

УДК 621 384 3

ШИРОКОДИАПАЗОННЫЕ MEMS ДАТЧИКИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА Таратын И.А.¹, Кернасковский Ю.М.², Филатов С.А.³

¹Белорусский национальный технический университет

²ГНУ «Институт радиоматериалов НАН Беларуси»

³ГНУ «Институт тепло-и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Предложены новые решения позволяющие увеличить чувствительность и оптимизировать спектральный диапазон термоэлектрических многоэлементных МЭМС датчиков оптического излучения.
Ключевые слова: МЭМС, MEMS, сенсоры.

P WIDE RANGE HEAT FLOW MEMS SENSORS

Taratyn I.¹, Kernasovsky Y.², Filatov S.³

¹Belarusian National Technical University

²Institute of Radio Materials of the NAS of Belarus

³A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus
Minsk, Belarus

Abstract. New solutions are proposed that allow increasing the sensitivity and optimizing the spectral range of thermoelectric multielement MEMS sensors of optical radiation. Abstract up to 100 words.

Key words: MEMS, sensor, termopile.

Адрес для переписки: Филатов С.А., Минск, П.Бровки, 15, Республика Беларусь
e-mail: fil@hmti.ac.by

В системах регистрации оптического и тергерцового излучения эффективно используются многоэлементные датчики выполненные по МЭМС технологии, с чувствительными элементами в виде многоэлементных планарных термопар, обеспечивающей высокое временное разрешение при низком уровне шумов [1–3]. Успехи в развитии этого направления обусловлены результатами разработок технологических процессов формирования микро- и наноразмерных мембран на кремниевой подложке с использованием процессов анизотропного травления кремния, рис. 1.

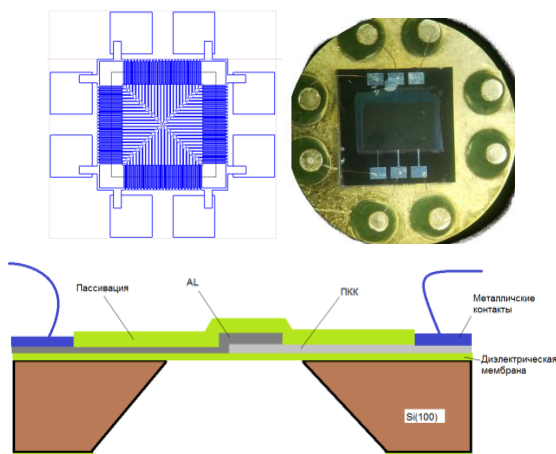


Рисунок 1 – Базовая топология и конструкция МЭМС датчика на основе термоэлектрической пары алюминий-поликристаллический кремний (ПКС) на поддерживающей диэлектрической мембране из нитрида кремния толщиной менее 1 мкм

Оптимизация конструкции датчика выполнена на основе результатов численного моделирования

теплообмена в элементах датчика с использованием пакета ELCUT (ООО «Тор», РФ), рис. 3.

Как показывают результаты экспериментов и численного моделирования, вследствие малой толщины рабочих слоев и диэлектрической мембраны сама конструкция чувствительных элементов практически не поглощает оптическое излучение в видимом, ИК и УФ диапазоне, рис. 4, что требует применения специальных поглощающих слоев (абсорбера) для увеличения чувствительности датчика. Кроме того увеличение коэффициента поглощения оптического абсорбера снижает рассеяние и пропускание излучения конструкцией датчика, что позволяет снизить уровень отраженного излучения в конструкции датчика и увеличить его чувствительность и воспроизводимость измерений.

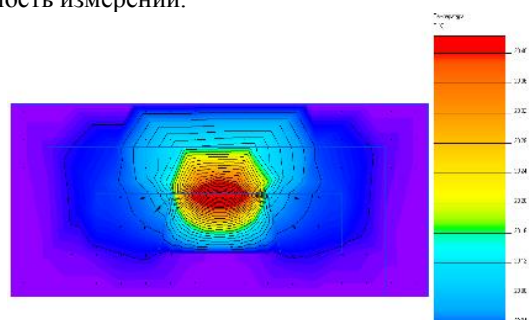


Рисунок 2 – Фрагмент расчетной сетки и результаты расчета при моделировании нестационарного теплообмена кристалла МЭМС датчика с абсорбером в программном комплексе ELCUT

Для проведения испытаний использовался специализированный стенд для измерения характеристик датчика теплового потока. При прове-

дении испытаний поток оптического излучения составил $4,0 \pm 0,1$ кВт/м², контроль потока оптического излучения в диапазоне 0,1–14,0 мкм осуществлялся с помощью балансомера Пеленг СФ-06, контроль теплового потока осуществлялся с помощью измерителя плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.03/5 «Поток». Оптические характеристики наноструктурированных покрытий и элементов датчика были определены с помощью ИК Фурье спектрометра Nicolet Nexus 670 (компания Thermo, США), рис. 3.

