

#### У49 Термомеханическая чувствительность биморфных ИК-сенсоров на основе микрооптомеханических систем

Хафизов Р.З., Фетисов Е.А., Лапшин Р.В., Кириленко Е.П., Анастасьевская В.Н., Колпаков И.В.

*Национальный исследовательский университет “МИЭТ”, Зеленоград, Россия*

Неохлаждаемые биморфные тепловые приёмники с оптическим считыванием на основе микрооптомеханических систем (МОМС) относятся к перспективным приёмникам излучения в ИК-диапазоне. 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 пары материалов, из которых изготовлена микроконсоль. Величина изгиба составляет несколько нанометров при изменении температуры на 1 К.

Поглощающий тепло элемент ИК-сенсора выполнен в виде мембраны субмикронной толщины, термоизолированной от подложки. Мембрана закреплена на биморфных микроконсолях. Термоизоляция обеспечивается вакуумным зазором между мембраной и подложкой, а также конструкцией и подбором материалов микроконсоли. Разработанная конструкция биморфного сенсора обладает высоким термосопротивлением, препятствующим оттоку на подложку теплового излучения, поглощённого мембраной.

В работе представлены результаты измерений термомеханической чувствительности неохлаждаемых биморфных МОМС сенсоров с оптическим считыванием. Цель работы состояла в определении эффективности топологических решений, заложенных в конструкцию сенсоров.

Теплочувствительная мембрана сенсора изготовлена из нитрида кремния путём травливания расположенного под ней жертвенного слоя из оксида кремния. Толщина мембраны составляет около 400 нм. Для улучшения доступа травителя к жертвенному слою в мембране предусмотрены отверстия, равномерно распределённые по её поверхности. Мембрана подвешена над поверхностью подложки на расстоянии примерно 500 нм с помощью узких (ширина 8 мкм) микроконсолей. Биморфные участки консолей образованы слоем алюминия, нанесённого на основу из нитрида кремния.

Для снижения влияния термомеханических деформаций, возникающих в мембране в процессе изготовления, в мембрану введена армирующая сетка. Технология армирования мембраны заключается в формировании на поверхности жертвенного слоя канавок. После осаждения слоя, образующего тело мембраны, из этих канавок формируются рёбра жёсткости создаваемой мембраны. Среди конструкций биморфных сенсоров прорабатывались варианты сенсоров с двухплечевыми консолями, которые позволяют скомпенсировать термические деформации, возникающие в биморфных структурах после высокотемпера-

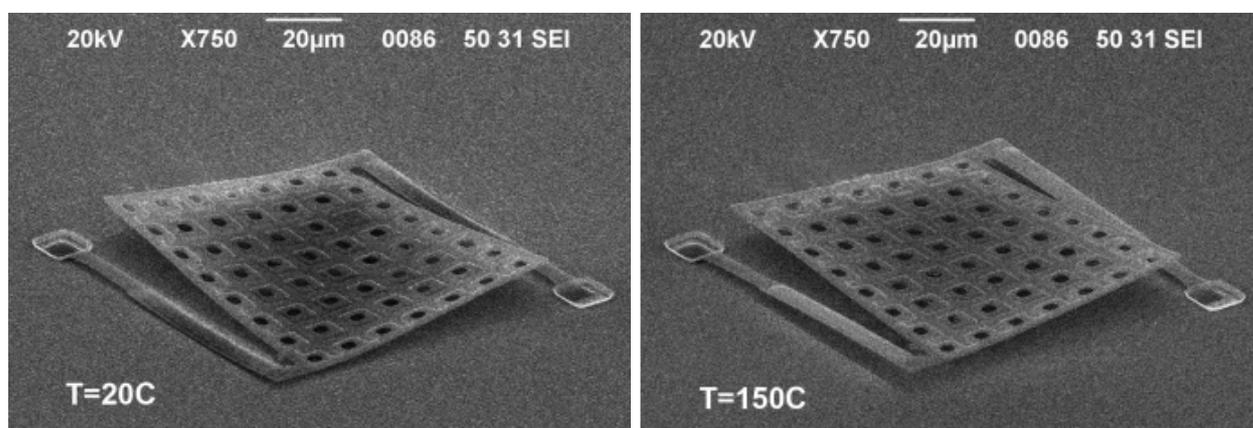


Рис. 1. Биморфный тепловой МОМС сенсор при двух различных температурах. Изображения получены с помощью РЭМ.

