



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 039 934** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **G 01 C 19/64, 19/58**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5044024/23, 25.05.1992

(46) Дата публикации: 20.07.1995

(56) Ссылки: 1. Заявка Франции N 2618545, кл. G 01C 19/58, G 01P 9/00, опубл. 1989.2. Патент ФРГ N 3742201, кл. G 01C 19/58, опубл. 1989.

(71) Заявитель:

Сорокин Юрий Владимирович,
Новожилов Борис Михайлович

(72) Изобретатель: Сорокин Юрий Владимирович,
Новожилов Борис Михайлович

(73) Патентообладатель:

Сорокин Юрий Владимирович,
Новожилов Борис Михайлович

(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП

(57) Реферат:

Изобретение относится к инерциальным системам навигации и квантовой электроники и может быть использовано в авиации, космонавтике, судовождении и народном хозяйстве для точного определения угловой скорости объекта и определения его координат. Сущность изобретения заключается в том, что в известный волоконно-оптический гироскоп, содержащий оптически сопряженные источник излучения, светоделитель, первый чувствительный элемент, модулятор, а также систему преобразования сигнала, содержащую фотоприемник и систему обработки сигнала с фотоприемника, введен второй чувствительный элемент, при этом каждый из чувствительных элементов выполнен в виде

N слоев, каждый из которых представляет собой Архимедову спираль, причем все N слоев связаны последовательно друг с другом, первый и второй чувствительные элементы расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, а модулятор расположен на линии пересечения этих плоскостей. Фотоприемник выполнен квадрантным, причем выходы I и III квадрантов, а также II и IV квадрантов соединены по мостовой схеме, выход первого чувствительного элемента оптически сопряжен с входами I и III квадрантов, выход второго чувствительного элемента оптически сопряжен с входами II и IV квадрантов, а число слоев N выбрано из ряда N 1,2,3,4.n. 3 ил.

RU 2 039 934 C1

RU 2 039 934 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 039 934** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **G 01 C 19/64, 19/58**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5044024/23, 25.05.1992

(46) Date of publication: 20.07.1995

(71) Applicant:
 Sorokin Jurij Vladimirovich,
 Novozhilov Boris Mikhajlovich

(72) Inventor: Sorokin Jurij Vladimirovich,
 Novozhilov Boris Mikhajlovich

(73) Proprietor:
 Sorokin Jurij Vladimirovich,
 Novozhilov Boris Mikhajlovich

(54) FIBER-OPTIC GYRO

(57) Abstract:

FIELD: inertial navigation systems.
 SUBSTANCE: fiber-optic gyro has radiation source, beam splitter, the first sensitive element, modulator; all the units are conjugated optically. Gyro also has signal conversion system which has photodetector and system for processing signal from the photodetector. The second sensitive element is introduced into the gyro. Both sensitive elements are made in form of N layers, any of which has to be Archimedean spiral. All N layers are connected together. The first and the second sensitive elements are disposed

at inverse perpendicular planes. The modulator is disposed at the cross-line of the planes. The photodetector is quadrant-position one. Outputs of the first and the third quadrants, as well as outputs II and IY have a bridge circuit connection. Output of the first sensitive element is conjugated with inputs of the first and the third quadrants. Output of the second sensitive element is conjugated optically with inputs of the second and the fourth quadrants. Number of N layers is chosen from N=1, 2, 3, 4.n series. EFFECT: improved reliability of operation; improved efficiency. 3 dwg

RU 2 039 934 C1

RU 2 039 934 C1

Изобретение относится к инерциальным системам навигации и квантовой электроники и может быть использовано в авиации, космонавтике, судовождении и народном хозяйстве для точного определения угловой скорости и координат объекта.

Известен лазерный гироскоп, содержащий источник излучения, чувствительный элемент-катушку со световодом, устройство ввода-вывода излучения, систему преобразования сигнала с чувствительного элемента, включающую фотоприемник, систему обработки сигнала с фотоприемника [1]

Недостатком является измерение угловой скорости в одной плоскости и ограничение чувствительности из-за ухудшения свойств волоконного световода при увеличении размеров контура, а также использование волокна только в катушке, приводящее к увеличению размеров устройства.

В качестве прототипа выбран волоконно-оптический гироскоп, содержащий оптически связанные источник излучения, светоделитель, чувствительный элемент на основе оптического волокна с устройствами ввода-вывода излучения и модулятором, а также систему преобразования сигнала с чувствительного элемента, включающую фотоприемник, систему обработки сигнала с фотоприемника.

Недостатком является измерение угловой скорости только в одной плоскости, большие размеры катушки и ограничение чувствительности из-за ухудшения свойств оптического волокна при увеличении размеров катушки контура гироскопа.

