



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014145024/28, 10.11.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.11.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.11.2014

(45) Опубликовано: 10.01.2016 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5245734 A, 21.09.1993. EP 2012374 A2, 07.01.2009. US 6260248 B1, 17.07.2001. EP 2012374 A2, 07.01.2009. US 6912761 B2, 05.07.2005. RU 2462792 C2, 27.09.2012. RU 2472253 C1, 10.01.2013.

Адрес для переписки:

170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33, ТвГУ,
Управление интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Каплунов Иван Александрович (RU),
Головнин Владимир Алексеевич (RU),
Добрынин Данила Андреевич (RU),
Сегалла Андрей Генрихович (RU),
Иноземцев Николай Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверской государственный университет" (RU)

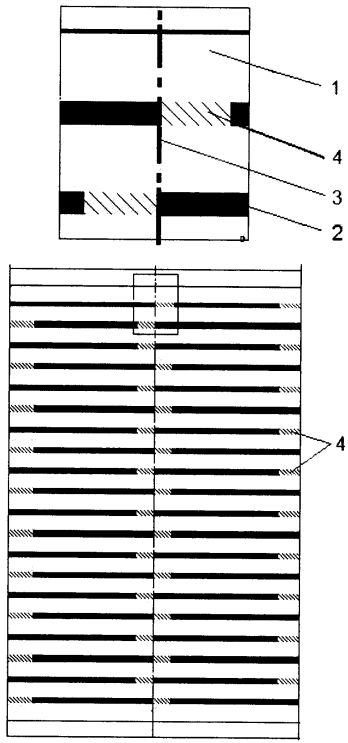
(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к пьезотехнике, а именно к области создания многослойных пьезокерамических элементов для преобразователей электрической энергии в механическую. Сущность: способ включает приготовление шликера с порошком пьезокерамики, литье шликера через фильеру на движущуюся ленту и получение «сырых» пленок из органической связки с порошком пьезокерамики, резку сплошных «сырых» пленок на групповые заготовки, покрытие определенной части каждой групповой заготовки через сеткотрафарет пастой с порошком металла, сборку групповых заготовок в n-слойные пакеты, гидростатическое прессование собранных пакетов, рубку групповых n-слойных пакетов в соответствии с рисунком сеткотрафарета на отдельные n-слойные заготовки, удаление связки и спекание заготовок в монолит, металлизацию у монолитных заготовок боковых поверхностей, поляризацию монолитных заготовок, измерение параметров полученных монолитных многослойных (n-слойных) пьезокерамических

элементов. Перед сборкой групповых заготовок в пакеты групповые заготовки подсушивают и участки каждой групповой заготовки, непокрытые пастой с порошком металла, покрывают через второй сеткотрафарет пастой с порошком пьезокерамики. При этом толщина слоя пасты с порошком керамики одинакова с толщиной слоя пасты с порошком металла. Технический результат: улучшение технологических и эксплуатационных характеристик изделий за счет повышения плоскостности внутренних электродов. 1 табл., 3 ил.

RU 2572292 C1



Фиг.3

RU 2572292 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014145024/28, 10.11.2014

(24) Effective date for property rights:
10.11.2014

Priority:

(22) Date of filing: 10.11.2014

(45) Date of publication: 10.01.2016 Bull. № 1

Mail address:

170100, g. Tver', ul. Zheljabova, 33, TvGU,
Upravlenie intellektual'noj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

**Kaplunov Ivan Aleksandrovich (RU),
Golovnin Vladimir Alekseevich (RU),
Dobrynin Danila Andreevich (RU),
Segalla Andrej Genrikhovich (RU),
Inozemtsev Nikolaj Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Tverskoj gosudarstvennyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF MAKING MULTILAYER PIEZOCERAMIC ELEMENTS**

(57) Abstract:

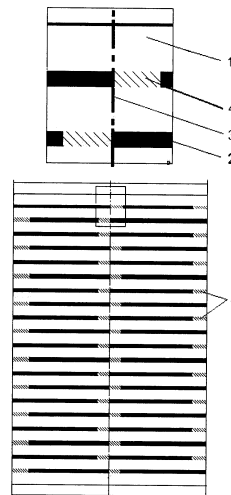
FIELD: physics.

