



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*G01C 19/5642 (2018.08)*

(21)(22) Заявка: 2018141969, 28.11.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.11.2018

Дата регистрации:  
28.02.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2018

(45) Опубликовано: 28.02.2019 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для  
Пролетарского А.В. (НУК ИУ)

(72) Автор(ы):

Басараб Михаил Алексеевич (RU),  
Лунин Борис Сергеевич (RU),  
Чуманкин Евгений Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(RU),  
Публичное акционерное общество  
Арзамасское научно-производственное  
предприятие "ТЕМП-АВИА" (ПАО "АНПП  
ТЕМП-АВИА") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 4793195 A1, 27.12.1988. UA  
79166 C2, 25.05.2007. RU 145777 U1, 27.09.2014.  
US 9879997 B1, 30.01.2018.

(54) Цилиндрический резонатор

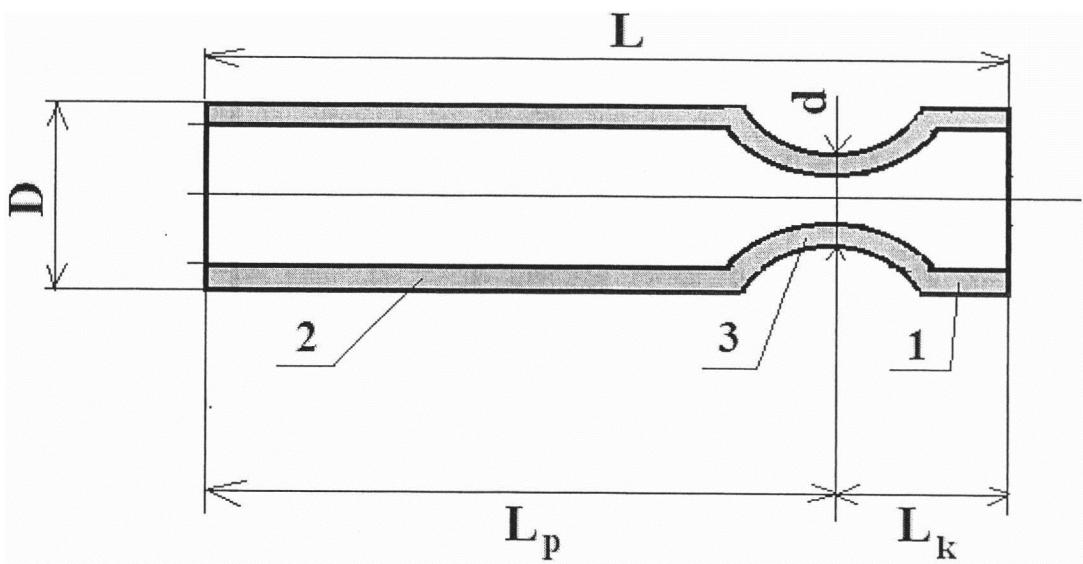
(57) Реферат:

Полезная модель относится к конструкции резонаторов волновых твердотельных гироскопов. Технический результат – повышение добротности в 10-15 раз резонатора волнового твердотельного гироскопа средней и низкой точности и улучшение стабильности его характеристик. Сущность полезной модели заключается в том, что цилиндрический резонатор волнового твердотельного гироскопа выполнен

из кварцевого стекла в виде тонкостенного цилиндра (трубки), закрепляемого за один из его концов. Причем закрепляемый конец цилиндра отделен от рабочей части цилиндра перетяжкой диаметром от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  диаметра цилиндра, а длина закрепляемого конца цилиндра составляет 10-30% от общей длины цилиндрического резонатора. 1 ил.

R U 1 8 7 2 7 2 U 1

R U 1 8 7 2 7 2 U 1



Фиг.1

R U 1 8 7 2 7 2 U 1

R U 1 8 7 2 7 2 U 1

Полезная модель относится к конструкции резонаторов волновых твердотельных гироскопов средней и низкой точности, которые используются для определения угловых перемещений в навигационных устройствах самолетов, кораблей, промышленных роботов.

