

(19) RU⁽¹¹⁾2 603 435⁽¹³⁾ C2

(51) МПК

H01L 21/768 (2006.01)

H01L 23/48 (2006.01)

H01L 23/498 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014119923/28, 12.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.10.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.10.2011 US 61/547,942

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2015 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 27.11.2016 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2010/0264548 A1, 21.10.2010. US 6430109 B1, 06.08.2002. WO 2005/088699 A1, 22.09.2005. US 2008/0203556 A1, 28.08.2008. RU 2419179 C2, 20.05.2011.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 19.05.2014

(86) Заявка РСТ:
IB 2012/055547 (12.10.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/057642 (25.04.2013)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

ДЕККЕР Роналд (NL),
МАРСЕЛИС Боут (NL),
МЮЛДЕР Марсель (NL),
МАУКЗОК Рюдигер (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

RU 2 603 435 C2

RU 2 603 435 C2

(54) УСТРОЙСТВО С ПЕРЕХОДНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ В ПОДЛОЖКЕ И СПОСОБ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

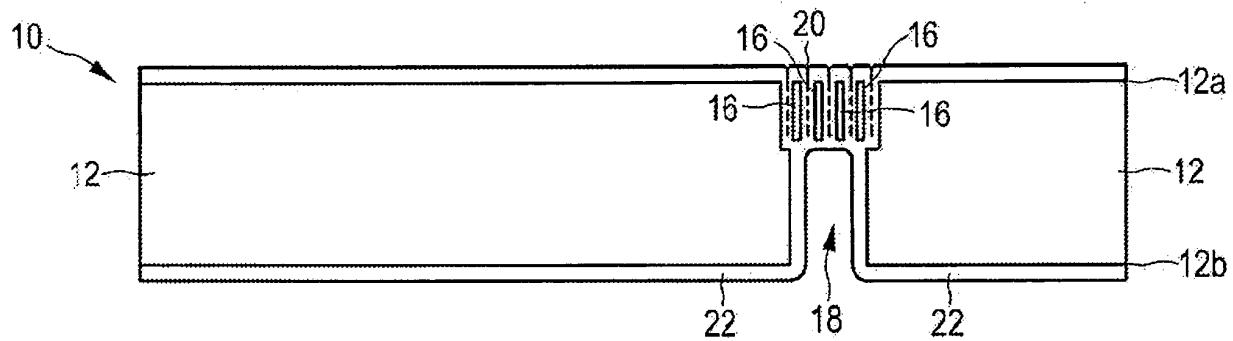
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству (10) с переходными отверстиями в подложке, содержащему подложку (12), выполненную из материала подложки и имеющую первую поверхность (12a) подложки и вторую поверхность (12b) подложки, противоположную первой поверхности (12a) подложки. Устройство (10) с переходными отверстиями в подложке также содержит множество соседних первых канавок (14), обеспеченных проводящим материалом и проходящими с первой поверхности (12a) подложки внутрь подложки (12), так что между первыми канавками (14) формируется

множество спейсеров (16) из материала подложки. Устройство (10) с переходными отверстиями в подложке также содержит вторую канавку (18), обеспеченную проводящим материалом и проходящую со второй поверхности (12b) подложки внутрь подложки (12). Вторая канавка (18) соединена с первыми канавками (14). Устройство 10 с переходными отверстиями в подложке также содержит проводящий слой (20), выполненный из проводящего материала и сформированный на стороне первой поверхности (12a) подложки, причем проводящий материал заполняет первые канавки (14), так что первый

проводящий слой (20) имеет по существу планарную и закрытую поверхность, покрывающую заполненные первые канавки и формирующую электрическое соединение между

заполненными канавками. Изобретение обеспечивает создание усовершенствованного устройства с переходными отверстиями в подложке. 3 н. и 10 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1с



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014119923/28, 12.10.2012

(24) Effective date for property rights:
12.10.2012

Priority:

(30) Convention priority:
17.10.2011 US 61/547,942

(43) Application published: 27.11.2015 Bull. № 33

(45) Date of publication: 27.11.2016 Bull. № 33

(85) Commencement of national phase: 19.05.2014

(86) PCT application:
IB 2012/055547 (12.10.2012)

(87) PCT publication:
WO 2013/057642 (25.04.2013)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str. 3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

DEKKER Ronald (NL),
MARSELIS Bout (NL),
MJULDER Marsel (NL),
MAUKZOK Rjudiger (NL)

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)

R U
2 6 0 3 4 3 5
C 2
C 3
C 4
C 3
C 2
R U

(54) THROUGH-WAFER VIA DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57) Abstract:

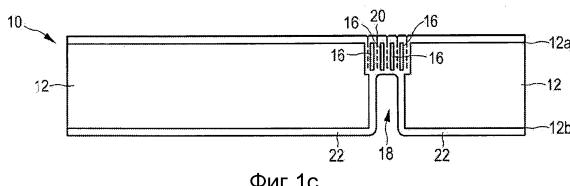
FIELD: manufacturing technology.

SUBSTANCE: invention relates to device (10) with transition holes in substrate containing substrate (12) made of substrate material and having substrate first surface (12a) and substrate second surface (12b), opposite to substrate first surface (12a). Device (10) with transition holes in substrate also includes plurality of neighboring first grooves (14), equipped with conductive material and passing from substrate first surface (12a) to inside substrate (12), such that a plurality of spacers (16) of the wafer material are formed between first trenches (14). Device (10) with transition holes in substrate also contains second groove (18), equipped with electrically conducting material and passing from substrate second surface (12b) to inside substrate (12). Second trench (18) is being

connected to first trenches (14). Device 10 with transition holes in substrate also includes conducting layer (20), made from conducting material and formed on substrate first surface (12a) side, wherein conducting material fills first grooves (14), so that first conducting layer (20) has substantially planar and closed surface, covering filled first trenches and forming an electrical connection between filled trenches.

EFFECT: invention provides a perfected through-wafer via device.

