

ПЬЕЗОПРИВОД ДЛЯ КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

© 2011 г. **Н. Р. Запотько**, канд. техн. наук; **А. А. Недзвецкая**, аспирант;
И. Н. Полехин, аспирант

Научно-исследовательский институт “Полюс” им. М.Ф. Стельмаха, Москва

E-mail: zap_nina@mail.ru, john@mcn.ru

Рассмотрена система регулировки периметра кольцевого лазерного гироскопа, стабилизированного по частоте. Показано, что основным источником погрешностей гироскопа является температурное воздействие на длину пути оптического резонатора. Рассмотрена конструкция пьезокорректора, являющегося основополагающим элементом системы регулировки длины периметра гироскопа. Приведены основные требования, предъявляемые к пьезокорректору для его успешной работы в составе лазерного гироскопа. Рассмотрены физико-математическая модель пьезокорректора и ряд компьютерных программ, созданных на ее основе. Приведены результаты численного моделирования различных конструкций пьезокорректора, в том числе и существующей. Показано, что при изменении геометрических параметров элементов конструкции можно существенно улучшить выходные параметры лазерного гироскопа.

Ключевые слова: система регулировки периметра, пьезопривод, резонатор, пьезозеркала.

Коды OCIS: 140.0140

Поступила в редакцию 15.02.2011

Разработка лазерных гироскопов, стабилизированных по частоте или с управляемым сканированием частоты, относится к востребованным и развивающимся направлениям квантовой электроники.

В НИИ “Полюс” разрабатываются гироскопы, периметр резонатора которых имеет квадратную форму. В углах оптического контура расположены четыре зеркала – два пьезозеркала, одно плоское и одно сферическое. На рис. 1

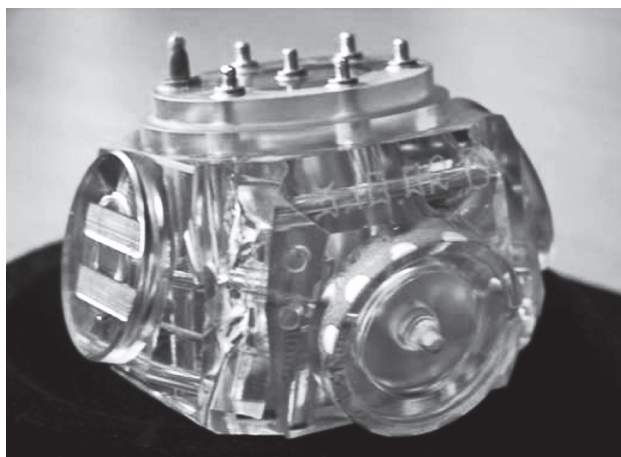


Рис. 1. Резонатор кольцевого лазерного гироскопа.

приведена фотография резонатора одного из разрабатываемых в НИИ “Полюс” гироскопов.

Для настройки частоты генерации чувствительного элемента на центр кривой усиления при включении прибора, а также при изменении длины периметра чувствительного элемента вследствие изменения температуры корпуса резонатора используется система регулировки длины периметра.

Система регулировки является важнейшей системой для обеспечения работы кольцевого лазерного гироскопа и в значительной степени определяет его выходные параметры [1]. Структурная схема системы регулировки представлена на рис. 2.

Основным источником погрешностей работы резонатора являются температурные деформации как от внешних факторов, так и от саморазогрева лазера [2]. Стабилизация периметра с точностью 0,01 мкм достигается перемещением зеркал пьезокорректоров с точностью 40 Å во всем интервале рабочих температур.

Пьезокорректор представляет собой сборку, состоящую из зеркала и соединенного с ним пьезопривода. За счет системы отрицательной обратной связи пьезокорректоры мгновенно обрабатывают любое изменение длины пери-

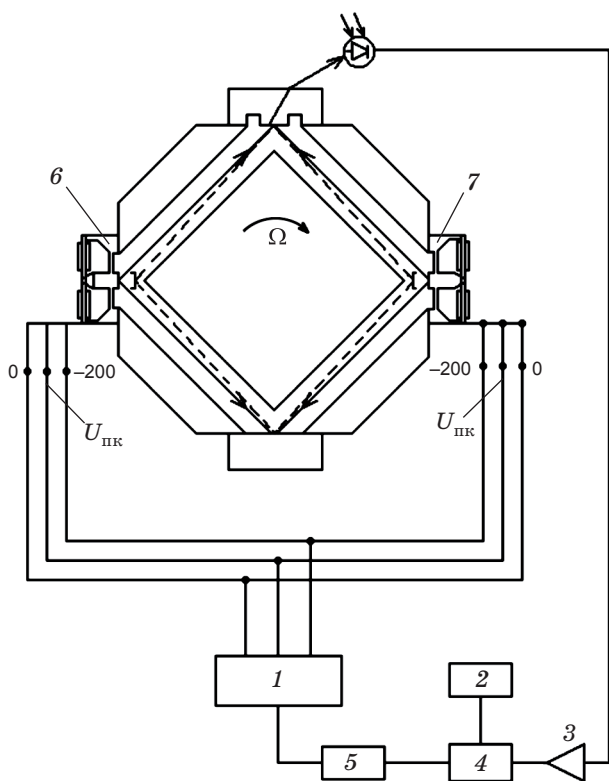


Рис. 2. Система регулировки периметра кольцевого лазерного гироскопа. 1 – выходной усилитель, 2 – частотная подставка, 3 – усилитель, 4 – фазовый детектор, 5 – индикатор, 6, 7 – пьезокорректоры.

