

ния выбрана конструкция СВЧ микропереключателя, выполненная по планарной технологии на основе микрополосковой линии на подложке из поликора (Al_2O_3), с использованием золота в качестве материала как исполнительного механизма, так и проводящего слоя.

В ходе работы исследуется попарное взаимодействие электростатической и механической силы друг на друга в процессе работы микропереключателя. Исследовано влияние изменения геометрии исполнительного механизма на силы электростатического взаимодействия. Определена величина минимального напряжения в 50 В, обеспечивающая стабильную работоспособность изделия.

Особое внимание уделяется моделированию воздействия одиночных ударов и вибрации на исполнительный механизм МЭМС устройства. Проведено исследование зависимости изменения резонансной частоты от геометрии исполнительного механизма. Сравнение расчетных результатов величины напряжения срабатывания и данных, полученных в ходе эксперимента, показывают расхождение не более 15%, а результатами моделирования внешнего механического воздействия - не более 10%. Приведены результаты по описанию полученных функциональных зависимостей для первой изгибной моды.

Моделирование позволило на начальном этапе получить результаты по испытаниям на предельные и разрушающие нагрузки, сыграв при этом важную роль в выборе оптимального варианта конструкции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТЮАТОРА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОРЕЛЕ ГРЕБЕНЧАТОГО ТИПА

М.И. Бичурин, Г.А. Семенов,

А.В. Конькин

Интегральные микрозеркала с электростатической активацией находят широкое применение в миниатюрных робототехнических системах (в качестве оптических ключей) и системах анализа и обработки изображений (для отклонения лазерного луча или светового потока). Стремление учесть форму и условия работы конструкции, а также реальные особенности деформирования материала потребовало дальнейшего совершенствования численных методов. Метод конечных элементов, лежащий в основе программного комплекса ANSYS, наиболее удачно подходит для решения таких задач. В процессе исследования ставилась задача обеспечения хода гребенчатой структуры на 180 мкм.

Одной из трудностей аналитического расчета является учет анизотропных свойств материалов. При помощи моделирования в программе Ansys появилась возможность учесть анизотропные свойства кремния (Si). Для этого был проведен эксперимент по определению значения модуля Юнга при различных направлениях среза.

В ходе работы была решена задача по расчету кантилеверов сложной формы, имеющих конфигурацию отличную от прямоугольной гофры. Было рассмотрено несколько вариантов и принято решение по использованию скруглений на гофрах для увеличения значения хода гребенчатой части при номинальном значении напряжения.

В результате работы была спроектирована конструкция гребенчатого актюатора, обеспечивающая ход ш-образной части на величину 180 мкм при напряжении срабатывания 100 В.

Расхождение результатов моделирования величин хода и напряжения срабатывания с расчетными данными составило не более 15%.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМЫ

Технические науки

ПРИМЕНЕНИЕ МЭМС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СВЧ МИКРОРЕЛЕ

**М.И. Бичурин, Г.А. Семенов,
И.А. Афиногенов, А.В. Конькин**

В работе проведено исследование и разработано микрореле на основе МЭМС технологий. Рассмотрен ряд конструкторско-технологических решений при создании радиочастотных компонентов.

В результате поиска инженерно-технических решений по созданию высокочастотного микрореле были отобраны основные конструкции таких изделий и проведен анализ механических свойств. Были смоделированы высокочастотные характеристики различных конструкций (передаточные характеристики, изоляция во СВЧ сигналу и т.д.). В ходе экспериментальных исследований разработано широкополосное микрореле СВЧ диапазона: диапазон коммутируемых частот – от 0 до 6 ГГц; напряжение срабатывания - 60В; затухание (контакты замкнуты) < 1 дБ; затухание (контакты разомкнуты) > 15дБ; КСВн < 2; масса < 0,6 г.

Конструкция разрабатываемого МЭМС СВЧ реле основана на электростатическом принципе управления и представляет собой следующее: на поликорковой подложке сформирована конструкция микрореле с консолью из

золота, начальный зазор составил 2 мкм. Реле изготовлено в керамическом корпусе с планарными выводами (диаметр корпуса 5 мм), а также в BGA корпусе с шариковыми выводами (3X4X1.5 мм).

Для формирования структуры микрореле и подвижной его части применялись классические технологические операции, такие как: термовакuumное, магнетронное и гальваническое нанесение слоев золота, хрома, ванадия, меди и никеля; плазмохимическое осаждение оксида и нитрида кремния; жидкостное травление структурных слоев. В работе приведено моделирование МЭМС СВЧ реле.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЭМС МИКРОРЕЛЕ СВЧ ДИАПАЗОНА

**М.И. Бичурин, Г.А. Семенов,
И.А. Афиногенов**

Микросистемная техника является в настоящее время одним из наиболее динамично развивающихся научно-технических направлений. В данной работе разработано микроминиатюрное реле СВЧ диапазона микроминиатюрное реле СВЧ диапазона.

На базе программного комплекса CST STUDIO в ходе проектирования конструкции