

Министерство промышленности и торговли РФ
Государственная корпорация «Ростех»
АФК «Система»
Фонд «Сколково»
АО «НИИМЭ»
АО «НИИМА «Прогресс»
НИУ «МИЭТ»

Генеральный информационный партнер –
АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»

Международный форум «Микроэлектроника-2019»
5-я Международная научная конференция
«Электронная компонентная база и микроэлектронные модули».

Сборник тезисов

Республика Крым,
г. Алушта, 30 сентября – 05 октября 2019 г.

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2019

УДК 621.3.01/.09
ББК 38.843
М43

Международный форум «Микроэлектроника-2019»
5-я Международная научная конференция
«Электронная компонентная база и микроэлектронные модули».
Сборник тезисов
Республика Крым, г. Алушта, 30 сентября – 05 октября 2019 г.
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 592 с.

В выпуск включены тезисы докладов конференции, освещающие актуальные вопросы разработки, производства и применения электронной компонентной базы и электронных модулей.

Из года в год «Микроэлектроника» привлекает все большее число участников, их география расширяется новыми российскими регионами и зарубежными странами. За пять лет работы форума в нем приняло участие 2044 делегата. С момента создания мероприятия прозвучало 963 доклада, участниками события стали 859 компаний.

Оргкомитет форума выражает благодарность Николаю Сергеевичу Савищеву и Дарье Александровне Шевелевой за большую помощь в подготовке к изданию сборника тезисов.

© 2019, Компания «ПрофКонференции»
© 2019, АО «НИИМА «Прогресс»
© 2019, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
© 2019, АО «НИИМЭ»
© 2019, АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

Рисунки воспроизводятся в том виде, в котором предоставлены авторами.

Для проверки надежности изготовленной конструкции платы на обе поверхности методом пайки были установлены шариковые выволы необходимого размера. Проверка проводилась на установке Nordson Dage 4000 методом сдвига шариковых выволлов аналогично использованному в работе [3]. В результате исследования показано, что на поверхности А шариковые выволлы выдерживали прикладываемое усилие не хуже 0,3 кГ без отрыва и деформации площадки и керамики под ней. Превышение этого усилия приводило к срезанию тела шарикового выволла без деформации площадки. На поверхности В шариковые выволлы выдерживали прикладываемое усилие 1,18 кГ без отрыва и деформации площадки и керамики под ней. Превышение этого усилия приводило к срезанию тела шарикового выволла без деформации площадки (~10%) и отрыву площадок от керамики. Полученные значения усилий отрыва установленных шариковых выволлов от контактных площадок платы оказались выше, чем полученные авторами работы [3].

Примером перспективного конструктивного решения, объединяющего возможность минимизации соединений, отвода тепла и надежной герметизации в СвК, может быть конструкция, изображенная на рис. 7.

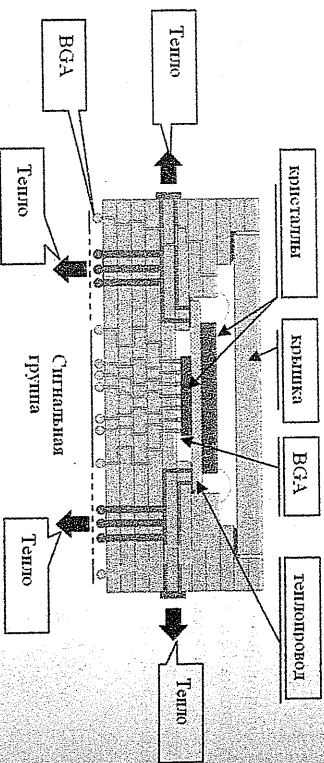


Рис. 7. Конструкция перепроjektивной СВК

Авторы считают, что новизна данной работы заключается в практическом применении принципов объемного проектирования и использования свойств многослойной керамики низкотемпературного обжигта при создании модулей системы в корпусе как единого конструктивнообразующего объекта.