метра кольцевого лазерного гироскопа. Для нормальной работы лазера необходимо обеспечить изменение периметра резонатора ΔP в пределах 2λ при изменении напряжения на пьезокерамике от 0 до 200 В.

Для кольцевого лазерного гироскопа, имеющего периметр 160 мм, перемещение каждого из зеркал, которое должны обеспечить пьезоприводы, составит 0,448 мкм.

Для успешной работы пьезокорректоров в составе лазерного гироскопа необходимо соблюдение ряда условий. Это, в первую очередь, максимальный ход (перемещение) центральной части зеркала при минимальном управляющем напряжении, быстродействие и минимальный гистерезис, удаленность частоты собственного резонанса пьезокорректора от областей технических нестабильностей резонатора и внешних возмущений, а также сохранение плоскостности зеркала и строго поступательного движения.

Подход к решению поставленных задач состоял в создании расчетной физико-математи-

ческой модели пьезокорректора [3], которая была разработана совместно с Московским институтом электроники и математики.

Основой для создания расчетных методик послужило экспериментальное моделирование пьезокорректора методом фотоупругости и численное моделирование методом конечных элементов. Сложность разработки модели заключалась в многослойности конструкции, электрофизические свойства которой меняются по толщине.

Расчетная модель пьезопривода построена на представлении его конструкции многослойными кольцевыми блоками с учетом граничных условий. На базе расчетной модели разработан пакет компьютерных программ. Он позволяет решать статические и динамические задачи моделирования в диалоговом режиме. С использованием модели проведена оптимизация реальной конструкции пьезокорректора, используемого в мелкосерийном производстве лазерных гироскопов в НИИ “Полюс”, по целевой функции хода зеркала. Теоретические зависимости прогиба зеркала от толщины мембраны

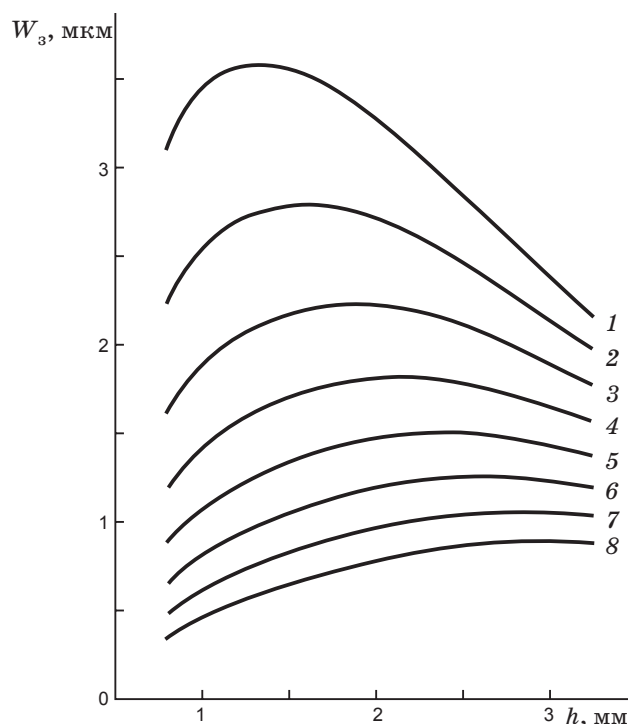


Рис. 3. Зависимость прогиба зеркала (W_z) от толщины мембраны пьезопривода (h) при изменении толщины мембраны зеркала (H_m). 1 – $H_m = 0,8$ мм, 2 – $H_m = 0,9$ мм, 3 – $H_m = 1,0$ мм, 4 – $H_m = 1,1$ мм, 5 – $H_m = 1,2$ мм, 6 – $H_m = 1,3$ мм, 7 – $H_m = 1,4$ мм, 8 – $H_m = 1,5$ мм.

привода при различных толщинах мембраны зеркала представлены на рис. 3.

Расчетами показано, что увеличение толщины мембраны привода от 1,2 до 2 мм и уменьшение толщины мембраны зеркала от 1,4 до 1,1 мм создает оптимальную конструкцию для перемещения зеркала при сохранении динамических характеристик.

Проведенные исследования позволили осуществить разработку пьезокорректоров нескольких конструкций для различных применений. Разработанный ряд пьезокорректоров успешно применяется в кольцевых лазерных гироскопах для обеспечения их устойчивой работы в широком диапазоне параметров внешних условий эксплуатации.

* * * * *

ЛИТЕРАТУРА

1. Голяев Ю.Д., Колбас Ю.Ю., Толстенко К.А., Точилкин С.А. Система регулировки периметра для зеемановского кольцевого лазера с настройкой на продольную моду с заданной четностью // Электронная техника, сер. "Лазерная техника и оптоэлектроника". 1991. В. 1. С. 68–70.
2. Запотьмылько Н.Р. Современные пьезокорректоры высокостабильных газовых лазеров для измерительных систем // Лазерные новости. 1996. В. 2. С. 13.
3. Виноградов А.Н., Запотьмылько Н.Р. Математическая модель многослойного пьезоэлектрического преобразователя с учетом теплового воздействия // Тез. докл. Всерос. конф. "Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления". Т. 1. Гурзуф, 1994. С. 106–107.