РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 833 103**(13) **C1**

(51) МПК
H02N 2/02 (2006.01)
H10N 30/20 (2023.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02N 2/02 (2024.08); H10N 30/20 (2024.08)

(21)(22) Заявка: **2024100389, 11.01.2024**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2024

Дата регистрации:
15.01.2025

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **11.01.2024**

(45) Опубликовано: **15.01.2025** Бюл. № **2**

Адрес для переписки:
614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 29, ФГАОУ ВО "ПНИПУ", Ташкинов Анатолий Александрович

(72) Автор(ы):
Паньков Андрей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Пермский национальный исследовательский политехнический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2803015 C1, 05.09.2023. RU 2793564 C1, 04.04.2023. DE 102004056754 A1, 01.06.2006. GB 2365206 A, 13.02.2002. US 20130342083 A1, 26.12.2013. US 6919669 B2, 19.07.2005.**

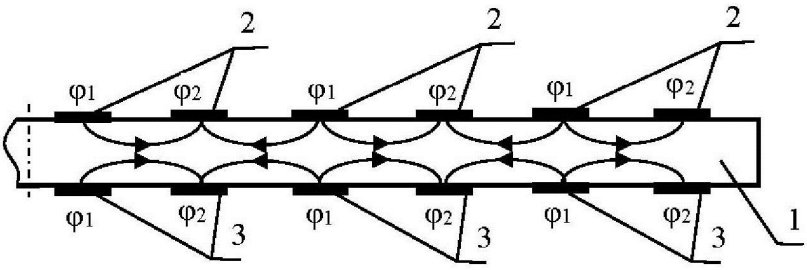
(54) ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, в частности к пьезоэлектрическим актюаторам сложных контролируемых форм деформирования, и предназначено для использования в микромеханике, управляемой оптике, сенсорной и медицинской технике, акустике, в частности, при изготовлении пьезоэлектрических акустических элементов мембранного типа. Технический результат – повышение эффективности пьезоэлектрического актюатора - расширение спектра возможных управляемых деформационных форм. Пьезоэлектрический актюатор включает в себя пьезоэлектрический слой, токопроводящую линию в виде спиралей взаимодействующих электродов, расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя. Токопроводящая линия выполнена в виде одной или двух многозаходных спиралей взаимодействующих электродов, расположенных соответственно на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя. 6 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2833103 C1

RU 2833103 C1



фиг. 2

RU 2833103 C1

RU 2833103 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 833 103**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
H02N 2/02 (2006.01)
H10N 30/20 (2023.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H02N 2/02 (2024.08); H10N 30/20 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024100389, 11.01.2024**

(24) Effective date for property rights:
11.01.2024

Registration date:
15.01.2025

Priority:
(22) Date of filing: **11.01.2024**

(45) Date of publication: **15.01.2025** Bull. № **2**

Mail address:
614990, Permskij kraj, g. Perm, Komsomolskij pr-kt, 29, FGAOU VO "PNIPU", Tashkinov Anatolij Aleksandrovich

(72) Inventor(s):
Pankov Andrei Anatolevich (RU)

(73) Proprietor(s):
federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Permskii natsionalnyi issledovatelskii politekhnicheskii universitet» (RU)

(54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR

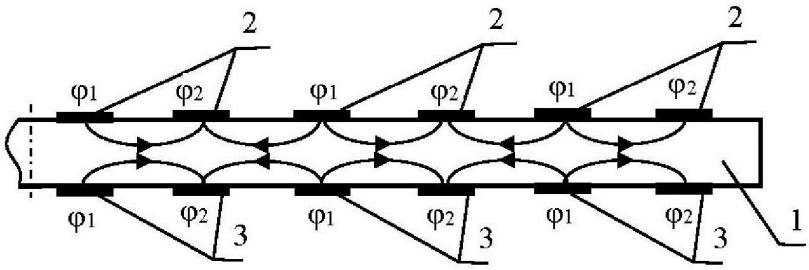
(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to piezoelectric actuators of complex controlled forms of deformation, and is intended for use in micromechanics, controlled optics, sensor and medical equipment, acoustics, in particular, in production of piezoelectric acoustic elements of membrane type. Piezoelectric actuator includes a piezoelectric layer, a current-conducting line in the form of spirals of interacting electrodes located on one or both sides of the piezoelectric layer. Current-conducting line is made in the form of one or two multistart coils of interacting electrodes located on one or both sides of the piezoelectric layer, respectively.