Литература

1. Немуров В., Борисов К., Завалин Ю., Корнеев И., Малашев И., Шиллер В. Системы на кристалле и системы в корпусе новые возможности для военной техники // Электроника. Наука, технология, бизнес, 2014. — № 1 — С. 144–150.
2. Мейлишев В. 4,5 месяца от идеи микромодуля до готового образца // Электроника: Наука, технология, бизнес, 2019. — № 5 — С. 114–118.
3. Owens M. M., Thomas Martin, Joseph Soucy, Briff Kevin A. Material Issues of Low Temperature Co-fired Ceramic (LTCC) Fine Pitch Chip Scale Package (CSP) Designs // MRS Online Proceeding Library Archive 783 · January 2011. https://www.researchgate.net/publication/269917831_Material_Issues_of_Low_Temperature_Co-fired_Ceramic_LTCC_Fine_Pitch_Chip_Scale_Package_CSP_Designs.

УДК 629.052.7, ВБК 32.856

Разработка и исследование микромеханического акселерометра

Тимошенко А. С.¹, Ангутин С. А.², Кочурин Е. С.², Мусаткин А. С.¹, Головинский М. С.¹, Калугин В. В., Пузиков В. В.², Тимошенко С. П.¹
¹ Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»
 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадка Шокина, 1
 sp111@mail.ru, viktor118@mail.ru, musatkin.a@hotmail.com, tashin112010@mail.ru
² ООО «Лабортория Микронприборов»
 124527, г. Москва, г. Зеленоград, Солнечная аллея, 6, пом. XV, эт. 3, ком. 43
 a@mp-lab.ru, ster305@mail.ru, ekozhigina@mp-lab.ru, ur@mp-lab.ru

Ключевые слова: микромеханический акселерометр, чувствительный элемент, преобразователь емкости-код, автоматизированный стенд, результаты экспериментальных исследований.

Задачи, связанные с измерением кажущегося ускорения, а также вычисление скорости и определение положения объекта в пространстве являются актуальными в современном мире. Во многих отраслях — от потребительской электроники до авиации и военного дела — необходим контроль этих характеристик. Для решения данных задач используются микромеханические акселерометры, которые имеют конкурентное преимущество: малые габариты и массу, невысокую стоимость при серийном производстве.

В ООО «Лабортория Микронприборов» совместно с Институтом НМСТ МИЭТ разработаны и изготовлены микромеханические акселерометры (ММА) серий 202МСУ1Д-1Ц и 203МСУ1Д-1Ц (рис. 1). ММА серии 203МСУ1Д-1Ц отличается от 202МСУ1Д-1Ц наличием 32-разрядного микроконтроллера, который позволяет реализовать температурную компенсацию.

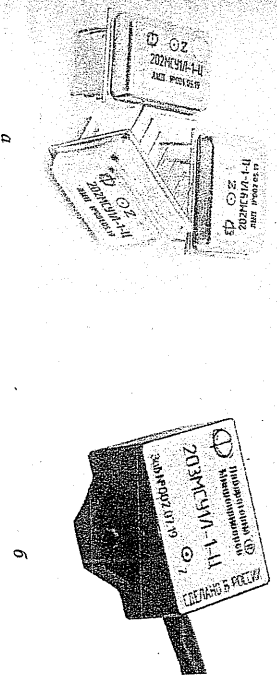


Рис. 1. Микромеханический акселерометр: а) серия 202МСУ1Д-1Ц; б) серия 203МСУ1Д-1Ц

Одноосный микромеханический акселерометр состоит из чувствительного элемента (ЧЭ) и платы преобразователя емкости-код, расположенных в герметичном

корпус. Кремниевый ЧЭ маятникового типа состоит из подвижной части (1), закрепленной на стеклянной подложке (2) с помощью анодного сплавления (рис. 2).
 Подвижная часть подвешена к основанию при помощи упругого подвеса (3), расположенного на кручении, центр масс подвижной части смещен относительно оси подвеса. При действии кажущегося ускорения возникающий момент приводит к деформации упругого подвеса. При этом изменяются значения емкостей, образованных электродами на стекле и поверхности кремния. В ММА 202МСУ11-1Ц и 203МСУ11-1Ц разность емкостей преобразуется в выходной сигнал при помощи преобразователя емкости-код, который построен с использованием сигма-дельта-модулятора [1, 2].

