

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛОМЕТРА

В.В. Садченко, И.Ю. Ловшенко

Болометр представляет собой резистивный элемент, сконструированный из материала с очень малой теплоемкостью и большим температурным коэффициентом, чтобы поглощаемое излучение вызывало большое изменение сопротивления. Разработка неохлаждаемых FPA (FPA – Focal Plane Arrays, фокально-плоскостные матрицы) в настоящее время идет в двух направлениях [1]: матрицы для военных и коммерческих устройств высокого класса с максимально возможной производительностью; матрицы для коммерческих устройств с минимально возможной стоимостью. Моделирование и создание таких устройств может представлять значительные трудности, так как необходимо решение целого комплекса задач математической физики (деформации твердого тела, теплопроводности, диффузии, электростатики, гидродинамики и других). Универсальные пакеты конечного элементного анализа, такие, как ANSYS, Algor, Comsol Multiphysics (Femlab) и другие, обеспечивают решение описанных выше задач [2]. Одним из таких инструментов является программный продукт компании Coventor.

Одним из важных параметров для болометра, является устойчивость к механическим напряжениям (внутренним и внешним). Для оценки механической прочности конструктивного решения болометра проведено термомеханическое

моделирование консольных балок выполняющих роль подвеса активной области. Балка состоит из трех слоев: нижний  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (слой 1), NiCr (слой 2), верхний  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (слой 3). Ширина балки равна 1 мкм. Балка опирается на алюминиевую опору квадратного сечения ( $1 \times 1$  мкм) высотой 3 мкм. Длина фрагмента без опоры – 15 мкм. Для исследования выбраны две конструкции, отличающиеся друг от друга толщиной слоев: для структуры № 1 толщины слоев 1–3 равны 1 мкм, для структуры № 2 – 0,15 мкм. Деформации консольных балок вдоль оси  $OZ$  (плоскостность) оценена с помощью термомеханического анализа в установившемся режиме, при котором конструкции нагреваются до температуры  $T = 300$  К. Внутренние механические напряжения материалов составляют для  $\text{Si}_3\text{N}_4$  200 МПа, для NiCr 1 ГПа.

По результатам моделирования установлено, что наибольшее отклонение по оси  $Z$  (почти 12 нм) соответствует конструкции №2. Происходит изменение направления изгиба с учетом внутренних механических напряжений и без него.

Для определения зависимости величины отклонения по оси  $Z$  от внутренних механических напряжений в материалах было проведено моделирование Конструкции № 2 с изменением внутреннего механического напряжения в слоях  $\text{Si}_3\text{N}_4$  от  $-200$  до  $200$  Мпа с шагом в 10 Мпа (для NiCr механическое напряжение составляет 1 ГПа). Наблюдается линейная зависимость величины отклонения консольной балки по оси  $Z$  от внутренних механических напряжений в слоях  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и NiCr.

Исследования выполняются при финансовой поддержке и в рамках решения задач государственной программы научных исследований «Фотоника и электроника для инноваций» (задание 3.4).

## Литература

1. Hübers H.-W. Terahertz heterodyne receivers // IEEE J. Select. Topics Quant. Electron. 2008. Vol. 14. P. 378–391.
2. Коловский А.А., Левицкий А.А., Маринушкин П.С. Компьютерное моделирование компонентов МЭМС: научная статья // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем. 2008. № 1. С. 398–401.