EFFECT: high efficiency of the piezoelectric actuator—wider range of possible controlled deformation forms.

7 cl, 5 dwg



фиг. 2

RU 2833103 C1

RU 2833103 C1

Изобретение относится к устройствам на основе пьезоматериалов, а именно к пьезоэлектрическим актюаторам сложных контролируемых форм деформирования и предназначено для использования в микромеханике, управляемой оптике, сенсорной и медицинской технике, акустике, в частности, при изготовлении пьезоэлектрических акустических элементов мембранного типа.

Наиболее близким устройством того же назначения к заявленному изобретению по совокупности признаков является пьезоэлектрический актюатор, включающий в себя пьезоэлектрический слой, токопроводящую линию в виде одной или двух противолежащих друг другу двухзаходных (двойных) спиралей взаимодействующих электродов, расположенных соответственно на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя (Патент RU №2803015 от 05.09.2023). Данное устройство принято за прототип.

Недостатком известного устройства, принятого за прототип, является небольшой спектр контролируемых форм деформирования, ограниченный лишь осесимметричными деформациями пьезоэлектрического актюатора.

Признаки прототипа, совпадающие с существенными признаками заявляемого изобретения, - пьезоэлектрический слой, токопроводящая линия в виде спиралей взаимодействующих электродов, расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание пьезоэлектрического актюатора с повышенной эффективностью - возможностью создания сложных контролируемых форм деформирования.

Поставленная задача была решена за счет того, что в известном пьезоэлектрическом актюаторе, включающем в себя пьезоэлектрический слой, токопроводящую линию в виде спиралей взаимодействующих электродов, расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя, согласно изобретению токопроводящая линия выполнена в виде одной или двух многозаходных спиралей взаимодействующих электродов, расположенных соответственно на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя.

Пьезоэлектрический слой и токопроводящая линия могут быть выполнены пространственной криволинейной формы, в частности: цилиндрической, конической, параболоидной, сферической, тороидальной, эллиптической или плоской.

Эквипотенциальные электроды многозаходных спиралей, расположенных противоположно друг другу на обеих сторонах пьезоэлектрического слоя, могут быть соединены между собой с образованием ленточных спиральных электродов с шириной пьезоэлектрического слоя.

Пьезоэлектрический актюатор может являться частью составного пьезоэлектрического актюатора, включающего в себя электрически не связанные между собой два или более пьезоэлектрических актюатора, в частности, в виде плоских концентрических пьезоэлектрических актюаторов эллиптической кольцевой формы или в виде концентрических полых цилиндрических или эллипсоидальных пьезоэлектрических актюаторов, соединенных своими смежными боковыми поверхностями посредством электроизолирующей клеевой прослойки, направления закручивания спиралей токопроводящих линий пьезоэлектрических актюаторов одинаковое или взаимообратное.

Поляризация пьезоэлектрического слоя может быть осуществлена посредством приложения поляризующих электрических напряжений к электродам токопроводящей линии.

Пьезоэлектрический актюатор может включать в себя электроизоляционную подложку, в частности, подложку в виде тонкой пластины, на боковой поверхности которой установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки плоский пьезоэлектрический актюатор или подложку в виде тела вращения, на боковой поверхности которого установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки пьезоэлектрический актюатор соответствующей формы.

Пьезоэлектрический актюатор может включать в себя внешнее электроизоляционное защитное покрытие.

