



# **CAPTEUR DE PRESSION CAPACITIF PROTEGE CONTRE LES COURT-CIRCUITS**

Mohamad Al Bahri, G. Blasquez, Patrick Pons, Philippe Menini

## **► To cite this version:**

Mohamad Al Bahri, G. Blasquez, Patrick Pons, Philippe Menini. CAPTEUR DE PRESSION CAPACITIF PROTEGE CONTRE LES COURT-CIRCUITS. *Revue Internationale d'Héliotechnique*, 2004, 30, pp.39-41. <hal-02149908>

**HAL Id: hal-02149908**

**<https://laas.hal.science/hal-02149908v1>**

Submitted on 6 Jun 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# CAPTEUR DE PRESSION CAPACITIF PROTEGE CONTRE LES COURT- CIRCUITS

M. AL Bahri, G. Blasquez, P. Pons, Ph. Menini  
CNRS – LAAS, 7 Avenue du Colonel Roche, 31077 Toulouse cedex 4, France

## Résumé

Le but de ce travail, consiste à étudier un capteur de pression capacitif protégé contre les court-circuits. Cette protection est obtenue mécaniquement en réalisant un plot au milieu du capteur qui supprime les possibilités de contact entre l'armature déformable en silicium et l'électrode métallique fixe.

## 1- Introduction

Pendant les dix dernières années, la faisabilité de capteurs capacitifs miniatures a été démontrée [1-9]. Ce type de capteur est caractérisé par une grande sensibilité à la pression, une faible consommation et une connexion facile avec les circuits intégrés MOS.

Afin de réaliser l'auto test du capteur dans son environnement réel, une tension continue est appliquée entre la membrane et l'électrode fixe pour simuler la pression. Lors de l'application de cette tension continue relativement élevée, il est possible d'amener les deux électrodes en court-circuit et de dégrader ou détruire le capteur.

La solution technologique la plus efficace pour éviter ce problème est de réaliser un plot non métallisé servant de butée au centre du capteur.

## 2- Principe de fonctionnement

### 2-1 Capacité au repos

Le capteur étudié comporte une armature plane fixe et une armature plane déformable. En l'absence de pression différentielle entre les deux faces de la membrane, les armatures sont parallèles (cf. Fig. 1). Sa capacité au repos  $C(0)$  est alors donnée par la relation :

$$C(0) = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad (1)$$

où :  $\varepsilon_0$  et  $\varepsilon_r$  représentent respectivement la permittivité du vide ( $8,86.10^{-12}$  F/m) et la permittivité relative de l'air,  $A$  est la surface de l'armature fixe et  $d$  est la distance inter-armatures.

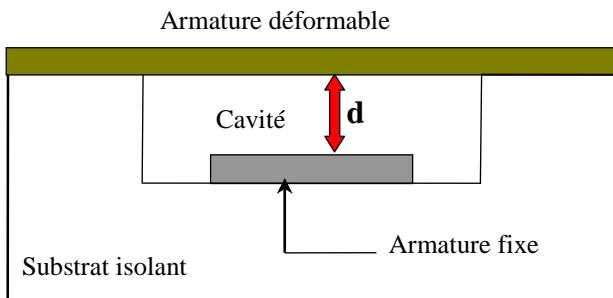


Fig. 1 .Capteur de pression capacitif au repos

### 2-2 Effet de la pression

Lorsqu'on applique une pression  $P$  supérieure à la pression  $P_c$  contenue dans la cavité, l'armature déformable fléchit (cf. Fig. 2). La distance séparant les deux électrodes varie en tous points. La relation liant la capacité à la pression appliquée devient :

$$C(P) = \varepsilon_0 \iint_A \frac{\partial A}{d - w(P)} \quad (2)$$

où  $\partial A$  représente un élément de surface de l'armature fixe,  $w$  est la déflexion de l'armature déformable en chaque point de la membrane.

