

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАЗЕРНЫЙ ГИРОСКОП

Выполнил:
Деревянченко Михаил
Группа:
Б03-106

Долгопрудный, 2023

1. Введение

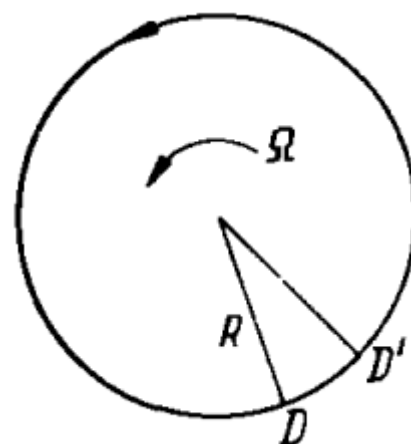
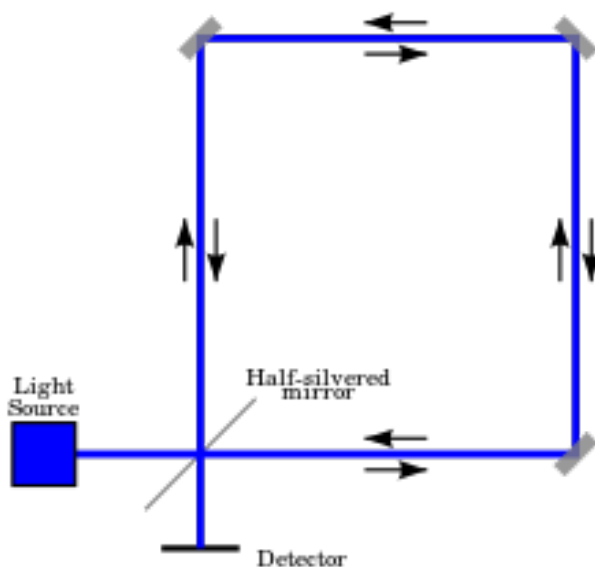
Бурное развитие техники в последние десятилетия неразрывно связано с совершенствованием различных систем управления движущимися объектами. Системы управления торпедами, морскими кораблями, самолетами, ракетами и космическими объектами трудно представить себе без гироскопических приборов.

Чувствительным элементом в таких системах, как правило, является гироскоп. Гироскоп — это динамически сбалансированное тело вращения, которое с большой скоростью поворачивается вокруг оси, укрепленной в рамке, и имеет, по крайней мере, одну неподвижную точку.

В результате бурного развития новой области человеческих знаний — квантовой электроники был создан гироскопический прибор нового типа — лазерный гироскоп.

2. Принцип действия

2.1 Эффект Саньяка



Точка D, где пучок от источника разделяется на 2, обтекающих контур в противоположных направлениях, движется в ЛСО по окружности со скоростью $V = \Omega R$, где Ω — угловая скорость платформы.

$$\tau_1 = \frac{2\pi R + l}{c} - \text{время обхода контуром света, распространяющимся по направлению движения}$$

$$l = R\Omega\tau_1 - \text{расстояние, на которое переместился источник}$$

Получаем:

$$\tau_1 = \frac{2\pi R}{c} \frac{1}{1 - \frac{V}{c}} = \frac{2\pi R}{c} \left(1 + \frac{V}{c}\right)$$

Аналогично:

$$\tau_2 = \frac{2\pi R}{c} \left(1 - \frac{V}{c}\right)$$

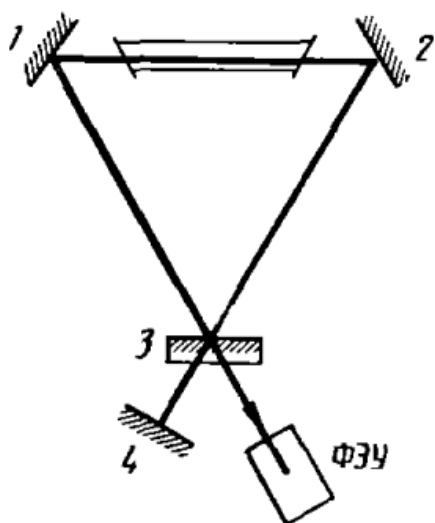
$$\tau = \tau_1 - \tau_2 = \frac{4S\Omega}{c^2} - \text{относительное запаздывание встречных волн при вращении платформы}$$

S — площадь, охватываемая контуром.

2.2 Кольцевой лазер

На практике измеряют не разницу оптических путей движущегося контура гироскопа, а разность частот колебаний Δf двух движущихся в противоположные стороны световых лучей.

Чаще всего это измерение осуществляется с помощью фотодетектора, на выходе которого получается сигнал, соответствующий положительному или отрицательному сдвигу фаз, определяемому направлением вращения гироскопа.