Признаки заявляемого технического решения, отличительные от прототипа, - токопроводящая линия выполнена в виде одной или двух многозаходных спиралей взаимодействующих электродов, расположенных соответственно на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя; пьезоэлектрический слой и токопроводящая линия выполнены пространственной криволинейной формы, в частности: цилиндрической, конической, параболоидной, сферической, тороидальной, эллиптической или плоской; эквипотенциальные электроды многозаходных спиралей, расположенных противоположно друг другу на обеих сторонах пьезоэлектрического слоя, соединены между собой с образованием ленточных спиральных электродов с шириной пьезоэлектрического слоя; пьезоэлектрический актюатор является частью составного пьезоэлектрического актюатора, включающего в себя электрически не связанные между собой два или более пьезоэлектрических актюатора, в частности, в виде плоских концентрических пьезоэлектрических актюаторов эллиптической кольцевой формы или в виде концентрических полых цилиндрических или эллипсоидальных пьезоэлектрических актюаторов, соединенных своими смежными боковыми поверхностями посредством электроизолирующей клеевой прослойки, направления закручивания спиралей токопроводящих линий пьезоэлектрических актюаторов одинаковое или взаимообратное; поляризация пьезоэлектрического слоя осуществлена посредством приложения поляризующих электрических напряжений к электродам токопроводящей линии; пьезоэлектрический актюатор включает в себя электроизоляционную подложку, в частности, подложку в виде тонкой пластины, на боковой поверхности которой установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки плоский пьезоэлектрический актюатор или подложку в виде тела вращения, на боковой поверхности которого установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки пьезоэлектрический актюатор соответствующей формы; пьезоэлектрический актюатор включает в себя внешнее электроизоляционное защитное покрытие.

Отличительные признаки, в совокупности с известными, позволяют увеличить эффективность пьезоэлектрического актюатора.

Заявителю неизвестно использование в науке и технике отличительных признаков заявленного пьезоэлектрического актюатора с получением указанного технического результата.

Предлагаемый пьезоэлектрический актюатор иллюстрируется чертежами, представленными на фиг. 1- фиг. 5.

На фиг. 1 изображен эллипсоидальный пьезоэлектрический актюатор с трехзаходной спиралью поверхностных или встроенных (в пьезоэлектрический элемент - слой в виде эллипсоидальной оболочки) электродов.

На фиг. 2, фиг. 3 изображены фрагменты поперечного сечения пьезоэлектрического элемента в виде слоя с протяженными электродными ленточными покрытиями для случая двухзаходной (фиг. 2) и трехзаходной (фиг. 3) спирали токопроводящей линии

на его боковых поверхностях и криволинейные направления поляризаций слоя вдоль силовых линий электрического поля.

На фиг. 4 изображен мембранный пьезоэлектрический актюатор с двухзаходной спиралью поверхностных или встроенных (в пьезоэлектрический слой) электродов.

На фиг. 5 изображен мембранный пьезоэлектрический актюатор с трехзаходной спиралью поверхностных или встроенных (в пьезоэлектрический слой) электродов.

Пьезоэлектрический актюатор включает пьезоэлектрический слой 1 и токопроводящую линию взаимодействующих электродов 2,3, расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя 1, при этом токопроводящая линия выполнена в виде одной, например, «верхней» 2 или двух: «верхней» 2 и «нижней» 3 многозаходных (например, двух- или трехзаходной) спиралей взаимодействующих электродов (со значениями электрических потенциалов ϕ_1, ϕ_2, или ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 соответственно), расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя 1.

Пьезоэлектрический слой 1 и токопроводящая линия взаимодействующих электродов 2,3 могут быть выполнены пространственной криволинейной формы, в частности: цилиндрической, конической, параболоидной, сферической, тороидальной, эллиптической или плоской.

Эквипотенциальные электроды 2,3 многозаходных спиралей, расположенных противоположно друг другу на обеих («верхней» и «нижней») сторонах пьезоэлектрического слоя 1, могут быть соединены между собой с образованием ленточных спиральных электродов с шириной пьезоэлектрического слоя 1.

Пьезоэлектрический актюатор может являться частью составного пьезоэлектрического актюатора, включающего в себя электрически не связанные между собой два или более пьезоэлектрических актюаторов, в частности, в виде плоских концентрических пьезоэлектрических актюаторов эллиптической кольцевой формы или в виде концентрических полых цилиндрических или эллипсоидальных (фиг. 1) пьезоэлектрических актюаторов, соединенных своими смежными боковыми поверхностями посредством электроизолирующей клеевой прослойки, направления закручивания спиралей токопроводящих линий пьезоэлектрических актюаторов одинаковое или взаимообратное.

Поляризация пьезоэлектрического слоя 1 осуществлена посредством приложения поляризующих электрических напряжений к электродам 2,3 токопроводящей линии.

Пьезоэлектрический актюатор может включать в себя электроизоляционную подложку, в частности, подложку в виде тонкой пластины, на боковой поверхности которой установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки плоский пьезоэлектрический актюатор или подложку в виде тела вращения, на боковой поверхности которого установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки пьезоэлектрический актюатор соответствующей формы (например, эллипсоидальной формы, см. фиг. 1).

