

ПЬЕЗОКОРРЕКТОР ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВАРИАЦИЙ ДЛИНЫ ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ РЕЗОНАТОРА ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

© 2011 г. Н. Р. Запотьлько, канд. техн. наук; А. А. Катков, аспирант; А. А. Недзвецкая, аспирант

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

E-mail: zap_nina@mail.ru, a_Katkoff@mail.ru

Исследована возможность создания пьезокорректора с элементами пассивной термокомпенсации, который используется в составе кольцевого лазерного гироскопа для парирования тепловых вариаций длины оптического пути резонатора. Исследована зависимость коэффициента теплового линейного расширения ситалла СО-115М. Приведены температурные зависимости изменения периметра резонатора в случаях использования идеального и реального пьезокорректоров. Показано, что пассивная термокомпенсация может быть достигнута за счет изменения геометрических параметров элементов конструкции пьезодвижителя, имеющих различные значения температурного коэффициента линейного расширения.

Ключевые слова: система регулировки периметра, пьезодвижитель, резонатор, термокомпенсация.

Коды OCIS: 140.0140

Поступила в редакцию 15.02.2011

Для кольцевого лазерного гироскопа одним из важных факторов, влияющих на стабильность его работы, является стабильность длины периметра в широком интервале температур. В любом случае изменение длины лазерного канала за счет теплового расширения корпуса, вызванного изменением температуры, приводит к нарушению работы прибора. Колебания длины периметра вызывают перемещение частот генерации кольцевого лазерного гироскопа по доплеровскому контуру усиления [1].

В качестве исполнительных элементов для стабилизации длины периметра чувствительного элемента гироскопа применяют специальные устройства – корректирующие зеркала, входящие в систему регулировки периметра. Корректирующие зеркала, приводимые в движение пьезодвижителями, представляют собой узлы лазерного гироскопа, называемые пьезокорректорами (ПК).

Периметр резонатора L кольцевого лазерного гироскопа при колебаниях температуры изменяется в соответствии с коэффициентом теплового линейного расширения α его корпуса, выполненного из ситалла СО-115М.

Отсчет приращения длины периметра ведется от температуры T_0 естественного состояния, при которой все детали конструкции ПК

ненагружены. Обычно эта температура принимается равной 20°C . Тогда тепловое приращение длины периметра dL как функция температуры определяется формулой (1)

$$dL(T) = \int_{T_0}^T L_0 \alpha(t) dt, \quad (1)$$

где L_0 – периметр резонатора в естественном состоянии, т. е. при $T_0 = +20^\circ\text{C}$.

На рис. 1 приведен график температурной зависимости α ситалла СО-115М, построенный по средним значениям ряда дискретных данных [2] и по результатам экстраполяции для интервала температур от -60 до $+120^\circ\text{C}$. Здесь же показано изменение dL периметра резонатора длиной 160 мм кольцевого лазерного гироскопа в зависимости от температуры.

Стабилизация длины периметра осуществляется двумя пьезокорректорами путем смещения их зеркал подачей управляющего напряжения на пьезоэлементы.

Пьезокорректор имеет гетерогенную структуру, включающую материалы с различными коэффициентами теплового расширения. Поэтому его собственные тепловые деформации могут приводить к увеличению длины периметра вместе с ростом dL . В этом случае для корректировки оптического пути лазерных

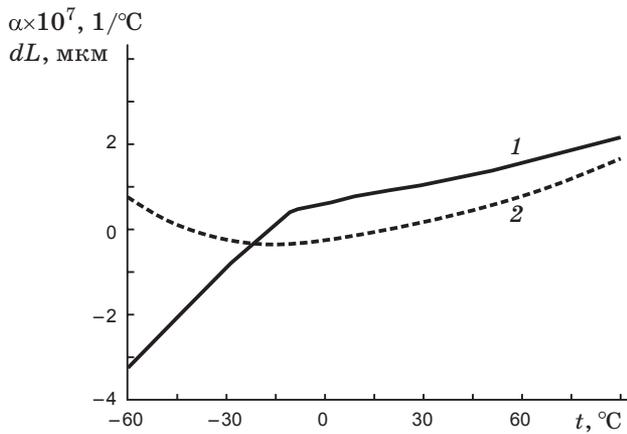


Рис. 1. Температурные зависимости коэффициента теплового линейного расширения α ситалла СО-115М (1) и приращения длины периметра резонатора dL (2).

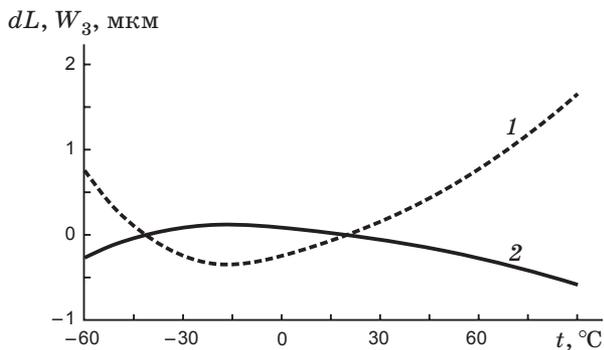


Рис. 2. Температурные зависимости приращения длины периметра резонатора dL (1) и хода зеркала идеального пьезодвижителя W_3 (2).