13 cl, 4 dwg



ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к устройству с переходными отверстиями в подложке и способу его производства, в частности для использования в сборке емкостного преобразователя, подвергнутого микрообработке (CMUT). Настоящее изобретение также относится к сборке емкостного ультразвукового преобразователя, подвергнутого микрообработке (CMUT), содержащей такое устройство с переходными отверстиями в подложке и содержащей как минимум одну ячейку CMUT.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Центром любой ультразвуковой системы (визуализации) является преобразователь,

- 10 который преобразует электрическую энергию в акустическую энергию и обратно. Традиционно эти преобразователи создаются из пьезоэлектрических кристаллов, размещаемых в линейных (1-D) матрицах преобразователей и работающих на частотах до 10 МГц. Однако тенденция к двумерным (2-D) матрицам преобразователей и стремление к миниатюризации, чтобы интегрировать ультразвуковую (визуализацию)
- 15 функциональность в катетеры и проволочные проводники катетеров, привели к развитию так называемых ячеек емкостных ультразвуковых преобразователей, подвергнутых микрообработке (CMUT). Эти ячейки CMUT могут быть размещены или изготовлены наверху ASIC (специализированная интегральная схема), содержащей управляющую электронику и обработчик сигналов. Это приведет к значительному
- 20 уменьшению расходов по сборке и наименьшему возможному форм-фактору.

Предпочтительно ячейки CMUT изготавливаются по отдельной специализированной технологии, которая оптимизирована под производительность, и размещаются наверху ASIC. Важный вопрос, который теперь нужно задать, как ячейки CMUT должны быть соединены с ASIC. Одно из решений - использовать устройство с переходными отверстиями в подложке. Устройство с переходными отверстиями в подложке, изготовленное по подходящей технологии переходных отверстий в подложке, может быть затем использовано для соединения ячеек CMUT на передней поверхности подложки с контактами на задней поверхности подложки. Таким образом ячейки CMUT могут быть монтированы на ASIC способом перевернутого кристалла (например, столбиковым выводом из припоя).

- 30 US 2008/0203556 A1 раскрывает схему сквозных межсоединений в подложке и способ их производства. Данный способ начинается с формирования структурированной канавки на проводящей подложке за счет удаления материала проводящей подложки. Структурированная канавка проходит в глубине от передней к задней стороне подложки
- 35 и имеет округлое отверстие, обычно разделяющее проводящую подложку на внутреннюю и внешнюю части, посредством чего внутренняя часть проводящей подложки изолируется от внешней части и служит в качестве проводника, насквозь пронизывающего подложку. В структурированной канавке формируется или добавляется диэлектрический материал, чтобы механически поддерживать и электрически
- 40 изолировать проводник, насквозь пронизывающий подложку.

Однако эти сквозные межсоединения в подложке и способ их производства требуют, чтобы канавки заполнялись механически крепким и электрически изолирующим диэлектриком, который должен выдерживать этапы обработки при высокой температуре, необходимые для производства ячеек CMUT.

- 45 Существует потребность дальше улучшать такие сквозные межсоединения в подложке и способ их производства.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задача настоящего изобретения - создать усовершенствованное устройство с

переходными отверстиями в подложке и способ его изготовления, так же как и усовершенствованную сборку емкостного ультразвукового преобразователя, подвергнутого микрообработке (СМУТ).

Согласно первому аспекту настоящего изобретения устройство с переходными

- 5 отверстиями в подложке представлено как содержащее подложку, изготовленную из материала подложки и имеющую первую поверхность подложки и вторую поверхность подложки, противоположную первой поверхности подложки. Устройство с переходными отверстиями в подложке дополнительно содержит множество соседних первых канавок, обеспеченных проводящим материалом и проходящих со стороны первой поверхности
- 10 подложки внутрь подложки, так что между первыми канавками образуется множество спейсеров (промежуточных слоев) из материала подложки. Устройство с переходными отверстиями в подложке также содержит вторую канавку, обеспеченную проводящим материалом и проходящую от второй поверхности подложки внутрь подложки, причем вторичная канавка соединена с первыми канавками. Устройство с переходными
- 15 отверстиями в подложке также содержит проводящий слой, выполненный из проводящего материала и сформированный на стороне первой поверхности подложки, причем проводящий материал заполняет первые канавки так, что первый проводящий слой имеет по существу плоскую и закрытую поверхность.

Согласно дополнительному аспекту настоящего изобретения сборка емкостного

- 20 ультразвукового преобразователя, подвергнутого микрообработке (СМУТ), представлена содержащей устройство с переходными отверстиями в подложке в соответствии с изобретением и содержащей как минимум одну СМУТ ячейку, электрически соединенную с первым проводящим слоем.

В соответствии со следующим аспектом настоящего изобретения представлен способ

- 25 производства устройства с переходными отверстиями в подложке, данный способ включает:

- обеспечение подложки, выполненной из материала подложки и имеющей первую поверхность подложки и вторую поверхность подложки, противоположную первой поверхности подложки,
- 30 - вытравливание множества соседних первых канавок с первой поверхности подложки внутрь подложки так, что между первыми канавками образуется множество спейсеров из материала подложки,
- вытравливание второй канавки со второй поверхности подложки внутрь подложки, причем вторая канавка соединена с первыми канавками,
- 35 - обеспечение проводящего слоя, выполненного из проводящего материала на стороне первой поверхности подложки, причем проводящий материал заполняет первые канавки, так что первый проводящий слой имеет по существу плоскую и закрытую поверхность.

- Основная концепция изобретения - обеспечить (высокотемпературное) устройство с переходными отверстиями в подложке (либо устройство со сквозными межсоединениями в подложке), содержащее первый проводящий слой, имеющий по существу планарную (или плоскую) и предпочтительно закрытую (в частности, непористую и/или без выемок) поверхность. Поверхность должна быть планарной и закрытой, например, чтобы осуществить нанесение резиста способом центрифугирования, особенно чтобы можно было держать подложку вакуумным хватом, который присутствует во многих единицах оборудования, во время производства. По существу планарная и закрытая поверхность получается использованием трюка процесса обработки, при котором обеспечивается (вытравливается) сетка или решетка из соседних (тонких) первых канавок на первой

стороне подложки, и в первые канавки наполняется проводящий материал (поликремний) (например, первые канавки полностью заполняются или закрываются проводящим материалом). Следовательно, обработка достаточно проста, так как трюк с тонкими канавками автоматически приведет к планарной поверхности. Это означает

5 экономию на (сложных) технологических этапах и, следовательно, уменьшение затрат.

