

mer and winter venues). It is equipped with sound, light and video equipment with an autonomous power source.

Keywords: investment project, evaluation of the effectiveness of the investment project, mobile cultural center.

УДК 623.4

ПРИБОРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

А.И. Звижинский, Е.А. Чекмарев, В.Н. Каледа*

*Филиал Военной академии материально-технического обеспечения,
*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассматривается функциональная схема и области применения микроэлектромеханических систем. Подчеркиваются достоинства МЭМС-устройств. Предлагаются некоторые новые подходы в связи со сложностью изготовления наноразмерных механических структур.

Ключевые слова: микроэлектромеханические системы, датчики, микроэлектроника, акселерометр, гироскоп.

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) – это системы, включающие в себя взаимосвязанные механические и электрические компоненты микронных размеров. Они получают посредством соединения процессов производства интегральных схем и процессов микрообработки (micromachining).

МЭМС-датчики нашли применение в таких областях, как управление движением объектов (автомобили, авиация, ракеты), в системах навигации, в машиностроении и измерительной технике, в геолого-разведочной аппаратуре, робототехнике. В процессе расширения областей применения микромеханических датчиков возникали проблемы с их использованием. Это было связано с тем, что при работе в реальных условиях характеристики датчиков существенно изменялись. Однако, современные МЭМС, как правило, имеют интегрированную электронику обработки сигнала и не имеют движущихся частей. За счёт этого и обеспечивается их высокая надёжность и способность обеспечивать стабильные показания в жёстких условиях окружающей среды (перепады температур, удары, влажность, вибрация, электромагнитные и высокочастотные помехи).

МЭМС состоят из механических элементов, датчиков, электроники, приводов и устройств микроэлектроники, расположенных на общей кремниевой подложке. К МЭМС относят системы, размеры которых лежат в пределах от долей микрометра до одного миллиметра. Важно, что существует совместимость технологии микросистемной техники с технологией микроэлектроники. Для изготовления МЭМС применяются те же технологии, что и для изготовления традиционных интегральных микросхем, дополняя последние механическими элементами, такими как микробалки, шестерни, диафрагмы, пружины. Несмотря на то, что изначально основным материалом для изготовления МЭМС был кремний, со временем стали использоваться другие полупроводниковые материалы, ферроэлектрики, керамики и полимерные материалы.

На основе МЭМС технологий было сделано большое количество устройств, таких как сопла струйного принтера, акселерометры, магнетометры, гироскопы, микромоторы и микрозахваты, аттенюаторы, микрозеркала, устройства для лаборатории-на-чипе (lab-on-chip), датчики давления и расходомеры [1].

Данные устройства имеют механические подсистемы, которые либо преобразуют воздействие внешних сил в электрические сигналы (акселерометры, гироскопы, магнетометры, датчики давления или расходомеры), либо сами движутся под действием электрических сигналов (микродвигатели, микрозахваты, микрозеркала).

Комбинируя механические, оптические, электрохимические и электрические подсистемы, можно создавать сложные микросистемные устройства в едином корпусе, позволяя тем самым добиться дополнительной миниатюризации и понизить затраты на производство. Технология МЭМС-устройств акцентирует свое внимание не только на изготовлении конкретного устройства, но и на применении новой стратегии интеграции различных классов приборов в одном модуле [1].

К числу достоинств МЭМС-устройств относятся: малые размеры, масса, объём; низкое энергопотребление; относительно низкая стоимость; простота интеграции в системы; малая тепловая инерционность; устойчивость к вибрации, ударам и радиации; возможность изготовления большого количества (партий); хорошая переносимость теплового расширения.

МЭМС находят применение в различных областях техники, особенно в таких как автомобильные, авиационные и персональные навигационные устройства; системы мониторинга состояния здоровья и жизнеобеспечения людей. Одним из магистральных направлений

применения МЭМС является создание роботизированных систем. Классическим примером таковых являются беспилотные наземные и воздушные транспортные средства.