SUBSTANCE: method includes preparing a slurry using piezoceramic powder, casting the slurry through a die on a moving belt and obtaining "raw" films from an organic binder with the piezoceramic powder, cutting solid "raw" films into group workpieces, coating a certain portion of each group workpiece through a mesh stencil with a paste with metal powder, assembling the group workpieces into n-layered stacks, hydrostatic pressing of the assembled stacks, cutting the group n-layered stacks according to the pattern of the mesh stencil into separate n-layered workpieces, removing the binder and sintering the workpieces into a monolith, metal-coating the lateral surfaces of the monolithic workpieces, polarising the monolithic workpieces, measuring parameters of the obtained monolithic multilayered (n-layered) piezoceramic elements. Before assembling the group workpieces into stacks, the group workpieces are dried and portions of each group workpiece uncoated with the paste with metal powder are coated through a second mesh stencil by a paste with piezoceramic powder. The thickness of the layer

of the paste with ceramic powder is equal to that of the layer of the paste with metal powder.

EFFECT: improved process and operational characteristics of products owing to high flatness of internal electrodes.

1 tbl, 3 dwg



Фиг.3

RU 2 572 292 C1

RU 2 572 292 C1

Изобретение относится к электронной технике, а именно к области создания многослойных пьезокерамических элементов для электромеханических и механоэлектрических преобразователей электрической энергии в механическую с использованием обратного пьезоэффекта, например, в актюаторах и механической энергии в электрическую с использованием прямого пьезоэффекта в различного рода датчиках (давления, детонации, вибрации и др), а так, же в многослойных пьезокерамических трансформаторах, преобразующих электрическую энергию в механическую с использованием обратного пьезоэффекта с последующим преобразованием механической энергии в электрическую с использованием прямого пьезоэффекта.

Известны различные способы изготовления многослойных пьезокерамических элементов для актюаторов (или акселерометров) на их основе [Янчич В.В. Пьезоэлектрические виброизмерительные преобразователи (акселерометры). Ростов на Дону, 2010. 287 с.]. Конструкции многослойных пьезокерамических элементов различаются по способам механического соединения отдельных пьезокерамических пластин между собой, коммутации электродов и выполнения электрических выводов. Наиболее распространены следующие способы соединения пластин: - упругое поджатие, например, в составе изделия; - склеивание; - пайка; - сварка. В известных технических решениях из технологических соображений, минимальная толщина пьезокерамической пластины составляет ~0,5 мм.

Недостатком, ограничивающим применение многослойных пьезоэлементов из объемных пьезокерамических пластин, например, в актюаторах, использующих обратный пьезоэффект, является необходимость создания относительно сильного электрического поля, что сопряжено с использованием высоких 10^2 - 10^3 В напряжений, требуемых для создания практически полезных перемещений.

Прототип - способ изготовления многослойных пьезокерамических элементов для актюаторов по «пленочной» технологии [Головнин В.А. Каплунов И.А. Малышкина О. В. Педько Б.Б. Мовчикова А.А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов. Тверь, Техносфера, 2013, 272 с.] включает: - приготовление шликера с порошком пьезокерамики; - литье шликера через фильеру на движущуюся ленту и получение «сырых» пленок из органической связки с порошком пьезокерамики; - резку сплошных «сырых» пленок на групповые заготовки; - покрытие определенной части каждой групповой заготовки через сеткотрафарет пастой с порошком металла; - сборку групповых заготовок в n-слойные пакеты; - гидростатическое прессование собранных пакетов; - рубку групповых n-слойных пакетов, в соответствии с рисунком сеткотрафарета, на отдельные n-слойные заготовки; - удаление связки и спекание заготовок в монолит; - металлизацию у монолитных заготовок боковых поверхностей; - поляризацию монолитных заготовок; - измерение параметров полученных монолитных многослойных (n-слойных) пьезокерамических элементов.

