



УДК 681.586.6

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.4s.500.502

Тепловой МЭМС-датчик для измерения субатмосферного диапазона давлений**Thermal MEMS Pressure Sensor for Measuring Sub-atmospheric Pressure Range****Денисов В. Е.^{1,2}, Орешкин Г. И.², к. ф.-м. н., Поздняков М. М.²,
Евсиков И. Д.^{1,2}, Дюжев Н. А.², к. ф.-м. н.**¹ ООО «ФОТИС»

248033, Калуга, пер. Воскресенский, 29, стр. 2

denisov@ckp-miet.ru

² ЦКП «Микросистемная техника и электронная компонентная база»,
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
124527, г. Москва, г. Зеленоград, Солнечная аллея, 6**Denisov V. E.^{1,2}, Oreshkin G. I.², Ph.D, Pozdnyakov M. M.², Evsikov I. D.^{1,2},
Dyuzhev N. A.², Ph.D**¹ FOTIS LLC

bld. 2, 29 Voskresensky Lane, Kaluga, 248033

denisov@ckp-miet.ru

² R&D Center "MEMSEC"National Research University of Electronic Technology (MIET)
6 Solnechnaya Alley, Zelenograd, Moscow, 124527

Предложена оригинальная концепция датчика давления на основе микромеханической деформации тонкопленочной мембраны вблизи системы высокочувствительных термопар.

Показано, что оптимальная конструкция датчика обеспечивает чувствительность до 4,4 мК/Па в широком диапазоне давлений (от 0,01 до 100 кПа).

Ключевые слова: МЭМС; датчик давления; субатмосферный диапазон; термоэлектрический эффект; тонкопленочная диэлектрическая мембрана.

An original concept of a pressure sensor based on micromechanical deformation of a thin-film membrane near a system of highly sensitive thermocouples has been proposed. It is shown that the optimal sensor design provides sensitivity up to 4.4 mK/Pa in a wide pressure range (from 0.01 to 100 kPa).

Keywords: MEMS; pressure sensor; sub-atmospheric range; thermoelectric effect; thin-film dielectric membrane.

Тонкопленочная МЭМС- (микроэлектромеханические системы) технология мембранных датчиков давления обеспечивает их высокую чувствительность при сравнительно малых размерах. В комбинации с низкой себестоимостью производства изделий на стандартных фотолитографических процессах и их малым энергопотреблением это дает большое преимущество в проектировании сенсорных элементов для устройств измерения внутричерепного давления, применимых в широком перечне медицинских направлений — нейрохирургии, нейротравматологии, неврологии [1].

Имеющиеся на рынке МЭМС-датчики давления (электромагнитные, резонансные, пьезоэлектрические, емкостные, оптические) оказываются чувствительными к внешним воздействиям (вибрациям, ударам, температуре и проч.), что ухудшает надежность их работы и требует постоянной корректировки выходного сигнала. По этой причине поиск альтернативного метода измерения избыточного давления в широком диапазоне, сочетающего в себе устойчивость к внешним условиям и высокую чувствительность, является одной из приоритетных задач современной сенсорики. Несмотря на то что тепловые газовые сенсоры повсеместно используются для точного измерения ускорения и скорости потока газа [2, 3], тепловой принцип детектирования избыточного давления в МЭМС-структурах с тонкопленочной мембраной, подвешенной над микрополостью с рабочей газовой средой, не рассматривался ранее. В работе предложена оригинальная концепция теплового датчика давления, где изменение температуры термочувствительных элементов обеспечивается путем теплопереноса через газовую среду в процессе микромеханической деформации тонкопленочной композитной мембраны под действием избыточного давления. Продемонстрирована эффективность применения указанной концепции к измерению давления в широком диапазоне от 0,01 до 100 кПа. Также было показано, что максимальная чувствительность датчика варьируется в пределах от 1,5 до 4,4 мК/Па в случае рассмотрения различных газовых сред (Kr, Xe, Ar).

Литература

1. Xu Y., Hu X., S. Kundu, Nag A., Afsarimanesh N., Sapra S., Mukhopadhyay S. C. and Han T. Silicon-based sensors for biomedical applications: a review // *Sensors*, 2019. V. 19. № 13. P. 2908.
2. Djuzhev N. A., Novikov D. V., Demin G. D., Ovodov A. I. and Ryabov V. T. An experimental study on MEMS-based gas flow sensor for wide range flow measurements // *Proceedings to the 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Seoul, South Korea, March 12–14, 2018.
3. Ovodov A. I., Djuzhev N. A., Demin G. D. and Makhboroda M. A. Optimized design of the MEMS-based three-axis thermal accelerometer for its better performance in a wide measurement range // *Proceedings to the 2019 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Sophia Antipolis, France, March 11–13, 2019.

Thin-film MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) technology of membrane-based pressure sensors ensures their high sensitivity at relatively small size. In combination with the low-cost production of devices based on standard photolithographic processes and their low power consumption, this has a dominant role in the design of sensor elements for devices that measure intracranial pressure and are applicable in a wide range of medical fields — neurosurgery, neurotraumatology, neurology [1]. The pressure sensors (electromagnetic, resonant, piezoelectric, capacitive, optical) available on the MEMS market today are susceptible to external factors (vibrations, shocks, temperature, etc.), which degrades their reliability and requires continuous adjustment of the output signal. For this reason, the search for an alternative method for measuring gauge pressure in a wide range, combining resistance to external conditions and high sensitivity, is one of the priority tasks of modern sensorics. Despite the fact that thermal gas sensors are widely used to accurately



measure acceleration and gas flow rate [2, 3], the thermal principle of detecting overpressure in MEMS-based structures with a thin-film membrane suspended above a microcavity with a working gas medium has not been considered previously. The paper proposes an original concept of a thermal pressure sensor, where a change in the temperature of thermosensitive elements is provided by heat transfer through a gas medium in the process of micromechanical deformation of a thin-film composite membrane under the action of excess pressure. The efficiency of the application of this concept to the measurement of pressures in the wide range from 0.01 to 100 kPa has been demonstrated. It also was shown that the maximum sensor sensitivity varies from 1.5 to 4.4 mK / Pa in the case of considering various working gases (Kr, Xe, Ar).

References

1. Xu Y., Hu X., S. Kundu, Nag A., Afsarimanesh N., Sapra S., Mukhopadhyay S. C. and Han T. Silicon-based sensors for biomedical applications: a review // *Sensors*, 2019. V. 19. № 13. P. 2908.
2. Djuzhev N. A., Novikov D. V., Demin G. D., Ovodov A. I. and Ryabov V. T. An experimental study on MEMS-based gas flow sensor for wide range flow measurements // *Proceedings to the 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Seoul, South Korea, March 12–14, 2018.
3. Ovodov A. I., Djuzhev N. A., Demin G. D. and Makhboroda M. A. Optimized design of the MEMS-based three-axis thermal accelerometer for its better performance in a wide measurement range // *Proceedings to the 2019 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Sophia Antipolis, France, March 11–13, 2019.