Пьезоэлектрический актюатор может включать в себя внешнее электроизоляционное защитное покрытие (на фиг. 1 - фиг. 3 не показано) для электроизоляции и защиты актюатора от механических повреждений.

Устройство работает следующим образом.

Пьезоэлектрический актюатор, в частности, оболочечной эллипсоидальной формы (см. фиг. 1) устанавливается (приклеивается) на одной (например, внешней) или обеих (внешней и внутренней) поверхностях полой упругой оболочки (подложки) соответствующей формы. Осуществляется подключение различных управляющих

электрических потенциалов к выходам спиралей многоэлектродной криволинейной токопроводящей линии пьезоэлектрического актюатора, например, трех потенциалов ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 к выходам спиралей трехэлектродной токопроводящей линии (см. фиг. 1, фиг. 3).

При этом силовые линии электрического поля локальных областей пьезоэлектрического слоя 1 (см. фиг. 1 - фиг. 3) направлены сонаправленно или противоположно направленно направлениям поляризаций этих локальных областей пьезоэлектрического слоя 1 в зависимости от значений задаваемых потенциалов ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 на электродах трехэлектродной токопроводящей линии.

В локальных областях пьезоэлектрического слоя 1, расположенных между соседними парами (витками) электродов, возникают высокие значения напряженности электрического поля, что обусловлено малыми значениями шага спиралей и большими значениями управляющих электрических напряжений между различными витками электродов 2, 3.

В результате обратного пьезоэффекта в локальных областях пьезоэлектрического слоя 1, расположенных между соседними парами (витками) электродов 2,3, возникают относительно большие величины осевых деформаций (сжимающих или растягивающих в зависимости от полярности управляющих электрических напряжений) вдоль силовых линий (см. фиг. 2, фиг. 3) электрического поля.

Полярность управляющих электрических напряжений между различными электродами 2,3 пьезоэлектрического актюатора устанавливается с учетом функционального назначения актюатора.

С увеличением числа электродов (т.е. числа «заходов» в многозаходной спирали) многоэлектродной криволинейной токопроводящей линии расширяется спектр управляемых деформационных форм пьезоэлектрического актюатора.

Пьезоэлектрический актюатор также может функционировать в режиме электрогенератора (в частности, для сбора и преобразования побочной механической энергии из окружающей среды) на основе преобразования действующих на него внешних динамических (ударных) механических воздействий в электрическую энергию на выходах его спиральных электродов.

Пьезоэлектрический актюатор также может функционировать в режиме пьезоэлектрического датчика - электромеханического преобразователя диагностируемых деформаций в информативные электрические сигналы на выходах электродов токопроводящей линии.

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет значительно повысить эффективность пьезоэлектрического актюатора - расширить спектр возможных управляемых деформационных форм. Указанный технический результат подтвержден результатами численного моделирования изгибных форм круглой упругой мембраны (подложки) с установленными по типу «биморф» на ее обеих боковых поверхностях круглыми (пленочными) пьезоэлектрическими актюаторами.

(57) Формула изобретения

1. Пьезоэлектрический актюатор, включающий пьезоэлектрический слой, токопроводящую линию в виде спиралей взаимодействующих электродов, расположенных на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя, отличающийся тем, что токопроводящая линия выполнена в виде одной или двух многозаходных спиралей взаимодействующих электродов, расположенных соответственно на одной или обеих сторонах пьезоэлектрического слоя.

2. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что пьезоэлектрический слой и токопроводящая линия выполнены пространственной криволинейной формы, в частности: цилиндрической, конической, параболоидной, сферической, тороидальной, эллиптической или плоской.

3. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что эквипотенциальные электроды многозаходных спиралей, расположенных противоположно друг другу на обеих сторонах пьезоэлектрического слоя, соединены между собой с образованием ленточных спиральных электродов с шириной пьезоэлектрического слоя.

