

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МАТРИЧНЫХ СЕНСОРОВ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ОПТИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ СИГНАЛА НА ОСНОВЕ МИКРООПТОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (МОМС)

*В.А. Беспалов, Д.Б. Рыгалин, Е.А. Фетисов, Р.З. Хафизов, В.И. Золотарев
И.А. Решетников, Г.А. Рудаков, Р.В. Лапшин, Е.П. Кириленко*

Национальный исследовательский университет “МИЭТ” fetisov@unicm.ru

Тезисы доклада

3-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

*ТЕХНОЛОГИИ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ
В МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКЕ. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА И
ПАССИВНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА*

28-29 ноября 2012 г., Зеленоград

Интегральные матричные сенсоры теплового излучения с оптической модуляцией сигнала на основе микрооптомеханических систем (МОМС) относятся к перспективным приёмникам излучения в ИК-диапазоне [1]. В основе функционирования данного типа устройств лежит термомеханический эффект, в соответствии с которым при изменении температуры происходит изгиб биморфной микроконсоли. Изгиб возникает из-за разности коэффициентов теплового расширения (ТКР) пары материалов. Величина изгиба составляет от нескольких единиц до нескольких сотен нанометров при изменении температуры на 1 К. С целью определения эффективности топологических решений, заложенных в конструкцию сенсоров, проведены измерения термомеханической чувствительности биморфных МОМС-сенсоров с оптическим считыванием.

Теплочувствительная мембрана сенсора изготовлена из нитрида кремния толщиной около 400 нм. Мембрана подвешена над поверхностью подложки на расстоянии примерно 500 нм с помощью микроконсолей с биморфными участками, образованными слоем алюминия. Для снижения деформаций, возникающих в процессе изготовления, в мембране изготовлена армирующая сетка (рёбра жёсткости). В конструкциях биморфных сенсоров предусмотрены двухплечевые консоли, компенсирующие нагрев элемента от подложки и термические деформации, возникающие при выполнении высокотемпературных технологических операций.

Для измерения термомеханических деформаций ИК-сенсоров использовался растровый электронный микроскоп (РЭМ) JSM-6490LV (Jeol, Япония) и оптический профилометр (интерферометрический микроскоп) Wyko

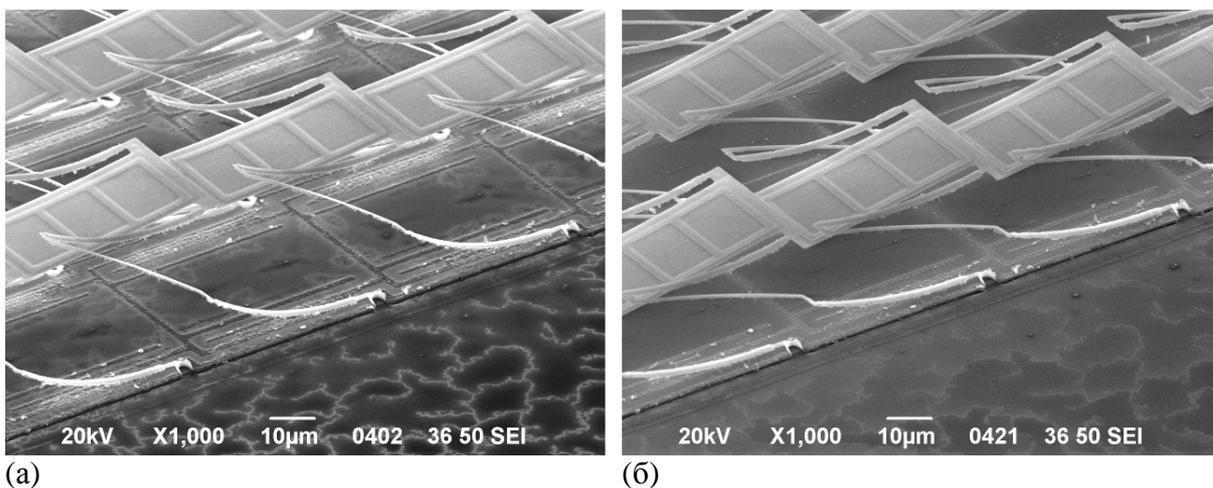


Рис. 1. Биморфный тепловой МОМС-сенсор с удлинёнными микроконсолями при температуре подложки (а) -24°C , (б) $+150^{\circ}\text{C}$. Изображения получены с помощью РЭМ.

