



ТЕПЛОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

THERMAL CONVERTERS OF PHYSICAL QUANTITIES

УДК 681.121

НОВИКОВ ДМИТРИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ¹

novikov@ntc-nmst.ru

NOVIKOV DMITRY V.¹

novikov@ntc-nmst.ru

ОНУФРИЕНКО АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ²ONUFRIENKO ANDREY P.²ГУСЕВ ЕВГЕНИЙ ЭДУАРДОВИЧ²GUSEV EVGENIY E.²ДЮЖЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ³DJUZHEV NIKOLAY A.³¹ ООО «Спинтроникс»¹ "Spintronics" LLC² АО «Зеленоградский нанотехнологический центр»² "Zelenograd Nanotechnology Center" JSC³ Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, 1³ National Research University of Electronic Technology
1 Shokin Square, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia

В современном мире, где сенсоры являются неотъемлемой частью практически любого электронного устройства, требования к преобразователям физических величин постоянно растут. Технология МЭМС давно зарекомендовала себя в сфере производства датчиков, что позволяет на основе имеющихся технологических решений в дальнейшем совершенствовать параметры их работы. В данной работе рассматривается семейство тепловых преобразователей физических величин, а также предлагаются различные подходы по их оптимизации.

Ключевые слова: тепловой сенсор; датчик давления; датчик потока газа; тепловой акселерометр; тепловой преобразователь.

In the modern world, where sensors are an integral part of almost every electronic device, the requirements to converters of physical quantities are constantly growing. MEMS technology has long proven itself in the field of sensor manufacturing which allows us to further improve their performance on the basis of available technological solutions. In this work we consider a family of thermal converters of physical quantities, and various approaches for their optimization.

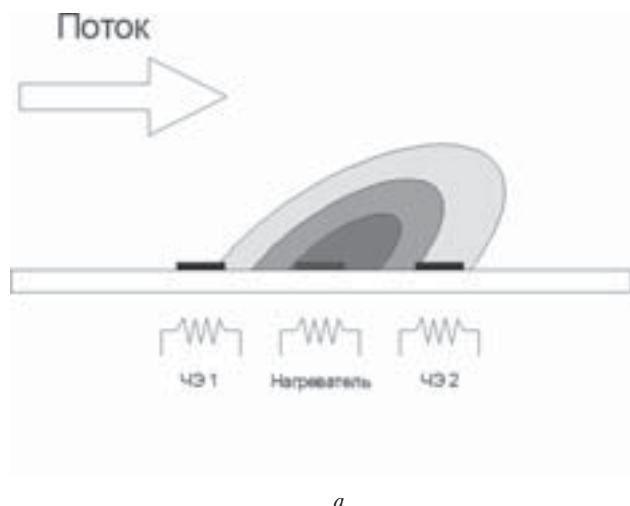
Keywords: thermal sensor; pressure sensor; gas flow sensor; thermal accelerometer; thermal converter.

На тепловом принципе возможно построить следующие датчики [1]:

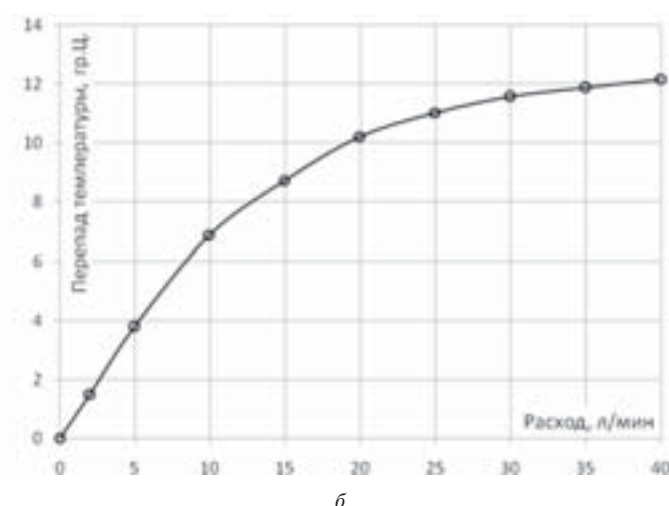
- счетчик массового расхода газа,
- датчик давления газа,
- акселерометр,
- датчик угла наклона,
- датчик взрывоопасных газов и многие другие.

