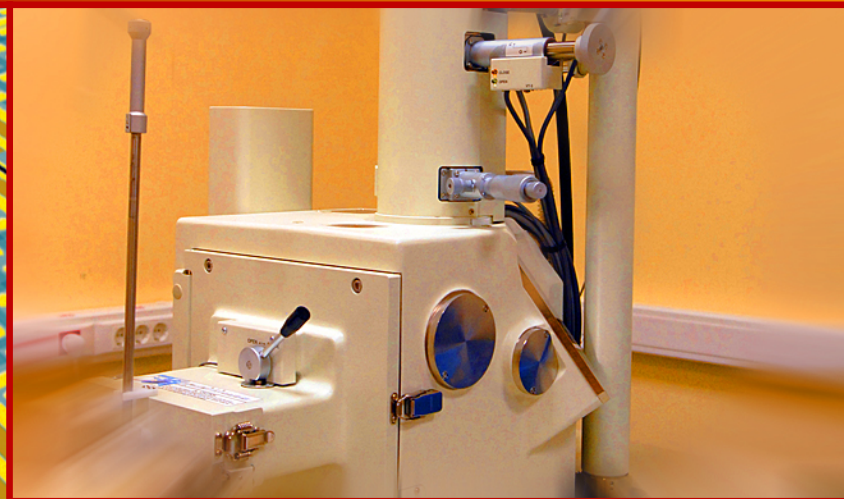
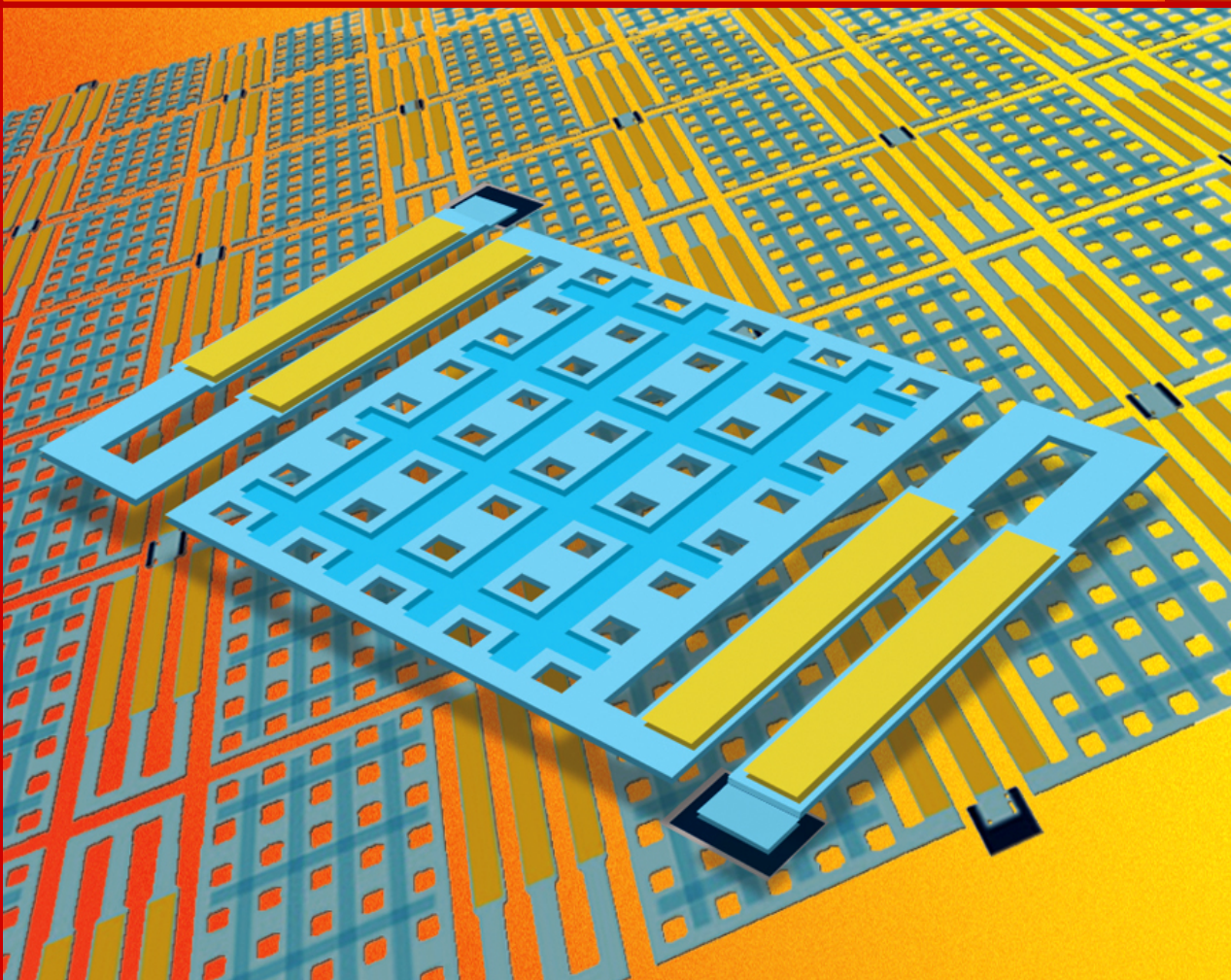


ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БИМАТЕРИАЛЬНЫХ ИК-СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ МИКРООПТОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Работа выполнена в НИУ “МИЭТ” при поддержке Минобрнауки РФ (госконтракт № 16.426.11.0045)



