



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016127089, 05.07.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.07.2016

Дата регистрации:
06.07.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.07.2016

(45) Опубликовано: 06.07.2017 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

440026, г. Пенза, ул. Красная, 40, Пензенский
государственный университет

(72) Автор(ы):

Амельченко Анатолий Григорьевич (RU),
Бардин Виталий Анатольевич (RU),
Васильев Валерий Анатольевич (RU),
Царев Павел Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Пензенский государственный
университет" (ФГБОУ ВО "Пензенский
государственный университет") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2390090 C1, 20.05.2010. RU
2281598 C1, 10.08.2006. RU 2080631 C1,
27.05.1997. US 6979934 B1, 27.12.2005. US
2012031209 A1, 09.02.2012.

(54) УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

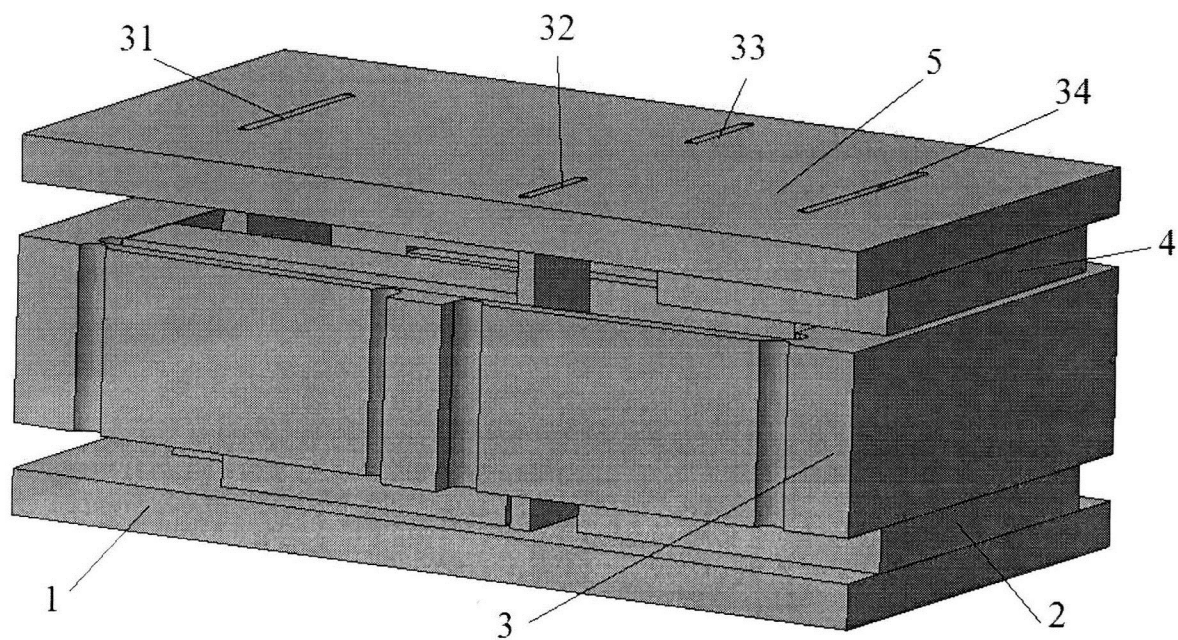
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в качестве исполнительного механизма управляющих систем прецизионного приборостроения, в оптических системах. В усиливающем пьезоэлектрическом актюаторе, содержащем рабочее перемещаемое звено, линейные пьезоэлектрические элементы в виде пьезоэлектрических пакетов, перемещаемое звено выполнено в виде рамки с вырезами, внутри которой расположено основание в форме плиты с четырьмя вертикальными упорами. А четыре

пьезоэлектрических пакета поджаты между элементами упругой рамки и четырьмя вертикальными упорами. Два средних пьезоэлектрических пакета поджаты с помощью Г-образной тяги и могут совершать встречное перемещение. Технический результат состоит в повышении линейности, точности позиционирования, нагрузочного усилия, надежности и технологичности изготовления, уменьшении габаритных размеров. 9 ил.

RU 2 624 773 C1

RU 2 624 773 C1



Фиг. 1

RU 2624773 C1

RU 2624773 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016127089, 05.07.2016**(24) Effective date for property rights:
05.07.2016Registration date:
06.07.2017

Priority:

(22) Date of filing: **05.07.2016**(45) Date of publication: **06.07.2017** Bull. № 19

Mail address:

**440026, g. Penza, ul. Krasnaya, 40, Penzenskij
gosudarstvennyj universitet**

(72) Inventor(s):

**Amelchenko Anatolij Grigorevich (RU),
Bardin Vitalij Anatolevich (RU),
Vasilev Valerij Anatolevich (RU),
Tsarev Pavel Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Penzenskij gosudarstvennyj
universitet" (FGBOU VO "Penzenskij
gosudarstvennyj universitet") (RU)**(54) **AMPLIFYING PIEZOELECTRIC ACTUATOR OF INCREASED POSITIONAL ACCURACY**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: in an amplifying piezoelectric actuator containing a working movable link, linear piezoelectric elements in the form of piezoelectric packs, the movable link is made in the form of a frame with cutouts, inside of which a base in the form of a plate with four vertical supports is located. Four piezoelectric packs are pressed between elements of

