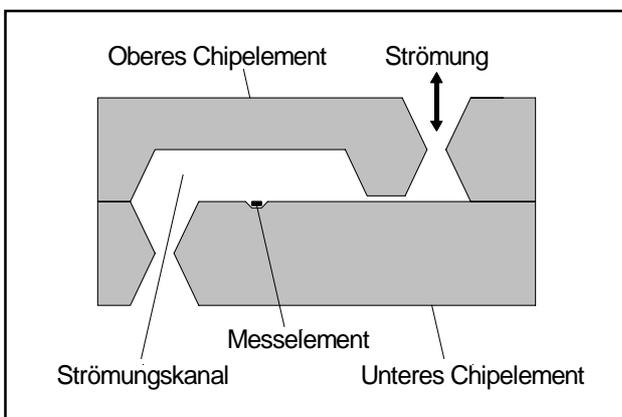


Bild 3: Prinzipieller Aufbau des LBA-Drucksensors (Querschnitt)

3 VOLUMENSTROMMESSUNG MIT DIFFERENZDRUCKSENSOR

Differenzdrucksensoren mit kleinen Druckbereichen von wenigen Millibar werden häufig zur Volumendurchflussmessung in Rohrleitungen und Strömungskanälen eingesetzt. Beispiele sind die Bestimmung des Atemflusses in der Medizintechnik sowie die Messung von Luftströmungen oder die Filterüberwachung in der Klimatechnik. Durch eine künstliche Verengung in der Strömungsleitung, z.B. mittels einer Blende oder eines laminaren Strömungselements, kommt es zu einem Druckabfall, der ein Maß für den Volumendurchfluss ist und mit einem Differenzdrucksensor gemessen werden kann (siehe Bild 4).

First Sensors durchflussbasierte LBA-Sensoren sind auf Differenzdruck kalibriert und können den Druckabfall über einem Strömungselement wie oben beschrieben messen. Durch ihren sehr hohen pneumatischen Widerstand ergeben sich sehr geringe Gasflüsse durch den Sensor von max. 120 - 180 $\mu\text{l}/\text{min}$. Daher verhält sich der LBA-Sensor in Anwendungen zur Volumendurchflussmessung annähernd wie ein membranbasierter Differenzdrucksensor, bei dem kein Gasfluss durch den Sensor stattfindet, ohne jedoch den Vorteil der hohen Empfindlichkeit nahe des Nullpunkts zu verlieren, wie er bei der thermischen Massendurchflussmessung typisch ist.

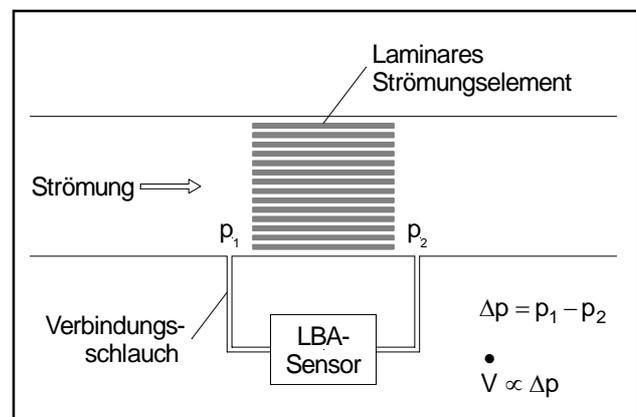


Bild 4: Typische Anordnung zur Volumenstrommessung mit Differenzdrucksensor

Anwendungsvorteile der LBA-Differenzdrucksensoren aufgrund ihres sehr hohen pneumatischen Strömungswiderstands

4 UNEMPFINDLICHKEIT GEGENÜBER SCHLAUHLÄNGE UND FILTERN

Zur Durchflussmessung wird ein Differenzdrucksensor z.B. über Schläuche mit der Strömungsleitung verbunden wie in Bild 4 gezeigt. In vielen Anwendungen werden zusätzlich Filter in den Zuleitungen eingesetzt, um den Sensor z.B. vor Staub, Feuchtigkeit oder bakterieller Verschmutzung zu schützen. Jedes pneumatische Element zwischen der Hauptströmungsleitung und den Druckanschlüssen des Sensors stellt einen Widerstand dar, der zu einem Druckverlust führt. Der Drucksensor misst dadurch einen Differenzdruck, der niedriger ist als der, der durch den Druckabfall über dem Strömungselement verursacht wird. Dies führt zu Ungenauigkeiten bei der Erfassung des Volumenstroms in der Hauptleitung. Je größer der pneumatische Widerstand des Verbindungsschlauchs bzw. des Filters im Verhältnis zum Sensor, desto größer ist dieser Effekt. Für herkömmliche durchflussbasierte Drucksensoren wird daher eine maximale Schlauchlänge empfohlen, die nicht überschritten werden sollte bzw. eine Korrekturformel angegeben um den Druckabfall im Schlauch zu kompensieren.