лучей требуется большое управляющее напряжение. В оптимальной (термокомпенсированной) конструкции ПК управляющее напряжение обрабатывает только изменение длины периметра dL , а собственный температурный ход зеркала ПК должен быть равен нулю.

Большого эффекта можно достичь, если задаться целью сохранить температурную зависимость деформаций ПК, но направить ход зеркала W_3 навстречу изменению длины периметра. Такая идеальная конструкция должна иметь температурную характеристику, отвечающую зависимости $dL(T)$, но с обратным знаком. Учитывая геометрию расположения двух ПК в углах квадратного резонатора, ход зеркала каждого ПК в функции температуры определяется соотношением

$$W_3(T) \approx -0,3536dL(T). \quad (2)$$

График температурной зависимости в виде необходимого температурного хода зеркала такого идеального ПК показан на рис. 2 кривой 2. ПК с такой характеристикой не нуждается в управляющем напряжении.

Реально изготовить идеальный ПК на базе имеющейся конструкции вряд ли возможно. Но внесением конструктивных изменений, например условий крепления пьезопривода к корпусу ПК или при корректировке его конструкции, можно создать отрицательный температурный ход (перемещение) зеркала в области положительных температур. Тогда необходимое значение управляющего напряжения можно оценить по отклонению характеристик реального ПК от идеального.

Целью данных исследований являлась разработка конструкции пьезокорректора, ко-

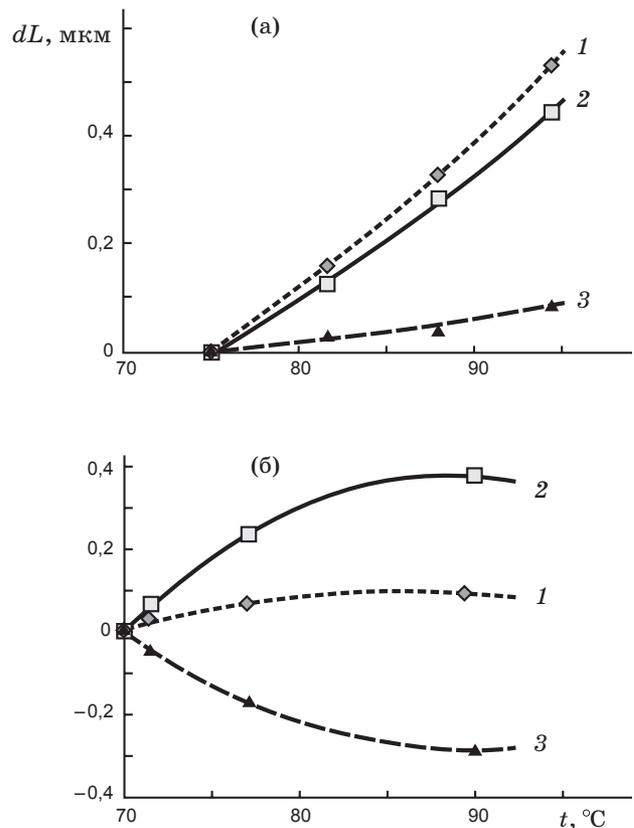


Рис. 3. Температурные приращения длины периметра резонатора dL с использованием пьезодвижителей обычной конструкции (а) и пьезодвижителей новой конструкции (б). 1 – с установленными пьезодвижителями, 2 – без пьезодвижителей, 3 – собственное температурное приращение пьезодвижителя.

торая при температурных воздействиях приближенно компенсировала бы изменение длины периметра ситаллового корпуса. Такая конструкция в настоящий момент разработана и испытана в реальных лазерных гироскопах. На рис. 3 представлены температурные приращения длины периметра резонатора лазерного гироскопа без использования пьезодвижителей

новой конструкции и при их использовании.

Как можно видеть из графиков, пьезодвижители практически компенсируют тепловые изменения длины периметра корпуса резонатора при положительных температурах за время работы прибора в течение 1 ч (за это время прибор нагревается на 20 °С).

* * * * *

ЛИТЕРАТУРА

1. *Запотьлько Н.Р.* Прецизионные пьезокорректоры лазерно-оптических измерительных устройств // Канд. дис. М., 1996. 250 с.
2. *Бужинский И.М., Жуковец Ж.Г.* Исследование теплового расширения ситаллов на лазерном дилатометре в интервале температур от -60 до +80 °С // Метрология. 1986. № 9. С. 38-42.