Полученные по известному способу многослойные пьезокерамические элементы имеют толщину керамических слоев от 10 до 300-500 мкм. Число слоев обуславливается высотой пакетов из групповых заготовок, ограниченной технологическими возможностями оборудования, в 4-5 мм. При использовании таких пьезокерамических элементов высотой ~3 мм и толщиной керамического слоя, например, 50 мкм, рабочее напряжение для удлинения на ~0,1% (~2,5 мкм) составляет 100 В. Для изготовления актюаторов с большим удлинением склеивают несколько (до 20-30 шт) таких многослойных пьезокерамических элементов.

Недостатком известного способа является невозможность получать плоские внутренние электроды, что приводит к участию в работе устройств не только рабочего пьезомодуля d_{33} , но и "паразитных" d_{31} и d_{15} . Это ухудшает технологические и эксплуатационные характеристики изделий.

5 Заявляемое изобретение иллюстрируется Фиг. 1-3 и Таблицей 1.

Фиг. 1. Схема сборки группового пакета

Фиг. 2. Фрагмент сборки по известному способу монолитных многослойных пьезокерамических элементов после гидростатического прессования: 1 - области, заполненные керамической пленкой; 2 - области, заполненные пастой с порошком металла; 3 - линии разделения групповых пакетов на отдельные n-слойные заготовки (линии рубки).

Фиг. 3. Фрагмент сборки по заявляемому способу монолитных многослойных пьезоэлементов после гидростатического прессования: 1 - области, заполненные керамической пленкой; 2 - области, заполненные пастой с порошком металла; 3 - линии разделения групповых пакетов на отдельные n-слойные заготовки (линии рубки); 4 - области, заполненные перед гидростатическим прессованием пастой с порошком керамики.

Кривизна внутренних электродов обуславливается особенностями известного способа изготовления многослойных пьезокерамических элементов. При сборке групповых заготовок в n-слойные пакеты участки каждой групповой заготовки, покрытые через сеткотрафарет пастой с порошком металла, оказываются друг над другом Фиг 1. При гидростатическом прессовании участки каждой групповой заготовки, которые не покрыты пастой с порошком металла заполняются керамической массой выше расположенной заготовки Фиг. 2. И после спекания толщины заготовок в центре и на краю многослойного пьезокерамического элемента, где преобладают незаполненные порошком металла участки, могут существенно уменьшаться. Разница по толщине, например, для 50-слойных пьезокерамических элементов, где каждый пьезокерамический элемент - 50 мкм керамики и 3-5 мкм нанесенной через сеткотрафарет пасты, достигает 50-70 мкм.

30 Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является достижение технического результата, заключающегося в улучшении технологических и эксплуатационных характеристик изделий на основе многослойных пьезокерамических элементов за счет повышения плоскостности внутренних электродов Фиг. 3.

Поставленная задача решается в способе изготовления многослойных пьезокерамических элементов, в том числе для пьезокерамических актюаторов и акселерометров, включающем приготовление шликера с порошком пьезокерамики, литье шликера через фильеру на движущуюся ленту с получением «сырых» пленок из органической связки с порошком пьезокерамики; резку сплошных «сырых» пленок на групповые заготовки; покрытие определенной части каждой групповой заготовки через сеткотрафарет пастой с порошком металла; сборку групповых заготовок в n-слойные пакеты; гидростатическое прессование собранных пакетов; рубку групповых n-слойных пакетов, в соответствии с рисунком сеткотрафарета, на отдельные n-слойные заготовки; удаление связки и спекание заготовок в монолит; металлизацию у монолитных заготовок боковых поверхностей; поляризацию монолитных заготовок; измерение параметров полученных монолитных многослойных (n-слойных) пьезоэлементов, в котором, перед сборкой групповых заготовок в пакеты, групповые заготовки подсушивают и участки каждой групповой заготовки, непокрытые пастой с порошком металла, дополнительно покрывают через второй сеткотрафарет пастой с порошком пьезокерамики, так что

толщина слоя пасты с порошком керамики равна толщине слоя пасты с порошком металла, что достигается выбором сеткотрафарета, дисперсности порошка керамики и характеристик пасты.

