

Секция конструирования электронной аппаратуры

УДК 621.3.049.77.001.2

И.В. Куликова

ТЕРМОАКТЮАТОР ПОВОРОТА МИКРОЗЕРКАЛА

Разработан термоактюатор горизонтального поворота микрозеркала. Технологический маршрут изготовления актюатора основан на стандартной поверхностной технологии MUMPs [1].

Термоактюатор состоит из двух биморфных балок, выполненных в виде спирали, каждая из которых прикреплена с одного конца к якорю, а с другого – к подвижному элементу. Биморфная балка представляет собой две пластины из поликремния и алюминия (рис. 1). В основу принципа функционирования данного термоактюатора положена разность коэффициентов линейного расширения двух материалов при изменении температуры. При протекании тока балка нагревается и, поскольку алюминий и поликремний имеют различные коэффициенты линейного расширения, спираль из биморфной балки будет скручиваться, тем самым изменяя угол.

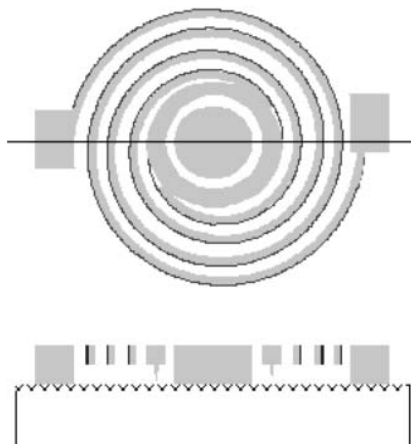


Рис.1. Структура термоактюатора

Разработаны модели угла поворота θ и силы F , вырабатываемой актюатором, в виде выражений

$$\theta = \frac{180}{\pi} \frac{l(\alpha_{Al} - \alpha_{Si})\Delta T}{h_{Si} \left(\frac{1}{2} + \left(\frac{1 - \nu_{Al}}{E_{Al}} \right) \left(\frac{E_{Si}}{1 - \nu_{Si}} \right) \frac{h_{Si}}{6h_{Al}} \right)}, \quad (1)$$

$$F = \frac{w(\alpha_{Al} - \alpha_{Si})\Delta T}{h_{Si} + \left(\frac{1 - \nu_{Al}}{E_{Al}} \right) \left(\frac{E_{Si}}{1 - \nu_{Si}} \right) \frac{h_{Si}^2}{3h_{Al}}} \left(\left(\frac{E_{Al}}{1 - \nu_{Al}} \right) h_{Al}^2 - \left(\frac{E_{Si}}{1 - \nu_{Si}} \right) \frac{h_{Si}^2}{2} \right), \quad (2)$$

где ΔT – разность температур, h_{Al} , h_{Si} – толщина алюминия и кремния, E_{Al} , E_{Si} – модуль Юнга алюминия и кремния, ν_{Al} , ν_{Si} – коэффициент Пуассона для данных материалов, l – длина и w – ширина биморфной балки.

На рис. 2 и 3 представлены графики, полученные с помощью данных моделей при нагреве балки на 100 °С.

На основе анализа полученных моделей найдено соотношение физических и топологических параметров биморфной балки, являющееся критерием функционирования актюатора:

$$\frac{h_{Al}}{h_{Si}} > \sqrt{\left(\frac{E_{Si}}{1-\nu_{Si}}\right) / 2 \left(\frac{E_{Al}}{1-\nu_{Al}}\right)}. \quad (3)$$

При невыполнении условия (3) сила, вырабатываемая термоактюатором, будет равна нулю (рис. 2), а следовательно, и угол отклонения также будет равен нулю.

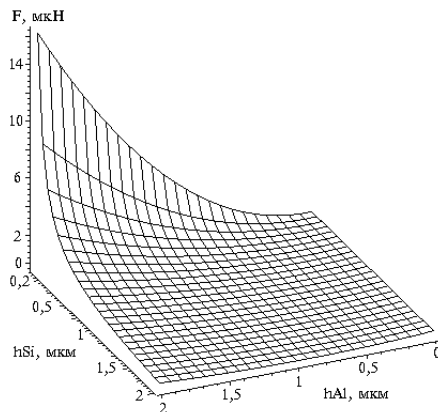


Рис.2. Зависимость силы, вырабатываемой актюатором при нагреве на 100 °С, от толщины поликремния и алюминия