Ein Schlauch von 1 m Länge mit einem Innendurchmesser von 1/16 inch (1,6 mm) verursacht z.B. einen pneumatischen Widerstand von ca. 120 Pa/(ml/s). Die LBA Sensoren besitzen einen Widerstand von bis zu 200.000 Pa/(ml/s). Dies bedeutet, dass die Bypass-Strömung praktisch ausschließlich vom sehr hohen Strömungswiderstand des LBA-Sensors bestimmt wird und Länge und Durchmesser der Verbindungsschläuche bzw. eingesetzte Filter vernachlässigbar sind. First Sensors LBA-Sensoren ermöglichen daher problemlos die Verwendung von Verbindungsschläuchen, Filtern und anderen Elementen mit Durchflusswiderstand, ohne ihre Kalibration zu verlieren. Selbst die Veränderung der pneumatischen Widerstände dieser Elemente während des Betriebs, z.B. durch Beladung eines Filters, hat typischerweise keine negative Auswirkung auf die Messgenauigkeit.

5 UNEMPFINDLICHKEIT GEGENÜBER STAUB

Werden durchflussbasierte Drucksensoren oder thermische Durchflusssensoren in staubbeladenen Anwendungen wie z.B. in der Klimatechnik eingesetzt, besteht die Gefahr, dass Staubpartikel ins Innere des Sensors gelangen und sich an den Wänden des Strömungskanals ablagern. Dies führt zu einer Erhöhung des pneumatischen Widerstands des Sensors durch eine Verengung der inneren Strömungskanäle. Die Folge ist ein schwächer werdendes Sensorausgangssignal bei unveränderter Strömung in der Hauptleitung und ein über die Zeit deutlich ansteigender Messfehler. Im schlimmsten Fall kommt es zur kompletten Verstopfung und damit zum Totalausfall des Sensors. Weiterhin können die empfindlichen Messelemente des Sensors von einer Staubschicht überzogen werden, was dann ebenfalls zu falschen Messergebnissen führt.

First Sensors LBA-Drucksensoren sind sehr unempfindlich gegenüber Staub. Aufgrund ihres sehr hohen pneumatischen Widerstands ist die Strömung durch den Sensor und seine Verbindungsschläuche extrem niedrig. Hieraus ergibt sich, dass die Gesamtmenge staubbeladener Luft, die durch den Bypass-Kanal fließt, gegenüber herkömmlichen durchflussbasierten Sensoren auf ein absolutes Minimum reduziert ist. Zusätzlich ist auch die Strömungsgeschwindigkeit stark herabgesetzt, so dass sich aus dem schon stark reduzierten Gasstrom die noch vorhandene Restmenge Staub in der Regel absetzen kann, bevor sie den Eingang zum LBA-Sensor erreicht. Auf diese Weise verhindern die LBA-Differenzdrucksensoren das Eindringen von Staub in den Sensor und gewährleisten so eine sehr hohe Lebensdauer unter Einhaltung aller Spezifikationen auch in staubbeladenen Anwendungen.

Anwendungsvorteile der LBA-Differenzdrucksensoren aufgrund ihres sehr hohen pneumatischen Strömungswiderstands

6 UNEMPFINDLICHKEIT GEGENÜBER FEUCHTIGKEIT

In vielen medizintechnischen Geräten wie Beatmungsgeräten, Schlafdiagnosegeräten, Spirometern und Sauerstoffkonzentratoren wird der Atemfluss des Patienten mit Hilfe von durchflussbasierten Differenzdrucksensoren überwacht. Da die Atemluft einen beträchtlichen Anteil Feuchtigkeit enthält und meistens auch noch wärmer als die Umgebung ist, kann es zur Kondensation innerhalb des Geräts kommen. Wassertropfen können sich an den Wänden der Verbindungsleitungen vom Hauptströmungskanal zum Sensor oder im Sensor selber niederschlagen. Übersteigen die Tropfen eine bestimmte Größe oder schließen sich zu größeren Ansammlungen zusammen, kann dies die pneumatischen Eigenschaften im Bypass-Kanal oder im Inneren des Sensors so weit verändern, dass die Kalibration des Sensors verloren geht. Im schlimmsten Fall kommt es zur kompletten Verstopfung und damit zum Totalausfall des Sensors.

Aufgrund des sehr hohen pneumatischen Widerstands der LBA-Drucksensoren ist die Strömung durch den Sensor und seine Verbindungsschläuche extrem niedrig. Hieraus ergibt sich, dass die Gesamtmenge feuchter Luft, die kondensieren kann, gegenüber herkömmlichen durchflussbasierten Sensoren auf ein absolutes Minimum reduziert ist. First Sensors LBA-Differenzdrucksensoren zeigen in typischen Anwendungen mit hoher Luftfeuchtigkeit keine Einschränkung der Messgenauigkeit und halten alle Spezifikationen ein.