



УДК 621.389

DOI: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.509.510

МИКРОСИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

MICROSYSTEMS FOR TRANSFORMING ACOUSTIC PRESSURE

ГЕНЕРАЛОВ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

GENERALOV SERGEY S.

АМЕЛИЧЕВ ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ
*V.Amelichev@tcen.ru*AMELICHEV VLADIMIR V.
V.Amelichev@tcen.ru

ГОДОВИЦЫН ИГОРЬ ВАЛЕРЬЕВИЧ

GODOVITSYN IGOR V.

ПОЛОМОШНОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

POLOMOSHNOV SERGEY A.

НИКИФОРОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

NIKIFOROV SERGEY V.

ГРИГОРЬЕВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ

GRIGORYEV DMITRY M.

ИЛЬКОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

IL'KOV ANDREY V.

*НПК «Технологический центр»
124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, 1,
стр. 7, комната 7237
Тел.: +7 (499) 720-87-79*

*“Technological Centre” SMC
Room 7237, bld. 7, 1 Shokin Square,
Zelenograd, Moscow, 124498, Russia
Tel.: +7 (499) 720-87-79*

Представлены результаты разработки и исследований преобразователей акустического давления (ПАД) емкостного типа. Представлены основные технические характеристики емкостных ПАД и мембранных модулей.

Ключевые слова: акустическое давление; емкостной преобразователь; микросистема; мембрана.

The paper presents the results of development and research on capacitive type acoustic pressure transducers (APT), as well as the main principal specifications of APT capacitor and membranous modules.

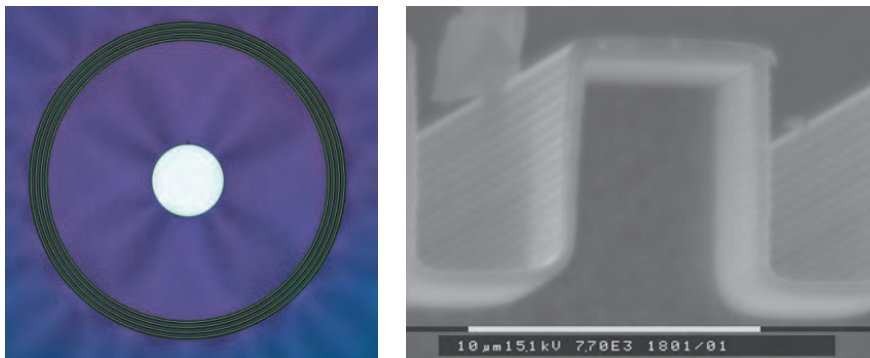
Keywords: acoustic pressure; capacitor converter; microsystem; membrane.

В последнее время ПАД являются широко востребованными микроэлектронными компонентами для ряда приборов и устройств: мобильные телефоны и смартфоны, гарнитуры связи, фото- и видеоаппаратура и др. Использование миниатюрных ПАД существенно улучшает характеристики устройств, повышает его функциональность, делает удобным в использовании. Более того, размещение нескольких ПАД в одном устройстве позволяет реализовать новые функции. На сегодняшний день уже известны модели смартфонов, в которых содержится четыре ПАД.

Наиболее широкое распространение получили ПАД, изготавливаемые с использованием МЭМС-технологий. Лидирующие позиции в сегменте миниатюрных ПАД занимают МЭМС-микрофоны, основанные на преобразовании изменения емкости под воздействием акустического давления [1]. Емкостной преобразователь акустического давления (ЕПАД) — относительно простой прибор, имеющий всего два функциональных элемента — чувствительный элемент и схему предварительного усиления. Чувствительный элемент представляет собой переменный конденсатор, одна из обкладок которого является сигнальной пластиной, другая — мембраной, чувствительной к акустическому давлению. Сигнальная пластина и мембрана разделены воздушным зазором, величина которого определяет характеристики ЕПАД. По сравнению с электретными ПАД, ЕПАД обладают рядом преимуществ: повышенным отношением сигнал/шум, низкой потребляемой мощностью, хорошей температурной стабильностью, малыми габаритными размерами.

Как правило, чувствительным элементом ПАД является мембрана, регистрирующая колебания акустического диапазона. Такая мембрана может быть изготовлена из различных материалов: полупроводников, металла, органических материалов, однако наиболее технологичными являются диэлектрические мембраны с низким уровнем механических напряжений. Для регистрации колебаний мембраны в некоторых конструкциях высокочувствительных ПАД могут использоваться интерферометрические методы, например как в интерферометре Фабри — Перо [2]. Соответственно, из-за более сложной схемы преобразования, больших массогабаритных и стоимостных параметров такие ПАД являются редкостью на рынке микрофонов.