- 5 Известен резонатор из кварцевого стекла применяемый в волновых твердотельных гироскопах [Loper E.D., Lynch D.D. Vibratory rotation sensor // Патент США G01C 19/56 №4951508 (1990)]. При вращении колеблющегося резонатора вокруг оси симметрии, из-за действия кориолисовых сил, угловые скорости вращения резонатора и волновой картины оказываются различными, что позволяет определить угловую скорость, с  
10 которой вращается резонатор. Известный резонатор вытасчивается из куска кварцевого стекла на прецизионном механическом оборудовании. Известный резонатор характеризуется высокой добротностью  $(10-15) \cdot 10^6$ , высокой изотропностью и стабильностью характеристик. Применение такого резонатора в волновом  
15 твердотельном гироскопе позволяет достичь высокой точности волнового твердотельного гироскопа.

Недостатком известного резонатора является высокая трудоемкость его изготовления и высокая себестоимость, связанная с необходимостью применения прецизионного оборудования для механической обработки стекла. Из-за высокой себестоимости известные резонаторы используют только в волновых твердотельных гироскопах  
20 высокой точности. Волновые твердотельные гироскопы средней и низкой точности являются продукцией массового производства и требуют применения дешевых и простых в производстве резонаторов.

Известен резонатор волнового твердотельного гироскопа, выполненный в виде тонкостенного металлического цилиндра с дном. Резонатор скрепляется дном с другими  
25 частями чувствительного элемента, а его кромка на противоположном конце цилиндра служит рабочей частью резонатора и совершают изгибные колебания при работе резонатора [Koning M.G. Vibrating cylinder gyroscope and method // Патент США, НКИ 74-5.6 №4793195 (1988)]. Известно, что максимальная скорость систематического дрейфа волнового твердотельного гироскопа обратно пропорциональна добротности  
30 резонатора и может быть определена по формуле [Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Волновой твердотельный гироскоп М.: Наука, 1985.125 с.]:

$$\dot{\theta}_{\max} = \frac{A\pi f}{Q} (1 - k), \quad (1)$$

35 где  $\dot{\theta}_{\max}$  - максимальная скорость систематического дрейфа; A - постоянный коэффициент; f - частота изгибных колебаний кромки резонатора; Q - добротность резонатора; k - постоянный коэффициент, учитывающий неизотропность резонатора.

Известный цилиндрический резонатор имеет приемлемую трудоемкость и себестоимость для использования его в волновых твердотельных гироскопах средней и низкой точности. Однако добротность цилиндрических тонкостенных металлических резонаторов не превышает в килогерцовом диапазоне частот 60000-70000 из-за высокого внутреннего трения в металлах. Кроме того, металлическая структура имеет недостаточную однородность и стабильность [Зинер К. Упругость и неупругость металлов // Сб.: Упругость и неупругость металлов // Ред. Вонсовский СВ. М: ИЛ, 1954. С. 9-168.]. В результате максимальная скорость систематического дрейфа достигает в таких гироскопах 1000 град/час и имеет невысокую стабильность из-за временной нестабильности внутреннего трения в металлической структуре.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является увеличение в 10-15 раз добротности резонатора волнового твердотельного гироскопа и улучшение стабильности его характеристик.

Этот технический результат достигается за счет того, что цилиндрический резонатор волнового твердотельного гироскопа выполнен из кварцевого стекла в виде тонкостенного цилиндра (трубки), закрепляемого за один из его концов. Причем закрепляемый конец цилиндра отделен от рабочей части цилиндра перетяжкой диаметром от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  диаметра цилиндра, а длина закрепляемого конца цилиндра составляет 10-30% от общей длины цилиндрического резонатора.

На Фиг. 1 приведена конструкция цилиндрического резонатора.