В автомобильной промышленности МЭМС позволяют реализовать различные опции, обеспечивающие роботизированное движение. Первое – создание умных помощников водителя, которые могут затормозить автомобиль в случае опасности и осуществляют адаптивный круиз-контроль. Второе направление – создание машин с дистанционным управлением. Третье позволяет машине работать в режиме автопилота, когда водитель имеет необходимость отвлечься на некоторое время от управления грузовым автомобилем. На рисунке 1 приведена схема реализации беспилотного автомобиля с использованием МЭМС на примере российского КАМАЗа. Пространственное позиционирование автомобиля осуществляется с использованием GPS-ГЛОНАСС систем связи. В результате серийный КАМАЗ-5350 получил радары, лидар (то есть активный оптический сенсор, который испускает лазерные лучи в сторону цели во время движения транспорта), а также видеокамеры, системы связи и бортовые компьютеры. КАМАЗ оснащён 4 видеокамерами, по разным сторонам (две камеры спереди и две сзади). Кроме того, установлено 3 радара. А роль лазерного сенсора выполняет уникальный радар.



Рисунок 1 – Элементы МЭМС в реализации беспилотного КАМАЗа

Для легковых автомобилей эти системы уже реализованы в различных странах. Используются акселерометры для обеспечения большего количества компонентов пассивной безопасности автомо-

бия, в том числе развёртывания подушки безопасности при столкновении; гироскопы для обнаружения отклонения от курса; инерционные стоп-сигналы; система автоматического выравнивания фар; активная система защиты при опрокидывании; автоматические дверные замки; активная подвеска.

Активно развивается применение МЭМС в оборонной промышленности при конструировании и изготовлении военной техники нового поколения. Особое направление – солдат «будущего» (рисунок 2).



Рисунок 2 – МЭМС в экипировке солдата «будущего»

При экипировке солдата используются системы позиционирования и навигации; сенсоры, позволяющие принимать и анализировать окружающую обстановку; системы обмена данными в режиме реального времени с командными пунктами, силами поддержки (танки, вертолеты); системы жизнеобеспечения, в том числе в критических ситуациях (экзоскелеты, инъекции лекарств).

Логичным развитием МЭМС-технологий стали наноэлектромеханические системы (НЭМС), представляя собой пример дальнейшей миниатюризации электроники [2]. Изготовление НЭМС предполагает ряд новых подходов в связи со сложностью изготовления наноразмерных механических структур.

Список использованных источников.

1. Расчёт надёжности упругих элементов микромеханических гироскопов: учебное пособие, [Электронный ресурс] – URL: <http://window.edu.ru/resource/673/78673/files/itmo908.pdf#1>
2. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы. - М.: Машиностроение, 2007. – 397 с.

INSTRUMENTAL IMPLEMENTATION AND APPLICATION OF MICROELECTROMECHANICAL SENSORS

A. I. Zvizhinsky, E. A. Chekmarev, V. N. Kaleda*

*Branch of the Military Academy of Material and Technical Support,
*FSBEI HE "Penza State University",
Penza, Russia*

The article deals with the functional scheme and applications of microelectromechanical systems. The advantages of MEMS devices are emphasized. Some new approaches are proposed due to the complexity of manufacturing nanosized mechanical structures.

Key words: microelectromechanical systems, sensors, microelectronics, accelerometer, gyroscope.

УДК 629.01

ВЛИЯНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ НА ЕГО МОЩНОСТЬ

В.Н. Каледа¹, А.И.Звижинский², И.А. Каледа³

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
²Филиал Военной академии материально-технического обеспечения,
³Пензенский казачий институт технологий (филиал)
ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»,
г. Пенза, Россия

В статье рассматриваются основные оценочные показатели гидравлических усилителей руля автомобилей.

Ключевые слова: легковой автомобиль, сила аэродинамического сопротивления, коэффициент аэродинамического сопротивления, мощность двигателя, необходимая для преодоления аэродинамического сопротивления, показатель эффективности, показатель реактивного действия, нагрузочный коэффициент.