NT9300 (Bruker, Германия). Температура подложки матрицы МОМС задавалась при помощи вакуумсовместимого столика МКЗ (Deben, Великобритания). С помощью вакуумсовместимого столика обеспечивается установка, поддержание и измерение температуры образца от -30°C до $+160^{\circ}\text{C}$. Особенностью используемых методов исследования является возможность визуального наблюдения за функционированием биморфных МОМС-сенсоров.

На Рис. 1 представлены микрофотографии МОМС-сенсора с удлинёнными консолями, которые обеспечивают механическое усиление пространственного смещения мембраны. Сравнение микрофотографий, снятых при температурах -24°C и $+150^{\circ}\text{C}$, наглядно иллюстрирует реакцию микроконсолей. При охлаждении микроконсоли выгибаются в направлении от поверхности, при нагреве – к поверхности, поскольку слой алюминия, образующий биморфный участок, находится сверху.

По РЭМ-изображениям с учётом угла наклона образца 60° определены положения концевых участков микроконсолей $z_1=39.4$ мкм, $z_2=22.4$ мкм

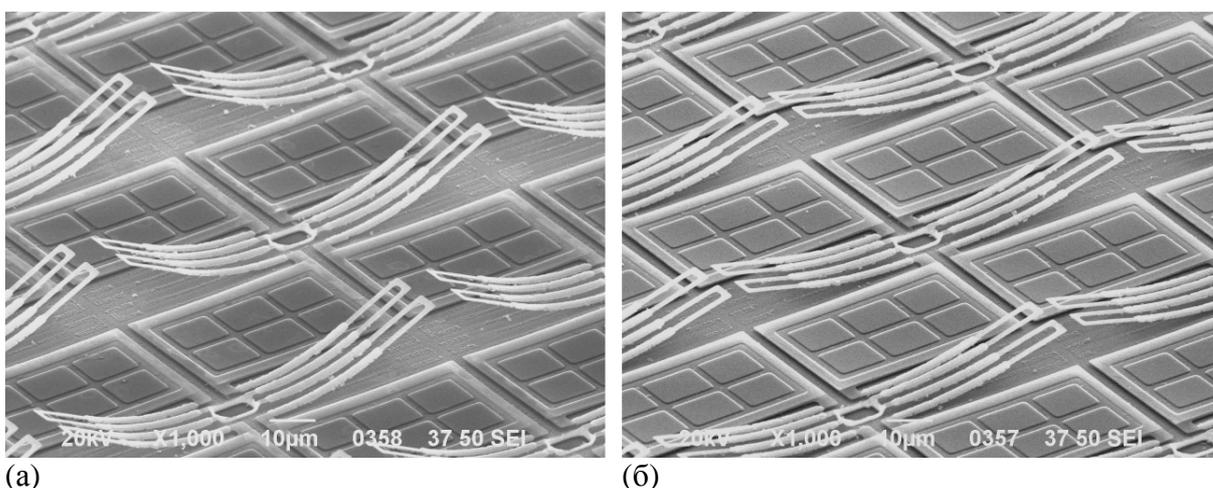


Рис. 2. Биморфный тепловой МОМС-сенсор с термокомпенсацией при температуре подложки (а) -24°C , (б) $+150^{\circ}\text{C}$. Изображения получены с помощью РЭМ.

при температурах $T_1 = -24^\circ\text{C}$ и $T_2 = +150^\circ\text{C}$, соответственно. Термомеханическая чувствительность $K = (z_1 - z_2) / (T_2 - T_1)$ составила около 98 нм/К.

Конструкция сенсора, представленного на рис. 2, предусматривает компенсацию первоначального изгиба микроконсолей. Неизменное положение мембран-зеркал во всём диапазоне задаваемых температур подтверждает эффективное действие термокомпенсирующего механизма, заложенного в конструкцию этого сенсора.

Сравнительные измерения различных вариантов биморфных МОМС-сенсоров позволяют определить наилучшие конструктивные решения для неохлаждаемых матричных ИК-приёмников с оптическим считыванием.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

[1] Р. З. Хафизов, Е. А. Фетисов, Р. В. Лапшин, Е. П. Кириленко, В. Н. Анастасьевская, И. В. Колпаков, Термомеханическая чувствительность неохлаждаемого биматериального приёмника ИК-диапазона, построенного по технологии микрооптомеханических систем, Прикладная физика, 2012 (статья принята к публикации).