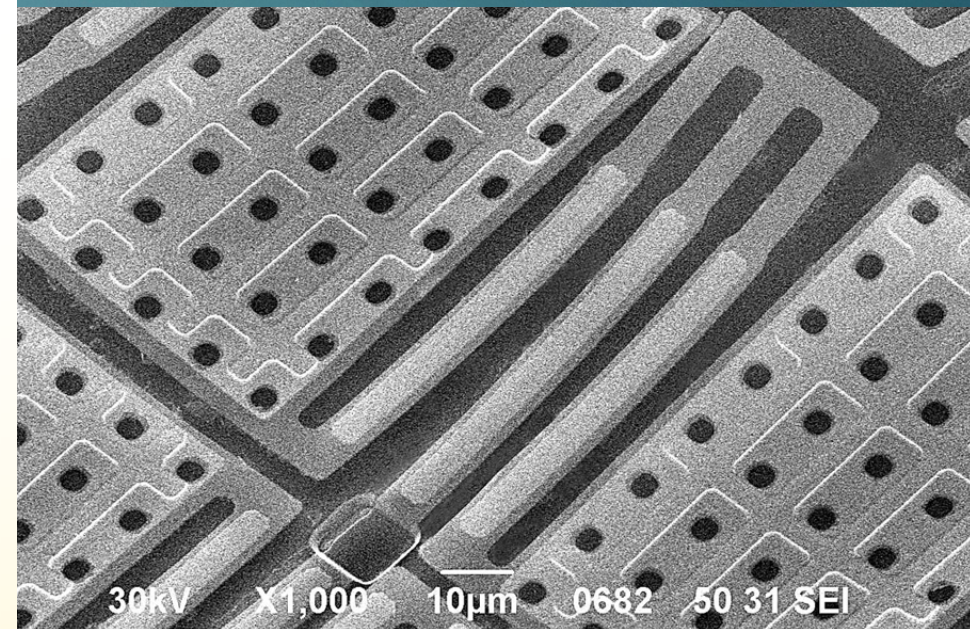
Хафизов Р. З.,¹ Фетисов Е. А.,^{1,2}
Лапшин Р. В.,^{2,3} Кириленко Е. П.,²
Анастасьевская В. Н.,² Колпаков И. В.²

¹ Элем Инфо, Москва, Россия
² МГИЭТ, Зеленоград, Россия
³ НИИФП, Москва, Россия

Основание и исходные данные для разработки

Неохлаждаемые биматериальные тепловые приёмники с оптическим считыванием на основе микрооптомеханических систем (МОМС) относятся к перспективным приёмникам излучения в ИК-диапазоне

Функционирование приёмников основано на регистрации изгиба тонких, толщиной менее 1 мкм, биматериальных микроконсолей под воздействием теплового излучения. Изгиб консолей возникает вследствие различия коэффициентов термического расширения материалов слоёв.