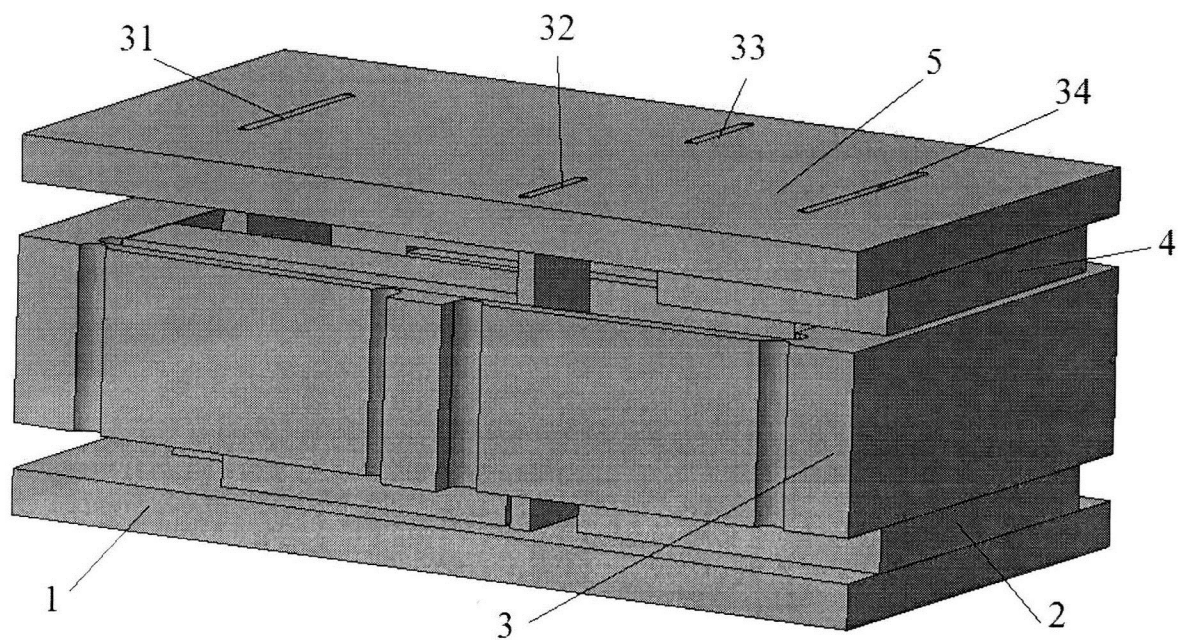
elastic frame and four vertical supports. Two medium piezoelectric packs are pressed by a L-shaped rod and can counter-move.

EFFECT: improved linearity, positional accuracy, loading pressure, reliability and manufacturability of production, reduced dimensional specifications.

9 dwg

RU 2 624 773 C1

RU 2 624 773 C1



Фиг. 1

RU 2624773 C1

RU 2624773 C1

Изобретение относится к области электромеханики и пьезотехники и может быть использовано в качестве исполнительного механизма управляющих систем прецизионного приборостроения, в оптических системах, в системах нанотехнологий.

Известен пьезоэлектрический двигатель [1]. Он состоит из пьезопакета (пьезоэлектрического пакета) с осевым отверстием, с которым сопряжены опорные элементы со сферическими внешними поверхностями. Первый опорный элемент связан с упругим корпусом, а второй опорный элемент - с винтом, обеспечивающим зажатие пьезопакета между двумя опорными элементами. При подаче на пьезопакет управляющего напряжения он удлиняется по оси и сжимается по диаметру. Уменьшение диаметра отверстия в пьезопакете приводит при этом к выдавливанию опорных элементов из отверстия благодаря их форме поверхностей. При изменении управляющего напряжения по знаку пьезопакет уменьшается в длину и расширяется по диаметру. При увеличении диаметра отверстия опорные элементы входят в него под действием упругого корпуса. Недостатками конструкции являются малый рабочий ход, а также большой износ трущихся поверхностей, соответственно снижение точности позиционирования и уменьшение нагрузочного усилия из-за трения между опорными элементами со сферическими внешними поверхностями и пьезопакетом.

Известен линейный привод [2]. Он состоит из трех активных секций, которые установлены внутри корпуса и сделаны в виде пьезоэлементов, взаимодействующих со штоком привода. В данной конструкции активные секции выполнены коаксиальными. Смежные активные секции сопряжены между собой через днища и торцевые буртики стаканов. Шток привода, установленный в корпусе, жестко соединен с днищем стакана и имеет возможность осевого перемещения. Шток привода может быть подпружинен относительно корпуса возвратной пружиной. При удлинении трех активных секций перемещение через три стакана передается штоку привода. При этом днище внешнего стакана выдвигается до упора с корпусом, а рабочий ход штока привода равен сумме рабочих ходов трех активных секций. При сжатии активных секций возвратное движение штока привода и трех стаканов происходит под действием силы тяжести или упругих свойств перемещаемого объекта. При этом днища стаканов опускаются до упора друг с другом, а их буртики - до упора с корпусом. Рабочий ход штока привода также равен сумме рабочих ходов активных секций. В случае отсутствия обратного воздействия объекта на шток привода, последний, при необходимости, может быть подпружинен относительно корпуса возвратной пружиной. Недостатком линейного пьезопривода является то, что больший рабочий ход достигается за счет кратного увеличения пьезоэлементов, а значит, массогабаритных показателей. Еще одним недостатком является обязательный выбор зазоров в соединениях, что усложняет его сборку.