В частности, для сборки CMUT устройство с переходными отверстиями в подложке может быть произведено в начале, а затем ячейки CMUT могут быть присоединены к устройству с переходными отверстиями в подложке. Данный порядок процесса обработки имеет определенное преимущество в том, что для производства переходных

10 отверстий в подложке могут быть использованы технологические этапы, которые были бы несовместимы со слоями и структурой сборки CMUT. Один из примеров - осаждение/выращивание высококачественных однородных диэлектрических слоев, которое производится при температурах, начиная с 700°C, которые несовместимы с металлическими слоями в устройстве CMUT.

15 Кроме того, требования для сопротивления переходных отверстий в подложке менее строгие в сравнении с другими устройствами (например, устройства стековой памяти). Это делает возможным использование поликремния (легированного «на месте») в качестве проводящего слоя для заполнения переходных отверстий в подложке, таким образом с выгодой используя свойства однородного осаждения поликремния.

20 Предпочтительные варианты осуществления изобретения определены в зависимых пунктах формулы изобретения. Будет подразумеваться, что способ, описанный в формуле изобретения, или сборка CMUT имеет подобные и/или идентичные предпочтительные варианты осуществления с устройством, описанным в формуле изобретения, и как определено в зависимых пунктах формулы изобретения.

25 В первом варианте осуществления устройство дополнительно содержит второй проводящий слой, выполненный из проводящего материала и сформированный на второй поверхности подложки. Таким образом может быть обеспечено электрическое соединение с ASIC.

30 В одном из вариантов этой реализации устройство с переходными отверстиями в подложке содержит проводящий материал на поверхностях второй канавки, так что первый проводящий слой и второй проводящий слой электрически соединены. Таким образом могут быть обеспечены переходные отверстия в подложке (или сквозные межсоединения в подложке).

35 В следующем варианте этого примера реализации второй проводящий слой формируется на по меньшей мере части второй поверхности подложки, окружающей вторую канавку.

40 В следующем варианте данного примера реализации устройство с переходными отверстиями в подложке дополнительно содержит электрическое соединение между вторым проводящим слоем и ASIC. Таким образом, устройство с переходными отверстиями в подложке может быть монтировано на ASIC методом перевернутого кристалла (например, используя столбиковый вывод из припоя). При использовании в сборке CMUT ASIC может, в частности, быть использован для обеспечения электрических сигналов по меньшей мере к одной ячейке CMUT и/или для приема электрических сигналов по меньшей мере из одной ячейки CMUT.

45 В следующем варианте осуществления вторая канавка имеет ширину, покрывающую значительную часть или все первые канавки и/или спейсеры. Таким образом, вторая канавка эффективно соединяется с первыми канавками.

В следующем варианте осуществления ширина каждой первой канавки и/или каждого

спейсера находится в диапазоне между 0,5 мкм и 5 мкм. Эти значения особенно выгодны при обеспечении по существу планарной поверхности первого проводящего слоя.

В следующем варианте осуществления глубина каждой первой канавки и/или каждого спейсера ниже 100 мкм, в особенности ниже 40 мкм. Таким образом первые канавки и спейсеры не проходят через всю подложку, которая обычно толще 100 мкм. Первые канавки и спейсеры имеют глубину, которая является только субфрагментом общей толщины подложки.

В следующем варианте осуществления отношение размеров первых канавок и/или вторых канавок составляет между 10 и 30, в особенности около 20. Это нормальный коэффициент травления, которым ограничивается процесс травления.

В следующем варианте осуществления подложка дополнительно содержит слой электрически изолирующей поверхности. Таким образом, гарантируется, что материал подложки электрически не соединен с проводящим материалом.

В следующем варианте осуществления ячейка СМУТ содержит нижний электрод, полость, мембрану, расположенную на полости, и верхний электрод. Это основной пример реализации ячейки СМУТ.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие аспекты изобретения станут очевидными из и будут разъяснены, ссылаясь на вариант(ы) осуществления, описанный ниже.

На следующих чертежах каждая из фиг. 1а-с описывает поперечное сечение устройства с переходными отверстиями в подложке согласно первому варианту осуществления на различных стадиях производства,

Фиг. 2 описывает сборку СМУТ согласно первому варианту осуществления,

Фиг. 2а описывает поперечное сечение ячейки СМУТ,

каждая из фиг. 3а-г показывает поперечное сечение устройства с переходными отверстиями в подложке согласно второму варианту осуществления на различных стадиях производства, и

Фиг. 4 показывает поперечное сечение и вид сверху устройства с переходными отверстиями в подложке на стадиях производства фиг. 3в или фиг. 3с.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Каждая из фиг. 1а-с описывает поперечное сечение устройства с переходными отверстиями в подложке согласно первому варианту осуществления на различных стадиях производства. Фиг. 1с описывает законченное устройство 10 с переходными отверстиями в подложке согласно данному варианту осуществления. Устройство 10 с

переходными отверстиями в подложке содержит подложку 12, сделанную из материала подложки и имеющую первую поверхность 12а подложки и вторую поверхность 12б подложки, противоположную первой поверхности 12а подложки. Устройство 10 с переходными отверстиями в подложке также содержит множество соседних первых канавок 14, обеспеченных проводящим материалом и проходящих с первой поверхности

12а подложки внутрь подложки 12, так что между первыми канавками 14 формируется множество спейсеров 16 из материала подложки. Устройство 10 с переходными отверстиями в подложке также содержит вторую канавку 18, обеспеченную проводящим материалом и проходящую со второй поверхности подложки внутрь подложки 12.

Вторая канавка 18 (обеспеченная проводящим материалом) соединена с первыми

канавками 14 (обеспеченными проводящим материалом). Посредством первых канавок 14 и второй канавки 18 формируется переходное отверстие сквозь всю подложку.

Устройство с переходными отверстиями в подложке 10 также содержит проводящий слой 20, выполненный из проводящего материала и сформированный на стороне первой

поверхности 12а подложки, проводящий материал заполняет первые канавки 14, так что первый проводящий слой 20 имеет по существу планарную, в особенности непористую и/или без выемок и предпочтительно закрытую поверхность.