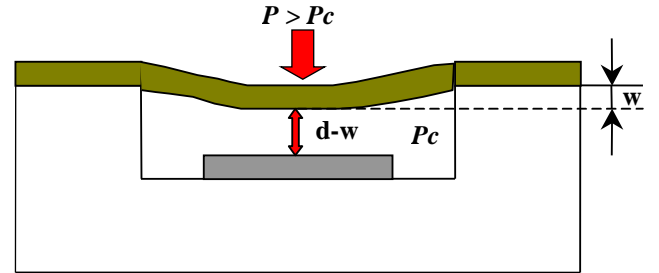


Fig. 2 . Capteur en fonctionnement ( $P > P_c$ )

### 2-3 Effet de la tension continue

Une différence de potentiel continue  $V$  appliquée entre les bornes d'un capteur capacitif crée entre les armatures une force électrique qui fléchit la membrane et provoque une variation  $\Delta C$  de la capacité. Pour de petites valeurs de  $V$ , la distance entre l'armature fixe et la membrane varie peu. Chaque élément de la membrane est alors soumis à une pression  $P$  quasiment constante et égale à :

$$P \approx \frac{\varepsilon_0 V^2}{2d^2} \quad (3)$$

Dans ces conditions, la sensibilité du capteur à la pression est approximativement égale à :

$$S_p \approx \frac{\Delta C}{P} \approx \frac{2\varepsilon_0 A^2}{C^2(0)} S_v^2 \quad (4)$$

où  $S_v^2$  représente la sensibilité au carré de la tension appliquée et est donnée par :

$$S_0^2 = \frac{C(V) - C(0)}{V^2} \quad (5)$$

D'après la relation 4, la sensibilité à la pression du capteur peut être estimée à partir de la mesure de la sensibilité à la tension.

### 3-Technologie des capteurs

Le capteur est constitué d'une membrane déformable en silicium et d'un substrat rigide en Pyrex (CORNING 7740) dans lequel a été réalisé une cavité. Un plot en pyrex, situé au centre de la cavité permet d'éviter la mise en court circuit de la membrane en silicium et de l'armature fixe métallique (cf. Fig. 3).

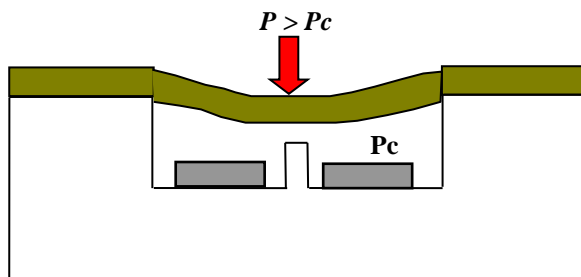


Fig. 3. Suppression du court circuit à l'aide d'un plot en pyrex

Le schéma des principales étapes de fabrication est donné sur la Figure 4.

Le substrat de Pyrex est tout d'abord usiné pour former les cavités des capteurs. La gravure se fait par attaque liquide dans un bain à 12.5 % d'acide fluorhydrique. Une couche de chrome et d'or sont utilisées comme matériau de masquage. La gravure est réalisée en deux étapes afin d'obtenir un plot au centre du capteur.

L'électrode fixe constituée d'aluminium est ensuite déposée au fond de la cavité de verre et structurée par photolithographie.

Pour former le capteur de pression, il faut rendre solidaire le substrat de Pyrex et la membrane de silicium. L'assemblage doit être résistant mécaniquement, étanche et durable dans le temps. Cette étape est réalisée par une soudure thermoélectrique. Cette méthode permet d'assurer l'assemblage des deux plaques à basse température ( $\leq 500$  °C), en appliquant une tension continue entre les deux matériaux dans une atmosphère à pression contrôlée. Les conditions expérimentales que nous avons utilisées sont regroupées dans le Tableau 1.

Le silicium a ensuite été aminci de manière à obtenir des membranes d'épaisseur désirée. L'amincissement est réalisé dans un bain de KOH. Le Tableau 2 donne les principaux paramètres de la gravure KOH.

La prise de contact sur le silicium est obtenu par évaporation de  $1\mu\text{m}$  d'aluminium en dehors de la membrane afin de ne pas perturber le fonctionnement du capteur.

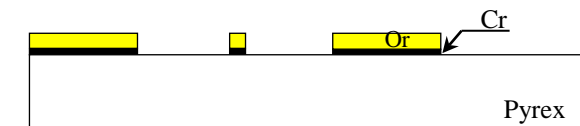
Enfin la libération des contacts sur le pyrex se fait par gravure sèche du silicium, dans un bâti de gravure plasma. Le matériau de masquage utilisé est une résine photosensible.