Известно позиционирующее устройство [3], выполненное в виде монолитной симметричной Н-образной стержневой конструкции, состоящей из стержней с упругими цилиндрическими шарнирами на концах и в середине стержней. Боковые стержни ортогональны центральному стержню и жестко соединены с корпусом устройства через линейные пьезоэлектрические элементы. В середине центрального стержня закреплено звено, несущее рабочий орган. Недостатками устройства являются большие габариты и малые относительные перемещения устройства, невысокая точность.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому решению является пьезопривод [4] (прототип), содержащий Т-образные опоры и рабочее перемещаемое звено, установленные таким образом, что их горизонтальные элементы направлены навстречу друг другу, а симметричная стержневая конструкция сделана в виде двух равнобедренных трапеций, которые соединены между собой в центрах малых оснований

через линейный пьезоэлектрический элемент. При этом на перемещаемом рабочем звене также установлен линейный пьезоэлектрический элемент, боковые стороны трапеций выполнены с возможностью перемещения в кольцевых держателях, жестко закрепленных на концах горизонтальных элементов Т-образной опоры и Т-образного рабочего перемещаемого звена соответственно.

Недостатком прототипа является увеличение износа пьезопривода из-за действия силы трения при перемещении стержневой конструкции относительно кольцевых держателей Т-образной опоры и Т-образного рабочего перемещаемого звена, а соответственно появление люфтов, ухудшение линейности и точности позиционирования. Вторым недостатком прототипа является небольшое нагрузочное усилие пьезопривода, т.к. часть силы пьезоэлектрического элемента идет на горизонтальную составляющую ее вектора и на преодоление силы трения при перемещении стержневой конструкции относительно кольцевых держателей. Также недостатком прототипа является сложность его сборки для обеспечения безлюфтового соединения стержневой конструкции в кольцевых держателях.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение линейности, точности позиционирования, увеличение нагрузочного усилия, повышение надежности и технологичности изготовления, уменьшение габаритных размеров.

Объектом изобретения является усиливающий пьезоэлектрический актюатор повышенной точности позиционирования, содержащий рабочее перемещаемое звено, выполненное в виде упругой металлической рамки, четыре линейных пьезоэлектрических элемента (пьезоэлектрических пакета), образованных линейными пьезоэлектрическими элементами (пьезоэлементами), которые установлены параллельно друг другу на подвижной пластине прямоугольной формы с двумя прорезями (пазами) и двумя вырезами (отверстиями) в ней по краям противоположных сторон, которая установлена на неподвижном основании в форме плиты с четырьмя вертикальными упорами, два средних пьезоэлемента ориентированы в одном направлении поляризации, а два крайних пьезоэлемента - в противоположном. Электрически пьезопакеты соединены параллельно, их верхние электроды подключены к одному полюсу, а нижние - к другому полюсу источника управляющего напряжения. При этом четыре пьезопакета прижаты к вертикальным упорам на основании двумя жесткими сторонами рамки так, что первый и четвертый пьезопакеты расположены между одной жесткой стороной рамки и первым и третьим вертикальным упорами соответственно, а второй и третий пьезопакеты расположены между второй жесткой стороной рамки (через тягу Г-образной формы) и вторым вертикальным упором.

Техническим результатом изобретения является повышение линейности, точности позиционирования, увеличение нагрузочного усилия, уменьшение габаритных размеров, повышение надежности и технологичности изготовления за счет выполнения перемещаемого звена в виде рамки с вырезами, внутри которой расположено основание в форме плиты с четырьмя вертикальными упорами, а четыре пьезоэлектрических пакета (пьезопакета) поджаты между элементами упругой рамки и четырьмя вертикальными упорами, при этом два средних пьезоэлектрических пакета поджаты с помощью Г-образной тяги и могут совершать встречное перемещение.

Это достигается тем, что в усиливающем пьезоэлектрическом актюаторе повышенной точности позиционирования, содержащем рабочее перемещаемое звено, линейные пьезоэлектрические элементы (пьезопакеты), в соответствии с предлагаемым изобретением рабочее перемещаемое звено размещено над неподвижным основанием, имеющим форму плиты с четырьмя (первым, вторым, третьим и четвертым)

вертикальными упорами, на котором расположена подвижная пластина прямоугольной формы с двумя прорезями (пазами) и двумя вырезами (отверстиями) в ней по краям противоположных сторон, которая установлена так, что первый и четвертый вертикальные упоры вставлены в первое и второе отверстия, а два других (второй и третий) вертикальных упора вставлены в прорези (пазы), охватывая пластину, при этом четыре (первый, второй, третий и четвертый) пьезоэлектрических пакета из линейных пьезоэлектрических элементов установлены на этой подвижной пластине параллельно друг другу, причем второй и третий пьезоэлектрические пакеты размещены симметрично относительно оси в направлении четвертого упора так, что их первые торцы уперты в первый вертикальный упор, первый и четвертый пьезоэлектрические пакеты из линейных пьезоэлектрических элементов установлены симметрично на той же подвижной пластине с двух сторон от второго и третьего пьезоэлектрических пакетов так, что их первые торцы уперты во второй и третий вертикальные упоры соответственно, при этом рабочее перемещаемое звено, выполненное в виде рамки с двумя параллельными противоположными жесткими сторонами и двумя выпуклыми упругими сторонами с жесткими центрами и вырезами, лежит на подвижной пластине прямоугольной формы и прикреплено первой жесткой стороной к подвижной пластине при помощи штифтов, а второй жесткой стороной с внутренней стороны рамки уперто в торцы первого и четвертого пьезоэлектрических пакетов, причем первая жесткая сторона рамки механически связана со вторыми торцами второго и третьего пьезоэлектрических пакетов из пьезоэлементов при помощи тяги Г-образной формы, которая одной стороной прикреплена при помощи штифтов к первой жесткой стороне рамки, а другой прижата к торцам второго и третьего пьезоэлектрических пакетов и накрыта крышкой в виде пластины прямоугольной формы с четырьмя вырезами (отверстиями), которая надета на четыре вертикальных упора и закреплена с зазором относительно тяги Г-образной формой, при этом пьезоэлектрические пакеты электрически изолированы от подвижной пластины прямоугольной формы, вертикальных упоров и тяги Г-образной формы с помощью диэлектрической прокладки, второй и третий пьезоэлектрические пакеты ориентированы в одном направлении поляризации, первый и четвертый пьезоэлектрические пакеты ориентированы в противоположном направлении поляризации, все пьезоэлектрические пакеты электрически соединены параллельно, при этом их верхние электроды подключены к одному полюсу, а нижние - к другому полюсу источника управляющего напряжения.