5 Таким образом, отличительными признаками заявляемого изобретения являются: наличие второго сеткотрафарета и то, что перед сборкой групповых заготовок в пакеты групповые заготовки подсушивают и участки каждой групповой заготовки непокрытые пастой с порошком металла покрывают через второй сеткотрафарет пастой с порошком пьезокерамики, так что толщина слоя пасты с порошком керамики равна толщине слоя пасты с порошком металла, что достигается выбором сеткотрафарета, дисперсности
10 порошка керамики и характеристик пасты.

Указанная совокупность отличительных признаков позволяет достичь технического результата, заключающегося в улучшении технологических и эксплуатационных характеристик изделий на основе многослойных пьезокерамических элементов за счет повышения плоскостности внутренних электродов. Это иллюстрируется фрагментом
15 схемы сборки Фиг 3.

Технический результат достигается тем, что перед гидростатическим прессованием вся поверхность пленки покрыта пастами одинаковой толщины Фиг. 3 и последующий слой ровно прилегает к слою паст с порошками металла и порошками керамики.

По известному способу, в соответствии с действующим комплектом технологических документов на процесс изготовления элементов пьезокерамических многослойных
20 ЖКГД.01300.00071 КТД, изготовлены 50-слойные монолитные пьезокерамические элементы ЭП-9-61-Пл-001 с толщиной пьезокерамического слоя 50 мкм.

В известном способе приготовление шликера с порошком пьезокерамики проводят на валковой мельнице ГМ 714; для литья шликера через фильеру на движущуюся ленту
25 и получения «сырых» пленок из органической связки с порошком пьезокерамики используют линию САМ 220 (фирма «Кеко», Словения); резку сплошных «сырых» пленок на групповые заготовки, покрытие определенной части каждой групповой заготовки через сеткотрафарет пастой с порошком металла, сборку групповых заготовок в n-слойные пакеты выполняют на линии ПАЛ-3 (фирма «Кеко», Словения) с
30 использованием первого блока трафаретной печати; гидростатическое прессование собранных 50-слойные пакетов осуществляют в гидростатическом прессе «ILS-6A»; рубку 50- слойных пакетов, в соответствии с рисунком сеткотрафарета выполняют в автоматической рубочной машине СМ-14А (фирма «Кеко», Словения); удаление связки и спекание заготовок в монолит проводят в установках утильного обжига и спекания
35 СЭМЗ.023.022; металлизацию у монолитных заготовок боковых поверхностей проводят вручную; поляризацию монолитных заготовок и измерение параметров полученных пьезокерамических элементов выполняют на метрологическом оборудовании участка.

По заявляемому способу изготовлены 50- слойные монолитные пьезокерамические элементы ЭП-9-61-Пл-001-01. Они изготовлены по измененной, в соответствии с
40 заявляемым способом, экспериментальной технологии, отличающейся тем, что перед сборкой групповых заготовок в пакеты групповые заготовки подсушивают и участки каждой групповой заготовки непокрытые пастой с порошком металла покрывают через сеткотрафарет второй пастой с порошком пьезокерамики. Для этого после покрытия определенной части каждой групповой заготовки пастой с порошком металла
45 через сеткотрафарет первого блока трафаретной печати линии ПАЛ-3 заготовки подсушивают и покрывают пастой с порошком пьезокерамики, для чего дополнительно используют сеткотрафарет второго блока трафаретной печати на линии ПАЛ-3.

