

УДК 621.319.43

МЭМС НА ОСНОВЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СХЕМАХ

КОЗЛОВ В. С., ЦАЛАДОНОВ А. Д., БИРАН С. А., КОРОТКЕВИЧ Д. А., КОРОТКЕВИЧ А. В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: biran@bsuir.by

Аннотация. В данной работе рассмотрены области применения переменных МЭМС-конденсаторов. Рассмотрены способы регулирования величины емкости МЭМС-конденсаторов. Описан принцип работы переменного конденсатора, в котором изменение величины зазора между обкладками осуществляется с помощью многослойного термоактюатора. Предложена конструкция переменного МЭМС-конденсатора на основе анодного оксида алюминия.

Abstract. In this paper, the areas of application of variable MEMS capacitors are considered. Methods for regulating the capacitance value of MEMS-capacitors are considered. The principle of operation of a variable capacitor is described, in which the change in the gap between the plates is carried out by a multilayer thermal actuator. A design of a variable MEMS-capacitor based on anodic aluminum oxide is proposed.

Введение

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) сочетают в своем устройстве как электронные, так и подвижные (механические) компоненты. Они обычно обладают сложной пространственной конфигурацией, изготавливаются с прецизионной точностью и сохраняют свои механические характеристики длительное время при различных внешних воздействиях. Среди микромеханических устройств разделяют исполнительные механизмы (актюаторы, микродвигатели; микрозахваты; микрозеркала) и датчики (акселерометры; гироскопы; магнетометры; расходомеры) [1].

Многие встроенные в высокочастотные микросхемы пассивные электрические компоненты, такие как катушки индуктивности, конденсаторы и переключатели, являются определяющими элементами для производительности беспроводных устройств, работающих в высокой и сверхвысокой полосе частот. Перестраиваемые ВЧ МЭМС-конденсаторы, используемые в устройствах беспроводной связи, используются в схемах генераторов, управляемых напряжением, настраиваемых фильтров и фазовращателей. Эти устройства обычно требуют широкого диапазона настройки и высокого значения добротности [2].

Основная часть

Регулирование величины емкости в МЭМС-конденсаторах может осуществляться разными способами: за счет изменения расстояния между обкладками, за счет изменения площади перекрытия обкладок, за счет изменения диэлектрической проницаемости среды между обкладками. В системах связи наибольшее распространение получили конденсаторы с изменяемым расстоянием между обкладками за счёт простоты конструкции и хороших электрических параметров [3].

По способу регулирования расстояния между обкладками можно выделить следующие типы конденсаторов: пьезоэлектрический, электростатический, термический. Использование подложки из кварца усложняет технологию производства и затраты при производстве пьезоэлектрических конденсаторов. Перемещения подвижной обкладки в конденсаторах с электростатической регулировкой может осуществляться на величину не более, чем одна треть от первоначального зазора, что ограничивает предел регулировки емкости [4]. Для увеличения диапазона изменения емкости перспективно использование термоактюаторов. Принцип работы термоактюатора, основан на упругой деформации материалов за счёт различия в их коэффициентах теплового расширения. Использование термоактюаторов позволяет значительно увеличить диапазон перемещения подвижной обкладки переменного конденсатора.

Разработана конструкция переменного МЭМС-конденсатора на основе многослойной структуры из алюминия и анодного оксида алюминия. За основу был взят термоэлектрический метод изменения величины емкости конденсатора. На рисунке 1 показана структура верхней подвижной обкладки. По центру находится непосредственно сама обкладка. От нее к основанию идут консольные балки – термоактуаторы. Консольные балки выполнены из трехслойной структуры алюминий-оксид алюминия-тантал.

Управление переменным МЭМС-конденсатором осуществляется путем нагрева танталовых резисторов, нанесенных на поверхность балок. При подаче напряжения танталовая плёнка нагревается, при этом за счёт различия температурных коэффициентов линейного расширения алюминия и оксида алюминия происходит изгиб балок и, соответственно, перемещение верхней обкладки конденсатора, за счет чего и происходит регулирование емкости.

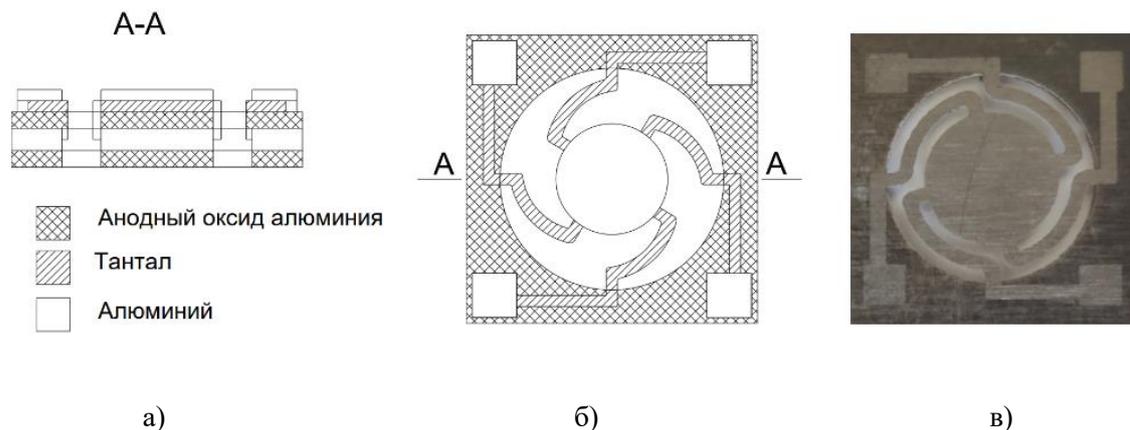


Рис. 1. Структура верхней обкладки переменного МЭМС-конденсатора: а) сечение, б) вид сверху, в) изготовленная

Заключение

Изменение величины зазора за счет перемещения подвижной обкладки с помощью термоактуатора в МЭМС-конденсаторе обеспечивает относительно большое линейное перемещение, что позволяет увеличить диапазон изменения емкости. Конечная емкость конденсатора зависит от геометрических и конструктивных параметров. Варьирование конструктивных параметров структуры позволяет изменять первоначальную емкость как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения на 150-200%.

Список использованных источников

1. Eloe J.C. MEMS and Nano Divergence: Status of MEMS industry / J. C. Eloe. – Yole development, 2021.
2. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / Варадан В., Винной К., Джозе К. – М., Техносфера, 2004. - 528 с.
3. Surface micromachined RF MEMS variable capacitor / Dong-Ming Fang [et. al] – Microelectronics Journal 38: 855–859.
4. MEMS-based variable capacitor for millimeter-wave applications, in: Technical Digest of Solid-State Sensors and Actuators Workshop / Z. Feng [et. al] – Hilton Head Island, SC, 2000, pp. 255–258.