На фиг. 1 представлена 3D-модель усиливающего пьезоэлектрического актюатора повышенной точности позиционирования в сборе, а на фиг. 2 - его основные конструктивные элементы. Усиливающий пьезоэлектрический актюатор повышенной точности позиционирования содержит неподвижное основание 1 (с четырьмя упорами), на котором расположена подвижная пластина 2, рабочее перемещаемое звено 3, Г-образную тягу 4, крышку 5.

На фиг. 2 отдельно показано неподвижное основание 1 в форме плиты с четырьмя вертикальными упорами 6 (четвертый), 7 (второй), 8 (третий), 9 (первый). На фиг. 3 представлена подвижная пластина 2 прямоугольной формы с двумя прорезями (пазами) 10, 11 и двумя вырезами 12, 13 (отверстиями) в ней по краям противоположных сторон. В подвижной пластине 2 имеются два отверстия 14 для ее крепления.

На фиг. 4 показаны основание 1 с размещенной на нем подвижной пластиной 2, которая установлена так, что вертикальный упор 9 вставлен в отверстие 13, а два других 7 и 8 вертикальных упора вставлены в прорези 10 и 11, охватывая пластину. На подвижной пластине 2 симметрично относительно оси в направлении упора 6

установлены второй 15 и третий 16 пьезоэлектрические пакеты, причем так, что их первые торцы уперты в вертикальный упор 9. На этой же пластине 2 установлены первый 17 и четвертый 18 пьезоэлектрические пакеты (см. фиг. 5) с двух сторон от второго 15 и третьего 16 пьезоэлектрических пакетов, причем так, что их первые торцы

5 уперты в 7 и 8 вертикальные упоры соответственно.

Рабочее перемещаемое звено 3 (фиг. 1) выполнено в виде рамки с двумя параллельными противоположными жесткими сторонами 19, 20 и двумя выпуклыми упругими сторонами 21, 22 с жесткими центрами 23, 24 (см. фиг. 6). В рамке сделаны восемь внешних вырезов 25 и четыре внутренних выреза 26, благодаря которым в

10 перемещаемом звене - рамке 3 (фиг. 1) образованы изгибные элементы. Эти изгибные элементы образованы на границах жестких 19, 20 и упругих 21, 22 сторон рамки с внутренней и внешней ее стороны, а также по краям жестких центров 23 и 24 с внешней стороны рамки 3 (перемещаемого звена) (фиг. 6). В рамке на жесткой стороне 19 сделаны два отверстия 27 для крепления.

Рабочее перемещаемое звено 3 лежит на подвижной пластине 2 прямоугольной формы и прикреплено первой жесткой стороной 19 к подвижной пластине 2 при помощи штифтов 28 (см. фиг. 7), а второй жесткой стороной 20 с внутренней стороны рамки 3 уперто в торцы первого 17 и четвертого 18 пьезоэлектрических пакетов. Причем первая жесткая сторона рамки 19 механически связана со вторыми торцами второго 15 и

20 третьего 16 пьезоэлектрических пакетов при помощи тяги Г-образной формы 4 с вырезом 29 (отверстием) (фиг. 8).

На фиг. 8 отдельно представлена тяга Г-образной формы 4 с вырезом 29 (отверстием). Она имеет два отверстия 30 для крепления.

Одной стороной тяга Г-образной формы 4 с помощью штифтов 28 (см. фиг. 9) с использованием выреза 29 (фиг. 8) надета на вертикальный упор 9 (фиг. 9) и прикреплена при помощи штифтов 28 к первой жесткой стороне рамки 19 и к основанию 2 (фиг. 7). Другой стороной тяга Г-образной формы 4 прижата к торцам второго 15 и третьего 16 пьезоэлектрических пакетов и накрыта крышкой 5 в виде пластины прямоугольной формы с четырьмя вырезами 31, 32, 33, 34 (отверстиями) (см. фиг. 1), которая надета

30 на четыре вертикальных упора 6, 7, 8, 9 (фиг. 2) и закреплена с зазором относительно тяги Г-образной формы 4 (фиг. 1).