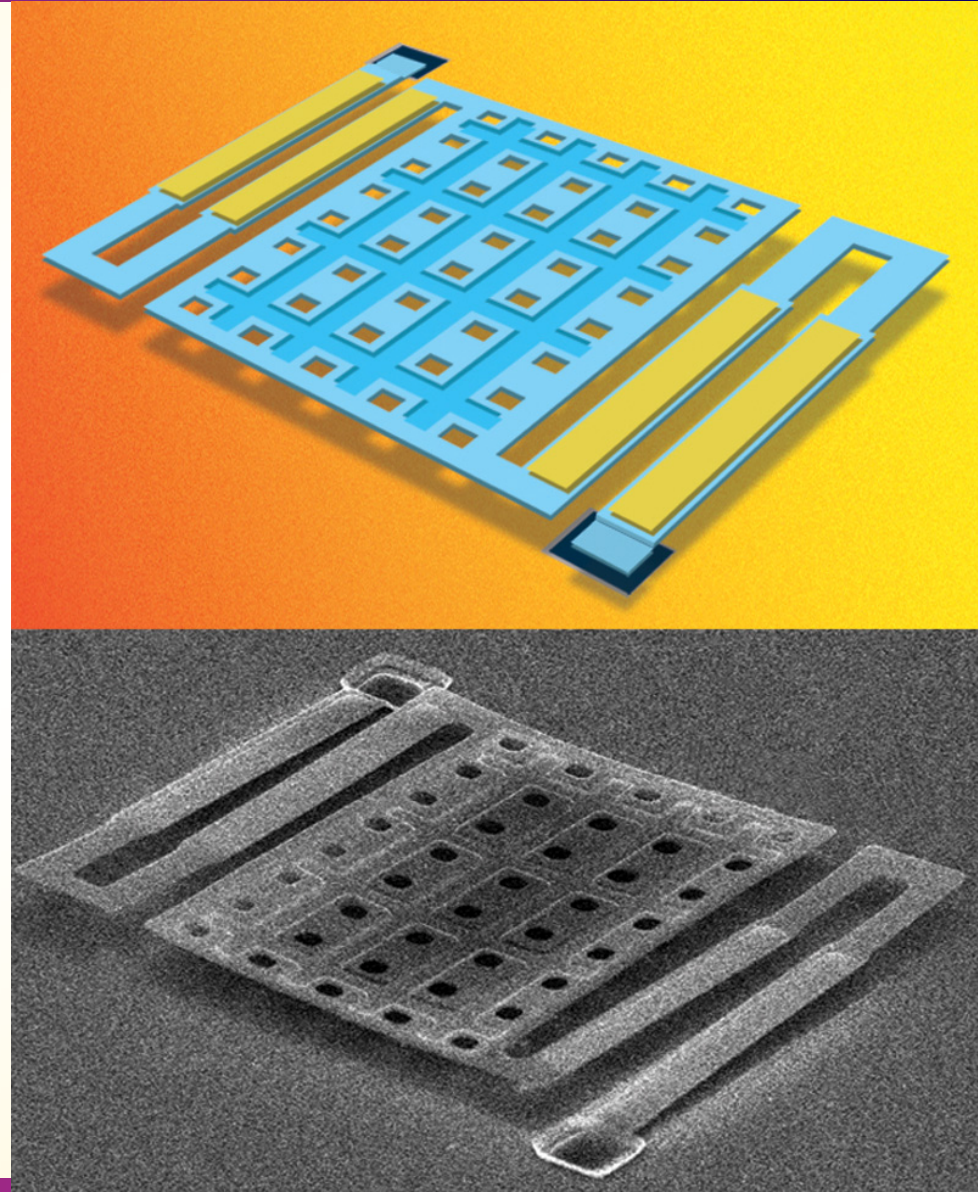


Разработка микромеханических детекторов

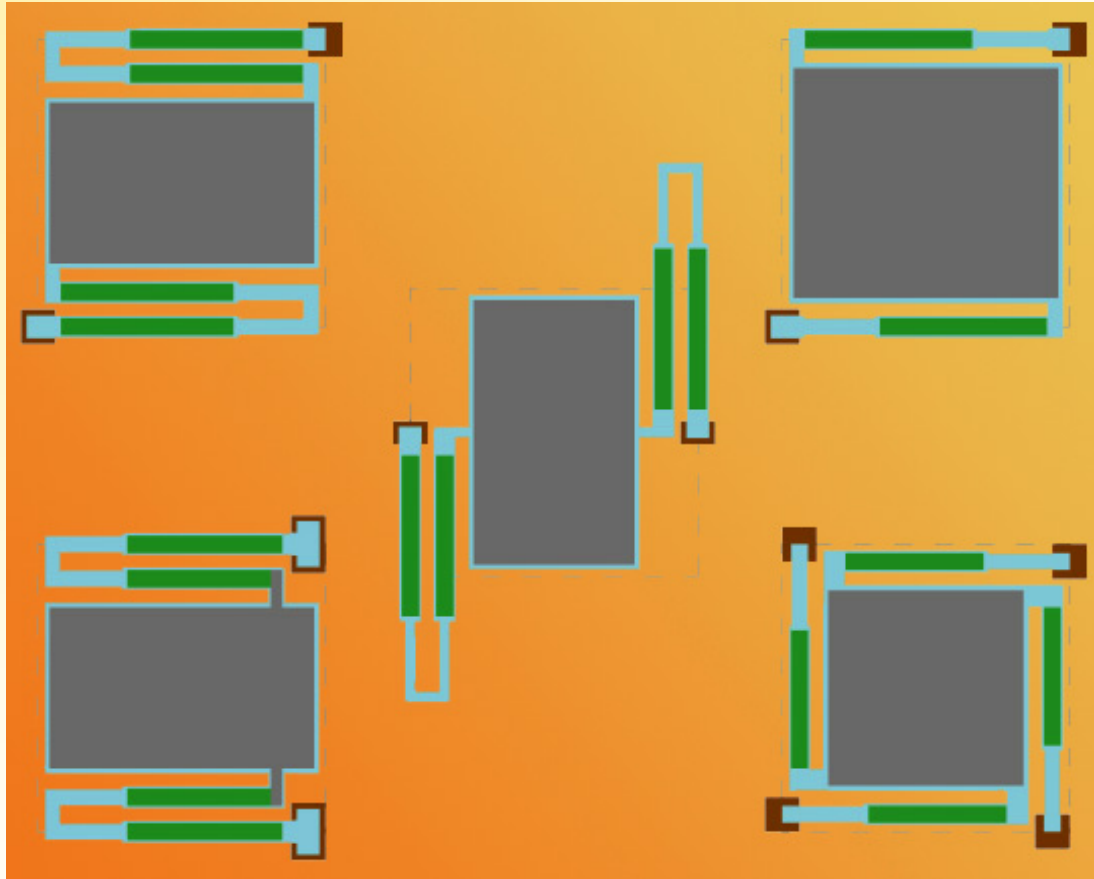
Поглощающий тепло элемент ИК-сенсора МОМС выполнен в виде мембраны субмикронной толщины, термоизолированной от подложки. Мембрана закреплена на биматериальных микроконсолях.

Термоизоляция обеспечивается вакуумным зазором между мембраной и подложкой, а также конструкцией и подбором материалов микроконсоли.