Atmosphère	Azote
Pression	0,1 MPa
Tension	200 à 300 V
Température	450 à 500 °C

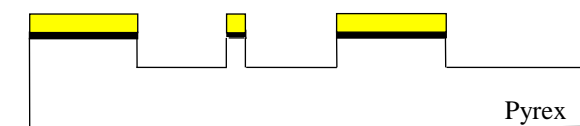
Tableau1: Conditions expérimentales de l'assemblage Si / Verre

Température du bain	85 °C
Concentration	8 Kg de KOH pour 15l d'eau
Vitesse d'attaque	1,5 $\mu\text{m}$ / min.
Uniformité	10 %

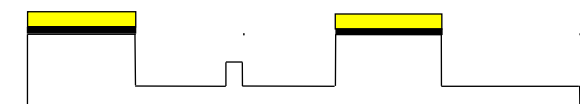
Tableau 2 : Paramètres de la gravure KOH



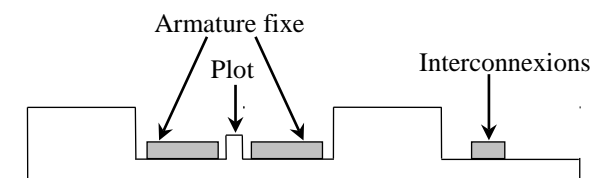
Dépôt du masque (Cr/Or) et gravure des fenêtres



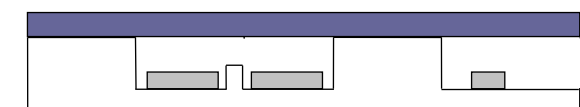
1<sup>er</sup> gravure chimique dans le pyrex



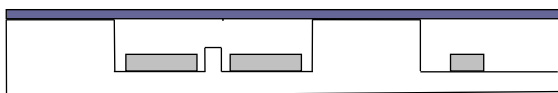
2<sup>ème</sup> gravure chimique dans le pyrex



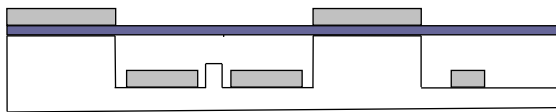
Dépôt de métal et gravure de l'armature fixe



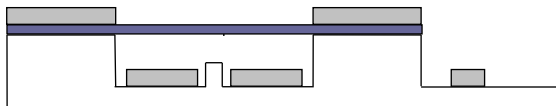
Soudure du Silicium et du pyrex



*Usinage de l'armature déformable*



*Dépôt de métal et gravure sur les membranes et au droit des interconnexions*



*Libération des interconnexions*

*Figure 4 : Opérations technologiques principales*

- [7] J.A. Plaza, J. Esteve, E. Lora-Tomayo, Simple Technology for Bulk Accelerometer Based on Bond and Etch Back Silicon on Insulator Wafers, *Sensors and Actuators*, A 68, N° 1-3, 1998, pp. 299-302.
- [8] R. PUERS, D. LAPADATU, Electrostatic forces and their effects on capacitive mechanical sensors, *Sensors and Actuators*, A56 (1996) 203-210.
- [9] G. WALLIS, Field assisted glass metal sealing, *Electrocomponent Science and Technology*, Vol. 2, n° 1, (1975) pp. 45-53.

#### 4- Conclusion

La protection électrique efficace des capteurs de pression capacitifs contre les court-circuits peut être obtenue mécaniquement à l'aide d'un plot situé au centre du capteur. La technologie utilisée est basée sur la filière silicium-pyrex. Les structures de tests sont en cours de fabrication et les premières caractérisations électriques seront présentées lors de la conférence.

#### 5- Références

- [1] R. Puers, Capacitive Sensors : When to use them, *Sensors and Actuators*, A 37-38, 1993, pp. 93-105.
- [2] R.F. Wolfenbuttel, *Silicon Sensors and Circuits*, Chapman and Hall, London, 1996.
- [3] B. Puers, E. Peeters, A. Van Den Boosche and W. Sansen, A Capacitive Pressure Sensor With Low Impedance Output and Active Suppression of Parasitic Effects, *Sensors and Actuators*, A 21-23, 1990, pp. 108-114.
- [4] A. Hanneborg and P. Ohlkers, A Capacitive Silicon Pressure Sensor With Low TCO and High Long-term Stability, *Sensors and Actuators*, A 21-23, 1990, pp. 151-154.
- [5] T. Nagata, H. Terabe, S. Kuwahara and S. Sakurai, Digital Compensated Capacitive Pressure Sensor Using CMOS Technology, *Sensors and Actuators*, A 34, 1992, pp. 173-177.
- [6] D. Catling, High-Sensitivity Silicon Capacitive Sensors for Measuring Medium-Vacuum Gas Pressure, *Sensors and Actuators*, A 64, 1998, pp. 157-164.