Материал подложки может быть электрически проводящим или полупроводящим

- 5 материалом. В этом случае проводящий слой и электрически проводящий или полупроводящий материал подложки не контактируют напрямую, а электрически изолированы друг от друга, например, изолирующим слоем (не показан). Таким образом, подложка 12 может дополнитель но содержать слой электрически изолирующей поверхности, например, обеспеченный посредством оксидирования. В другом случае
- 10 материал подложки может быть электрически изолирующим материалом. В этом случае проводящий слой может быть напрямую нанесен на электрически изолирующий материал подложки.

Как показано на фиг. 1с, устройство с переходными отверстиями в подложке может дополнитель но содержать второй проводящий слой 22, выполненный из проводящего

- 15 материала и сформированный на второй поверхности 12б подложки. Второй проводящий слой 22 формируется на по меньшей мере части второй поверхности 12б подложки, окружающей вторую канавку 18. Между первым проводящим слоем 20 и вторым проводящим слоем 22 обеспечивается электрическое соединение. На поверхностях второй канавки 18 обеспечивается проводящий материал, так что первый проводящий
- 20 слой 20 и второй проводящий слой 22 становятся электрически соединены.

Предпочтительно первый проводящий слой 20 и второй проводящий слой 22 создаются из одного и того же проводящего материала (например, наносимого на одной и той же стадии производства), в частности, образуя общий слой, состоящий из одного и того же проводящего материала, как можно увидеть на фиг. 1с. В этом примере на той же

- 25 самой стадии производства проводящий материал наносится на первую поверхность 12а подложки (таким образом формируя первый проводящий слой 20), первые канавки 14, на поверхности второй канавки 18 и вторую поверхность 12б подложки (таким образом формируя второй проводящий слой 22). Другими словами, проводящий материал наносится таким образом, что между первой поверхностью 12а подложки
- 30 (или первым проводящим слоем 20) и второй поверхностью подложки 12б (или вторым проводящим слоем 22) обеспечивается электрическое соединение.

Вторая канавка 18 имеет ширину w_{18} , перекрывающую значительную часть первых канавок 14 и спейсеров 16 (или все канавки и спейсеры, за исключением крайних первых канавок). Здесь будет указано, что данный вариант осуществления обеспечивает

- 35 предпочтительную ситуацию, при которой задняя (вторая) канавка 18 идеально выровнена с передними (первыми) канавками 14. Другие варианты осуществления, однако, все еще работают, если задняя канавка 18 не идеально выровнена до тех пор, пока есть электрическое соединение, и сопротивление достаточно низкое.

Ширина w_{14} каждой из первых канавок 14 может, например, находиться в диапазоне

- 40 между 0,5 мкм и 5 мкм. Поочередно или в сумме ширина w_{16} каждого спейсера 16 может, например, находиться в диапазоне между 0,5 мкм и 5 мкм. Глубина l_{16} каждой первой канавки 14 может быть меньше 100 мкм, в частности меньше 40 мкм. Поочередно или в сумме глубина l_{16} каждого спейсера 16 может быть меньше 100 мкм, в частности
- 45 меньше 40 мкм. Отношение размеров первых канавок 14 и/или вторых канавок 16 может быть между 10 и 30, в частности около 20.

Только как пример ширина каждой из первых канавок 14 может быть около 1,5 мкм и/или ширина (оставшихся) спейсеров 16 может быть около 1 мкм, но этим не

ограничена. Снова, только как пример глубина каждой из первых канавок может быть примерно от 30 до 40 мкм, но этим не ограничена. Только как пример, ширина второй канавки 18 (или переходного отверстия) может быть не меньше 20 мкм, согласно толщине подложки около 400 мкм и максимальному коэффициенту травления 20, но

5 этим не ограничена. Только как пример, первый проводящий слой 20 и/или второй проводящий слой 22 могут иметь толщину примерно от 1 мкм до 2 мкм, но не ограничены ей. Будет подразумеваться, что возможны любые другие подходящие размеры.

Например, форма поперечного сечения каждой из первых канавок 14 может быть 10 округлой и/или первые канавки 14 могут быть размещены в концентрической конфигурации (не показано), чтобы уменьшить давление.

Только как пример, подложка 12 может быть выполнена из кремния, но этим не ограничена. Также, только как пример, проводящий материал может быть поликремнием, но этим не ограничен. Осаждение поликремния в высокой степени 15 однородно и может полностью запечатать узкие первые канавки 14.

Сейчас способ производства устройства 10 с переходными отверстиями в подложке будет объяснен, ссылаясь на фиг. 1а-с. Данный способ начинается с обеспечения подложки 12, выполненной из материала подложки и имеющей первую поверхность 12а подложки и вторую поверхность 12б подложки, противоположную первой 20 поверхности 12а подложки (см. фиг. 1а). Затем множество соседних первых канавок 14 вытравливается с первой поверхности 12а подложки внутрь подложки 12, так что множество спейсеров 16 из материала подложки формируется между первыми канавками 14 (см. фиг. 1а). Впоследствии вторая канавка 18 вытравливается со второй поверхности 12б подложки внутрь подложки 12, причем вторая канавка 18 соединена с первыми 25 канавками 14 (см. фиг. 1б).

Затем на стороне первой поверхности 12а подложки (или на первую поверхность подложки 12а) обеспечивается (первый) проводящий слой 20, выполненный из проводящего материала, проводящий материал заполняет первые канавки 14, так что первый проводящий слой 20 имеет по существу планарную и закрытую поверхность. 30 В некоторых случаях на второй поверхности 12б подложки может быть обеспечен второй проводящий слой 22, выполненный из проводящего материала. В частности, первый проводящий слой 20 и второй проводящий слой 22 могут быть нанесены на одной и той же стадии производства (например, формирование общего слоя, выполненного из того же материала), как можно увидеть на фиг. 1с.

Фиг. 2 описывает сборку 100 емкостного ультразвукового преобразователя, подвергнутого микрообработке (CMUT), согласно первому варианту осуществления. Сборка 100 CMUT содержит устройство 10 с переходными отверстиями в подложке. Сборка 100 CMUT также содержит по меньшей мере одну ячейку 30 CMUT, электрически соединенную с первым проводящим слоем 20. Сборка 100 CMUT может, в частности, 40 содержать множество ячеек 30 CMUT, как обозначено на фиг. 2 первой и второй ячейками 30 CMUT. Будет подразумеваться, что может быть использовано любое подходящее число ячеек CMUT. Ячейки CMUT могут сформировать ультразвуковую матрицу CMUT, в частности линейную (1-D) матрицу или двумерную (2-D) матрицу. Сборка CMUT может, например, быть использована для 2-D ультразвуковой 45 визуализации и 3-D ультразвуковой визуализации.