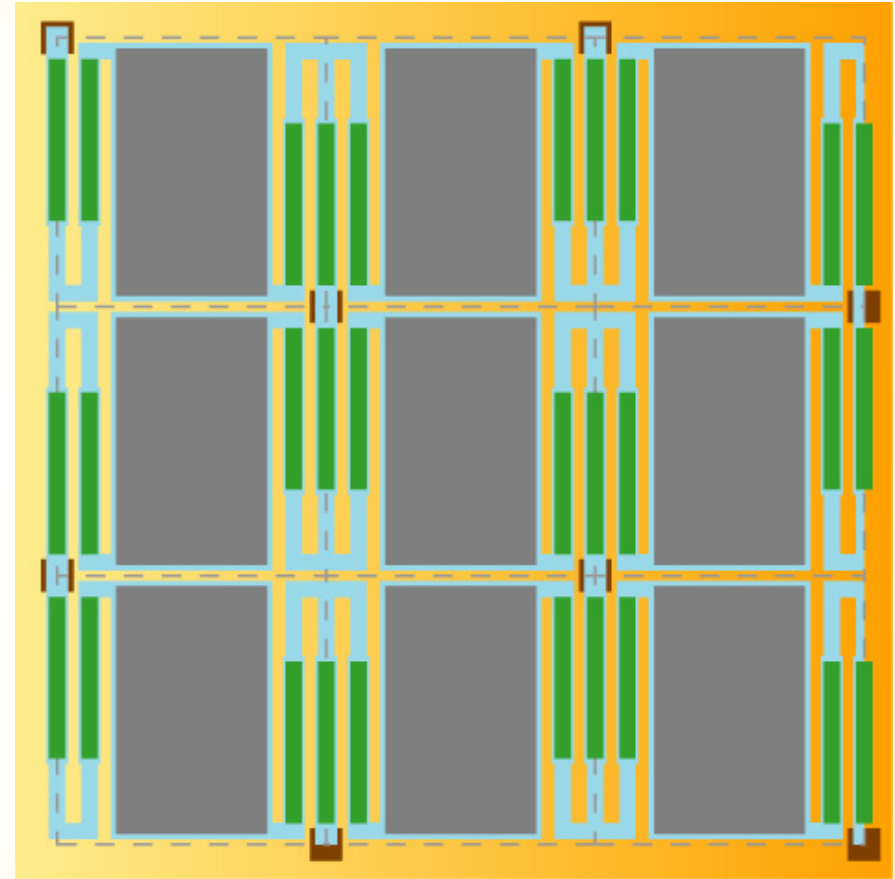
Разработанная конструкция биматериального сенсора обладает высоким термосопротивлением, препятствующим оттоку на подложку теплового излучения, поглощённого мембраной.



Разработка микромеханических детекторов



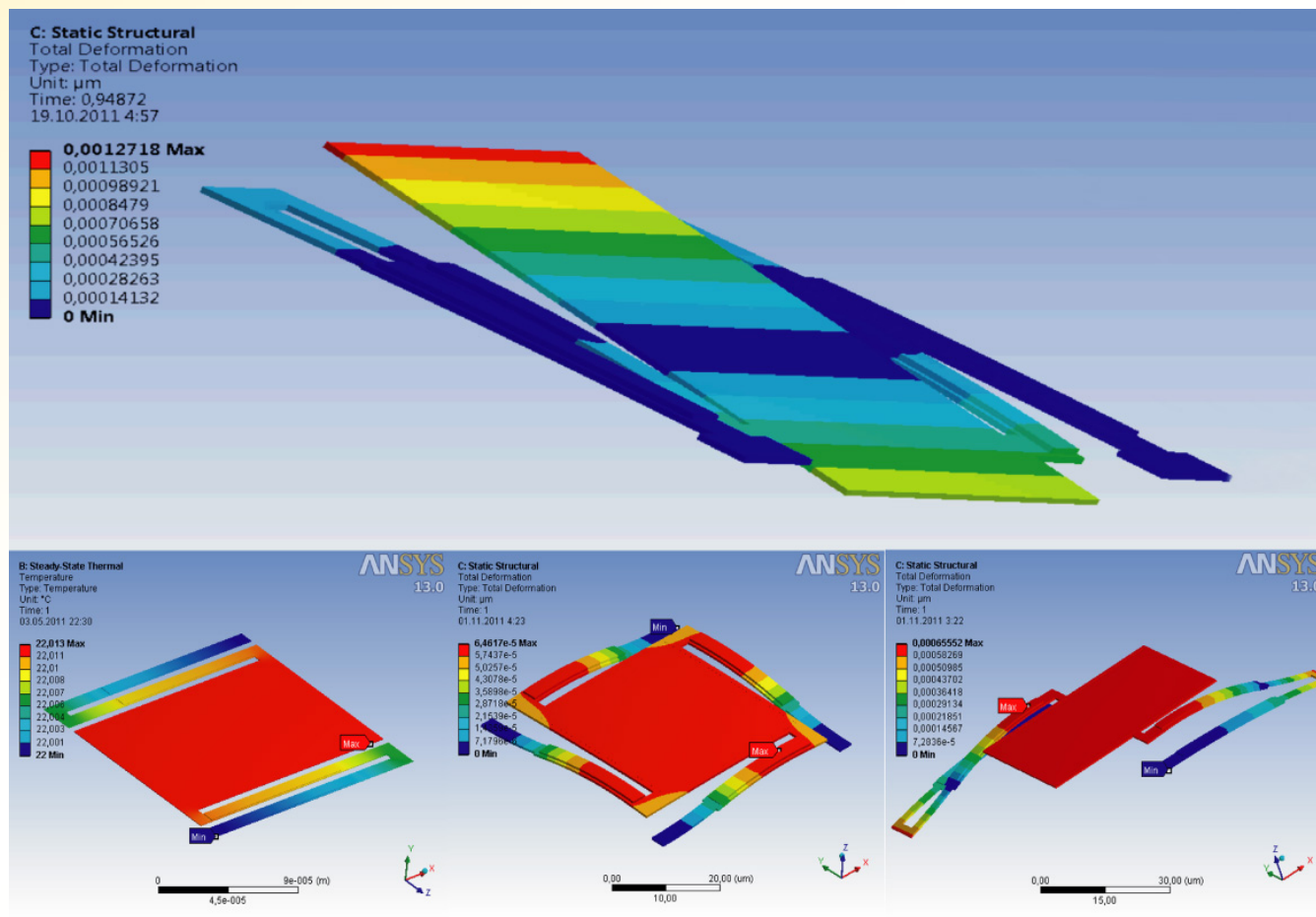
**Топологии элементов матричных МОМС
ИК-приёмников с оптическим
считыванием**