Пьезоэлектрические пакеты 15, 16, 17 и 18 электрически изолированы от подвижной пластины 2 прямоугольной формы, вертикальных упоров 6, 7, 8, 9 и тяги Г-образной формы 4 с помощью диэлектрических прокладок (на фигурах не показаны). Вторым 15 и третий 16 пьезоэлектрические пакеты ориентированы в одном направлении поляризации. Первый 17 и четвертый 18 пьезоэлектрические пакеты ориентированы в противоположном направлении поляризации. Все пьезоэлектрические пакеты 15-18 электрически соединены параллельно, при этом их верхние электроды (сформированные на верхней стороне пьезоэлементов пьезоэлектрических пакетов) подключены к одному

40 полюсу, а нижние (сформированные на верхней стороне пьезоэлементов пьезоэлектрических пакетов) - к другому полюсу источника управляющего напряжения (электроды на фигурах не показаны).

Усиливающий пьезоэлектрический актюатор повышенной точности позиционирования работает следующим образом. При подаче на электроды пьезоэлектрических пакетов 15-18 управляющего электрического напряжения (от -25 В до +25 В) пьезопакеты 15, 16 и 17, 18 изменяют свой линейный размер пропорционально приложенному электрическому напряжению, но в противоположных направлениях. При управляющем напряжении одной полярности пьезопакеты 15, 16

увеличивают свой линейный размер (удлиняются) в направлении S2 (фиг. 7), а пьезопакеты 17-18 уменьшают свой линейный размер (сжимаются) в направлении S3 (фиг. 7) пропорционально приложенному электрическому напряжению. При управляющем напряжении противоположной полярности пьезопакеты 15, 16 уменьшают свой линейный размер (сжимаются), а пьезопакеты 17-18 увеличивают свой линейный размер (удлиняются). Все четыре пьезопакета создают усилие $F_{ПА}$ (фиг. 6),

воздействующее на две жесткие стороны 19 и 20 упругой рамки 3, и сжимают (расширяют) ее в направлении S1 (фиг. 6), перпендикулярном направлению удлинения и сжатия пьезоэлектрических пакетов (17, 18 и 15, 16). В результате этого происходит перемещение рабочих поверхностей жестких центров 23 и 24, пропорциональное приложенному управляющему электрическому напряжению.

В предлагаемой конструкции реализовано дифференциальное включение пьезоэлектрических пакетов 17, 18 и 15, 16. Они изменяют свои линейные размеры в разные стороны (одни удлиняются, другие сжимаются). Но благодаря наличию основания в форме плиты с четырьмя вертикальными упорами и поджатию описанным образом четырех пьезоэлектрических пакетов между элементами упругой рамки и четырьмя вертикальными упорами при помощи Г-образной тяги перемещения (удлинения и сжатия) всех четырех пьезоэлектрических пакетов складываются по абсолютной величине. При таком соединении уменьшается влияние дестабилизирующих факторов (температуры, гистерезиса и др.) на выходное перемещение рабочих жестких центров 23 и 24. Так, при изменении температуры удлиняются вследствие температурного расширения все четыре пьезоэлектрических пакета. В связи с тем, что пьезоэлектрические пакеты (пьезопакеты) 17, 18 и 15, 16 удлинятся на одну и ту же величину (при одинаковых температурных коэффициентах линейного расширения), два пьезопакета 17, 18 создадут усилие $+F_{ПА}$ в одном направлении, а два других пьезопакета создадут усилие $-F_{ПА}$ в противоположном направлении (воздействующее на жесткие стороны 19 и 20 упругой рамки 3). При этом сжатия ее в направлении S1 (фиг. 6) не происходит. Аналогичным образом в предлагаемой конструкции происходит компенсация гистерезиса (а также последствий и ползучести). Этим обеспечивается более высокая точность позиционирования, линейность.

В предлагаемой конструкции за счет эффекта рычага дополнительно увеличивается перемещение рабочей поверхности жестких центров 23 и 24. За счет того, что пьезоэлектрические пакеты 15 и 16, 17 и 18 механически соединены параллельно, увеличена сила (нагрузочное усилие), действующая на объект управления.

Преимуществом предложенной конструкции усиливающего пьезоэлектрического актюатора является также повышение точности позиционирования за счет обеспечения предварительного поджатия всех четырех пьезоэлектрических пакетов 15-18, соединенных определенным образом внутри одной и той же упругой рамки 3. Благодаря этому равномерно уменьшаются зазоры между соединяемыми поверхностями основных конструктивных элементов актюатора (рамки 3, основания 1 с вертикальными упорами 6-9 и пьезоэлектрических пакетов 15-18). Кроме того, это обеспечивает устойчивую работу пьезоэлектрического актюатора в динамическом режиме. Наличие предварительного поджатия и отсутствие люфтовых соединений в элементах конструкции усиливающего пьезоэлектрического актюатора повышенной точности позиционирования повышает линейность преобразования электрического сигнала в перемещении рабочих поверхностей жестких центров 23 и 24.

Так как отсутствуют люфтовые соединения в предлагаемой конструкции, по сравнению с прототипом уменьшается износ подвижных элементов пьезоэлектрического

актюатора, в связи с чем повышается его надежность. Конструкция нового усиливающего пьезоэлектрического актюатора повышенной точности позиционирования является более технологичной, так как нет необходимости в точной сборке и настройке люфтовых соединений.

Таким образом, благодаря отличительным признакам изобретения повышается линейность, точность позиционирования, нагрузочное усилие, надежность и технологичность изготовления, улучшаются габаритные показатели устройства.

Предлагаемое устройство выгодно отличается от известных ранее и может найти широкое применение в качестве исполнительного механизма управляющих систем прецизионного приборостроения, в оптических системах, в системах нанотехнологий.

Источники информации

1. RU. Бойков В.И., Быстров С.В., Смирнов А.В., Чежин М.С. Патент РФ №2030087. Пьезоэлектрический двигатель. Оpubл. 27.02.1995.

