



Technique de mesure de pression piézorésistive

© KELLER Pressure

La technologie piézorésistive est souvent associée à la mesure de pression. Mais qu'entend-on précisément par «effet piézorésistif»? Et pourquoi cette technologie est-elle utilisée dans la technique de mesure de pression?

La pression

Avec la température, la pression est un paramètre essentiel dans de nombreux systèmes techniques. En outre, les conditions de pression doivent être contrôlées avec précision dans des processus industriels très différents. C'est pourquoi, la mesure de la pression est, avec la mesure de la température, la technique la plus importante et la plus fréquemment utilisée pour la surveillance et le contrôle des machines et des installations. Cette technique doit tenir

compte de la pression atmosphérique qui est une valeur importante. Elle permet par exemple de déterminer le niveau des nappes d'eau en mesurant la pression statique de la colonne de fluide.

Pour mesurer la pression de façon électronique, il faut utiliser un capteur qui enregistre la pression à mesurer avant de la transformer en signal électrique. Pour mesurer la pression, la pièce maîtresse est une résistance électrique qui varie en fonction de la pression à mesurer.

Mesure de pression résistive

La mesure de pression résistive classique fonctionne essentiellement avec une mince bande métallique dont la valeur ohmique change en cas de déformation. Lorsque cette bande s'étire, elle devient plus longue et plus fine de sorte que sa résistance électrique augmente. À l'inverse, elle devient plus courte et plus épaisse en cas de compression, ce qui diminue sa résistance. Afin de traduire une pression à mesurer en une déformation mécanique contrôlée, une jauge de contrainte est installée sur une membrane élastique. Cette application se fait normalement à l'aide d'un adhésif. Si une pression s'exerce sur un côté de cette membrane, elle se déforme et, selon la position de la jauge de contrainte sur la membrane, provoque sa compression ou son extension (voir Figure 1). Plus la pression est élevée, plus la membrane se déforme. Ainsi, le changement de résistance dépend directement de la pression. Pour une mesure plus précise, plusieurs jauges de contrainte sont combinées dans un pont et la variation des résistances est enregistrée sous forme d'une variation de tension.

Mesure de pression piézorésistive

Cette technique, dont le nom tire son origine du mot grec ancien piezein («appuyer», «écraser»), est un pro-

cessus qui consiste à exploiter la pression. Le principe de base de la mesure de pression piézorésistive est semblable à celui de la mesure de pression résistive. Là aussi, un allongement ou un raccourcissement provoque un changement de résistance. Par ailleurs, la contrainte mécanique appliquée à un matériau piézorésistif lors d'une extension ou d'une compression entraîne également une modification de la conductivité électrique. Cet effet piézorésistif se fonde sur les déplacements de positions atomiques qui affectent directement le transport de la charge électrique. Le changement de résistance résultant du changement de conductivité électrique peut être nettement supérieur à celui provoqué par une simple déformation.

Ayant un effet piézorésistif prononcé, les semi-conducteurs sont les matériaux les plus répandus. Sont considérés semi-conducteurs les matériaux dont la conductivité électrique se situe entre celle de conducteurs électriques (métaux tels que l'argent, le cuivre, l'aluminium) et celle de non-conducteurs (tels que le verre). Le silicium est généralement utilisé pour fabriquer des cellules de mesure de pression piézorésistive, comme dans la fabrication de circuits électroniques. Les capteurs fabriqués à partir de silicium sont appelés «puces piézorésistives».

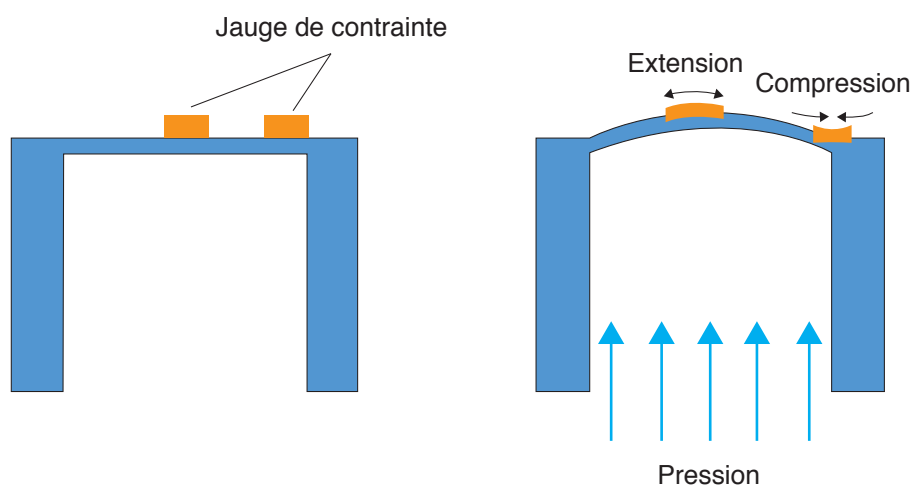


Figure 1: Positionnement de jauges extensométriques sur une membrane sensible à la pression. © KELLER Pressure

