



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01B 5/10 (2006.01); G01B 7/18 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017137611, 27.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.10.2017

Дата регистрации:  
05.03.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.10.2017

(45) Опубликовано: 05.03.2018 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

142103, Московская обл., г. Подольск, ул.  
Железнодорожная, 24, генеральному директору  
ФГУП "НИИ НПО "ЛУЧ" П.А. Зайцеву

(72) Автор(ы):

Куренков Алексей Валентинович (RU),  
Леонов Евгений Владимирович (RU),  
Сохарева Галина Николаевна (RU),  
Черных Александр Владимирович (RU),  
Шарапов Илья Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное  
предприятие "Научно-исследовательский  
институт Научно-производственное  
объединение "ЛУЧ" (ФГУП "НИИ НПО  
"ЛУЧ") (RU)

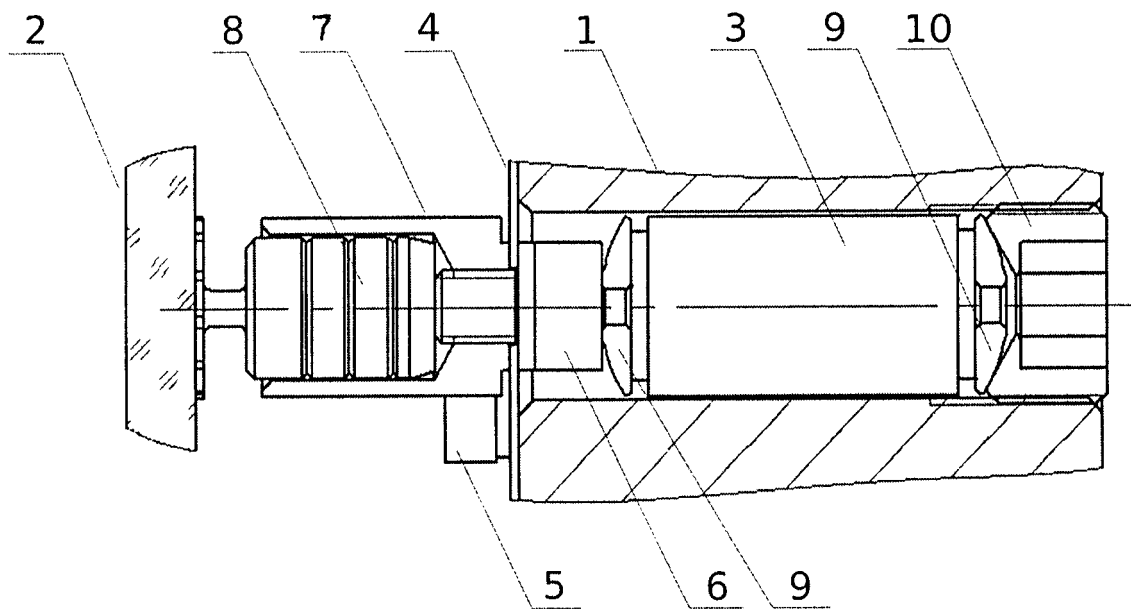
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2117320 C1, 10.08.1998. RU  
2069883 C1, 27.11.1996. SU 1582169 A1,  
30.07.1990. WO 1993025929 A1, 23.12.1993.

### (54) АДАПТИВНОЕ ЗЕРКАЛО

(57) Реферат:

Полезная модель относится к адаптивной оптике и может быть использована в конструкции адаптивных зеркал с пьезоприводами для динамического управления волновым фронтом излучения. Адаптивное зеркало содержит деформируемую подложку с отражающим покрытием, основание и идентичные пьезоприводы. Пьезоэлементы каждого пьезопривода установлены в основании и связаны через плоский упругий элемент и

соответствующие толкатели с деформируемой подложкой. Плоский упругий элемент выполнен в виде единой повторяющей форму основания пластины, жестко соединенной с основанием в точках, расположенных симметрично относительно каждого пьезопривода. Технический результат: однородность упругих свойств пьезоприводов за счет обеспечения равномерности коэффициентов их жесткости и снижение трудоемкости изготовления. 3 ил.



Фиг.1

RU 177637 U1

RU 177637 U1

Полезная модель относится к адаптивной оптике и может быть использована в конструкции адаптивных зеркал с пьезоприводами для динамического управления волновым фронтом излучения.

Адаптивные зеркала, т.е. зеркала с управляемой формой поверхности, являются основными компонентами адаптивной оптической системы.