2. RU. Саяпин С.Н., Синев А.В. Патент РФ №2373611. Линейный привод. Оpubл. 20.11.2009.

3. RU. Дукаревич Ю.Е., Таганов И.Н. Патент РФ №2080631. Позиционирующее устройство. Оpubл. 27.05.1997.

4. RU. Долганев Ю.Г., Шашкин В.В., Мишин Н.Н., Петров В.В., Мамаев В.Ю. Патент РФ №2281598. Пьезопровод. Оpubл. 10.08.2006.

(57) Формула изобретения

Усиливающий пьезоэлектрический актюатор повышенной точности позиционирования, содержащий рабочее перемещаемое звено, пьезоэлектрические пакеты из линейных пьезоэлектрических элементов, отличающийся тем, что рабочее перемещаемое звено размещено над неподвижным основанием, имеющим форму плиты с четырьмя (первым, вторым, третьим и четвертым) вертикальными упорами, на котором расположена подвижная пластина прямоугольной формы с двумя прорезями (пазами) и двумя вырезами (отверстиями) в ней по краям противоположных сторон, которая установлена так, что первый и четвертый вертикальные упоры вставлены в первое и второе отверстия, а два других (второй и третий) вертикальных упора вставлены в прорези (пазы), охватывая пластину, при этом четыре (первый, второй, третий и четвертый) пьезоэлектрических пакета из линейных пьезоэлектрических элементов установлены на этой подвижной пластине параллельно друг другу, причем второй и третий пьезоэлектрические пакеты размещены симметрично относительно оси в направлении четвертого упора так, что их первые торцы уперты в первый вертикальный упор, первый и четвертый пьезоэлектрические пакеты из линейных пьезоэлектрических элементов установлены симметрично на той же подвижной пластине с двух сторон от второго и третьего пьезоэлектрических пакетов так, что их первые торцы уперты во второй и третий вертикальные упоры соответственно, при этом рабочее перемещаемое звено, выполненное в виде рамки с двумя параллельными противоположными жесткими сторонами и двумя выпуклыми упругими сторонами с жесткими центрами и вырезами лежит на подвижной пластине прямоугольной формы и прикреплено первой жесткой стороной к подвижной пластине при помощи штифтов, а второй жесткой стороной с внутренней стороны рамки уперто в торцы первого и четвертого пьезоэлектрических пакетов, причем первая жесткая сторона рамки механически связана со вторыми торцами второго и третьего пьезоэлектрических пакетов из пьезоэлементов при помощи тяги Г-образной формы, которая одной стороной прикреплена при помощи штифтов к первой жесткой стороне рамки, а другой прижата к торцам второго и третьего

пьезоэлектрических пакетов и накрыта крышкой в виде пластины прямоугольной формы с четырьмя вырезами (отверстиями), которая надета на четыре вертикальных упора и закреплена с зазором относительно тяги Г-образной формы, при этом пьезоэлектрические пакеты электрически изолированы от подвижной пластины

5 прямоугольной формы, вертикальных упоров и тяги Г-образной формы с помощью диэлектрической прокладки, второй и третий пьезоэлектрические пакеты ориентированы в одном направлении поляризации, первый и четвертый пьезоэлектрические пакеты ориентированы в противоположном направлении поляризации, все пьезоэлектрические пакеты электрически соединены параллельно, при этом их верхние электроды

10 подключены к одному полюсу, а нижние - к другому полюсу источника управляющего напряжения.