La base d'une puce piézorésistive est un disque de silicium cristallin d'une épaisseur inférieure à un millimètre, aussi appelé galette de silicium ou «wafer» (voir Figure 2). Des atomes étrangers sont insérés à la surface de manière à influencer localement la conductivité. Ce processus est appelé «dopage». Ce sont ces régions en silicium dopées qui forment les résistances piézorésistives. Dans une étape ultérieure du processus, la galette de silicium est amincie localement de sorte que des membranes se forment directement dans le silicium et que les résistances piézorésistives soient positionnées comme indiqué sur la figure 1. Si une pression s'exerce sur une face de cette membrane, celle-ci se déforme et provoque ainsi une contrainte mécanique dans les résistances piézorésistives. La valeur ohmique augmente ou diminue en fonction de la position. L'épaisseur de la membrane détermine la sensibilité de la puce à la pression. Un verre est ensuite positionné sur la face dorsale de la galette de silicium (voir Figure 3). Cela a pour effet de créer un espace de référence sous vide fermé pour les capteurs de pression absolue. Pour une mesure de pres-

sion relative le verre est percé et contient donc un trou de référence.

Dans le cas de cellules de mesure de pression piézorésistives, les résistances de mesure sont intégrées dans la membrane, contrairement aux jauges de contraintes. Pour cette technologie, l'utilisation d'un adhésif présentant un risque de décollement n'est donc pas nécessaire, ce qui est une condition préalable importante pour la résistance au vieillissement, à la température, ainsi que pour l'absence d'hystérésis (hystérésis = conséquence de l'état de déformation précédent). De plus, l'effet piézorésistif entraîne un changement de résistance jusqu'à 50 fois supérieur à celui pouvant être obtenu avec des jauges de contrainte métalliques.

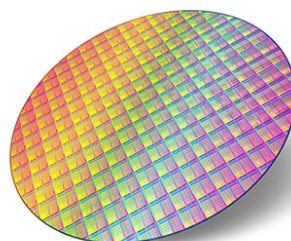


Figure 2: Disque de silicium sur lequel sont déposées diverses structure métalliques. © KELLER Pressure

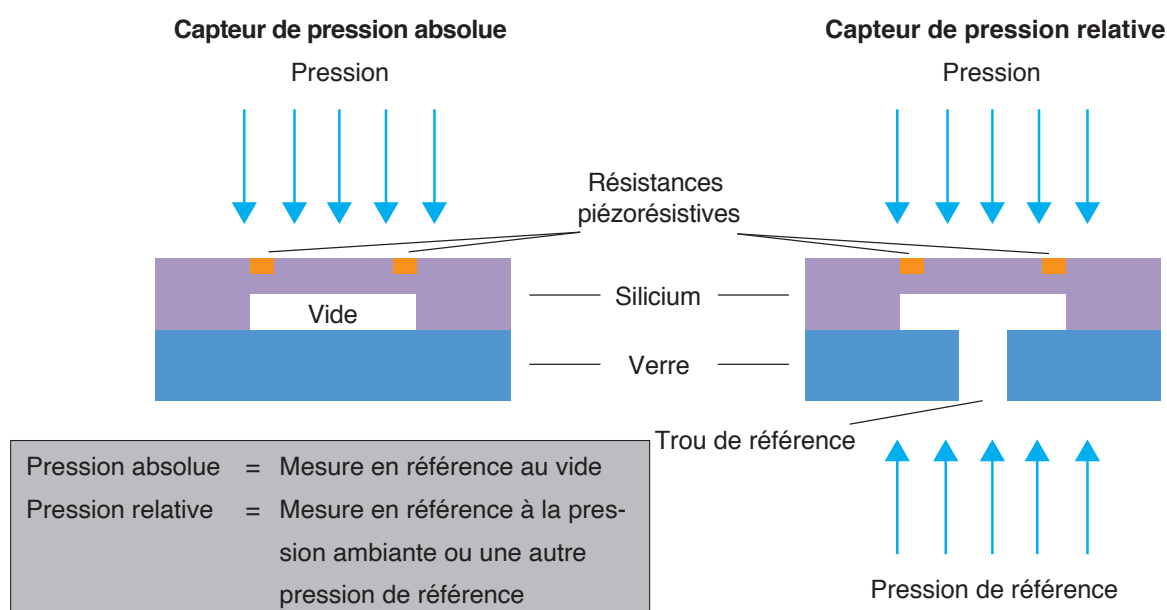


Figure 3: Structure de la puce piézorésistif. © KELLER Pressure

Afin d'isoler les puces du fluide à mesurer, elles sont montées dans un boîtier métallique rempli d'huile et fermé à l'avant par une fine membrane (voir Figure 4). Cette huile transmet la pression appliquée sur cette membrane à la puce. Avec cette cellule de mesure isolée, il est également possible de mesurer la pression de fluides et de gaz corrosifs.

