

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202200135 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.05.31

(51) Int. Cl. G01C 19/58 (2006.01)  
G01P 3/44 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.10.25

(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ГИРОСКОПА

(31) 2021131837

(72) Изобретатель:

(32) 2021.10.29

Дурукан Ясемин, Перегудов

(33) RU

Александр Николаевич, Попкова

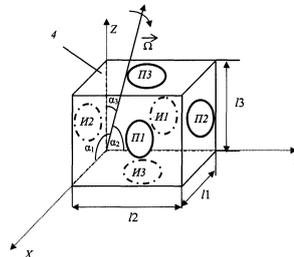
(71) Заявитель:

Екатерина Сергеевна, Шевелько

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И.  
УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА) (RU)

Михаил Михайлович (RU)

(57) Чувствительный элемент гироскопа относится к устройствам, используемым в приборах ориентации и навигации. Чувствительный элемент содержит звукопровод, выполненный из изотропного материала, в форме параллелепипеда и пластинчатые пьезоэлектрические излучающий и приёмный преобразователи сдвиговых волн, оси чувствительности которых перпендикулярны друг другу, при этом преобразователи размещены на противоположных гранях звукопровода. Достижимым техническим результатом является создание чувствительного элемента гироскопа, который обеспечивает как измерение абсолютного значения угловой скорости, так и определение пространственной ориентации вектора угловой скорости.



A1

202200135

202200135

A1

## ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ГИРОСКОПА

Чувствительный элемент гироскопа относится к устройствам, используемым для измерения угловой скорости в приборах ориентации и навигации, например, в датчиках угловой скорости.

Для измерения угловой скорости используются гироскопы, чувствительные элементы которых базируются на различных физических принципах, в том числе на основе контроля параметров акустических волн.

Известен ряд чувствительных элементов для измерения угловой скорости на основе акустических волн.

Известен чувствительный элемент гироскопа, описанный в патенте RU2457436C1 [«Чувствительный элемент гироскопа» МПК G01C 19/58], который представляет собой твердотельный звукопровод, имеющий один плоскопараллельный торец, второй торец имеет наклонную грань. На плоскопараллельном торце размещен пластинчатый пьезоэлектрический преобразователь сдвиговой волны, вектор поляризации которой параллелен наклону грани. Наклонная грань обеспечивает нормальное падение возникающей при отражении от этой грани продольной составляющей волны на приемный преобразователь продольных колебаний, расположенный на боковой грани звукопровода.

Известен чувствительный элемент гироскопа, описанный в патенте RU2714530C1 [«Ультразвуковой способ измерения угловой скорости» МПК G01P3/44], который выполнен в виде пластинчатых пьезоэлектрических преобразователей, размещенных непосредственно на объекте измерения. Излучающий пьезопреобразователь возбуждает сдвиговую волну, которая распространяется перпендикулярно оси вращения среды распространения. В условиях вращения пластинчатый пьезоэлектрический преобразователь принимает продольную компоненту вектора поляризации.

Наиболее близким по совокупности признаков устройства является чувствительный элемент, описанный в патенте RU2397445C1 [«Чувствительный элемент гироскопа» МПК G01C19/58 G01P9/04], который реализован в виде твердотельного звукопровода, выполненного из изотропного материала в форме цилиндра и размещенных на противоположных плоскопараллельных торцах

звукопровода пластинчатых пьезоэлектрических излучающего и приёмного преобразователей сдвиговых волн, оси чувствительности которых перпендикулярны друг другу.

Недостатком чувствительного элемента является измерение только одной компоненты вектора угловой скорости, направленной вдоль оси вращения, которая совпадает с направлением распространения волн, что не позволяет определять пространственную ориентацию вектора угловой скорости.

Задачей настоящего изобретения является создание чувствительного элемента, обеспечивающего измерение значений трёх компонент вектора угловой скорости. Одновременное измерение трех компонент необходимо при решении задач, где требуется определение пространственной ориентации вектора угловой скорости.

Поставленная задача решается за счет того, что предлагаемый чувствительный элемент, также как и известный, содержит звукопровод, выполненный из изотропного материала, и пластинчатые пьезоэлектрические преобразователи сдвиговых волн. Но, в отличие от известного, в предлагаемом решении звукопровод выполнен в форме параллелепипеда, на каждой грани которого размещен пьезоэлектрический преобразователь, причем излучающие преобразователи и приемные расположены на противоположных гранях звукопровода, а их оси чувствительности перпендикулярны друг другу

Достижимым техническим результатом является создание чувствительного элемента гироскопа, который обеспечивает измерение абсолютного значения и определение пространственной ориентации вектора угловой скорости, т.е. техническим результатом является создание универсального чувствительного элемента датчика угловой скорости, в совокупности с которым не потребуются дополнительных устройств для измерения положения и скорости вращения объекта.