Целью изобретения является измерения угловой скорости в двух плоскостях, повышение чувствительности и уменьшение размеров катушки гироскопа.

Для достижения цели в известный волоконно-оптический гироскоп, содержащий оптически сопряженные источник излучения, светоделитель, первый чувствительный элемент, выполненный на основе оптического волокна, и модулятор, а также систему преобразования сигнала, поступающего с первого чувствительного элемента, содержащую фотоприемник и систему обработки сигнала с фотоприемника, введен второй чувствительный элемент, при этом каждый из чувствительных элементов выполнен в виде N слоев, каждый из которых представляет собой Архимедову спираль, причем все N слоев связаны последовательно друг с другом, первый и второй чувствительные элементы расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, а модулятор расположен на линии пересечения взаимно перпендикулярных плоскостей и соединен с выходами первого и второго чувствительных элементов, фотоприемник выполнен квадрантным, причем выходы первого и третьего квадрантов, а также второго и четвертого квадрантов соединены по мостовой схеме, выход первого чувствительного элемента оптически сопряжен с входами первого и третьего квадрантов, выход второго чувствительного элемента оптически сопряжен с входами второго и четвертого квадрантов, а число слоев выбрано из ряда N=1, 2, 3, 4, n.

Физико-математическое обоснование

функционирования данного гироскопа имеет следующий вид.

Функционирование лазерного и волоконно-оптического гироскопа основано на эффекте Саньяка. В петле из волокна, которая является основной для гироскопа, происходит набег фазы F_c во вращающемся волоконном контуре для встречных пучков излучения.

Формула для набега фазы Саньяка выглядит следующим образом:

$$\Delta F_c = \frac{4\pi R L}{\lambda \cdot c} \cdot \Omega - \frac{8\pi N \cdot S}{\lambda \cdot c} \cdot \Omega$$

где L длина

волокна;

R радиус витка контура;

N число витков;

S_v площадь витка контура;

Ω частота вращения;

c скорость света;

λ длина волны излучения.

Отсюда можно видеть, что для увеличения

ΔF_c , т.е. увеличения чувствительности, необходимо увеличение L и R. Увеличение L возможно до определенных пределов, связанных с затуханием в световоде и дополнительными потерями на изгибе волокна и потерями в соединениях элементов, поэтому обычно ограничено длиной в 1 км. Ограничение R связано со сжатием волокна между витками, наматываемыми с определенным натягом (усилием) и, соответственно, возникающими при этом дополнительными потерями в волокне.

При новом типе намотки в виде слоя Архимедовых спиралей увеличивается чувствительность гироскопа за счет уменьшения потерь в волокне, связанных со сжатием и деформацией, а также происходит эффективное использование площади контура.

Обычно чувствительные элементы гироскопа выполнены в виде катушки и внешние размеры гироскопа определяются ее размерами, т.е. диаметром и высотой, а для гироскопа, выполненного на основе чувствительных элементов из спиралей Архимеда, размеры определяются в основном только их диаметром из-за малости высоты N слоев спиралей. Для примера определим высоту чувствительных элементов для обычного контура и на основе Архимедовых спиралей. Так, для чувствительного элемента с длиной волокна 1000 м и диаметром 10 см в случае катушки получается высота контура, определяемая из соотношений:

число витков в контуре:

$$N = \frac{1000M}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,05M} = 3120 \text{ витков}$$

сечение кольцевого контура:

$$S = 3120 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,01M^2}{4} = 23,4 \text{ мм}^2$$

тогда высота намотанного контура:

$$H = (23,4 \text{ мм}^2)^{0,5} = 4,8 \text{ мм}$$

Для чувствительного контура из Архимедовых спиралей высота намотанного контура определяется из соотношений:

$$M = \frac{1000M \cdot 0,1M}{3,14 \cdot 0,0025M^2} = 12,4 \text{ шт}$$

тогда высота чувствительного элемента:

$H=12,4 \cdot 0,1 \text{ мм}=1,24 \text{ мм}$.

Таким образом, чувствительный элемент из Архимедовых спиралей имеет меньшую высоту и позволяет выполнить гироскоп более компактным.

Кроме того, более плотное заполнение волокном контура позволяет повысить коэффициент заполнения и при тех же размерах разместить более длинное волокно, что приведет к увеличению чувствительности гироскопа.

Таким образом, видно преимущество в размерах Архимедовой спирали, имеющей компактное расположение, а возможность не ограничиваться в диаметре и в длине волокна позволяет увеличить чувствительность гироскопа. Связь между спиралью, составляющими чувствительный элемент, может быть различной, может быть параллельное и смешанное соединение, а также соединение через различные оптические элементы.

