РАЗДЕЛ VII. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Атакищев О.И., Терешонок М.В., Атакищева И.В., Николаев А.В.
Основные области использования MEMS при создании космических систем и их элементов

МИРЭА - Российский технологический университет
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-06-2020-46

idsp: ljournal-06-2020-46

Аннотация

В статье рассмотрены и выделены основные области использования микроэлектромеханических систем (MEMS) при создании современных и перспективных космических систем и их элементов. Сделаны выводы о перспективности использования MEMS при решении задач снижения массогабаритных характеристик, интеграции функций, выполняемых перспективными космическими системами

Ключевые слова: космические системы, малые космические аппараты, микроэлектромеханические системы, MEMS

Abstract

The article discusses and highlights the main areas of use of microelectromechanical systems (MEMS) in the creation of modern and promising space systems and their elements. Conclusions are made about the prospects of using the MEMS in solving problems of reducing mass and size characteristics, integrating functions performed by promising space systems

Keywords: space systems, small spacecraft, microelectromechanical systems, MEMS

Современный этап развития космических систем различного назначения характеризуется использованием все более совершенных микроэлектромеханических систем (MEMS) [1-6].

Применение подобных устройств позволяет существенно уменьшить массогабаритные характеристики используемых технических средств, повысить уровни интеграции и унификации космических средств и систем.

В данной статье выделены наиболее предпочтительные области применения MEMS в космических системах проведен обобщенный анализ характеристик ряда классов устройств космического назначения, создаваемых в последние годы на их основе. Это позволяет провести предварительный выбор наиболее перспективных направлений применения MEMS при решении задач снижения массо- габаритных характеристик как отдельных элементов космической техники, так и законченных систем космического назначения.

В частности, проведенный анализ показал, что в настоящее время при создании космических систем и их элементов наиболее перспективно использование следующих классов устройств на основе MEMS:

- акселерометры, датчики скорости и вибраций;
- гироскопы;
- датчики давления;
- температурные сенсоры;
- сенсоры влажности;
- электросенсоры

- химические сенсоры и сенсоры газовых сред;
- датчики оптических и рентгеновских излучений;
- датчики ориентации, в т.ч. звездные датчики;
- микродвигатели ориентации;
- устройства позиционирования и навигации;
- устройства и компоненты радио и оптической связи, включая радио и оптические коммутаторы, СВЧ компоненты и т.п.;
- микроантенны, фазированные антенные решетки и системы их наведения (управления лучами);
- элементы оптических систем и устройств их наведения и юстировки;
- устройства дефектоскопии и контроля параметров конструкций КА и РН;
- системы адаптивной оптики и оптические переключатели;
- дисплеи;
- актуаторы;
- микродвигатели;
- универсальные вычислительные системы и реконфигурируемые структуры (ППЛИС) различных классов с MEMS периферией и интерфейсами;
- системы управления электропитанием;
- устройства и системы сбора и обработки мониторинговой информации на базе MEMS в радиационно- стойком исполнении;
- космические манипуляторы;
- космические роботы и роботизированные комплексы (экзоскелеты, системы дистанционного обследования КА и МКС).

В перспективе, при интеграции функций, отдельные MEMS могут реализовать основные обеспечивающие функции нано и пикоспутников, реализуя в одном корпусе как периферийные устройства, устройства связи, так и мощные каналы обработки информации [1-6].

Разработку, производство и поставку космической отрасли отдельных компонент и законченных устройств и систем осуществляют такие ведущие зарубежные корпорации, агентства и лаборатории как Boeing, Raytheon, SpaceX, IBM, NASA Labs, DARPA MEMS Labs, UCLA MEMS Labs, Stanford University Labs, TRW, BF Goodrich, Rockwell, Standard Microsystems Corporation (SMC), Motorola, Delco, Honeywell, Allied Signals, Analog Devices, Integrated Sensing Systems (ISSYS), Hewlett Packard, Caliper Technologies, Seagate Technology, Texas Instruments и др.

Ряд других классов созданных устройств на базе MEMS проходит этапы внедрения и тестирования с целью определения возможности их использования в космической отрасли.

В РТУ МИРЭА разработку и использование MEMS в интересах космической отрасли РФ проводят ведущие научно-инжиниринговые центры и лаборатории.

Рассмотрим характеристики и особенности использования MEMS устройств в космических разработках на примере акселерометров и их характеристик.

Акселерометры измеряют пять основных параметров: перемещение объекта, его положение, наклон, вибрацию и удар. Среди коммерчески успешных датчиков выделяются пьезоэлектрические, пьезорезистивные и емкостные акселерометры. Кроме того, разработаны тепловые акселерометры (МЭМСic), из лабораторий выходят туннельные, микрооптические и микрожидкостные датчики ускорения. Выбор акселерометра прежде всего зависит от области его применения в космических приборах и устройствах, при этом приоритетными критериями выбора являются

регистрируемый параметр (ускорение, движение или вибрация), диапазон его значений, статические или динамические условия работы.

В число основных применений акселерометров входят системы:

- детектирования движения, т.е. измерения ускорения,
- вычисления скорости и перемещения объекта методом интегрирования;
- измерения вибрации (высокочастотной или низкочастотной);
- регистрации ударов;
- определения наклона/гравитации (инклинометры);
- измерения указанных параметров при высоких и низких температурах, в условиях радиационного воздействия;
- многоканальные сенсорные системы.

