МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский физико-технический институт

(государственный университет)

Кафедра квантовой электроники

Лабораторная работа №34

по курсу: Квантовая электроника

Лазерный гироскоп

Выполнили: студенты 652 и 654 групп

Нехаев Александр

Смирнов Артур

Тихонов Сергей

Шабанов Александр

Оглавление

[Введение 3](#_Toc22733882)

[Пассивный интерферометр Саньяка 3](#_Toc22733883)

[Кольцевой лазер как датчик вращения 4](#_Toc22733884)

[Практическая часть 6](#_Toc22733885)

# Введение

## Пассивный интерферометр Саньяка

В основе работы лазерного гироскопа лежит эффект Саньяка, заключающийся в том, что во вращающемся оптическом контуре две волны, распространяющиеся из одной точки в противоположных направлениях, возвращаются в исходную точку в разные моменты времени, то есть длина оптического контура по и против направления вращения становится различной.

В неподвижном интерферометре время обхода светового контура для обеих волн одинаково и равно

Формула 1: Время обхода светового контура  
где – скорость света внутри контура.

Во вращающемся с постоянной угловой скоростью [рад/с] интерферометре за время прохода волн по контуру точка их встречи успевает переместиться в . В результате время прохождения волн по контуру становится различным и может быть найдено из уравнения

откуда

Формула 2: Время прохождения волн по контуру.

Индекс «» относится к волне, проходящей по контуру в направлении его вращения.

Разность времен обхода контура встречными волнами равна , откуда в первом приближении (учитывая, что ) следует

Формула 3: Разность времен обхода контура встречными волнами.

Отсюда легко получить выражение для разности оптических путей обхода светового контура встречными волнами:

Формула 4: Разность оптических путей обхода светового контура встречными волнами.  
где – площадь, охватываемая оптическим контуром.

Выражение (Формула 4), выведенное нами для идеального кольцевого светового контура, верно и для произвольной конфигурации интерферометра.

Разность хода встречных световых пучков, возникающая во вращающемся интерферометре Саньяка, может быть использована для определения скорости его вращения.

## Кольцевой лазер как датчик вращения

Как следует из выражения (Формула 4), пассивный интерферометр Саньяка малопригоден для практического использования, поскольку величина разности путей обхода оптического контура встречными волнами оказывается меньше длины волны используемого излучения. Например, для

Чувствительность интерферометра можно несколько повысить, если оптический контур выполнить в виде спирали. Это используется в волоконных гироскопах, в которые световая волна заводиться извне.

К кардинальному повышению чувствительности оптического гироскопа приводит помещение в интерферометр Саньяка активного элемента, т. е. превращение его в активный интерферометр – кольцевой лазер. Лазерный гироскоп состоит из резонатора, образованного как минимум тремя зеркалами, кюветы с возбужденной активной средой, смесителя и двух фотоприемников. Принцип работы лазерного гироскопа основывается на наблюдении разности частот, генерируемых в кольцевом лазере встречных волн, которая возникает из-за неравенства оптических длин резонатора для встречных волн при его вращении.

Как известно, частота генерации лазера определяется из условия

Формула 5: Условие частоты генерации лазера.

Здесь – длина резонатора.

Во вращающемся лазере частоты генерации встречных волн для продольной моды «» будут определяться соответствующими длинами оптического пути и :

Формула 6: Частоты генерации встречных волн.

Используя выражения (Формула 4) и (Формула 6), получаем для разности частот генерации встречных волн следующую формулу:

Формула 7: Разность частот генерации встречных волн.

Измерение разности частот производится путем наблюдения интерференционной картины, получающейся при смещении встречных волн.

Учитывая почти параллельность совмещаемых световых волн и малость разности их частот по сравнению с частотой генерации лазера, можно получить выражение для интенсивности света в точке :

Формула 8: Интенсивность света в точке *x*.

Здесь – постоянный сдвиг фаз, – угол расхождения волн, – показатель преломления призмы, – отклонение угла при вершине призмы от , .

Из (Формула 8) видно, что при вращении гироскопа интерференционная картина бежит со скоростью, пропорциональной угловой скорости его вращения. Установив два фотоприемника на расстоянии в четверть ширины полосы интерференционной линии, равной , можно подсчитать число интерференционных полос, прошедших в одном и другом направлениях, и определить направление и угол поворота лазерного гироскопа.

При вращении кольцевого лазера с постоянной угловой скоростью число полос, пробегающих мимо фотоприемников за время , равно

Формула 9: Число полос, пробегающих мимо фотоприемников за время *t*.

где – полный угол поворота кольцевого лазера.

Согласно (Формула 9), один импульс на фотоприемнике соответствует углу поворота рад. Эту величину называют ценой импульса, а обратную ей величину – масштабным коэффициентом. Зависимость

Формула 10: Выходная характеристика.

называется *выходной характеристикой* кольцевого лазерного гироскопа.

Поскольку в идеальном кольцевом лазере зависимость между частотой биений встречных волн и угловой скоростью – линейная, используя выражение (Формула 10) можно ввести величину угловой частоты биений

Формула 11: Угловая частота биений.

включающую в себя масштабный коэффициент .

# Практическая часть

## Вычисление угловой скорости вращения Земли

Проведены измерения для разных ориентаций гироскопа при левой и правой поляризациях мод. Из полученных данных взяли усредненное значение для угловой скорости вращения Земли: . Истинное значение: . Погрешность составила .

## Снятие характеристики кольцевого лазерного гироскопа

Рисунок : Характеристика кольцевого лазерного гироскопа