В условиях генерации за время обхода контура в каждой из волн должно совершиться одно и то же целое число q полных колебаний:

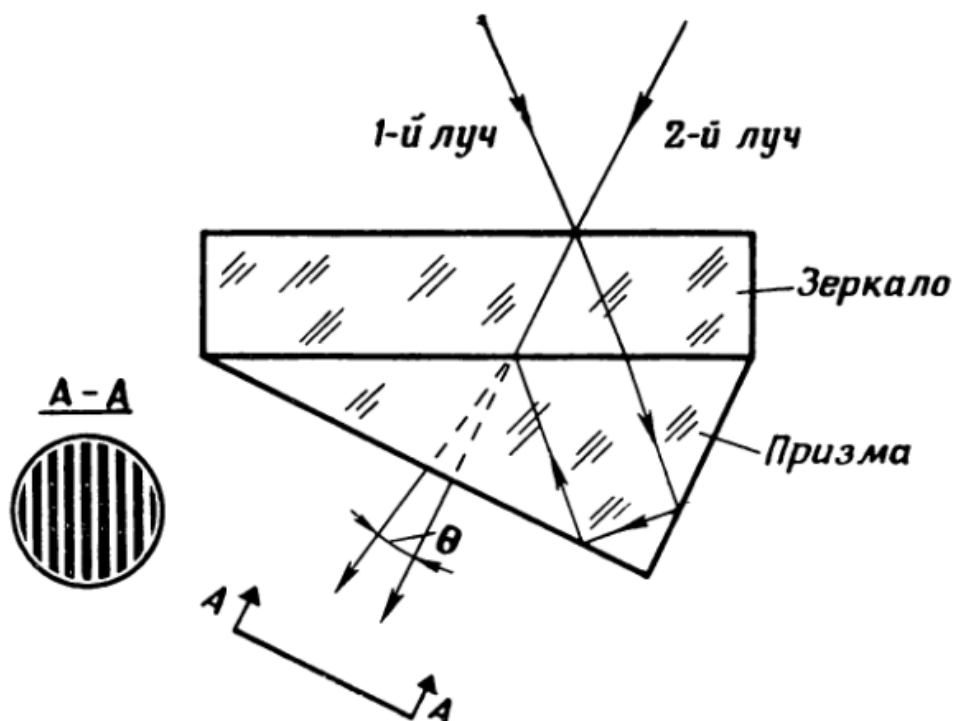
$$\tau_1 = \frac{2\pi q}{\omega_1} \quad \tau_2 = \frac{2\pi q}{\omega_2}$$

Получаем:

$$\frac{4S\Omega}{c^2} = 2\pi q \Delta \frac{\omega}{\omega^2} \quad \Delta \omega = 8\pi S\Omega / (\lambda L)$$

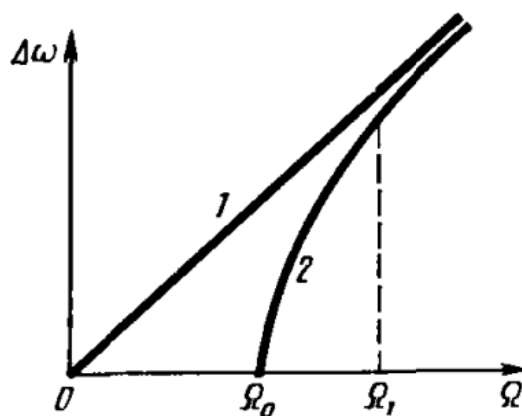
L — периметр контура.