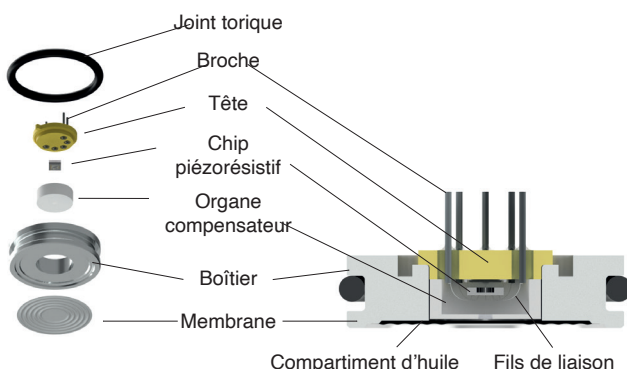
Pourquoi la mesure de pression piézorésistive est-elle une technique répandue?

La technologie piézorésistive est très répandue en raison de l'amplitude importante de son signal de sortie et des processus de fabrication éprouvés. Un autre grand avantage réside dans l'élimination du collage des jauges de contrainte, qui est critique pour la stabilité.

Le silicium cristallin de la puce se déforme de manière purement élastique, de sorte que même après de nombreux cycles de pression, celui-ci ne présente ni signe de fatigue ni problème de stabilité. Les puces peuvent être fabriquées selon les processus éprouvés de la technologie des semi-conducteurs électroniques et l'intégration de la membrane de mesure de pression correspondante dans la puce permet de fabriquer des cellules de mesure de pression extrêmement compactes et stables à

long terme. Les capteurs de pression piézorésistifs sont très résistants aux chocs et aux accélérations car ils sont construits sans pièces mobiles. Le changement de résistance est beaucoup plus important dans les cellules de mesure piézorésistive que dans les jauges de contraintes métalliques conventionnelles ce qui permet d'obtenir un signal de sortie élevé ainsi qu'une évaluation électronique à faible bruit avec une haute résolution. Associés à des éléments de compensation, analogiques ou numériques, cela permet d'obtenir une mesure de pression extrêmement précise et indépendante de la température.

La cellule de mesure de pression piézorésistive isolée est caractérisée par une grande polyvalence: elle est compatible avec divers fluides et couvre de larges étendues de mesure. La construction ciblée du boîtier offre une grande flexibilité pour de nombreuses applications industrielles, même dans des environnements critiques. La société KELLER Pressure se distingue par des connaissances essentielles dans la conception et la fabrication de cellules de mesure isolées. Grâce à ses 45 ans d'expérience dans la mesure de pression piézorésistive, elle peut développer et mettre en œuvre des solutions spéciales. Les cellules de mesure de pression piézorésistive isolées de KELLER Pressure sont utilisées pour la mesure de pression au sein d'applications industrielles exigeantes ainsi que dans les secteurs de la recherche.



pression piézorésistif isolé rempli d'huile. © KELLER Pressure



Figure 5: Capteur de pression piézorésistif isolé pour applications universelles. © KELLER Pressure

Avantages et inconvénients de la technologie piézorésistive

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">+ Processus de fabrication éprouvés des puces piézorésistives, longue expérience de la technologie piézorésistive+ Couverture de larges étendues de mesure+ Très bonne stabilité à long terme+ Aucun signe de fatigue, même après plusieurs cycles de pression+ Haute résistance aux surcharges+ Pas d'hystérésis de la puce en silicium+ Cellules de mesure de pression compactes+ Bonne résistance aux chocs et aux vibrations+ Approprié pour la mesure de pressions relatives et absolues+ Cellule de mesure isolée compatible avec un grand nombre de fluides | <ul style="list-style-type: none">+ Utilisable dans diverses applications industrielles+ Le signal de sortie élevé permet une électronique de lecture de haute résolution• Compensation de température nécessaire• La conception et la fabrication de la cellule de mesure isolée nécessite un grand savoir-faire– Mesure de très petites pressions limitée (< 0,01 mbar)– Mesures supplémentaires nécessaires en cas de températures de fluides très élevées (> 200 °C) |
|---|---|

Author: Dr. Sören Boyn