**Пример компоновки элементов
в матричный массив**

Моделирование микромеханических детекторов

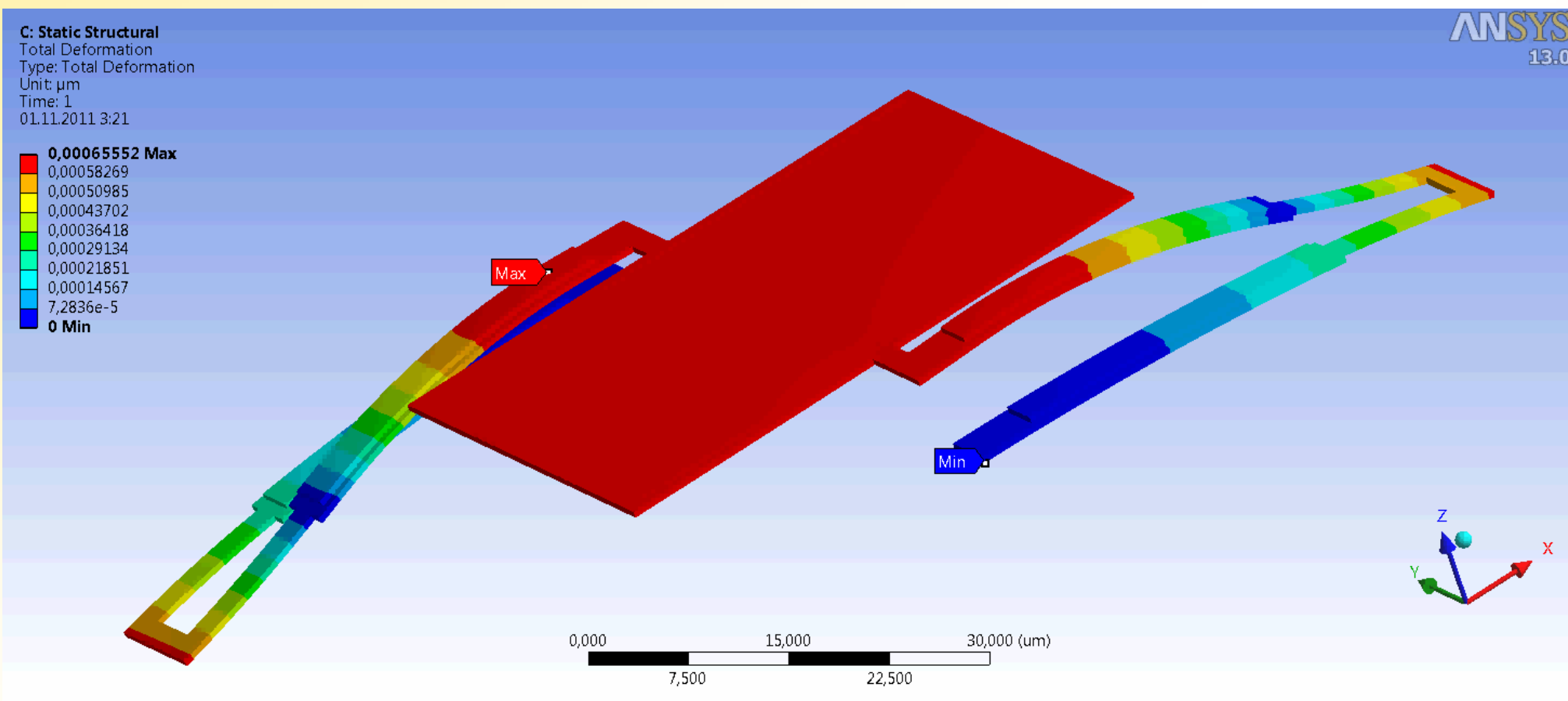
Моделирование процесса термомеханического отклика на тепловое воздействие для различных вариантов чувствительного элемента проведено с помощью системы ANSYS. В качестве исходных данных для анализа взяты параметры материалов, применяемых в технологическом процессе, а именно, толщины ~ 0.5 мкм мембраны Si_3N_4 и слоя Al биматериальной части консолей.



Параметры теплового воздействия рассчитаны, исходя из изменения температуры сцены на 1 К, что для стандартной оптической системы соответствует плотности ИК-излучения в плоскости образца $\sim 1 \text{ Вт/м}^2$

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
БИМАТЕРИАЛЬНЫХ ИК-СЕНСОРОВ
НА ОСНОВЕ МИКРООПТОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Моделирование микромеханических детекторов



Анализ результатов моделирования позволил сделать вывод о том, что для разработанных чувствительных элементов можно ожидать термомеханическую чувствительность не хуже 4-7 нм/К