Цилиндрический резонатор выполняют из отрезка трубы из кварцевого стекла длиной L и диаметром D. Резонатор имеет закрепляемый конец 1 длиной  $L_k$  и рабочую часть 2 длиной  $L_p$ . Закрепляемый конец 1 цилиндра отделен от рабочей части 2 перетяжкой 3 диаметром d. Перетяжку 3 изготавливают, нагревая отрезок кварцевой трубы в пламени стеклодувной горелки до размягчения кварцевого стекла, и деформируя трубку для получения необходимой формы.

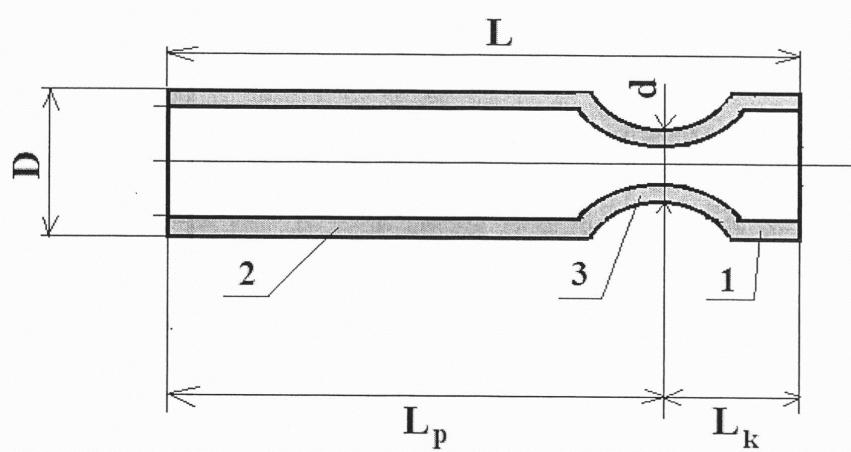
Предложенный цилиндрический резонатор работает следующим образом. Резонатор закрепляют в волновом твердотельном гироскопе за закрепляемый конец 1, например, с помощью клея. С помощью электрической системы волнового твердотельного гироскопа возбуждают изгибные колебания рабочей части 2 резонатора и измеряют эволюцию волновой картины. По этим измерениям определяют угловое перемещение гироскопа. Благодаря наличию перетяжки 3 диаметром  $d = (\frac{1}{4} - \frac{1}{3}) \cdot D$ , отделяющей закрепляемый конец длиной  $L_k = (0.1 - 0.3) \cdot L$  от рабочей части цилиндра, колебания рабочей части не передаются в закрепляемый конец 1 и добротность резонатора не уменьшается. Благодаря тому, что в качестве материала в заявляемой полезной модели использовано кварцевое стекло, добротность резонатора оказывается высокой и по данным авторов превышает  $10^6$ , а стабильность характеристик предложенного резонатора оказывается высокой, благодаря высокой стабильности свойств кварцевого стекла.

Предложенный резонатор изготавливают без использования прецизионного механического оборудования, поэтому себестоимость изготовления невелика, что позволяет использовать его в волновых гироскопах средней и низкой точности.

Таким образом, по сравнению с известным цилиндрическим резонатором, заявленная полезная модель позволяет увеличить добротность цилиндрического резонатора волнового твердотельного гироскопа средней и низкой точности в 10-15 раз и увеличить стабильность его характеристик без увеличения его себестоимости.

#### (57) Формула полезной модели

Цилиндрический резонатор волнового твердотельного гироскопа, выполненный из кварцевого стекла в виде тонкостенного цилиндра, закрепляемого за один из его концов, отличающийся тем, что закрепляемый конец цилиндра отделен от рабочей части цилиндра перетяжкой диаметром от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  диаметра цилиндра, а длина закрепляемого конца цилиндра составляет 10-30% от общей длины цилиндрического резонатора.



Фиг.1.