Устройство 10 с переходными отверстиями в подложке, описанное на фиг. 2, может быть устройством с переходными отверстиями в подложке варианта осуществления по фиг. 1с. В отличие от устройства с переходными отверстиями в подложке варианта

осуществления по фиг. 1с устройство 10 с переходными отверстиями в подложке фиг.2 также содержит электрическое соединение 39 (например, столбиковые выводы из припоя) между вторым проводящим слоем 22 и ASIC 40. ASIC 40 затем используется для обеспечения электрических сигналов по меньшей мере к одной ячейке 30 CMUT.

5 Фиг. 2а описывает поперечное сечение ячейки CMUT. Ячейка 30 CMUT содержит нижний электрод 30a, полость 30b, мемброну 30c, размещенную на полости 30b, и верхний электрод 30d. Будет подразумеваться, что ячейка CMUT по фиг. 2а только примерная основная ячейка CMUT. Ячейка CMUT сборки 100 CMUT согласно настоящему изобретению может содержать любой подходящий тип ячейки CMUT.

10 Каждая из фиг. 3а-г описывает поперечное сечение устройства с переходными отверстиями в подложке согласно второму варианту осуществления на различных стадиях производства. Устройство с переходными отверстиями в подложке второго варианта осуществления может, например, быть использовано в сборке CMUT первого варианта осуществления по фиг. 2, описанного выше.

15 Как уже объяснялось, ссылаясь на фиг. 1а-с, данный способ начинается с обеспечения подложки 12, выполненной из материала подложки и имеющей первую поверхность 12а подложки и вторую поверхность 12b подложки, противоположную первой поверхности 12а подложки (фиг. 3а). Например, подложка 12 может быть пустой кремниевой подложкой. Предпочтительно подложка 12 настолько тонка, насколько это возможно, чтобы облегчить вытравливание переходных отверстий в подложке, и в то же время достаточно толстой, чтобы обеспечить достаточную механическую 20 поддержку и/или манипулирование.

Только как пример, для подложки, имеющей диаметр 150 мм, толщина подложки 400 мкм - хороший выбор.

25 Затем, как показано на фиг. 3а, множество соседних первых канавок 14 вытравливаются с первой (лицевой) поверхности 12а подложки внутрь подложки 12, так что между первыми канавками 14 формируется множество спайсеров 16 из материала подложки.

Например, это может быть произведено, используя реактивное ионное травление 30 (RIE).

Впоследствии, как можно увидеть на фиг. 3в, слой 13, препятствующий травлению, наносится на первую поверхность подложки после вытравливания первых канавок 14. Например, слой 13, препятствующий травлению, может быть выполнен из оксида и/или может быть нанесен, используя PECVD. Потому что оксид PECVD осаждается со 35 слабой конформностью, первые канавки будут автоматически запечатаны после того как осаждены несколько микрон оксида. Только как пример толщина слоя, препятствующего травлению, может быть примерно между 4 мкм и 6 мкм.

Затем, как показано на фиг. 4с, вторая канавка 18 (или переходное отверстие) вытравливается из второй (задней) поверхности 12b подложки внутрь подложки 12, 40 вторая канавка 18 соединена с первыми канавками 14. Вторая канавка 18 имеет контакт или оканчивается в области, в которой расположены первые канавки 14. Фиг. 4 описывает поперечное сечение и вид сверху устройства с переходными отверстиями в подложке на стадии производства на фиг. 3в или фиг. 3с.

Ссылаясь на фиг. 3д, после вытравливания второй канавки 18 слой 13, 45 препятствующий травлению, удаляется.

Затем, как можно увидеть на фиг. 3е, подложка 12 обеспечивается слоем 15 электрически изолирующей поверхности (например, оксидированием, в особенности высокотемпературным оксидированием). Таким образом, боковые поверхности второй

канавки 18, первых канавок 14 и спейсеров 16 обеспечиваются слоем 15 изолирующей поверхности.

Впоследствии, как описано на фиг. 3f, проводящий слой 20, выполненный из проводящего материала, обеспечивается на стороне первой поверхности 12a подложки, проводящий материал заполняет первые канавки 14, так что первый проводящий слой 20 имеет по существу планарную и закрытую поверхность. На том же этапе обработки проводящий материал также наносится на вторую поверхность 12b подложки (таким образом формируя второй проводящий слой 22) и на поверхности вторых канавок 18. Таким образом, первый проводящий слой 20 и второй проводящий слой 22 электрически соединены.

Затем, как можно увидеть на фиг. 3g, на первой (передней) поверхности подложки структурируется первый проводящий слой 20. Структурирование второго проводящего слоя 22 на вторую (заднюю) поверхность подложки может быть произведено на поздней стадии. Например, в некоторых сборках CMUT (здесь не показано) первый проводящий слой 14 может быть напрямую использован как нижний электрод ячейки CMUT. На этой стадии производство (высокотемпературного) устройства с переходными отверстиями в подложке практически завершено.

Затем обработка ячейки 30 CMUT может начинаться. Например, первый нижний электрод 30a закрепляется на устройстве 10 с переходными отверстиями в подложке (в частности, на первом проводящем слое 27 или на дополнительном слое, таком как оксидный слой). Затем обеспечивается оставшаяся часть ячейки 30 CMUT, в частности полость 30b, мембрана 30c, размещенная на полости 30b, и верхний электрод 30d, как объясняется согласно фиг. 2a.

В конце может быть обеспечено электрическое соединение 39 между вторым проводящим слоем 22 и ASIC 40. Сборка CMUT может затем быть монтирована на ASIC способом перевернутого кристалла (например, с помощью столбикового вывода из припоя) (см. фиг. 2).