Для гироскопа, осуществляющего измерения в двух плоскостях, используются два таких чувствительных элемента, расположенных в плоскостях, строго ориентированных перпендикулярно друг другу. Для съема информации с волокон используется квадратный фотоприемник, обладающий чувствительностью к направлению движения интерференционной картины через его поверхность, т.е. дифференциального типа. Производится ориентация излучения, исходящего из апертуры волокна, параллельно диагоналям приемника. Возможно использование смесителей и вывод на один фотоприемник, тогда направление вращения определяется из сопоставления сигналов от двух чувствительных элементов.

При ориентации волокон засветка интерференционной картины чувствительных элементов фотоприемника в перпендикулярном направлении приводит к равным сигналам с элементов, которые на мостовой схеме вычитаются, т.е. сигнал поступает только от переменной засветки элементов.

Необходимость создания подобных гироскопов подтверждается тем, что в настоящее время освоено производство однокоординатных волоконно-оптических гироскопов, что не позволяет производить достаточно точную навигацию, для которой используются в основном двухкоординатные гироскопы.

На фиг. 1 представлена структурная схема устройства.

Устройство содержит источник 1 излучения, светоделитель 2, модулятор 3, оптическое волокно 4, два чувствительных элемента, состоящих из связанных Архимедовых спиралей из оптического волокна 51 и 52, квадратный фотоприемник 6, две мостовые схемы 7, схему 8 обработки сигнала, устройства 9 ввода-вывода излучения.

На фиг. 2 представлена схема расположения квадратного фотоприемника, где обозначено: 10 диагонали квадратного фотоприемника, 11 интерференционные полосы, образованные излучением на поверхности элементов фотоприемника.

На фиг. 3 представлен вариант выполнения блока 7-мостовой схемы.

Устройство работает следующим образом.

Излучение от светолоюминесцентного, в том числе лазерного, диода 1 поступает через светоделитель 2 и устройство ввода излучения в начало Архимедовых спиралей 51 и 52 через модулятор 3 в их конец. Модулятор 3 может быть фазовым, частотным или поляризационным.

В одном направлении излучение промодулировано перед входом в волокно, а в другом направлении излучение модулируется после прохождения спирали. Разность фаз из-за задержки в волокне выделяется на фотоприемнике в виде интерференционных полос, перемещающихся при возникновении вращения контура.

Излучение проходит в спирали по встречным направлениям, из-за вращения происходит сдвиг частоты излучения и, выходя из спиралей, оно попадает через устройство вывода излучения на квадратный фотоприемник. Устройство 9 вывода излучения, так же как и ввода, представляет собой волоконные ответвители. Архимедовы спирали 51 и 52 расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, на линии пересечения которых производится ввод и вывод излучения из спиралей для уменьшения паразитного фона от подводящих световодов и располагается модулятор, общий для двух контуров.

Вывод излучения на квадратный фотоприемник (см. фиг. 2) производится по его диагоналям 10, соответствующим ортогональным координатным осям X, Y гироскопа. Излучение образует интерференционные полосы 11 на поверхности элементов фотоприемника, движущиеся в направлении, параллельном диагоналям. При одновременной засветке двух элементов их сигналы вычитаются (см. фиг. 3) на мостовой схеме 7 и полезного сигнала нет, проходит лишь переменный сигнал.

Этот сигнал поступает на схему обработки, где определяются направление вращения, угловая скорость вращения спиралей (объекта). Схема обработки может представлять собой счетчик импульсов от бегущей интерференционной картины и умножитель на коэффициент, соответствующий переводу сигналов в угловую скорость вращения. Направление вращения определяется из анализа сигналов от двух диагонально расположенных элементов фотоприемника и сигналов от двух ортогонально расположенных чувствительных элементов. Тип волокна определяется требуемой чувствительностью прибора.

Формула изобретения:

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП, содержащий оптически сопряженные источник излучения, светоделитель, первый чувствительный элемент, выполненный на основе оптического волокна, и модулятор, а также систему преобразования сигнала, поступающего с первого чувствительного элемента, содержащую фотоприемник и систему обработки сигнала с фотоприемника, отличающийся тем, что введен второй чувствительный элемент, при этом каждый из чувствительных элементов выполнен в виде N слоев, каждый из которых представляет собой Архимедову спираль, причем все N слоев соединены последовательно друг с

другом, первый и второй чувствительные элементы расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, а модулятор расположен на линии пересечения взаимно перпендикулярных плоскостей и соединен с выходами первого и второго чувствительных элементов, фотоприемник выполнен квадрантным, причем выходы первого и третьего квадрантов, а также второго и