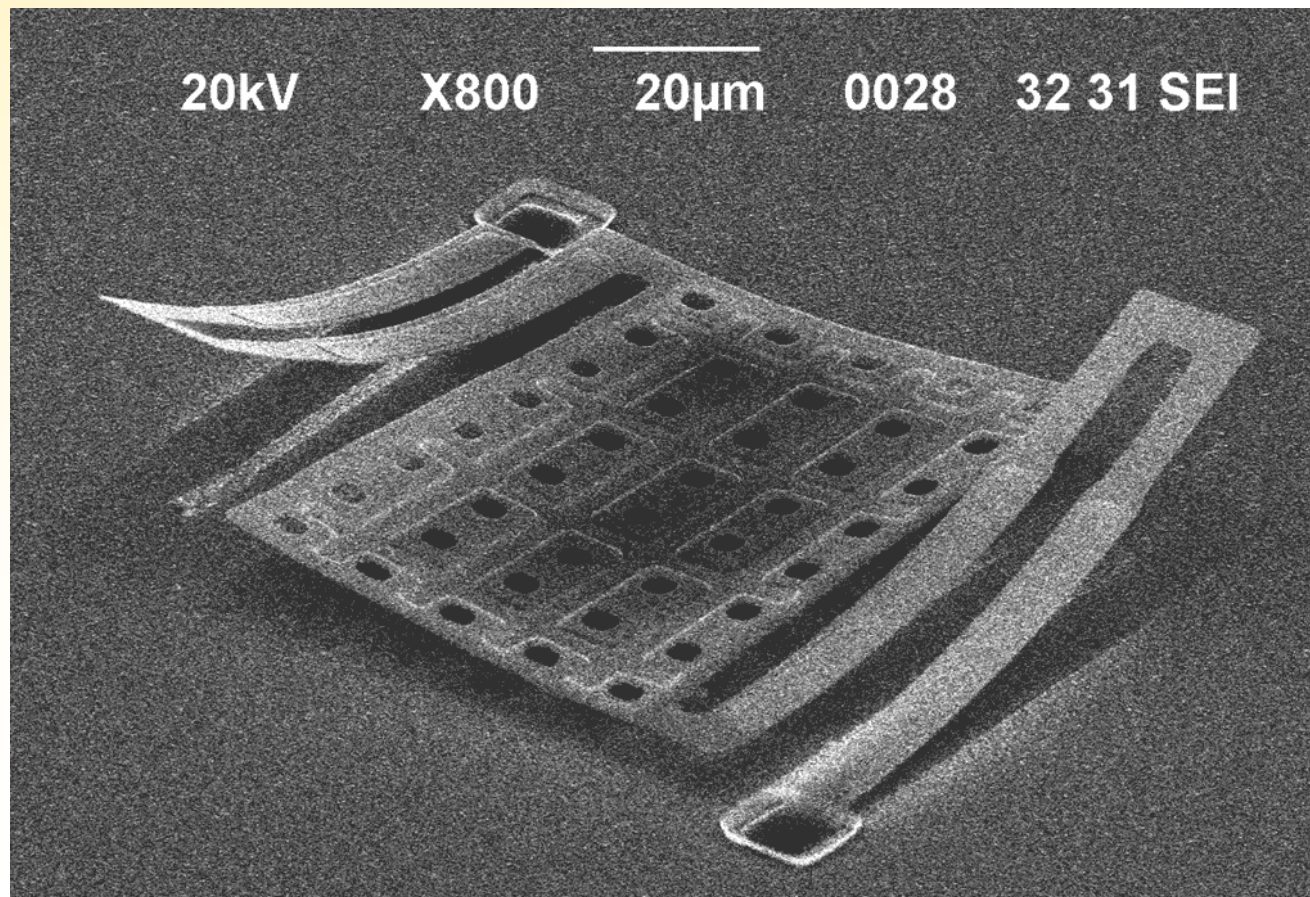
Результаты измерений

Для измерения термомеханических деформаций ИК-сенсоров использовался растровый электронный микроскоп (РЭМ) JSM-6490LM (Jeol) и оптический профилометр Wyko NT9300 (Bruker). Существенным преимуществом этих методов, является возможность визуального наблюдения за функционированием биматериальных сенсоров МОМС.

Обработка последовательности измеренных изображений позволяет выявить динамику механических реакций ИК-сенсоров на тепловые воздействия.