Чтобы привести одно конкретное применение, 3D ультразвуковая визуализация с электронным сканированием требует электронику формирования луча, вплотную интегрированную с акустическими элементами. В гибридной сборке или устройстве CMUT (емкостной ультразвуковой преобразователь, подвергнутый микрообработке) специализированное устройство с переходными отверстиями, содержащее матрицу ячеек преобразователей CMUT или элементов на нем (все вместе называемое кремниевой ИС), монтируется способом перевернутого кристалла наверху отдельного чипа ASIC, который содержит всю электронику, чтобы управлять каждой отдельной ячейкой преобразователя или элементом (или пикселом). Этот подход возможен только при подходящей технологии переходных отверстий в подложке, которая соединяет ячейку CMUT или элемент на лицевой стороне устройства с переходными отверстиями в подложке с ASIC на тыльной стороне устройства с переходными отверстиями в подложке. Технология переходных отверстий в подложке обычно очень сложна, потому что нормально они выполняются после обработки активного устройства (т. е. с интегрированной электроникой) и, следовательно, подвергаются серьезным ограничениям обработки, особенно в отношении допустимого температурного запаса. В этом особом случае устройства «пассивного CMUT» (т.е. без встроенной электроники), однако, возможно сначала обработать переходные отверстия в подложке или устройство с переходными отверстиями в подложке, а затем изготовить ячейки CMUT. Таким образом, изготовление устройства с переходными отверстиями в подложке может быть значительно упрощено. В этом описании изобретения обсуждается особенно

привлекательная последовательность технологических операций, которая выдает в результате планарную верхнюю поверхность. Конкретное применение усовершенствованного устройства СМУТ представлено.

Возможно в таком случае начать с изготовления переходных отверстий в подложке, 5 а затем изготавливать устройства СМУТ. Кроме того, требования для сопротивления переходных отверстий в подложке не такие строгие, как, например, для устройств стековой памяти. Подводя итог изложенному, это делает возможным использование высокотемпературных техник осаждения (термальное оксидирование и LPCVD) для изоляции и заполнения переходных отверстий. Это значительно упрощает их 10 изготовление.

Устройство с переходными отверстиями в подложке настоящего изобретения может, в частности, быть использовано для сборки емкостного преобразователя, подвернутого микрообработке (СМУТ), как описано выше. Однако будет подразумеваться, что 15 устройство с переходными отверстиями в подложке настоящего изобретения может также быть использовано для другого устройства или сборки, таких как, например, любой датчик или устройство MEMS. Например, устройство с переходными отверстиями в подложке настоящего изобретения может также быть использовано для тонкопленочного или подвернутого микрообработке датчика, катетера, проволочного 20 проводника катетера с измерительным датчиком и/или визуализацией и интегрированной электроникой, устройства интракардиальной эхографии (ICE), устройства внутрисосудистого ультразвукового исследования (IVUS), визуализации и датчика измерений внутри тела, хирургического или терапевтического устройства с системой 25 визуализации (IGIT).

Несмотря на то, что данное изобретение было проиллюстрировано и детально 25 описано на чертежах и предшествующем описании, такие иллюстрация и описание должны рассматриваться как иллюстративные и примерные и неограничительные; изобретение не ограничено раскрытыми примерами реализации.

Другие вариации раскрытых примеров реализации могут быть поняты и воспроизведены специалистами в данной области в практической реализации 30 изобретения, описанного в формуле изобретения, от изучения чертежей, раскрытия сущности и приложенной формулы изобретения.

В формуле изобретения слово «содержащий» не исключает другие элементы или этапы, а единственное число не исключает множественность. Один элемент или другой компонент могут выполнить функции нескольких пунктов, перечисленных в формуле 35 изобретения. Простой факт, что определенные меры перечислены во взаимно различных зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что комбинация этих мер не может быть использована с выгодой.

Любые условные обозначения в формуле изобретения не следует интерпретировать как ограничивающие объем.

40

Формула изобретения

1. Устройство (10) с переходными отверстиями в подложке, содержащее:

- подложку (12), выполненную из материала подложки и имеющую первую 45 поверхность (12a) подложки и вторую поверхность (12b) подложки, противоположную первой поверхности (12a) подложки,

- множество соседних первых канавок (14), обеспеченных проводящим материалом и проходящих с первой поверхности (12a) подложки внутрь подложки (12), так что между первыми канавками (14) формируется множество спейсеров (16) из материала

подложки,

- вторую канавку (18), обеспеченную проводящим материалом и проходящую со второй поверхности (12b) подложки внутрь материала подложки (12), причем вторая канавка (18) соединена с первыми канавками (14),

5 - проводящий слой (20), выполненный из проводящего материала и сформированный на стороне первой поверхности (12a) подложки, причем проводящий материал заполняет первые канавки (14), так что первый проводящий слой (20) имеет по существу планарную и закрытую поверхность, покрывающую заполненные первые канавки и формирующую электрическое соединение между заполненными канавками.

10 2. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее второй проводящий слой (22), выполненный из проводящего материала и сформированный на второй поверхности (12b) подложки.

3. Устройство по п. 2, содержащее проводящий материал на поверхностях второй канавки (18), так что первый проводящий слой (20) и второй проводящий слой (22)

15 электрически соединены.

4. Устройство по п. 2, причем второй проводящий слой (22) формируется по меньшей мере на части второй поверхности (12b) подложки, окружающей вторую канавку (18).

5. Устройство по п. 2, дополнительно содержащее электрическое соединение (39) между вторым проводящим слоем (22) и ASIC (40).

20 6. Устройство по п. 1, причем вторая канавка (18) имеет ширину (w_{18}), проходящую через значительную часть или все из первых канавок (14) и/или спейсеров (16).

7. Устройство по п. 1, причем ширина (w_{14}, w_{16}) каждой первой канавки (14) и/или каждого спейсера (16) находится в диапазоне между 0,5 и 5 мкм.

25 8. Устройство по п. 1, причем глубина (l_{14}, l_{16}) каждой первой канавки (14) и/или каждого спейсера (16) составляет меньше 100 мкм, в частности меньше 40 мкм.

9. Устройство по п. 1, причем отношение размеров первых канавок (14) и/или вторых канавок (18) - между 10 и 30, в частности около 20.

30 10. Устройство по п. 1, причем подложка (12) дополнительно содержит слой (15) электрически изолирующей поверхности.

