

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕЗОНАНСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДАВЛЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Д.А. Кудрявцева

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Б.В. Цыпин

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт физических измерений»,

Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10, 440000

E-mail: dashuliy2308@yandex.ru

В настоящее время виброчастотные датчики давления на основе микромеханических резонансных преобразователей, довольно редкое явление в области промышленных измерений, а особенно измерений в области ракетно-космической техники. Среди довольно широкой номенклатуры, серийно изготавливаемых приборов измерения давления, данный вид датчиков представлен всего лишь двумя сериями датчиков RPS/DPS 8000 фирмы Druck (США) и EJA/EJX фирмы Yokogawa (Япония). Упоминание о других подобных серийных продуктах в открытых источниках не найдено, хотя имеется целый ряд публикаций в научных статьях и патентах, о лабораторных исследованиях резонансно-частотных упругих элементов, резонаторов и струн на основе кремниевых микромеханических технологий, а также о перспективах их применения в измерительной технике [1], что свидетельствует о возрастающем интересе к этому направлению измерительных МЭМС преобразователей. Сведения о положительных результатах подобных исследований в России отсутствуют. Традиционные конструкции резонансных преобразователей давления используют в качестве резонатора стальную струну, что в полной мере не удовлетворяет постоянно возрастающим требованиям к современным средствам измерения с точки зрения метрологических и эксплуатационных характеристик. Технологии изготовления металлических струн характеризуются погрешностями формы струны и размерам сечения по толщине [3-5]. В связи с этим данные погрешности вызывают снижение добротности резонансного преобразователя давления.

Предлагается рассмотреть конструкцию резонансного интегрального преобразователя давления, представляющего собой кремниевую монокристаллическую опорную рамку со струной (Рис. 1).

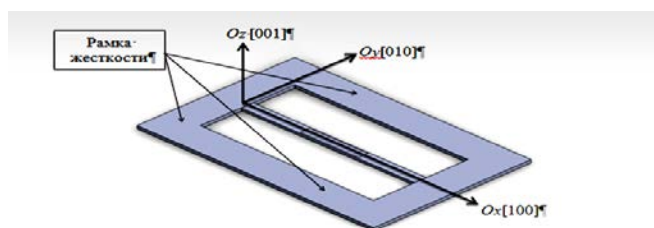


Рис. 1. Конструкция интегрального преобразователя давления

Применение в качестве материала струны монокристаллического кремния и использование интегральной МЭМС - технологии изготовления помогает снизить дополнительную температурную погрешность, а монокристаллическая конструкция, в свою очередь, обеспечивает высокую точность и воспроизводимость геометрических параметров резонансного преобразователя давления и, как следствие, высокую воспроизводимость метрологических характеристик. Одним из наиболее существенных внешних влияющих факторов при работе резонансных измерительных преобразователей традиционной конструкции является повышенная температура, вызывающая изменение геометрических размеров и силы натяжения струны, что приводит к появлению дополнительной погрешности выходного сигнала. Проведенная сравнительная оценка дополнительной температурной

погрешности [2] резонансного преобразователя давления с использованием струны из сплавов 36НХТЮ, 37НВКТЮ, 70НХБМЮ, 29Н26КХТБЮ, 36НКВХБТЮ (ВУС-22) и предложенной монолитной конструкции с кремниевой струной представлена на рисунке 2. Дополнительная погрешность для стальной струны из сплава 36НХТЮ, используемой в температурном диапазоне $0 \div 300$ °С составляет $0,0023$ %/°С, а для кремниевой струны в том же температурном диапазоне $0,0006$ %/°С (Рис.2).

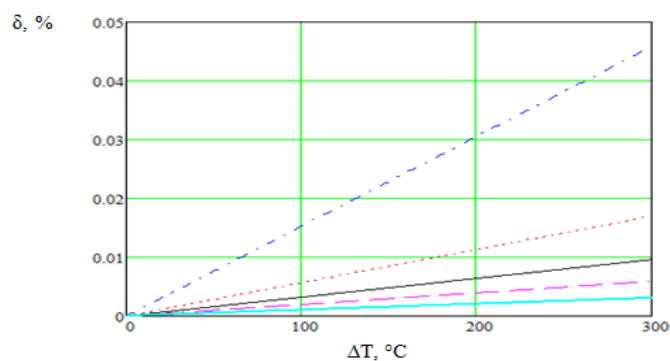


Рис. 2. График дополнительной температурной погрешности для прецизионных сплавов:
1 - 37НВКТЮ; 2 - 70НХБМЮ; 3 - 29Н26КХТБЮ; 4 - 36НКВХБТЮ (ВУС-22); 5 – Si.

Применение МЭМС - технологии в сочетании с интегральной монолитной конструкцией с использованием в качестве материала струны кремния позволяет существенно снизить дополнительную температурную погрешность по сравнению с традиционно применяемой конструкцией, содержащей струну из металлических (прецизионных) сплавов. Проведено исследование влияния конструктивных размеров на характеристики чувствительного элемента кремниевого резонансного преобразователя давления. Задачей дальнейшего исследования является определение добротности и чувствительности резонансного преобразователя давления информационно-измерительных систем ракетно-космической техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П. Сопrotивления материалов. - М.: Наука, 1979 г.-135С.
2. Кудрявцева Д.А., Цыпин Б.В. Исследование влияния температуры на выходной сигнал кремниевого резонансного преобразователя давления // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль.- 2016 - № 3 (17). - С.42-51.
3. Милохин Н.Т. Частотные датчики систем автоконтроля и управления// Библиотека по автоматике. - 2013 - № 310. - С.131-138.
4. Карцев Е.А. Датчики неэлектрических величин на основе унифицированного микромеханического резонатора // Приборы и системы управления. - 1966 - № 4 - С.136-141.
5. Кучумов Е.В., Баринoв И.Н., Волков В.С. Струнный автогенераторный измерительный преобразователь на основе пьезоструктуры // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2014. - № 2 (8). - С.58- 65.