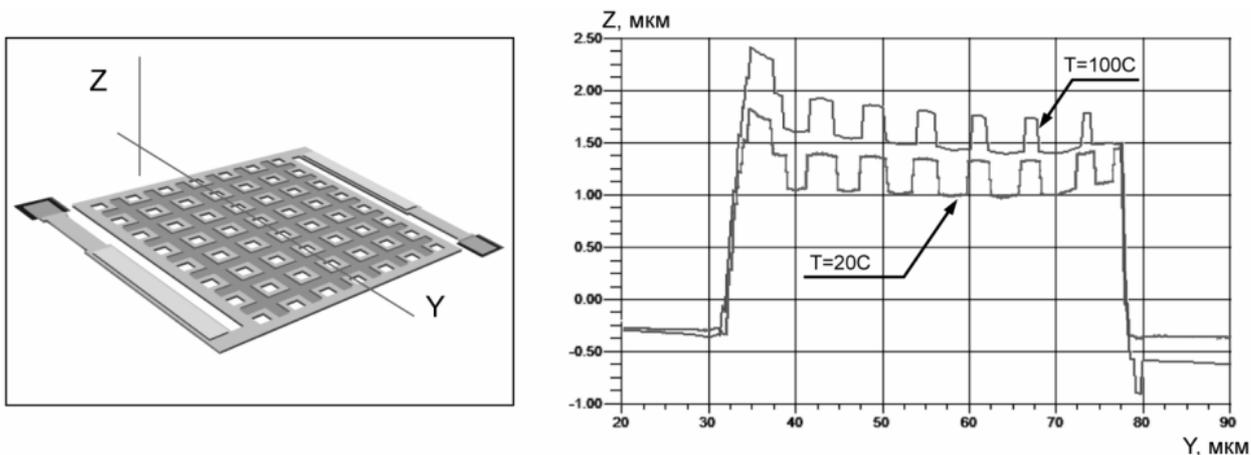


Рис. 2. Положения мембраны биморфного сенсора МОМС при различных температурах. Измерение профиля мембраны выполнено на оптическом профилометре.

турных технологических операций.

Для измерения термомеханических деформаций ИК-сенсоров использовался растровый электронный микроскоп (РЭМ) JSM-6490LV (Jeol) и оптический профилометр Wyko NT9300 (Bruker). Задание температуры образцов осуществлялось при помощи специального вакуумсовместимого столика МК3 (Deben), имеющего встроенный элемент Пельтье. Указанный столик обеспечивает установку, поддержание и измерение температуры в диапазоне от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ .

Существенным преимуществом методов, выбранных для исследований, является возможность визуального наблюдения за функционированием биморфных МОМС сенсоров. Последующая обработка результатов измерений с использованием анимационных процедур для серии кадров позволяет выявить динамику механических реакций элементов на тепловые воздействия. На рис. 1 представлены микрофотографии МОМС сенсора при двух различных температурах ( $T=20^{\circ}\text{C}$  и  $T=150^{\circ}\text{C}$ ). На рисунке хорошо видно, что при комнатной температуре наблюдается диагональная деформация мембраны, которая снимается при нагреве. Нагрев сенсора вызывает подъём мембраны, который количественно можно оценить, измеряя её профиль при различных температурах. Путем определения смещения сенсора  $\delta z$  при изменении температуры на  $\delta T$ , был найден коэффициент термомеханической чувствительности  $K_{zT}=\delta z/\delta T$ . Результаты измерений представлены на рис. 2 и 3.

В рамках настоящей работы проведены сравнительные измерения различных вариантов конструкции биморфного МОМС сенсора. Полученные результаты позволяют определить наиболее удачные конструктивные решения для создания неохлаждаемых матричных ИК-приёмников с оптическим считыванием.

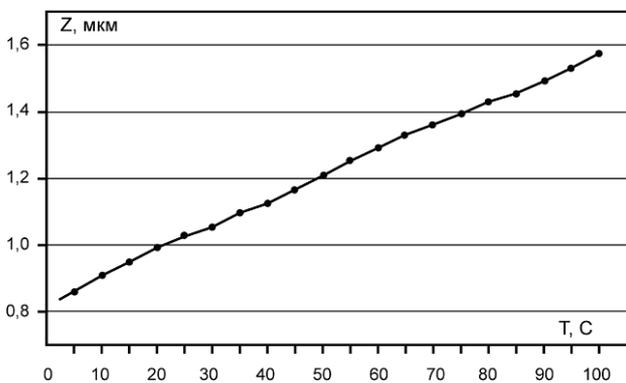


Рис. 3. Зависимость смещения мембраны биморфного сенсора МОМС от температуры. Коэффициент термомеханической чувствительности  $K_{zT}\approx 7,5 \text{ нм}/^{\circ}\text{C}$ .

Работа выполнена в Национальном исследовательском университете “МИЭТ” при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (государственный контракт № 16.426.11.0045).