Одной из актуальных задач настоящего времени является создание отечественных ПАД с высокими технико-экономическими показателями. Для достижения высоких технических характеристик ПАД необходимо овладеть хорошо воспроизводимой технологией формирования тонких мембран. Способы изготовления тонких мембран могут быть различными, но для серийного производства важно добиться низких механических напряжений в ее структуре. Повышенные напряжения могут приводить либо к сильной деформации мембраны (т.н. эффект буклетирования в силу разжимающих напряжений), либо к сильному натяжению (в силу преобладания сжимающих напряжений) и последующему ее разрушению при минимальных внешних воздействиях на нее. Уровень механических напряжений в структуре тонкой мембраны влияет на чувствительность к акустическому давлению (чем меньше уровень механических напряжений, тем выше чувствительность).



а

б

Рис. 1. Фотоснимки диэлектрической мембраны (а) и фрагмента мембраны в области гофр (б)

Таблица 1. Основные технические характеристики МЭМС ЕПАД

Наименование параметра	Значение параметра
Чувствительность (94 дБ, 1 кГц), мВ/Па	10
Отношение сигнал/шум, дБ	60
Диапазон рабочих частот, Гц	200–8000
КНИ, %	1

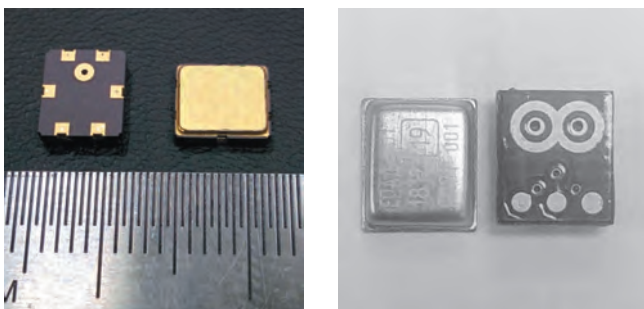


Рис. 2. Фотоснимки разработанной конструкции МЭМС ЕПАД

В НПК «Технологический центр» разработан конструктивно-технологический базис создания электроакустических преобразователей [3], послуживший основой создания первых отечественных ПАД по МЭМС-технологии, с характеристиками на уровне известных зарубежных аналогов.

На рис. 1 представлены фотоснимки мембраны и ее фрагмента в области гофр, изготовленных с использованием процессов кремниевой интегральной технологии. Толщина мембраны не превышает 1 мкм, при этом ее площадь может варьироваться от 1 мм² до 10 мм². Низкий уровень механических напряжений в слоях мембраны и локальное гофрирование позволяют обеспечивать микромеханическую чувствительность по линейному перемещению не менее 100 нм/Па, в диапазоне частот от 0 до 15 000 Гц.

На рис. 2 представлены фотоснимки разработанных конструкций ЕПАД с одним акустическим входом и с двумя. Основные технические характеристики разработанных МЭМС ЕПАД представлены в табл. 1.

Авторы считают, что в данной работе новым является ряд конструктивных решений ПАД, полученных с использованием созданного конструктивно-технологического базиса электроакустических преобразователей, позволяющий проводить разработки новых микроэлектронных компонентов для контроля акустического и гидроакустического давления. Практические результаты, полученные в НПК «Технологический центр», позволяют сделать вывод о хорошем уровне созданного конструктивно-технологического базиса и подготовки опытного производства для разработки и выпуска отечественных акустических компонентов.

Представленные в данной работе результаты получены в том числе с использованием оборудования центра коллективного пользования «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр».

ЛИТЕРАТУРА

1. Product data sheet SPQ1410HR5H-B Slim Ultra SiSonic™ Microphone [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.knowles.com/index.php/eng/content/download/3910/49565/version/8/file/SPQ1410HR5H-B+RevB.PDF> — свободный. — Яз. англ. (дата обращения: 07.08.2018).
2. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник. — М.: Техносфера, 2005. — С. 400–40.
3. Амеличев В. В., Ильков А. В. Конструктивно-технологический базис создания электроакустических преобразователей. — М.: ТЕХНОСФЕРА, 2012. — 104 с.