четвертого квадрантов соединены по мостовой схеме, выход первого чувствительного элемента оптически сопряжен с входами первого и третьего квадрантов, выход второго чувствительного элемента оптически сопряжен с входами второго и четвертого квадрантов, а число слоев N выбрано из ряда N 1,2,3,4 п.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

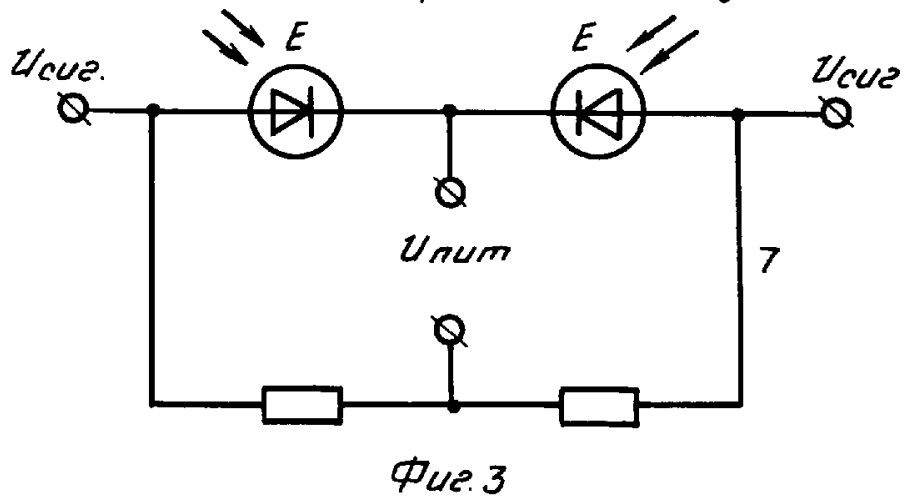
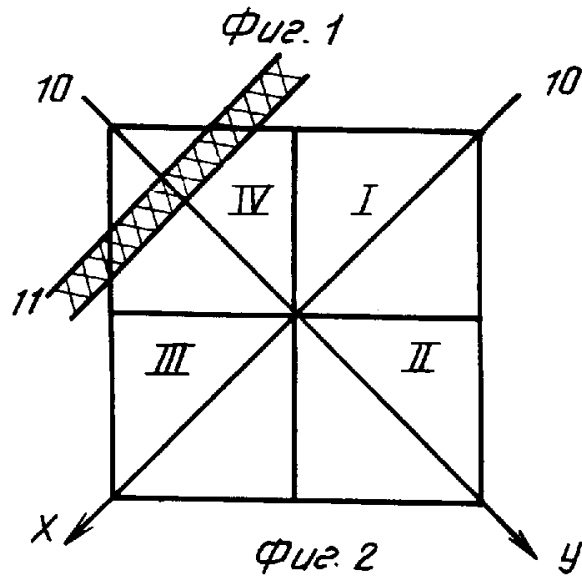
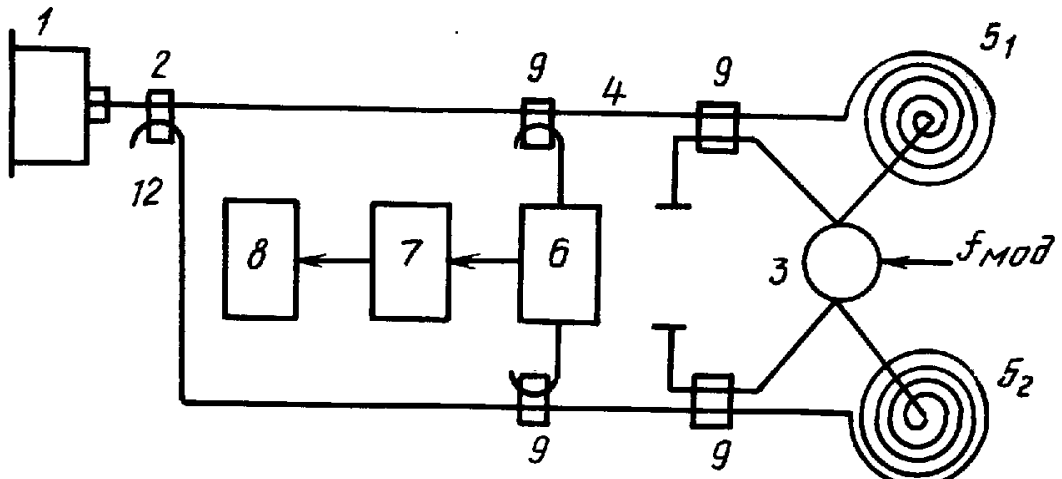
55

60

-5-

RU 2 0 3 9 9 3 4 C 1

RU 2 0 3 9 9 3 4 C 1



RU 2039934 C1

RU 2039934 C1