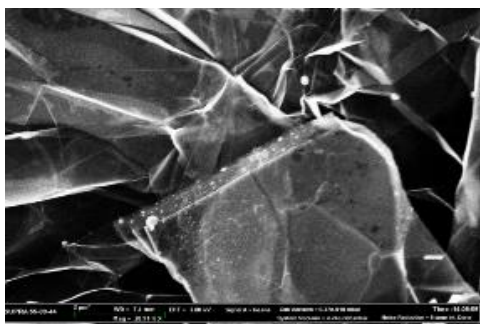


Рисунок 3 – Характерный вид топологии наноструктурированного диэлектрического покрытия

Для увеличения коэффициента поглощения оптического абсорбера в видимой и ближней ИК области спектра было предложено использовать структуры из неупорядоченных углеродных нанотрубок на поверхности чувствительных элементов и неструктурированный графен, дефектные структуры в котором обеспечивают множественные дискретные графен-плазмонные резонансы с большим относительным частотным интервалом. Терагерцовые устройства привлекают все большее внимание благодаря уникальным свойствам излучения в диапазоне 0,1–10 ТГц, которые имеют сходство как с микроволновым, так и с дальним инфракрасным диапазоном. Традиционно в этой области, металлические метаматериалы

являются ключевыми компонентами большинства конструкций абсорберов оптического излучения, как селективных, так и двухдиапазонных и широкополосных. Выбор графена в качестве базового материала абсорберов терагерцового диапазона связан с высокой подвижностью носителей заряда в графене. Кроме того возможна реализация абсорберов на основе графена в виде метаматериалов (например, типа такие как трехслойных структур металл-диэлектрик-графен [4, 5] и метаповерхностей типа многослойного графена на диэлектрике [6, 7] на поддерживающем диэлектрическом слое.

Предложенные решения позволяют увеличить чувствительность и оптимизировать спектральный диапазон термоэлектрических многоэлементных МЭМС датчиков оптического излучения.

Литература

1. Геращенко, О. А. Основы теплотрии / О. А. Геращенко. – Киев: Наукова думка, 1971. – 191 с.
2. Rogalski, A. Infrared Detectors / A. Rogalski. – New York : Gordon and Breach Science Publishers, 2000.
3. Review of micromachined thermopiles for infrared detection / A. Graf, [et al.] // Measurement Science and Technology. – 2007. – Т. 18, № 7. – P. R59–R753.
4. Amin, M. An ultra-broadband multilayered graphene absorber / M. Amin, M. Farhat, H. Bağcı // Optics Express. – 2013. – № 21. – P. 29938–29948.
5. Wang, Z. Ultra-multiband absorption enhancement of graphene in a metal-dielectric-graphene sandwich structure covering terahertz to mid-infrared regime / Z. Wang, Y. Hou // Optics Express. – 2017. – № 25. – P. 19185–19194.
6. Experimental demonstration of a transparent graphene millimetre wave absorber with 28% fractional bandwidth at 140 GHz / B. Wu [et al.] // Scientific Reports. – 2014. – №4.
7. A perfect absorber made of a graphene micro-ribbon metamaterial / R. Alaei [et al.] // Optics Express. – 2012. – № 20. – P. 28017–28024.

УДК 621.382.33

МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА ЗОНД-ОБРАЗЕЦ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ ЗОНДА КЕЛЬВИНА

Тявловский А.К.¹, Жарин А.Л.¹, Пантелеев К.В.¹, Свистун А.И.¹, Самарина А.В.¹,
Петлицкий Н.Н.², Мухуров Н.И.³

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

³ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Определение величины зазора зонд-образец в измерительной системе на основе зонда Кельвина может осуществляться оптическими методами с использованием независимого волоконно-оптического датчика либо электрическими методами на основе анализа особенностей самого измерительного сигнала. Основным преимуществом электрических методов контроля зазора зонд-образец является независимость результатов измерений от оптических свойств контролируемой поверхности.

Ключевые слова: контактная разность потенциалов, зонд Кельвина, стабилизация зазора.