



MODÉLISATION ET OPTIMISATION DU MICROPHONE INTÉGRÉ SUR SILICIUM

J. Maisano

► To cite this version:

J. Maisano. MODÉLISATION ET OPTIMISATION DU MICROPHONE INTÉGRÉ SUR SILICIUM. Journal de Physique IV Proceedings, 1992, 02 (C1), pp.C1-365-C1-368. 10.1051/jp4:1992178 . jpa-00251250

HAL Id: jpa-00251250

<https://hal.science/jpa-00251250>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

MODÉLISATION ET OPTIMISATION DU MICROPHONE INTÉGRÉ SUR SILICIUM

J. MAISANO

Laboratoire d'Electromagnétisme et d'Acoustique, Département d'Electricité, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Abstract :

Reducing the volume of an electroacoustic transducer automatically leads to a decrease of its sensitivity and an increase of its equivalent noise.

Furthermore, when designing an integrated microphone on silicium, certain classical transducer models are insufficient to describe their behaviour.

This study outlines both the model and the optimization of the sensitivity and equivalent noise of the silicium microphone, in relation to its use in hearing aids.

Résumé :

La réduction du volume d'un transducteur électroacoustique conduit automatiquement à la diminution de la sensibilité de celui-ci ainsi qu'à une augmentation de son bruit propre.

En outre, lors du dimensionnement d'un microphone intégré sur silicium, certains modèles classiques sont insuffisants pour décrire son comportement.

Cette étude présente la modélisation ainsi que l'optimisation de la sensibilité et du bruit propre d'un microphone sur silicium, pour permettre son utilisation dans les prothèses auditives.

MODELISATION

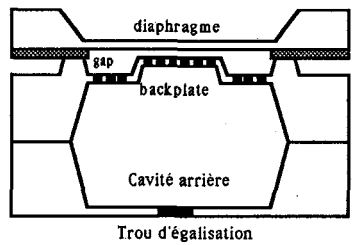
Le microphone monolithique sur silicium TIFON C réalisé dans le cadre d'un projet CERS en collaboration avec le CSEM, ASCOM et PHONAK, a donné entière satisfaction quant à l'adéquation des résultats entre modélisation et mesure. Une optimisation a été entreprise sur le même modèle, visant à augmenter la sensibilité et réciproquement diminuer le bruit de fond propre du microphone. L'étude des performances se fait par l'établissement d'un schéma composé d'éléments équivalents qui représentent les effets acoustiques, mécaniques et électriques. Les valeurs des éléments dépendent de la géométrie et des dimensions du microphone [1], [2], [3], [4].

Une coupe schématique du microphone et ses dimensions sont données à la figure 1.

Le schéma équivalent acoustique est donné à la figure 2.

La simulation du schéma équivalent a été réalisée à l'aide du logiciel de simulation de circuits PSPICE sur PC. La courbe de réponse est donnée à la figure 3. Les caractéristiques sont les suivantes :

sensibilité dans la bande passante	1.5 mV/Pa
bruit de fond propre	28 dB(A)



côté du diaphragme	2 mm
épaisseur du diaphragme	5.3 μm
épaisseur du backplate	10 μm
hauteur du gap central	2.3 μm
volume de la cavité arrière	1.9 mm^3
densité des trous du backplate	630 trous/ mm^2
surface active	0.34
tension de polarisation	5 V