Конструкция адаптивного зеркала с пьезоэлектрическими приводами типа сэндвич описана в работе [В.Г. Тараненко, О.И. Шанин Управляемые оптические зеркала. ВИНТИ. Итоги науки и техники. Серия «Управление пространственной структурой оптического излучения», т. 2 «Волновой фронт оптического излучения: управление и регистрация» Под редакцией А.П. Сухорукова, Москва, 1991. стр. 13]. Адаптивное зеркало представляет собой отражающую пластину (подложку), к которой перпендикулярно отражающей поверхности жестко прикреплены пьезоэлектрические приводы (актюаторы), выполненные из пьезокерамики. Каждый привод при приложении управляющего напряжения производит локальную деформацию подложки зеркала. Пьезокерамика под действием обратного пьезоэффекта либо расширяется, либо сжимается при обратной полярности напряжения. Комбинация локальных деформаций приводит поверхность зеркала к заданной форме. Деформация локальной зоны отражающей поверхности определяется разностью сил: силой, действующей со стороны привода, и силой, обусловленной жесткостью конструкции зеркала.

В известной конструкции зеркала пьезоэлектрический привод представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из большого числа пьезоэлектрических пластин или слоев, полученных методом напыления. Многослойная пьезокерамика имеет различные механические свойства при сжатии и растяжении, поэтому даже небольшие механические напряжения при растяжении приводят к расслоению и выходу из строя привода. Кроме того, при жестком креплении привода к подложке его замена при выходе из строя не представляется возможной. В силу упомянутых недостатков описанная конструкция на практике не применяется.

Известна конструкция адаптивного зеркала, снабженного приводом предварительного напряжения [патент US №5357825, опубл. 09.11.1993]. К отражающей пластине жестко прикреплены концевики, натянутые струной к тыльной поверхности основания с помощью резьбовой втулки. Привод (актюатор), в частности, пьезокерамический, прижат упругой струной между концевиком и передней поверхностью основания. Конструкция обеспечивает механическое напряжение актюатора путем предварительного натяжения струны. Усилие при растяжении актюатора передается зеркалу от привода. Усилие при сжатии создается за счет внешней силы, создаваемой пружинящим элементом. Однако, для замены хотя бы одного привода необходимо разбирать все зеркало, что сопровождается потерей оптического качества отражающей поверхности.

За прототип полезной модели выбрана конструкция адаптивного зеркала, приведенная в статье [Overview of a 2 nd Generation Large Aperture Deformable Mirror for the National Ignition Facility S.E. Winters, T.J. Arnold, et al, University of California, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California 94550]. Адаптивное зеркало включает основание, подложку с отражающим покрытием и идентичные пьезоприводы, осуществляющие локальные деформации подложки. В известном зеркале каждый из пьезоприводов представляет собой сборку пьезоэлементов (пьезосборку), расположенную в основании, и установленные через отдельные плоские упругие пружины соответствующие толкатели. Толкатель выполнен в виде стакана, который жестко прикреплен к пружине таким образом, что обеспечивается возможность его

перемещения относительно основания. В свою очередь толкатель жестко соединен с деформируемой подложкой посредством концевика, которым снабжена ее тыльная поверхность. Благодаря предварительной деформации плоской пружины подложка с отражающим покрытием перемещается при сжатии набора пьезокерамических пластин.

5 Конструкция допускает замену пьезопривода без снятия подложки с отражающим покрытием. Однако, технологическая особенность изготовления отдельных плоских пружин приводит к разбросу параметров по их коэффициенту жесткости. Различная жесткость пружин приводит к разбросу перемещений приводов, что вызывает сложности при управлении адаптивным зеркалом.

10 Задача и достигаемый при использовании полезной модели технический результат - однородность упругих свойств пьезопроводов за счет обеспечения равномерности коэффициентов их жесткости и снижение трудоемкости изготовления.

Технический результат достигается тем, что в адаптивном зеркале, включающем деформируемую подложку с отражающим покрытием, основание и идентичные  
15 пьезопроводы, пьезоэлементы каждого из которых установлены в основании и связаны через плоский упругий элемент и соответствующие толкатели с деформируемой подложкой, согласно полезной модели плоский упругий элемент выполнен в виде единой повторяющей форму основания пластины, жестко соединенной с основанием в точках, расположенных симметрично относительно каждого пьезопровода.

20 Выполнение упругого элемента в виде единой для всех приводов пластины, повторяющей форму основания, жестко соединенной с основанием в точках, расположенных симметрично относительно каждого пьезопровода и, следовательно, обладающей однородными упругими свойствами по всей ее поверхности, позволяет добиться одинакового коэффициента жесткости для каждого отдельного привода.

25 Привод, в конструкцию которого входит набор пьезоэлементов из многослойного пьезоэлектрического материала (пьезокерамическая сборка), не испытывает растягивающих нагрузок. При этом единый упругий элемент, заменяя множество плоских пружин, которые в силу особенностей технологии их изготовления не могут не отличаться по своим свойствам друг от друга, делает конструкцию более  
30 технологичной. Кроме того, данная конструкция предусматривает возможность замены пьезокерамической сборки без снятия подложки с отражающим покрытием.