Технический результат достигается за счет того, что звукопровод выполнен в форме параллелепипеда, а на всех противоположных гранях звукопровода размещены излучающий и приёмный пластинчатые пьезоэлектрические преобразователи сдвиговых волн. Такое размещение пластинчатых пьезоэлектрических преобразователей обеспечивает измерение угловых скоростей по трем взаимно перпендикулярным осям, что позволяет определять абсолютное значение и пространственную ориентацию вектора угловой скорости.

Сущность предлагаемого чувствительного элемента поясняется чертежами, где:

на фиг. 1 представлена схема чувствительного элемента гироскопа.

на фиг. 2 показан поворот вектора поляризации на угол, пропорциональный угловой скорости вращения.

Рассмотрим более подробно конструкцию предлагаемого чувствительного элемента. На фиг. 1 показаны три пары пластинчатых пьезоэлектрических преобразователей И1П1, И2П2, И3П3, которые размещены на твердотельном звукопроводе 4, выполненном из изотропного материала в форме параллелепипеда. Излучающие преобразователи сдвиговых волн И1, И2, И3 возбуждают сдвиговые волны, приёмные пластинчатые пьезопреобразователи П1, П2, П3, оси чувствительности которых перпендикулярны осям чувствительности соответствующих излучающих преобразователей, принимают возникшие в условиях вращения звукопровода колебания. При отсутствии вращения принимаемый сигнал на приёмных пьезопреобразователях П1, П2, П3, отсутствует.

При наличии вращения, под воздействием силы Кориолиса, происходит поворот вектора поляризации излученной сдвиговой волны на угол, пропорциональный скорости вращения. На фиг. 2 показан поворот вектора поляризации  $\xi_{И1}$  излученной преобразователем И1 сдвиговой волны на угол  $\beta_1$ . Амплитуда принятой приёмным преобразователем П1 компоненты вектора поляризации  $\xi_{П1}$  пропорциональна определяемой компоненте вектора угловой скорости вращения  $\Omega_1$ . При этом вращение, происходящее под другим углом не влияет на амплитуду принятого сигнала, то есть чувствительный элемент, построенный на указанном принципе – одноосевой. При возбуждении волн преобразователями И2, И3 наблюдаемые эффекты аналогичны. Тогда, поворот векторов поляризации каждой из излученных волн будет определяться следующим соотношением:

$$\beta_1 = \tau_1 \Omega_1; \beta_2 = \tau_2 \Omega_2; \beta_3 = \tau_3 \Omega_3 \quad (1)$$

Где  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  – времена распространения волн в звукопроводе в соответствующем направлении, которые определяются соотношениями:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{c}; \tau_2 = \frac{l_2}{c}; \tau_3 = \frac{l_3}{c};$$

Где  $l_1, l_2, l_3$  – длины звукопровода в соответствующем направлении,  $c$  – скорость распространения сдвиговых волн.

Пусть вращение происходит вокруг произвольной оси с угловой скоростью  $\vec{\Omega}$ . Выходные напряжения  $U_{\text{вых1}}, U_{\text{вых2}}, U_{\text{вых3}}$ , снимаемые с приёмных преобразователей, связаны с величинами компонент угловых скоростей  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$  следующими соотношениями:

$$U_{\text{вых1}} = U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_1 \Omega_1; U_{\text{вых2}} = U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_2 \Omega_2; U_{\text{вых3}} = U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_3 \Omega_3$$

Где  $U_{\text{вх}}$  – напряжение, подаваемое на излучающие преобразователи  
 $K_{\text{ак}}$  – коэффициент передачи акустического тракта датчика

Откуда величины проекций вектора угловой скорости  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$  на оси  $X, Y, Z$ , показанные на фиг. 1, определяются следующими соотношениями:

$$\Omega_1 = \frac{U_{\text{вых1}}}{U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_1}; \Omega_2 = \frac{U_{\text{вых2}}}{U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_2}; \Omega_3 = \frac{U_{\text{вых3}}}{U_{\text{вх}} K_{\text{ак}} \tau_3}$$

(2)

Абсолютное значение угловой скорости представляет собой векторное сложение компонент вектора угловой скорости  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ :

$$\Omega = \sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2}$$

(3)

При этом функционирование системы преобразователей происходит следующим образом.

Пара преобразователей И1П1 измеряет компоненту вектора угловой скорости  $\Omega_1$ , направленную по оси  $X$ , проекция которой связана с абсолютным значением угловой скорости, следующим соотношением:

$$\cos(\alpha_1) = \frac{\Omega_1}{\Omega}$$

Пара преобразователей И2П2 измеряет компоненту вектора угловой скорости  $\Omega_2$ , направленную по оси  $Y$ , проекция которой связана с абсолютным значением угловой скорости, следующим соотношением:

$$\cos(\alpha_2) = \frac{\Omega_2}{\Omega}$$

Пара преобразователей ИЗПЗ измеряет компоненту вектора угловой скорости  $\Omega_3$ , направленную по оси  $Z$ , проекция которой связана с абсолютным значением угловой скорости, следующим соотношением:

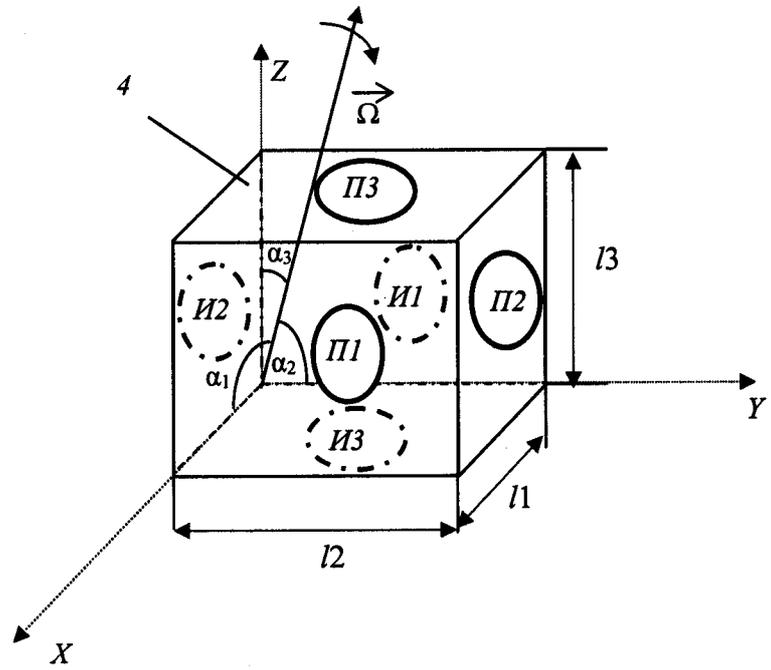
$$\cos(\alpha_3) = \frac{\Omega_3}{\Omega}$$

Таким образом, выражения (2) позволяют определить компоненты угловых скоростей, а, значит и пространственную ориентацию, по принятым значениям выходных напряжений, а выражение (3) позволяет вычислить абсолютное значение угловой скорости.

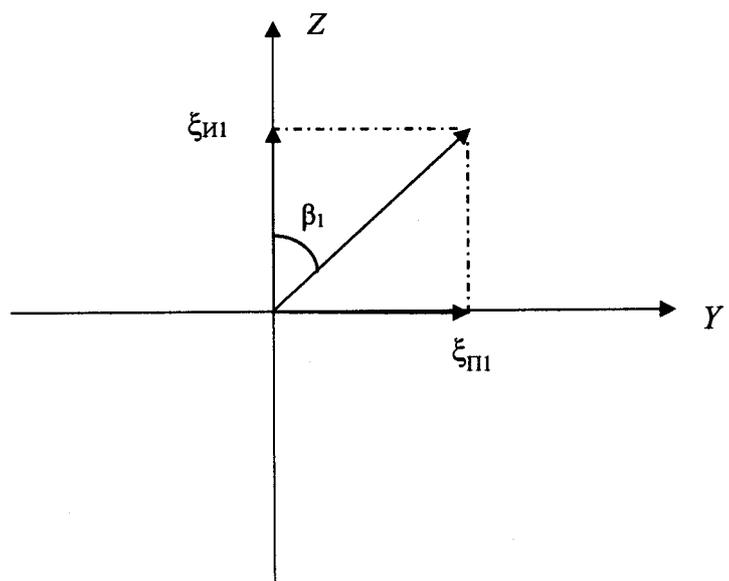
### **Формула изобретения**

Чувствительный элемент гироскопа, содержащий звукопровод, выполненный из изотропного материала, и пластинчатые пьезоэлектрические преобразователи сдвиговых волн, отличающийся тем, что звукопровод выполнен в форме параллелепипеда, на каждой грани которого размещен пьезоэлектрический преобразователь, причем излучающие преобразователи и приемные расположены на противоположных гранях звукопровода, а их оси чувствительности перпендикулярны друг другу.

# ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ГИРОСКОПА



Фиг. 1



Фиг. 2

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**  
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202200135**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

G01C 19/58 (2006.01)  
G01P 3/44 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)  
G01C G01P

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)  
ЕАПАТИС, Google Patents, espacenet, patentscope

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D,A	RU 2397445C1 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И.УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА) 28.08.2010 Весь документ	1
A	RU 2520949C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И.УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА) 27.06.2014 Весь документ	1
A	US 8011245B2 (INNALABS TECHNOLOGIES, INC.) 06.09.2011 Весь документ	1
A	JPH09264745A (MINOLTA CO LTD и др.) 07.10.1997 Весь документ	1

последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники  
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке  
«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее  
«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.  
"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«T» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения  
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности  
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории  
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом  
«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **01/02/2023**

Уполномоченное лицо:  
Начальник отдела механики,  
физики и электротехники

  
Д.Ф. Крылов