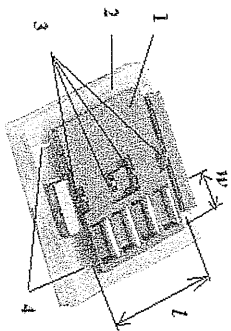


Рис. 2. Чувствительный элемент микромеханического акселерометра: 1 — подвижная часть, 2 — стеклянная подложка (неподвижное основание), 3 — упругий подвес, 4 — электрода контактных площадок

Модель выходного сигнала микромеханического акселерометра имеет вид

$$D = K \cdot (a + a_0) + \delta, \quad (1)$$

где a — проекция линейного (кажущегося) ускорения на измерительную ось микромеханического акселерометра, K — масштабный коэффициент. Масштабный коэффициент и смещение нуля (a_0) зависят от температуры окружающей среды T : $K = K(T)$, $a_0 = a_0(T)$.

Выходной сигнал ММА нелинейно зависит от измеряемого ускорения. Коэффициент кубической нелинейности имеет вид

$$\delta = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega \cdot l^4 \cdot (m \cdot D)^3 / 2 \cdot \omega_0^6 \cdot I_0^3 \cdot J^3. \quad (2)$$

Здесь ω_0 — резонансная частота подвижной части чувствительного элемента, ε — коэффициент демпфирования среды заполнения, m — масса подвижной части ЧЭ, l — расстояние от оси упругого подвеса до центра масс подвижной части ЧЭ, J — момент инерции подвижной части ЧЭ вокруг оси подвеса, $\varepsilon = 1$ — диэлектрическая проницаемость среды заполнения чувствительного элемента, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — диэлектрическая проницаемость вакуума, I_0 — номинальный зазор (в положении равновесия), ω — ширина электрода системы съема сигнала чувствительного элемента, l — длина электрода системы съема сигнала чувствительного элемента.

Для определения параметров ММА был собран автоматизированный стенд и разработано программное обеспечение (ПО). Функциональная схема автоматизированного стенда приведена на рис. 3.

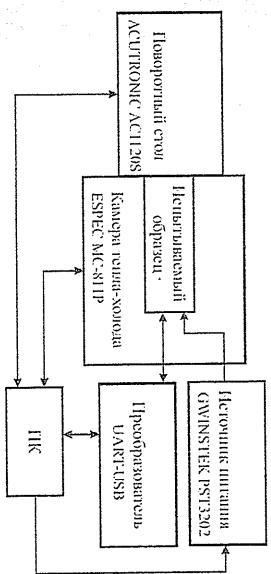


Рис. 3. Структурная схема разработанного автоматизированного стенда

Поворотный стол с установленным испытываемым образцом расположен в камере тела холода. Ось поворотного стола расположена горизонтально. Это позволяет определить характеристики ММА методом наклона в поле силы тяжести Земли. Стенд позволяет определить основные параметры ММА: масштабный коэффициент, смещение нуля, нелинейность и отклонение измерительной оси. Кроме того, эти параметры могут быть определены в диапазоне рабочих температур. Разработанное программное обеспечение позволяет визуализировать и обрабатывать выходной сигнал (рис. 4).

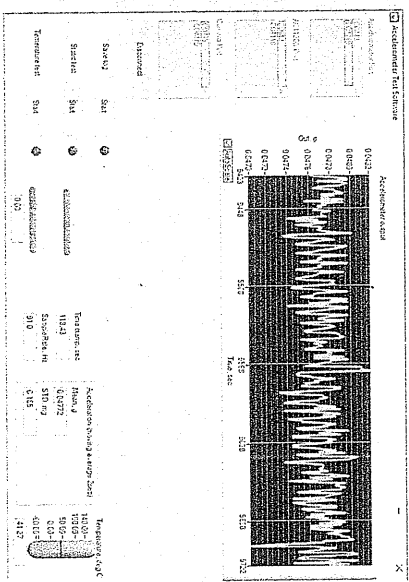


Рис. 4. Интерфейс программного обеспечения автоматизированного стенда

В ПО реализовано управление поворотным столом и камерой тела холода для обеспечения автоматического процесса проведения испытаний.

Литература

1. Брытя М. Преобразование емкости в цифровой код на основе сигма-дельта модулятора // Компоненты и технологии. 2006. URL: http://www.comptech.ru/html/cgi/ahiv/06_01/stat_sdc.htm (дата обращения: 06.08.2019).
2. Шахнович И. Сигма-дельта-АЦП // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2006. — № 4. — С. 18–22.