Сущность настоящей полезной модели поясняется чертежами и примером конкретного осуществления.

На фиг. 1 изображен разрез адаптивного зеркала в месте установки пьезопровода.

35 На фиг. 2 изображен разрез зеркала со стороны деформируемой подложки с отражающим покрытием с симметричным креплением упругой пластины к основанию. Крепежные болты расположены в вершинах правильного угольника с центром в хвостовике.

На фиг. 3 схематически изображено адаптивное зеркало.

40 Адаптивное зеркало (см. фиг. 1) для динамического управления волновым фронтом излучения состоит из основания 1, деформируемой подложки с отражающим покрытием и пьезопроводов, осуществляющих локальные деформации подложки 2. Пьезопроводы включают набор пьезоэлементов (пьезосборки) 3 и представляют собой многослойный пакет из пьезоэлектрического материала. Упругая пластина 4,  
45 повторяющая форму основания 1, жестко, например, болтами 5, соединена с основанием в точках, расположенных симметрично, например, в вершинах правильного треугольника, как на фиг. 2. В упругой пластине 4 соответственно пьезосборкам 3 выполнены сквозные отверстия, в которых жестко, например, фасонными болтами 6,

закреплены соответствующие толкатели. Каждый толкатель представляет собой стакан 7 с установленным в нем концевиком 8. Концевик 8 жестко соединен, например, при помощи клея, с подложкой 2 и стаканом 7, обеспечивая тем самым жесткое соединение подложки 2 с упругой пластиной 4. Полусферические прокладки 9, размещенные по обе стороны от пьезосборки 3, служат для того, чтобы при перемещении не возникали моменты сил, изгибающих подложку 2. Предварительное механическое напряжение создается упругой пластиной 4 и регулируется усилием поджатая резьбовой втулки 10 так, чтобы при этом получить оптическое качество отражающего покрытия деформируемой подложки 2.

Монтаж зеркала осуществляется с предварительным механическим напряжением пьезоэлементов путем деформации упругой пластины 4. При подаче управляющего напряжения набор пьезокерамических элементов 3 (пьезокерамическая сборка) расширяется, преодолевая силу упругости пластины, и вызывает локальную деформацию подложки 2. При подаче напряжения обратной полярности пьезокерамическая сборка 3 сжимается, подложка 2 возвращается в исходное положение благодаря силам упругости со стороны упругой пластины 4.

Осуществление полезной модели.

На подложке толщиной 5 мм из оптического ситалла СО115М формируют оптическую поверхность, представляющую собой отражающее интерференционное покрытие из 10 чередующихся слоев  $ZrO_2/SiO_2$  и завершающего слоя  $SiO_2$ . Пьезопроводы располагают равномерно в шахматном порядке с минимальным расстоянием между приводами 28,3 мм. В качестве силового исполнительного элемента привода используется микропленочная пьезоэлектрическая сборка АПМ-2-7. Пьезосборку 3 располагают в отверстиях основания 1. Основание размером 240×240×34 мм изготавливают из инварового сплава 32НК-ВИ. На основании 1 размещают пластину размером 228×228×0,5 мм, выполненную из инвара 36Н, обладающего упругими свойствами и способного к деформации. Пластины 4 фиксируют к основанию 1 в точках, расположенных симметрично относительно каждого пьезопровода (например, в вершинах правильного треугольника, как это показано на фиг. 2).

В упругой пластине 4 соответственно пьезосборкам выполняют сквозные отверстия диаметром 4,2 мм, в которые устанавливают толкатели, передающие усилия от пьезосборки 3 для деформации подложки 2 с нанесенным на нее отражающим покрытием. Каждый толкатель представляет собой стакан с внутренним диаметром 8 мм, выполненный из инвара 36Н, на дно которого устанавливают концевик диаметром 7,8 мм, выполненный также из инварового сплава 36Н.

Концевики имеют развитую поверхность для присоединения к тыльной поверхности деформируемой подложки. Присоединение концевиков к подложке и стакану осуществляют клеем К-400 (ОСТ В6-05-5100-77). Остальные соединения элементов конструкции зеркала резьбовые.

Адаптивное зеркало, снабженное пьезопроводами, работает следующим образом.

Передача усилий от пьезосборки 3 для деформации подложки 2 с нанесенным на нее отражающим покрытием осуществляется через упругий элемент в виде единой для всех пьезопроводов пластины 4 и толкателей в виде стакана 7 с установленным в нем концевиком 8. При этом положительное перемещение деформируемой подложки с нанесенным на ее поверхность отражающим покрытием происходит за счет изменения длины пьезосборки 3 при подаче на нее напряжения. Включение напряжения обратной полярности сжимает пьезосборку 3 и перемещение деформируемой подложки 2 обеспечивается также через упругую пластину 4.