15

20

25

30

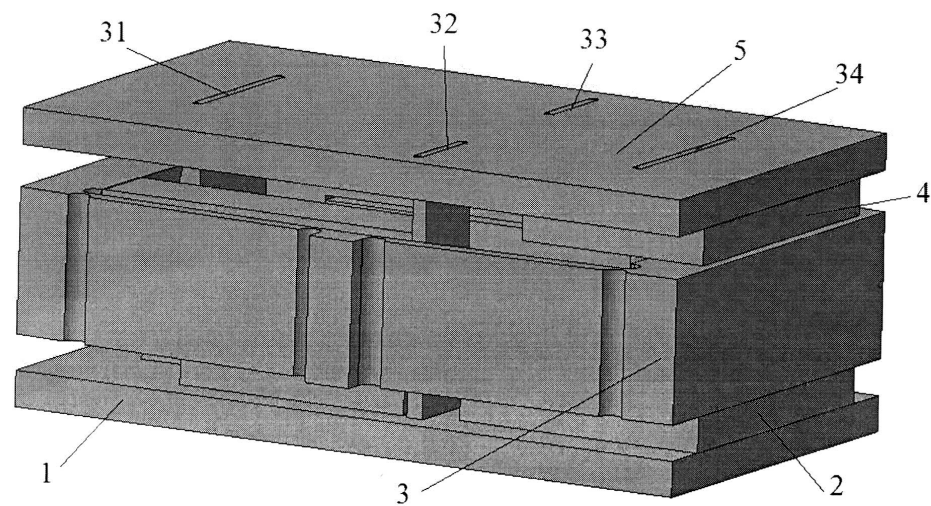
35

40

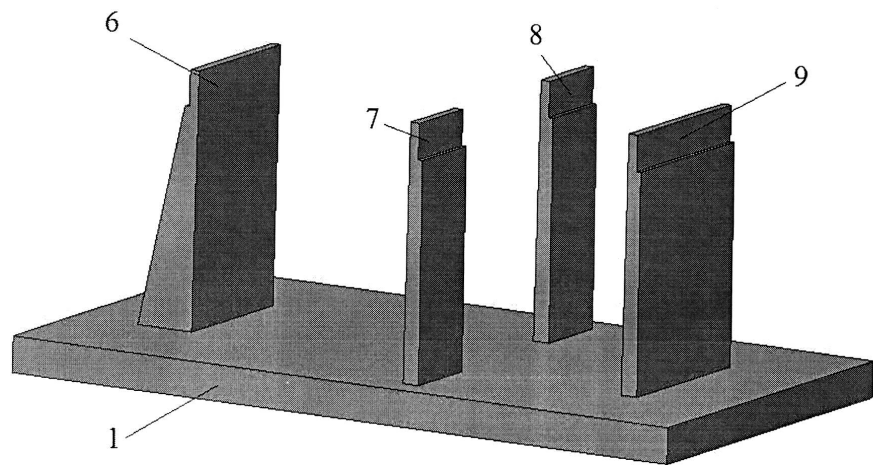
45

1

УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ



Фиг. 1

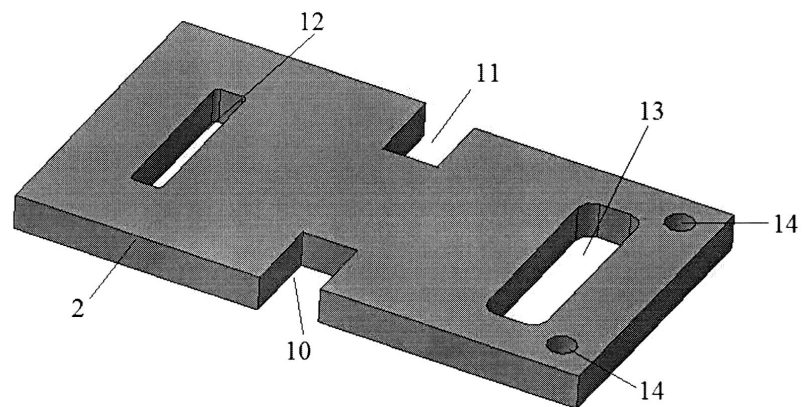


Фиг. 2

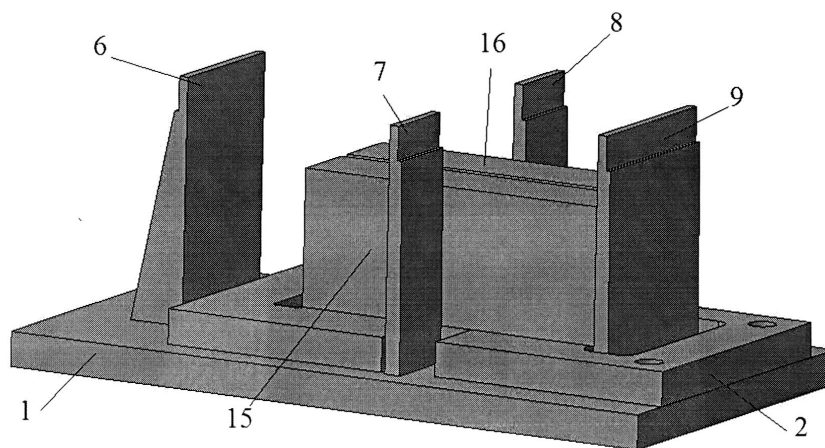
1

2

УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

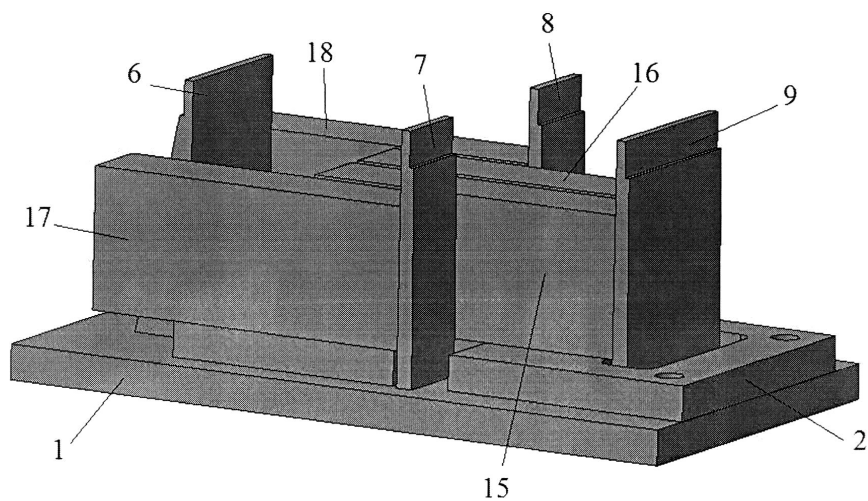


Фиг. 3

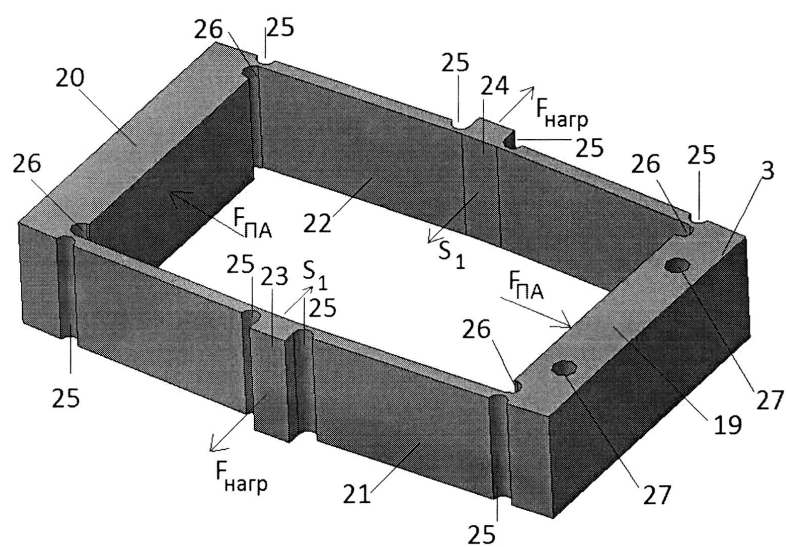