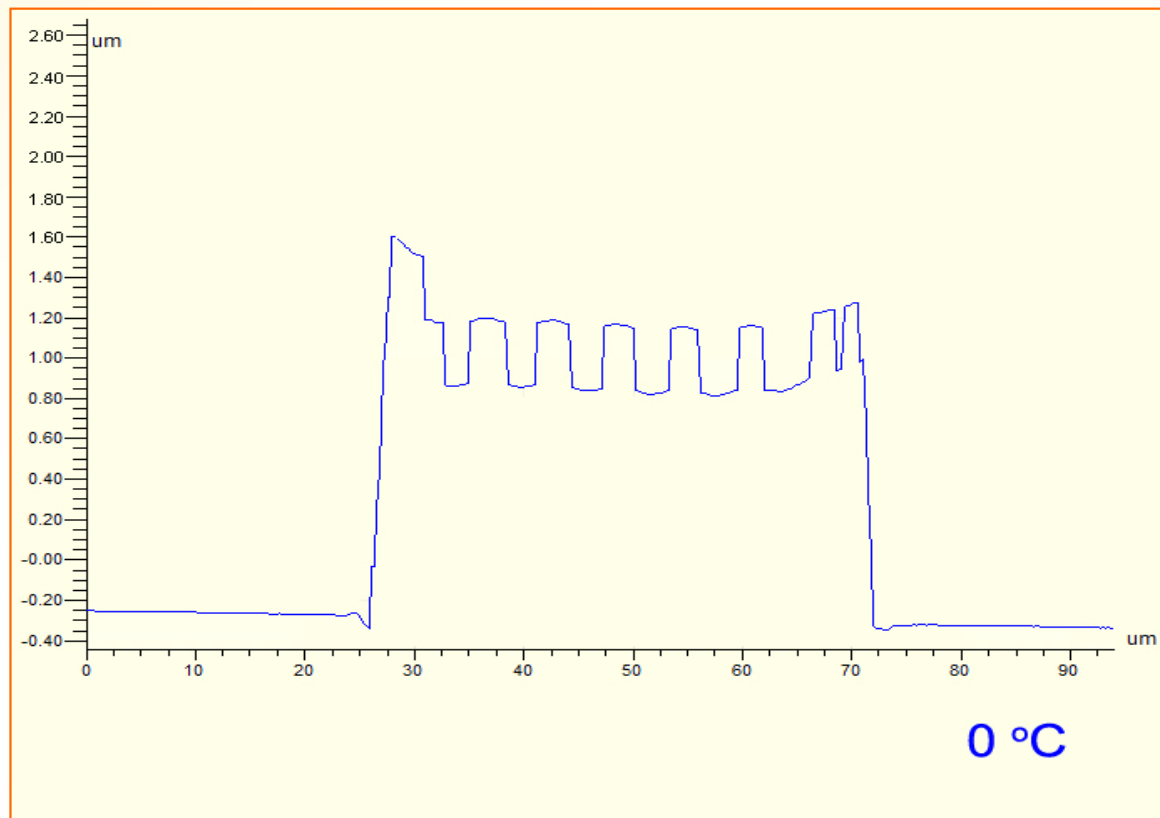
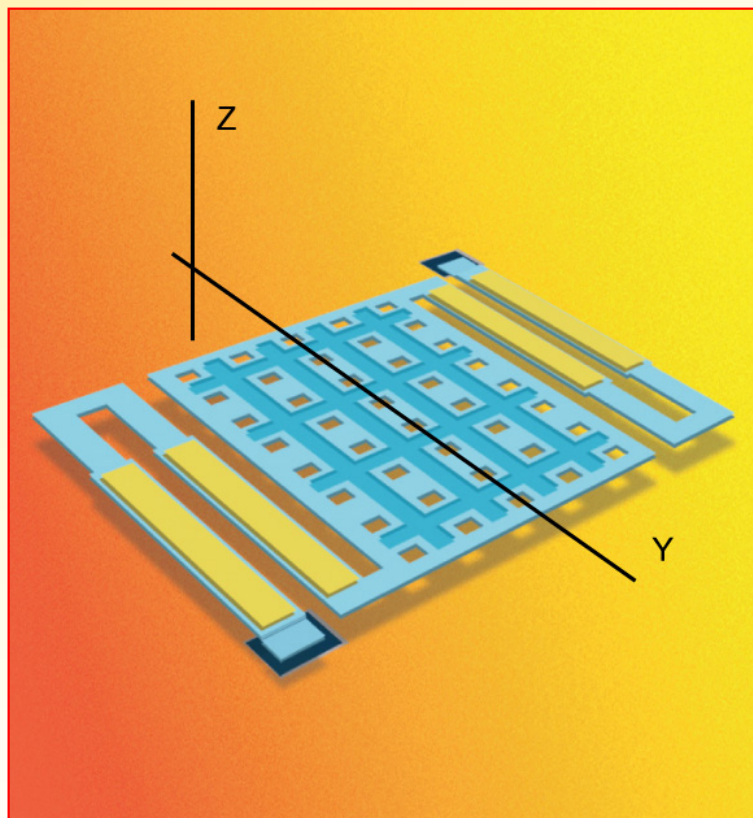
Результаты измерений на РЭМ JSM-6490LM



Реакция ИК-элемента МОМС на изменение температуры подложки ($T=0-100^{\circ}\text{C}$)

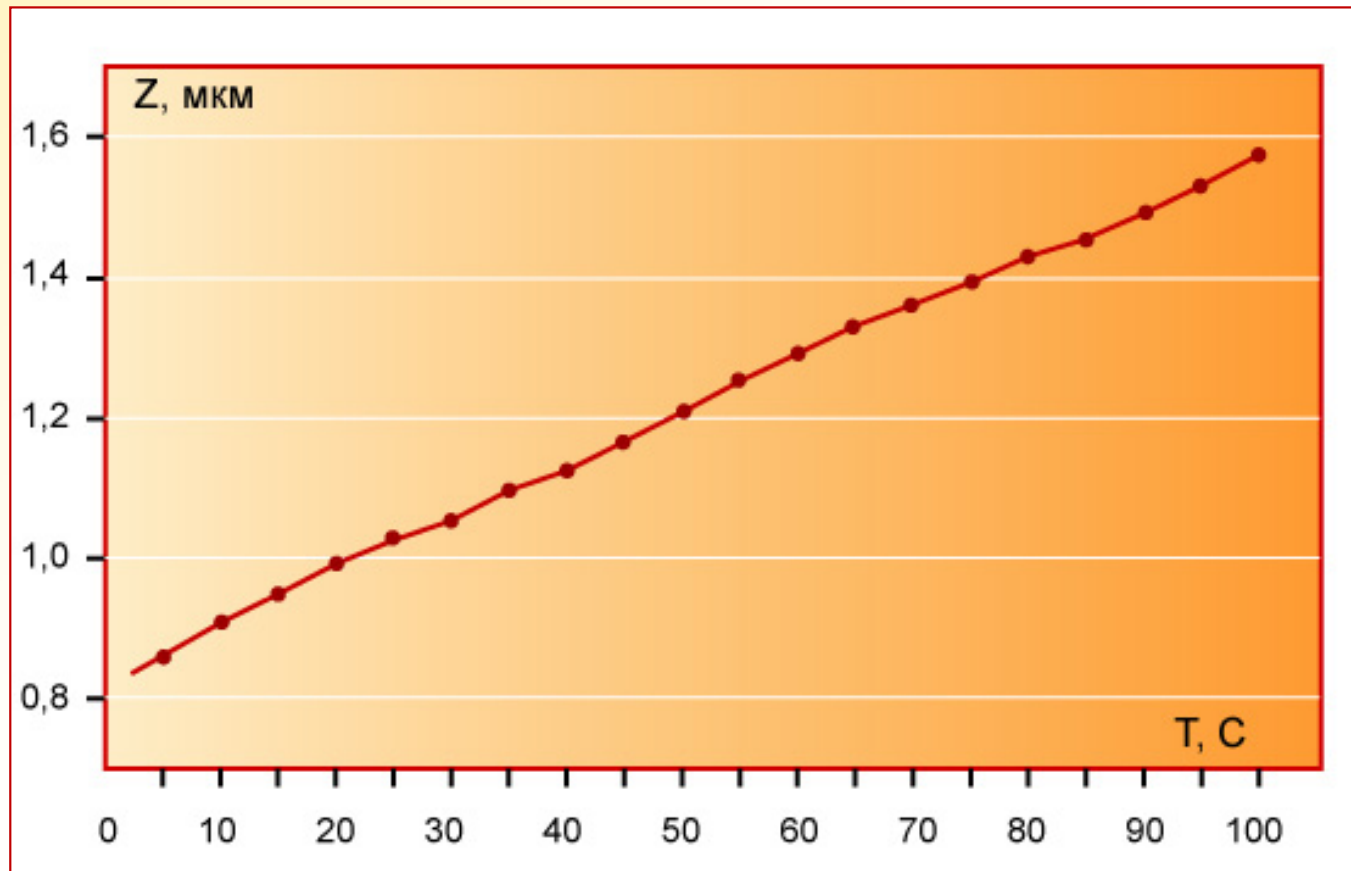
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
БИМАТЕРИАЛЬНЫХ ИК-СЕНСОРОВ
НА ОСНОВЕ МИКРООПТОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Результаты измерений на оптическом профилометре Wyko NT9300