Наиболее очевидным и достаточно легко реализуемым примером является счетчик расхода газа. Принцип действия счетчика представлен на рис. 1. Тепловое облако, создаваемое нагревателем, смещается потоком; это смещение фиксируется двумя измерительными резисторами до и после нагревателя.

Второе потенциальное применение — датчик давления. В режиме анемометра температура нагревателя будет зависеть



а



б

Рис. 1. (а) Принцип действия теплового счетчика расхода газа; (б) Зависимость перепада температуры на измерительных резисторах от расхода



от теплопроводности окружающей среды, которая зависит от давления газа. На рис. 2 представлены результаты измерения работы такого датчика. Диапазон измерений можно расширить, изменяя размеры мембраны и расстояние от мембраны до подложки, меняя ее таким образом, чтобы она была близкой к длине свободного пробега для этого давления. Кроме того, изменять теплопроводность газа могут примеси, что дает возможность построить на этом принципе детектор метана, так как его теплопроводность значительно отличается от теплопроводности воздуха.

Кроме того, так как на распределение теплового облака могут влиять внешние силы, на основе теплового преобразователя возможно построение ускорения и угла наклона. В работе представлены экспериментальные измерения характеристик разработанных тепловых датчиков расхода газа, датчиков давления, а также проведено сравнение полученных результатов измерений с теоретическими моделями их функционирования, построенными в программном пакете моделирования Comsol MultiPhysics [2] на основе решения уравнения теплопроводности с учетом перераспределения теплового потока газа при заданном давлении среды. Посредством такого полномасштабного анализа, совмещающего в себе как теоретические, так и экспериментальные исследования, были выбраны оптимальные конструктивные параметры тепловых сенсоров, обеспечивающие улучшение их чувствительности в заданном диапазоне температур. Рассмотренные в работе тепловые преобразователи физических величин (датчики расхода газа, датчики давления, тепловые акселерометры и т. д.) могут найти широкое применение в бытовой технике, военной аппаратуре, автомобильной электронике, а также медицинском и метеорологическом оборудовании [3].

Зависимость сопротивления измерительных резисторов от давления

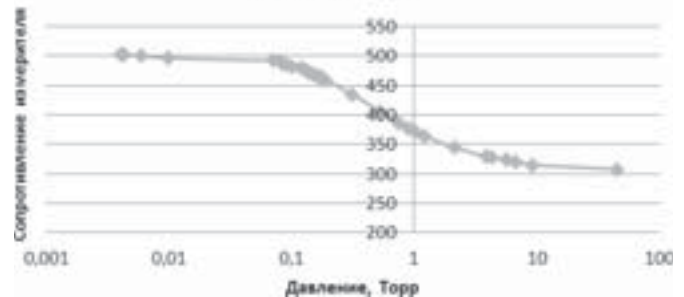


Рис. 2. Результаты измерения работы теплового датчика давления

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «МСТ и ЭКБ» при поддержке Минобрнауки РФ, соглашение № 14.578.21.0188 (RFMEFI57816X0188)

ЛИТЕРАТУРА

1. Waldrop M.M. The Chips Are Down for Moore's Law / Waldrop M.M. // Nature. — 2016, Vol. 530. — P. 7589; DOI: 10.1038/530144a.
2. Интернет ресурс: <https://www.comsol.ru>.
3. Wu B. Extreme Ultraviolet Lithography and Three Dimensional Integrated Circuits — A Review / Wu B. and Kumar A. // Appl. Phys. Rev. — 2014, Vol. 1. — P. 011104; DOI: 10.1063/1.4863412.

LAST MILE ПЕРВАЯ МИЛЯ

Издатель — АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»

Журнал освещает всё многообразие вопросов, связанных с технологиями и проблемами построения телекоммуникационных сетей доступа. Включен в Российский индекс научного цитирования www.elibrary.ru. Решением Президиума ВАК при Минобрнауки РФ. Журнал "Первая миля Last Mile" включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Публикуется с 2007 года
Периодичность: 8 номеров в год
Тираж: 4500 экземпляров

www.lastmile.su

www.technosfera.ru