Характеристики многослойных пьезокерамических элементов для двух выборок по

180 шт многослойных монокристаллических пьезоэлектрических элементов ЭП-9-61-Пл-001, изготовленных по известному способу и многослойных монокристаллических пьезоэлементов ЭП-9-61-Пл-001-01, изготовленных по заявляемому способу представлены Таблице 1.

Из результатов, представленных в Таблице 1, следует, что при изготовлении по заявляемому способу у изделий в ~1,5 раза уменьшается разброс параметров и в ~2 раза уменьшается количество отбракованных изделий, повышается выход годных изделий и их надежность.

Улучшенные технологические и эксплуатационные характеристики многослойных монокристаллических пьезоэлектрических элементов, изготовленных по заявляемому способу, особенно актуальны при их использовании в исполнительной части интеллектуальных систем стелс-покрытий подводных объектов и систем звукопоглощения.

Таблица 1

№ п/п	Параметр	Известный способ п/э ЭП-9-61-Пл-001		Заявляемый способ п/э ЭП-9-61-Пл-001-01	
		средние значения параметров	среднеквадратичные отклонения значений параметров	средние значения параметров	Среднеквадратичных отклонения этих значений параметров
1	Перемещение под напряжением 100 В, мкм	2,43	0,177	2,51	0,102
2	Емкость, нФ	525	14	522	7
3	Тангенс угла диэлектрических потерь	0,28	0,015	0,27	0,010
4	Количество изделий, отбракованных под воздействием 10^5 циклов однополярного напряжения 120 В, %	10,6		5,6	

Формула изобретения

Способ изготовления многослойных пьезоэлектрических элементов, включающий приготовление шликера с порошком пьезоэлектрики; литье шликера через фильеру на движущуюся ленту и получение "сырых" пленок из органической связки с порошком пьезоэлектрики; резку сплошных "сырых" пленок на групповые заготовки; покрытие

определенной части каждой групповой заготовки через сеткотрафарет пастой с порошком металла, сборку групповых заготовок в n-слойные пакеты; гидростатическое прессование собранных пакетов; рубку групповых n-слойных пакетов в соответствии с рисунком сеткотрафарета на отдельные n-слойные заготовки; удаление связки и
5 спекание заготовок в монолит; металлизацию у монолитных заготовок боковых поверхностей; поляризацию монолитных заготовок; измерение параметров полученных монолитных многослойных (n-слойных) пьезоэлементов, отличающийся тем, что перед сборкой групповых заготовок в пакеты групповые заготовки подсушивают и участки каждой групповой заготовки непокрытые пастой с порошком металла покрывают
10 через второй сеткотрафарет пастой с порошком пьезокерамики, так что толщина слоя пасты с порошком керамики одинакова с толщиной слоя пасты с порошком металла.

15

20

25

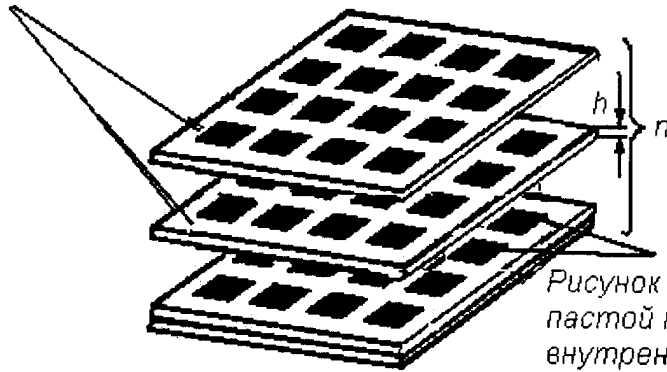
30

35

40

45

Заготовки из "сырой" пленки покрытые
металлодержащей пастой через
сеткотрафарет



Фиг. 1