В большинстве случаев для космических систем требуются схемы MEMS повышенной надежности, удовлетворяющие самым жестким требованиям. В частности, акселерометры, предназначенные для космической электронной техники, должны иметь следующие характеристики:

- диапазон рабочей температуры $-55...125^{\circ}\text{C}$;
- повышенную вибростойкость;
- повышенную герметичность корпусов, защиту от воздействия внешней среды;
- высокую надежность, срок службы 7–15 лет;
- низкий уровень отказов;
- высокую долговременную стабильность;
- контролируемые жаростойкость и газовыделение.

Аналогичные достаточно жесткие требования предъявляются и к другим устройствам на основе MEMS.

Для обеспечения максимального соответствия требованиям различных отраслей промышленности в последние годы разрабатываются стандарты MEMS. Над созданием таких стандартов, в том числе и для космического применения работают специалисты Международной ассоциации производителей полупроводникового оборудования и материалов (SEMI), Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), Объединенного совета по электронным устройствам Ассоциации электронной промышленности (JEDEC), аэрокосмических агентств РФ и других ведущих стран мира и другие.

Стандартизации подлежат методы корпусирования, тестовые методы, квалификационные планы, требования к кабелям, переходникам, соединителям для всех MEMS-устройств. Особое внимание уделяется методам тестирования корпусированных устройств. В перспективе необходима квалификация устройств, используемых для производства MEMS-систем, помимо общепринятых стандартов (ISO9001:2000, RoHS), стандартизация производственных процессов, методов тестирования, испытаний.

Все это означает, что многие рынки изделий космической и смежных отраслей (например- авиационной) промышленности смогут оптимально использовать достоинства MEMS-технологий, в том числе и при эксплуатации компонентов в жестких условиях космического пространства. Но от производителя элементов космических систем на основе MEMS это потребует более глубокой проработки вопросов производства изделий требуемого качества для космического применения.

В первую очередь, успешность реализации данных решений в космической отрасли определяется решением большого числа научных и технологических вопросов создания устройств на основе MEMS.

В целом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о перспективности применения MEMS в разрабатываемых космических системах различного назначения.

В то же время требуется проведение еще достаточно большого спектра исследований для создания космических систем на основе MEMS, отвечающих перспективным требованиям по точности, надежности, радиационной стойкости, электромагнитной совместимости и другим параметрам.

Данная статья выполнена в рамках СЧ НИР «Технология-СГ-3.2.6.1» по договору от 09.04.2018 г.

1. Данилин Н.С., Дмитров Д.М., Сабиров И.Х. Инновационные космические микросистемы в космосе / М., изд. Дом «Спектр». 2011. 72 стр.
2. Brij Agrawal, Joel Kubby, "Applications of MEMS in segmented mirror space telescopes", Proc. SPIE 7931, MEMS Adaptive Optics V, 793102 (11 February 2011).
3. Conor O'Mahony [etc.] "Reliability assessment of MEMS switches for space applications: laboratory and launch testing, Journal of Micromechanics and Microengineering, Volume 24, Number 12, November 2014.
4. D. Uttamchandani "Handbook of Mems for Wireless and Mobile Applications 1st Edition, Woodhead Publishing", 2013. ISBN: 9780857092717.
5. Dr. Philippe Robert. Micro and Nanoelectromechanical Systems: A New Approach for Low Cost 6D Inertial Sensor. – www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2742.
6. E. Gill, J. Guo, "MEMS technology for miniaturized space systems: needs, status, and perspectives", Proc. SPIE 8250, Reliability, Packaging, Testing, and Characterization of MEMS/MOEMS and Nanodevices XI, 82500I (15 February 2012).

Атакищев О.И., Терешонок М.В., Атакищева И.В., Николаев А.В.
Особенности использования MEMS при создании бортового исполнительного механизма системы наведения с интеграцией функций сбора и обработки информации

*МИРЭА - Российский технологический университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-06-2020-47

idsp: ljournal-06-2020-47

Аннотация

The article discusses and highlights the main features of using microelectromechanical systems (MEMES) when creating an on-Board Executive mechanism of the guidance system with the integration of information collection and processing functions. The features of two sequentially implemented options for creating such an Executive mechanism based on multi - and single-body MEMS are considered.

Ключевые слова: космические системы, малые космические аппараты, микроэлектромеханические системы, MEMS

Keywords: space systems, small spacecraft, microelectromechanical systems, MEMS

В настоящее время при создании малых космических аппаратов одним из перспективных направлений является использование микроэлектромеханических систем (MEMS) [1-4]. В частности, применительно к решению проблемы создания исполнительного механизма системы наведения бортовой оптико-электронной и радиолокационной аппаратуры для перспективных малых КА (МКА) с интеграцией функций сбора и обработки информации применение MEMS должно позволить:

- интегрировать в рамках единой MEMS подсистемы микроэлектромеханических датчиков положения, акселерометров, подсистемы сбора и предварительной комплексной обработки информации от обеспечивающих систем МКА, подсистему решения