11. Устройство по п. 1, где проводящий материал является поликремнием.

12. Сборка (100) емкостного ультразвукового преобразователя (СМУТ), подвергнутого микрообработке, содержащая устройство с переходными отверстиями в подложке по п. 1 и содержащая по меньшей мере одну ячейку (30) СМУТ, электрически соединенную с первым проводящим слоем (20).

35 13. Способ производства устройства (10) с переходными отверстиями в подложке, причем способ содержит:

- обеспечение подложки (12), выполненной из материала подложки и имеющей первую поверхность (12a) подложки и вторую поверхность (12b) подложки, противоположную первой поверхности (12a) подложки,

40 - вытравливание множества соседних первых канавок (14) с первой поверхности (12a) подложки внутрь материала подложки (12), так что между первыми канавками (14) формируется множество спейсеров (16) из материала подложки,

- вытравливание второй канавки (18) со второй поверхности (12b) подложки внутрь подложки (12), причем вторая канавка (18) соединена с первыми канавками (14), и

- обеспечение проводящего слоя (20), выполненного из проводящего материала на стороне первой поверхности (12a) подложки, причем проводящий материал заполняет первые канавки (14), так что первый проводящий слой (20) имеет по существу планарную

и закрытую поверхность, покрывающую заполненные первые канавки и формирующую электрическое соединение между заполненными первыми канавками.