Фиг. 4

УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

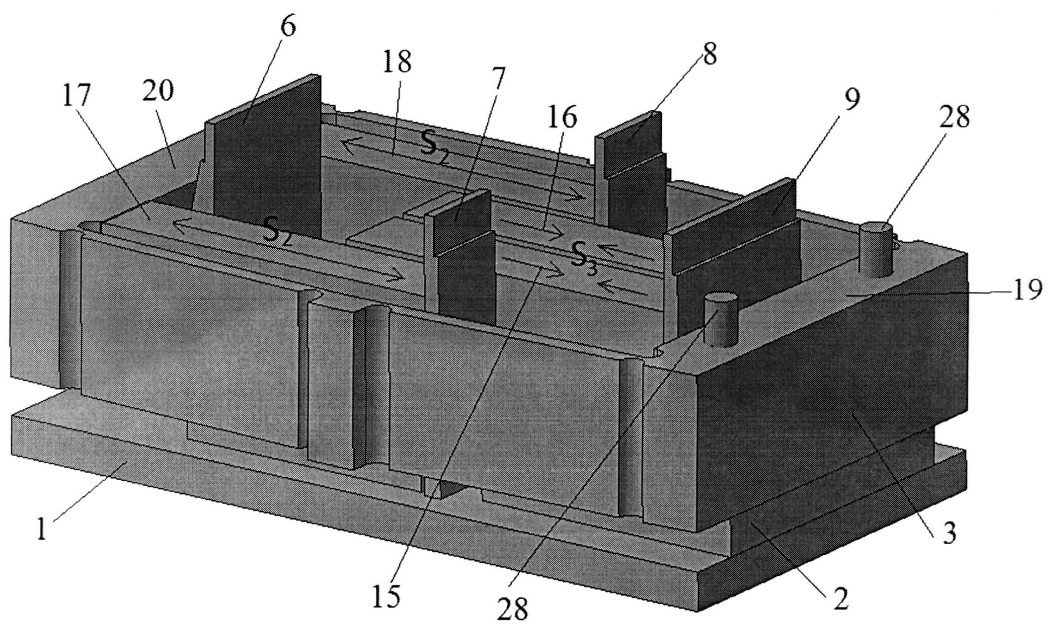


Фиг. 5

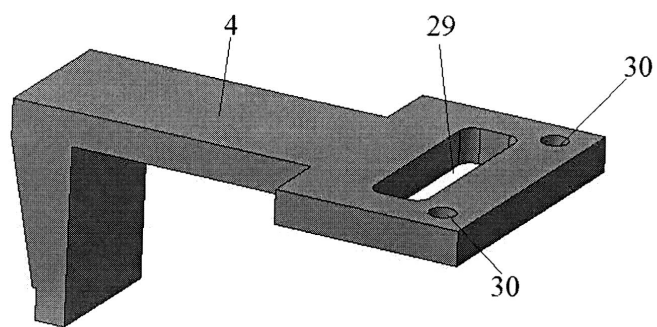


Фиг. 6

УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

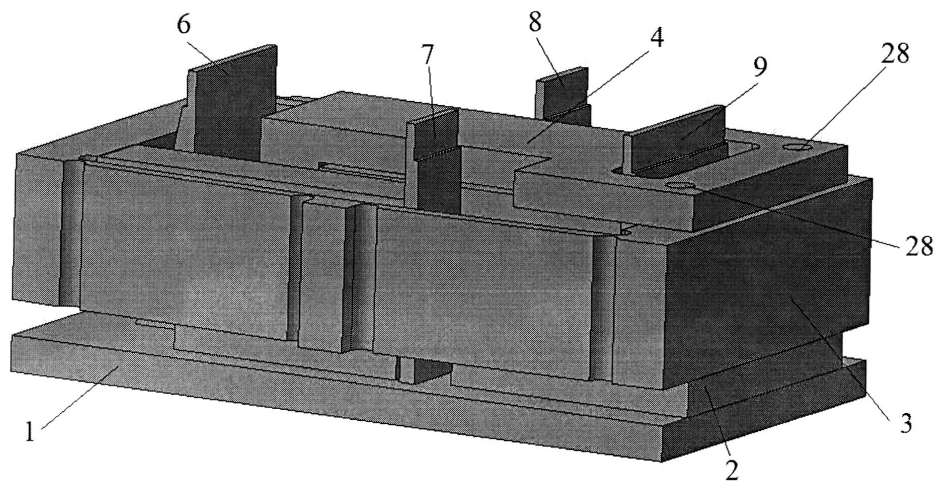


Фиг. 7



Фиг. 8

УСИЛИВАЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТЮАТОР
ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ



Фиг. 9