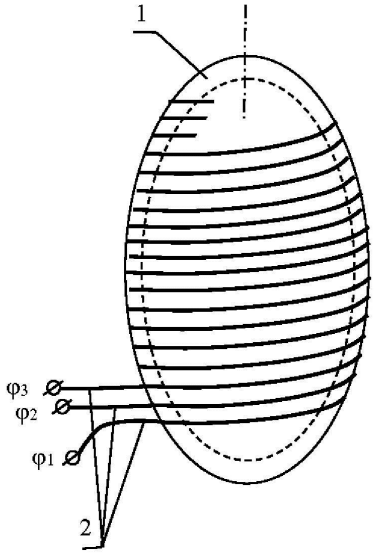
4. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что пьезоэлектрический актюатор является частью составного пьезоэлектрического актюатора, включающего в себя электрически не связанные между собой два или более пьезоэлектрических актюатора, в частности, в виде плоских концентрических пьезоэлектрических актюаторов эллиптической кольцевой формы или в виде концентрических полых цилиндрических или эллипсоидальных пьезоэлектрических актюаторов, соединенных своими смежными боковыми поверхностями посредством электроизолирующей клеевой прослойки, направление закручивания спиралей токопроводящих линий пьезоэлектрических актюаторов одинаковое или взаимообратное.

5. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что поляризация пьезоэлектрического слоя осуществлена посредством приложения поляризующих электрических напряжений к электродам токопроводящей линии.

6. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что пьезоэлектрический актюатор включает в себя электроизоляционную подложку, в частности подложку в виде тонкой пластины, на боковой поверхности которой установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки плоский пьезоэлектрический актюатор, или подложку в виде тела вращения, на боковой поверхности которого установлен посредством электроизоляционной клеевой прослойки пьезоэлектрический актюатор соответствующей формы.

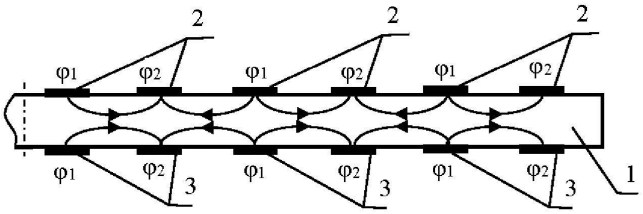
7. Пьезоэлектрический актюатор по п.1, отличающийся тем, что включает в себя внешнее электроизоляционное защитное покрытие.

1

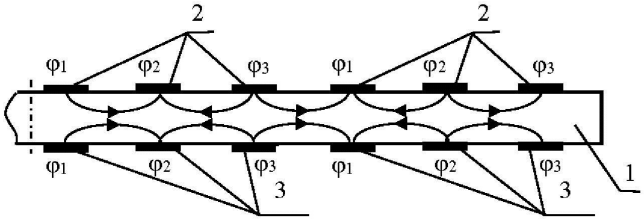


фиг. 1

2

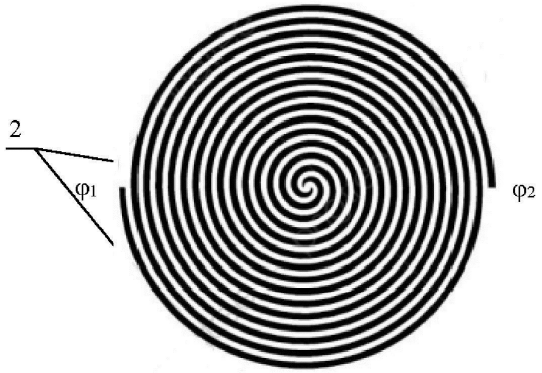

2
2
2
φ1
φ2
φ1
φ2
φ1
φ2
φ1
φ2
3
φ1
φ2
3
φ1
φ2
3
1

фиг. 2

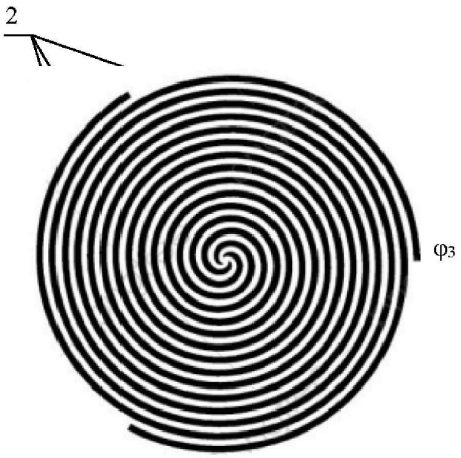

2
2
φ1
φ2
φ3
φ1
φ2
φ3
φ1
φ2
φ3
3
φ1
φ2
φ3
3
1

фиг. 3

3



фиг. 4



фиг. 5