5

10

15

20

25

30

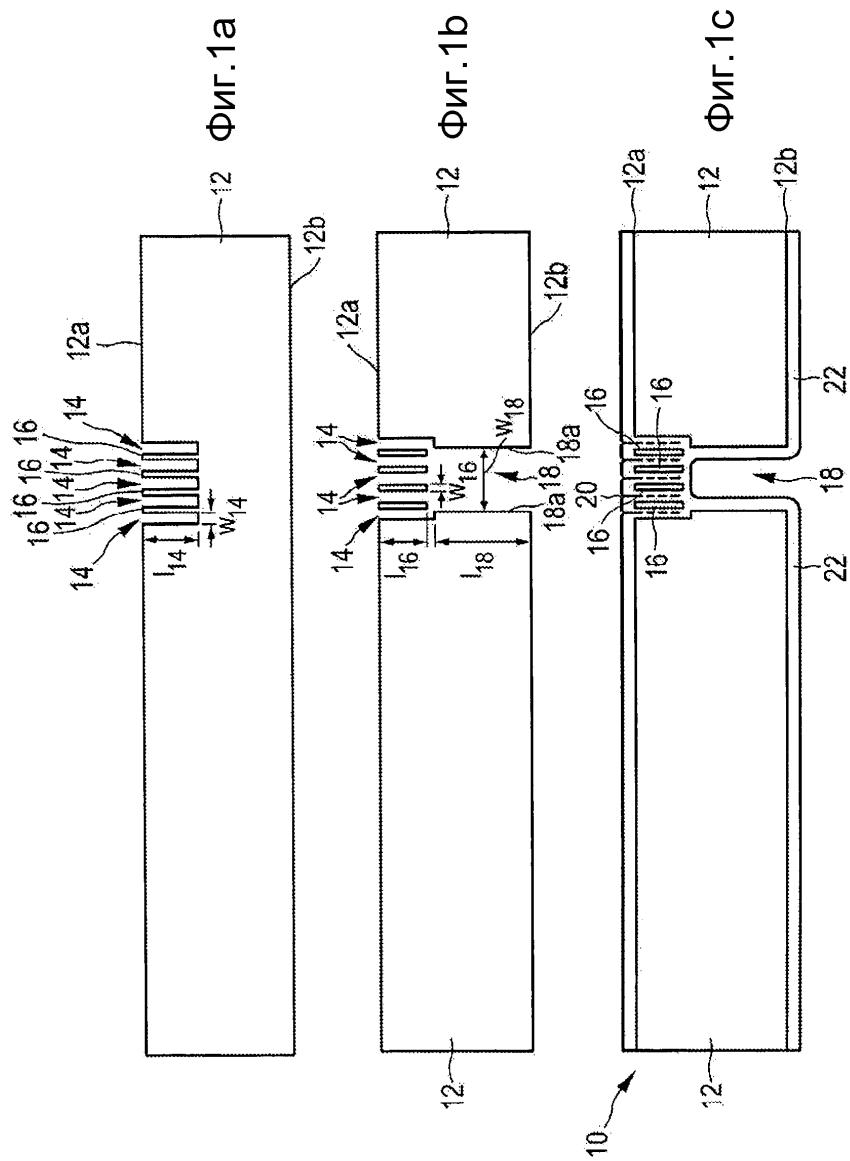
35

40

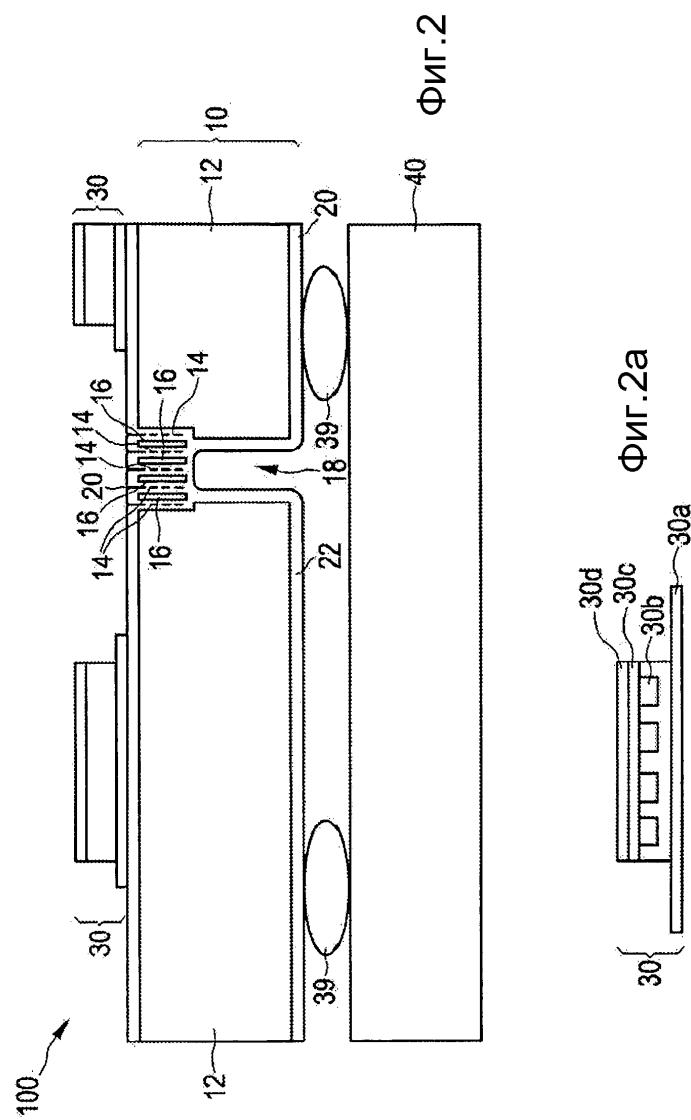
45

514396

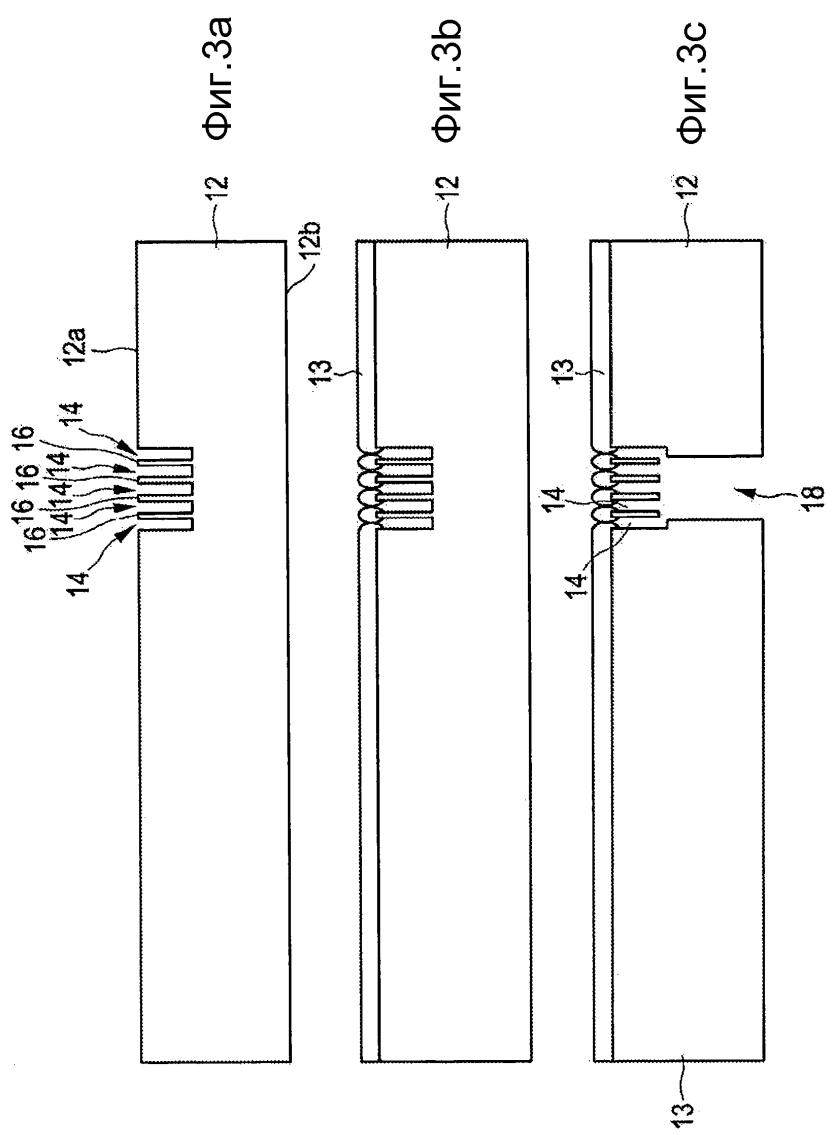
1/5



2/5

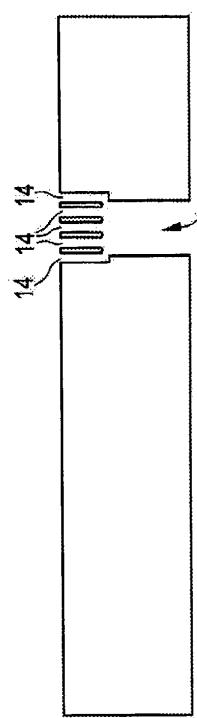


3/5

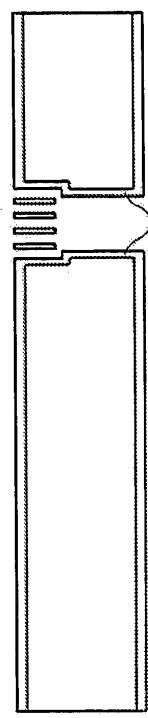


4/5

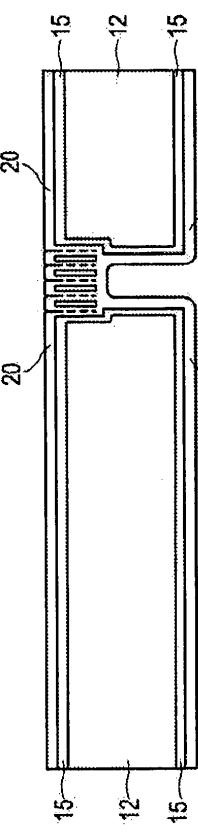
Фиг.3д



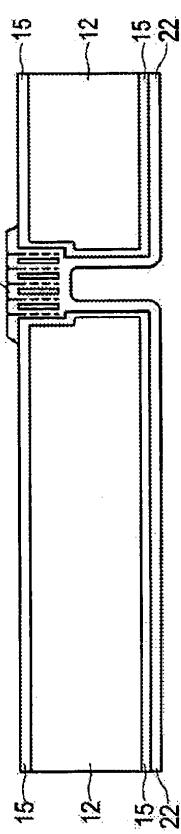
Фиг.3е



Фиг.3f



Фиг.3g



5/5

ΦИГ.4