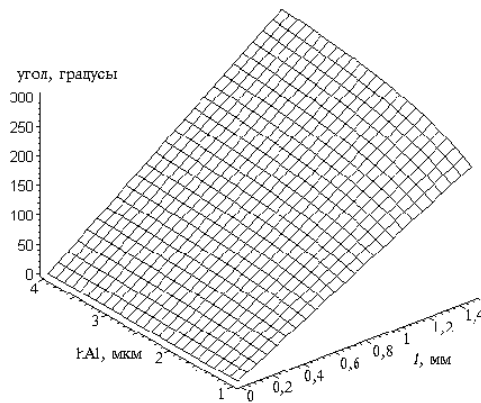


Рис.3. Зависимость угла поворота от длины балки и толщины алюминия

В [2,3] приведена эмпирическая модель угла поворота биморфной балки, полученная на основе экспериментальных данных в следующем виде:

$$\theta = \frac{270}{\pi} \frac{l(\alpha_{Al} - \alpha_{Si})}{h} \Delta T, \quad (4)$$

где h – общая толщина биморфной балки. На рис. 4 представлены зависимости угла отклонения актюатора, рассчитанные по выражению (1) – (—) и выражению (4) – (—), при параметрах, приведенных в таблице.

Параметры алюминия и кремния

Материалы	α , м/(м °С)	h, мкм	E, Па	ν
Si	2.3 Т-6	1	1,5 E11	0,2
Al	22.5 E-6	0,9	0,73 E11	0,3

Однако модель (4) не позволяет учитывать соотношение толщин слоев и физические свойства материалов, из которых биморфная балка выполнена. Это особенно важно, если механические свойства материалов существенно различаются. На рис. 5 видно, что угол поворота зависит также и от соотношения толщины алюминия и поликремния.

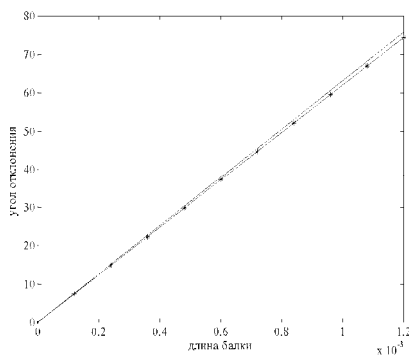


Рис.4. Графики зависимости угла поворота от длины балки, рассчитанные по выражению (1) – (–*) и (4) – (–)

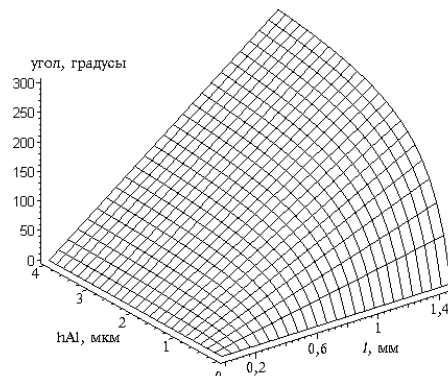


Рис.5. Зависимость угла поворота от длины балки и толщины алюминия

Анализ результатов моделирования показал, что разработанная модель угла поворота имеет погрешность порядка 5% по сравнению с выражением (4), полученным на основе экспериментальных данных [2,3]. При этом разработанная модель позволяет учитывать толщину слоев и механические свойства биморфной балки, что позволяет увеличить достоверность результатов моделирования при расчете различных биморфных структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования РФ (проект 208.02.02.021) в рамках программы «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники», подпрограмма «Электроника», (грант Т00-2.2-220) в рамках конкурса на соискание грантов по фундаментальным исследованиям в области технических наук, раздел «Электроника и радиотехника», подраздел «Проектирование электронных приборов и радиоэлектронной аппаратуры».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL: <http://www.memsrus.com>.
2. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Новикова С.И.. Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974.

УДК 621.3.049.77.001.2

Б.Г. Коноплев, И.Е. Лысенко

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО МИКРОНАСОСА

Микронасосы находят широкое применение в микролабораторных системах химического анализа жидкостей, крови, ДНК; системах дозирования различных лекарственных препаратов.

Целью данной работы является разработка методики проектирования интегрального микронасоса с пьезоэлектрической активацией.