figure 1

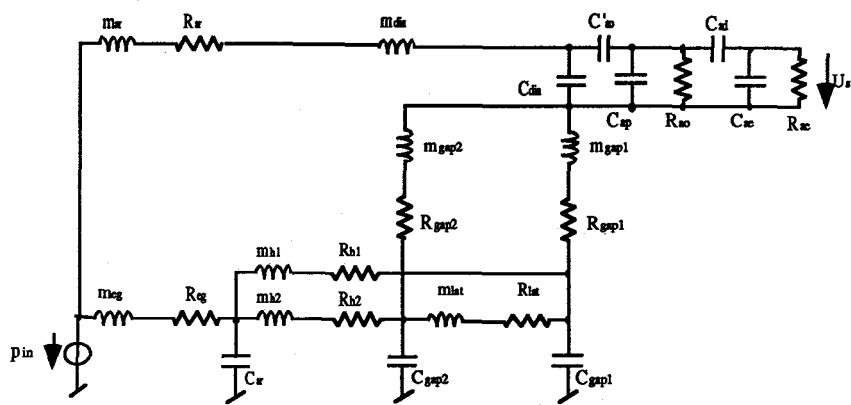


figure 2

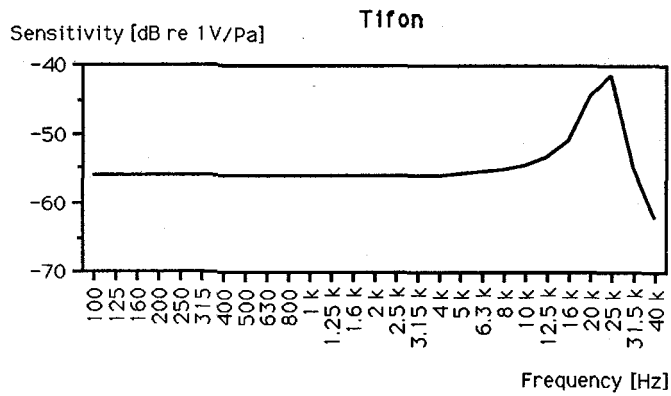


figure 3

OPTIMISATION

En vue d'optimiser le microphone, en abaissant la fréquence de résonance et augmentant la sensibilité, il est nécessaire de simplifier le schéma équivalent acoustique.

Le circuit équivalent acoustique simplifié tenant compte des éléments électriques externes est représenté ci-après :



Dans le cas où la résistance R_{ext} est très grande, le rapport $\frac{P_{out}}{p'}$ est donné par :

$$\frac{P_{out}}{p'} = \frac{C'_{ao} \cdot C_{ar}}{(C_{dia} + C_{ar}) \cdot (C'_{ao} + C_{ext}) + C'_{ao} \cdot C_{ext}}$$

Si l'on exprime C'_{ao} par son expression en fonction de C_{dia} on obtient :

$$\frac{P_{out}}{p'} = \frac{C_{ar} \cdot C_o \cdot C_{dia}^2}{C_o \cdot C_{dia}^3 + C_{ar} \cdot C_o \cdot C_{dia}^2 + C_{ext} \cdot (\kappa^2 - C_{ar} \cdot C_o) \cdot C_{dia} + \kappa^2 \cdot C_{ar} \cdot C_{ext}} \quad \text{où } \kappa = \frac{h_o \cdot a^2}{U_o}$$

Le maximum est donné par $\frac{\partial \left(\frac{P_{out}}{p'} \right)}{\partial C_{dia}} = 0$,

$$\text{soit : } C_o \cdot C_{dia}^3 - C_{ext} \cdot (\kappa^2 - C_{ar} \cdot C_o) \cdot C_{dia} - 2 \cdot \kappa^2 \cdot C_{ar} \cdot C_{ext} = 0$$

La recherche d'un C_{dia} optimum en fonction de C_{ar} nécessite la résolution d'une équation du troisième degré.

Une solution approchée est :

$$C_{dia} = \frac{C_{ext} \cdot (C_{ar} - \frac{\kappa^2}{C_o})}{3 \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \kappa^2 \cdot C_{ar} \cdot C_{ext}}{C_o}}} - \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \kappa^2 \cdot C_{ar} \cdot C_{ext}}{C_o}}$$

Pour le microphone optimisé, $C_{dia} = 3.5 \mu m$.

L'utilisation de cette valeur donne la courbe de réponse optimale de la figure 4. La sensibilité est de 10 mV/Pa et le bruit de fond inférieur à 20 dB(A), la résonance se situant vers 13 kHz.

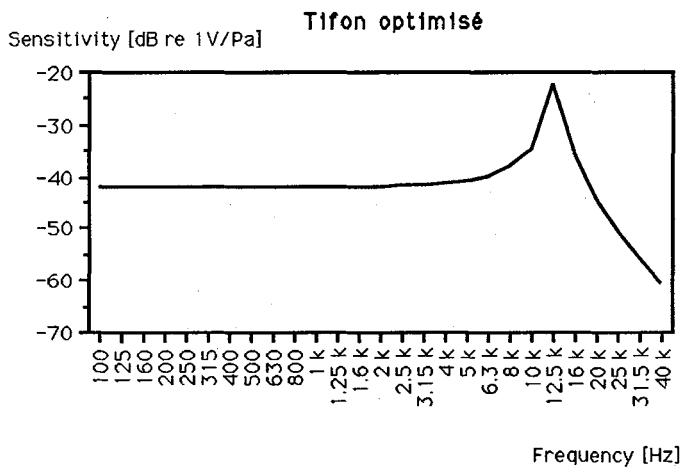


figure 4

CONCLUSION

La simulation du microphone donne :

sensibilité dans la bande passante 10.6 mV/Pa
bruit de fond propre < 20 dB(A)

et montre que l'optimisation permet d'obtenir un transducteur dont la sensibilité et le bruit de fond autorisent son utilisation dans le cas d'une prothèse auditive.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. Rossi, *Electroacoustique*, Traité d'Electricité, vol. XXI, PPR 1986
- [2] J. Maisano, *Models of microscopical transducer*, AES Wien 1992
- [3] Z. Skvor, *Vibrating systems and their equivalents circuits*, Elsevier 1991
- [4] L. Beranek, *Acoustic*, Mc Graw Hill 1954