Реакция ИК-элемента МОМС на изменение температуры подложки ($T=0-100^{\circ}\text{C}$)

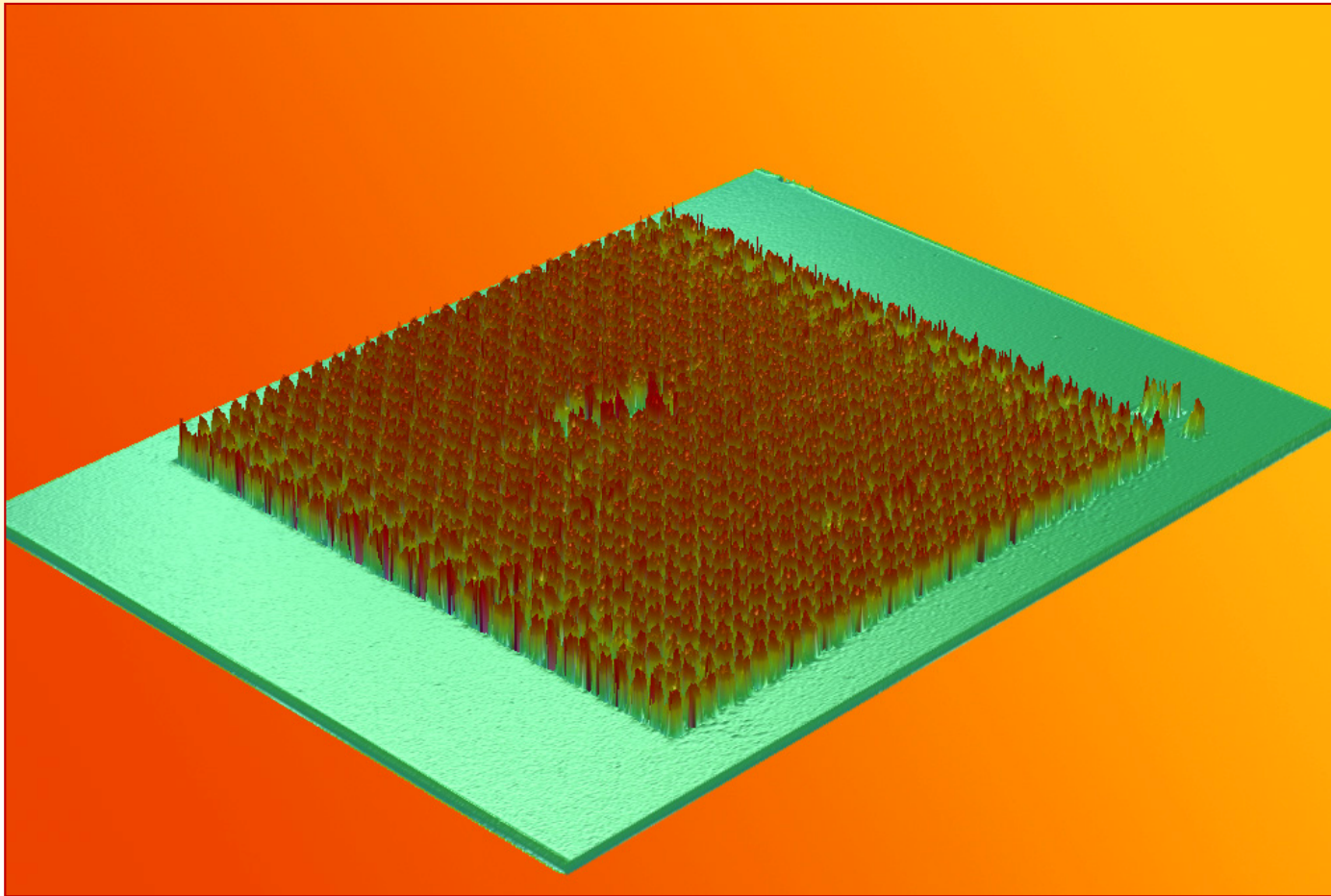
Результаты измерений



Зависимость смещения мембраны биматериального сенсора МОМС от температуры. Коэффициент термомеханической чувствительности

$$K_{ZT} = dZ/dT \approx 7.5 \text{ нм/К}$$

Результаты измерений



**Изображение отклика ИК-матрицы МОМС с числом элементов 32×32
(размер элемента 50×50 мкм)**