

УДК 539.3

Е.В.Переяславец (асп., каф. МПУ),
 А.И.Боровков, к.т.н., проф., Е.Н.Пятышев, к.ф.-м.н, доц.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
 НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И СОБСТВЕННЫХ
 КОЛЕБАНИЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВИБРАЦИОННОГО ГИРОСКОПА
 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Для определения оптимального рабочего режима исследуемого вибродатчика требовалось исследовать спектр собственных частот чувствительного элемента. Нахождение собственных частот проводилось с помощью блочного метода Ланцоша. Ниже приводятся результаты расчета для новой конструкции виброгироскопа. Значения первых четырех собственных частот получились следующими: $F_1=12.6$ кГц, $F_2=12.9$ кГц, $F_3=17.7$ кГц, $F_4=17.7$ кГц. Соответствующие собственные формы приведены на рис. 1-4. Вторая и четвертая собственные частоты соответствуют двум рабочим режимам датчика. Принцип работы виброгироскопа требует, чтобы значения этих двух частот были близки между собой. С целью сближения второй и четвертой собственных частот ширину торсионов уменьшили с 10 до 8 мкм. Значения собственных частот при разной ширине торсионов приведены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что уменьшение ширины торсионов существенно влияет на третью и четвертую собственные частоты, сближая их с двумя первыми.

Табл. 1

Ширина торсионов, мкм	Значения собственных частот, кГц			
	10	$F_1=12.6$	$F_2=12.9$	$F_3=17.7$
8	$F_1=12.2$	$F_2=12.5$	$F_3=12.9$	$F_4=12.9$

Полученные значения собственных частот следует рассматривать как оценку реальных собственных частот, т. к. они вычислены проводилось без учета напряженно-деформированного состояния, возникающего при изготовлении кремниевой структуры. Для нахождения собственных частот с учетом предварительного напряженно-деформированного состояния сначала был проведен статический, а затем модальный анализ модели с шириной торсионов $H = 8$ мкм. Результаты этого расчета приведены в табл. 2. Отметим, что учет напряженного состояния повышает собственные частоты и оказывает более существенное влияние на высшие частоты (см. табл. 2).

Табл. 2

	Значения собственных частот, кГц			
	без учета напряженно-деформированного состояния	$F_1=12.2$	$F_2=12.5$	$F_3=12.9$
с учетом напряженно-деформированного состояния	$F_1=13.1$ (↑ 7%)	$F_2=13.2$ (↑ 6%)	$F_3=15.8$ (↑ 23%)	$F_4=15.8$ (↑ 23%)

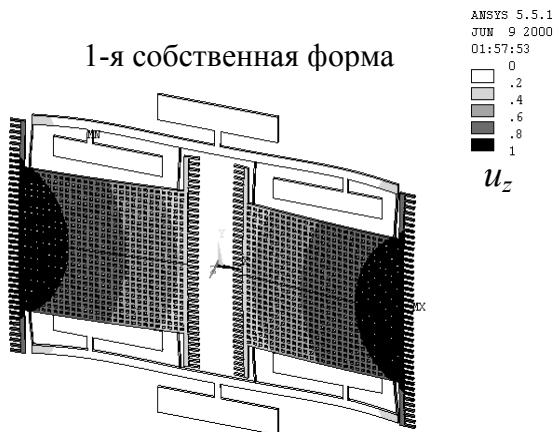


Рис. 1

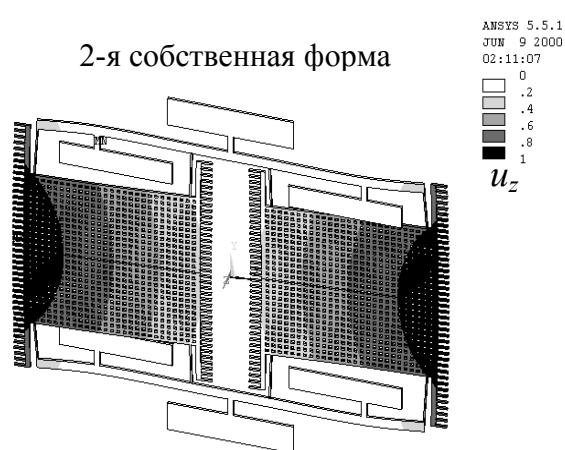


Рис. 2

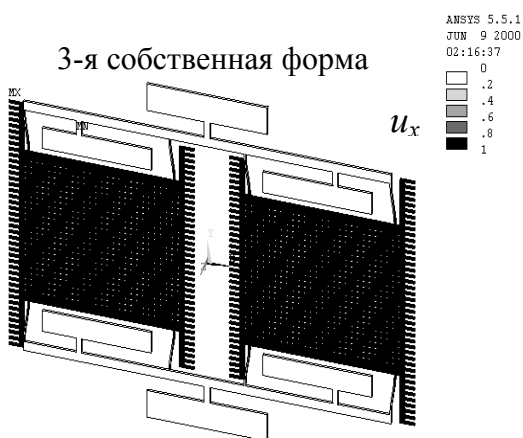


Рис. 3

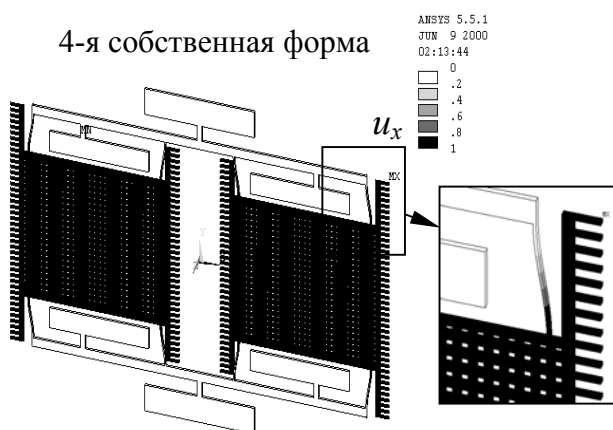


Рис. 4

В заключение отметим, что финальным этапом в КЭ моделировании и исследовании микромеханического виброгироскопа является выбор такой геометрии чувствительного элемента, при которой собственные частоты, соответствующие колебаниям виброгироскопа в плоскости, займут первое и второе места в спектре собственных частот. Именно в этом случае будет обеспечена максимальная чувствительность датчика, определяемая амплитудой вынужденных колебаний на второй собственной частоте (рис. 2).