2.3 Считывание данных с лазерного гироскопа



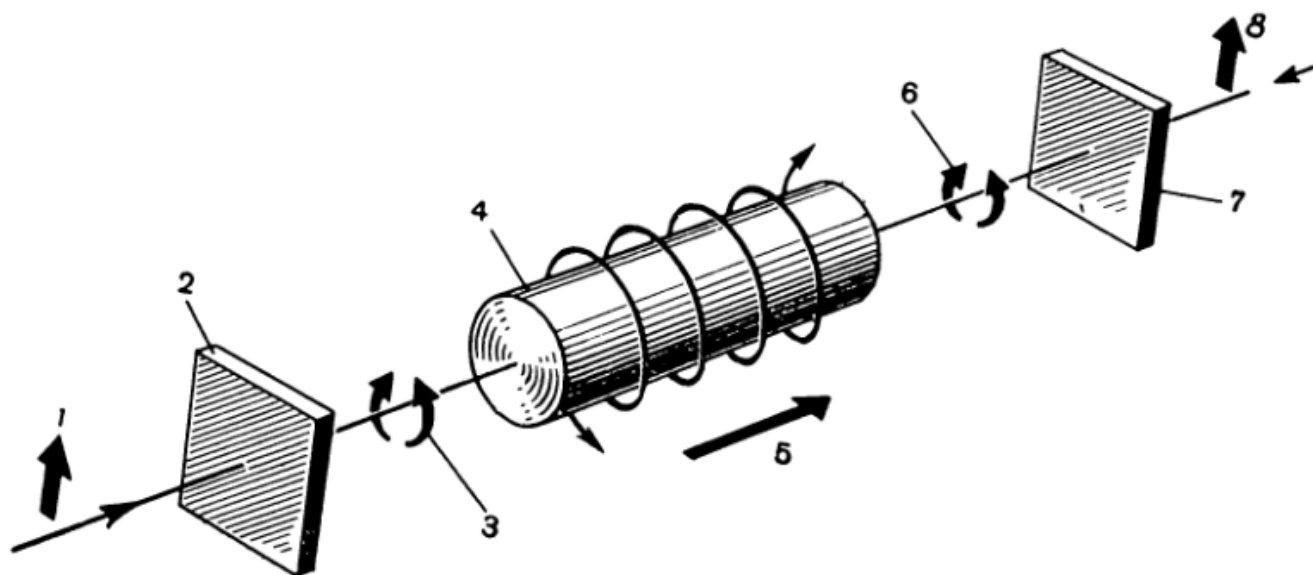
2.4 Источники ошибок

1. Многомодовый характер излучения;
2. Флуктуации фазы и частоты светового излучения;
3. Захватывание частоты;
4. «уход нуля» гироскопа.



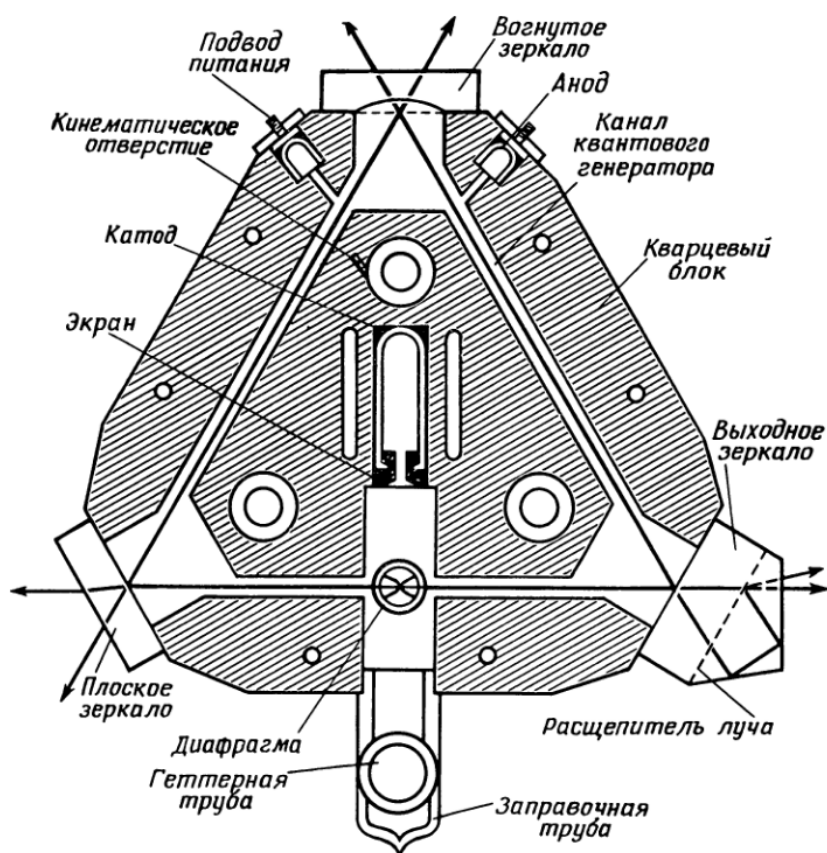
8.12
Зависимость расщепления частот встречных волн от угловой скорости Ω :

Рассмотрим устранение явления захвата с помощью элемента Фарадея.



1, 8 — два встречных луча с линейной поляризацией; 2, 7 — четвертьволновые пластины; 3, 6 — получившиеся круговые поляризации; 4 — магнитоактивная среда (стекло, кварц и т. д.); 5 — магнитное поле.

2.5 Пример



Первый лазерный гироскоп с кольцевым резонатором имел длину световода 390 см и площадь 9000 см².

Общая длина световода кварцевого блока не более 32 см. Блок занимает площадь всего лишь 90 см². Вес гироскопа около 2 кг и он может измерять скорости вращения порядка 0,1 град/сек.