Полезная модель позволяет обеспечить однородность упругих свойств идентичных друг другу пьезопроводов за счет обеспечения равномерности коэффициентов их жесткости. Кроме того, заявленная конструкция технологична и допускает замену пьезопроводов без снятия подложки с отражающим покрытием.

5

(57) Формула полезной модели

Адаптивное зеркало, включающее деформируемую подложку с отражающим покрытием, основание и идентичные пьезопроводы, пьезоэлементы каждого из которых установлены в основании и связаны через плоский упругий элемент и соответствующие толкатели с деформируемой подложкой, отличающееся тем, что плоский упругий элемент выполнен в виде единой повторяющей форму основания пластины, жестко соединенной с основанием в точках, расположенных симметрично относительно каждого пьезопровода.

15

20

25

30

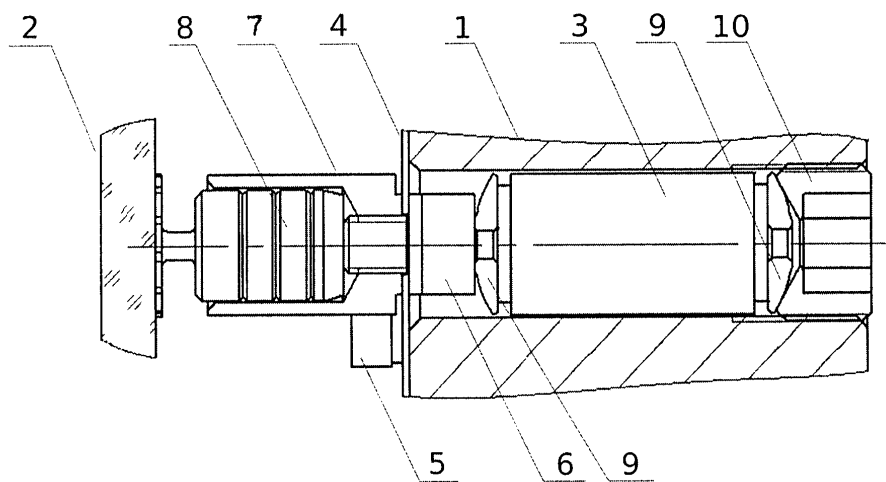
35

40

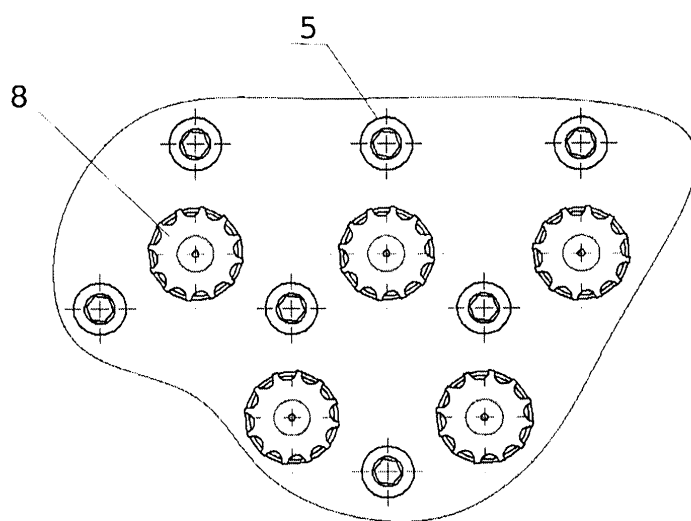
45

1

# Адаптивное зеркало

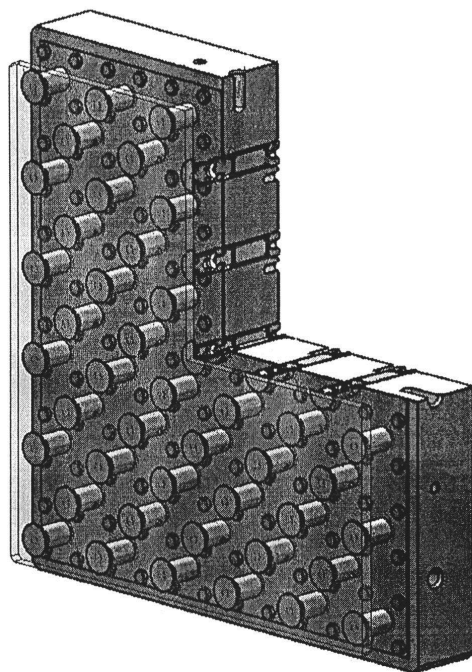


Фиг.1



Фиг.2

2



Фиг.3