


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010134889/28, 28.04.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.04.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
23.01.2008 US 61/022,958

(43) Дата публикации заявки: 27.02.2012 Бюл. № 6

(45) Опубликовано: 27.02.2013 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: WO 2007049347 A1, 03.05.2007. JP 9102625  
A, 15.04.1997. RU 2250536 C1, 20.04.2005.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 23.08.2010(86) Заявка РСТ:  
EP 2008/055173 (28.04.2008)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2009/092453 (30.07.2009)

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

РИВА Марчелло (DE)

(73) Патентообладатель(и):

СОЛВЕЙ ФЛУОР ГМБХ (DE)

## (54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Реферат:

Солнечные элементы изготавливают из слитков монокристаллического или поликристаллического кремния с легированием Р-типа, отрезанием пластин и проведением легирования N-типа. Согласно изобретению предложен способ изготовления солнечного элемента в условиях плазменной обработки из кремниевой пластины или кремниевой пластины с легированием р-типа, с нанесением покрытия с легированием n-типа, включающий стадию травления паразитного эмиттера на тыльной стороне солнечного элемента, фотомаски солнечных элементов со структурой PERL; пластин, имеющих

фосфорсодержащее стекловидное покрытие, или травления пластин для модификации поверхности, включая тыльную сторону, или для исправления кремниевых пластин, которые имеют трещины, травильным газом, включающим неразбавленный карбонилфторид, неразбавленный фтор или смеси фтора с азотом, смеси фтора с аргоном, смеси фтора с азотом и аргоном, смеси карбонилфторида с кислородом, смеси карбонилфторида с инертным газом, выбранным из азота, гелия и аргона, или смеси карбонилфторида с кислородом и инертным газом, выбранным из азота, гелия и аргона. Также согласно изобретению предложены

солнечный элемент изготовленным описанным  
выше способом и способ изготовления  
индикаторных плоскостанельных дисплеев.  
Изобретение обеспечивает отсутствие

парникового эффекта, т.е. не происходит  
разрушение озонового слоя. 3 н. и 10 з.п. ф-лы,  
6 пр., 1 табл.

RU 2 4 7 6 9 5 9 C 2

RU 2 4 7 6 9 5 9 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010134889/28, 28.04.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**28.04.2008**

Priority:

(30) Convention priority:  
**23.01.2008 US 61/022,958**

(43) Application published: **27.02.2012 Bull. 6**

(45) Date of publication: **27.02.2013 Bull. 6**

(85) Commencement of national phase: **23.08.2010**

(86) PCT application:  
**EP 2008/055173 (28.04.2008)**

(87) PCT publication:  
**WO 2009/092453 (30.07.2009)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
pat.pov. E.E.Nazinoj**

(72) Inventor(s):

**RIVA Marchello (DE)**

(73) Proprietor(s):

**SOLVEJ FLUOR GMBKh (DE)**

## (54) METHOD OF MAKING SOLAR CELLS

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention provides a method of making a solar cell in plasma treatment conditions from a silicon wafer, or a p-type silicon wafer, with an n-type coating, involving a step of etching a parasitic emitter on the back side of the solar cell, photomasks of the collar cells with a PERL structure, wafers having a phosphorous-containing vitreous coating, or etching wafers for surface modification, including the back side, or for correcting the silicon wafers having cracks, with an etching gas containing undiluted carbonyl fluoride, undiluted

fluorine or mixtures of fluorine and nitrogen mixtures, fluorine and argon mixtures, fluorine, nitrogen and argon mixtures, carbonyl fluoride and oxygen mixtures, mixtures of carbonyl fluoride and an inert gas selected from nitrogen, helium and argon, or mixtures of carbonyl fluoride with oxygen and an inert gas selected from nitrogen, helium and argon. The invention also provides a solar cell made using the method described above and a method of making flat panel displays.

EFFECT: avoiding greenhouse effect and depletion of the ozone layer.

13 cl, 6 ex, 1 tbl

Настоящее изобретение, которое заявляет приоритет предварительной патентной заявки США № 61/022958, поданной 23 января 2008 года, полное содержание которой включено здесь ссылкой, относится к способу изготовления солнечных элементов. В еще одном аспекте настоящего изобретения, изобретение относится к способу

5 изготовления индикаторных плоскопанельных дисплеев.

Солнечные элементы применяются для преобразования солнечного света в электрический ток. Обычно их изготавливают из блоков легированного бором монокристаллического кремния (легирование Р-типа) или из слитков кремния,

10 полученных методом литья (поликристаллический кремний, легирование бором Р-типа), разрезанием массивного материала на пластины желательного размера. Затем формируют слой кремния, легированный фосфором, чтобы создать покрытие с легированием N-типа. Например, пластину можно ввести в контакт с  $\text{POCl}_3$ . Затем наносят контактные электроды, например, напылением металла на поверхность

15 элемента. Несколько соответствующих солнечных элементов затем объединяют для формирования солнечной панели. Необязательно, элемент также может содержать другие легирующие добавки, например, медь, как описано в US-A 4249957.

Элементы, изготовленные этим способом, все еще могут иметь некоторые

20 недостатки. Например, поверхность не должна быть отражающей, поскольку в этом случае свет лучше поглощается. Пластины могут иметь трещины, обусловленные процессом резки. Во время легирования фосфором может образовываться нежелательный стекловидный слой, содержащий фосфор. Это описано авторами J. Rentsch, D. Decker, M. Hofmann, H. Schlemm, K. Roth и R. Preu в статье, озаглавленной

25 “Industrial realization of dry plasma etching for PSG removal and rear side emitter etching” («Промышленное исполнение сухого травления в плазме для удаления ФСС (фосфорсиликатного стекла) и травления обратной стороны эмиттера»), представленной на 22-й Европейской Конференции и Выставке по фотоэлектрическому преобразованию солнечной энергии 3-7 сентября в Милане, Италия. В этой статье описано, что мокрое травление фосфорсиликатного стекла (в статье названного “PSG”) характеризуется необходимостью утилизации большого количества водных и химических отходов, а также сильным механическим

30 воздействием. Кроме того, упомянуто, что перфторированные углеводороды (PFC) и  $\text{SF}_6$  обычно используют для устранения повреждений, нанесенных резкой, а также оксидного травления в процессе обработки солнечных элементов. В экспериментах фосфорсиликатное стекло (PSG) вытравливали с использованием  $\text{CF}_4$  (перфторуглерода) и водорода. Другие плазменные обработки пластины выполняют с применением  $\text{SF}_6$ . Перфторированные углеводороды (PFC) и  $\text{SF}_6$  считаются имеющими

35 определенный Потенциал глобального потепления (GWP, ПГП).

Настоящее изобретение представляет решение этой и прочих проблем.

Согласно настоящему изобретению солнечные элементы изготавливают из кремниевой пластины способом, включающим стадию травления пластины

45 травильным газом, включающим карбонилфторид, фтор или трифторид азота, или их смеси.

Карбонилфторид и фтор являются предпочтительными, поскольку они не оказывают вредного влияния на озоновый слой и не проявляют GWP.

50 Карбонилфторид может быть получен, например, фотохимическим окислением трифторметана ( $\text{CHF}_3$ ), реакцией монооксида углерода ( $\text{CO}$ ) с элементарным фтором или действием фторирующих реагентов на фосген ( $\text{COCl}_2$ ) для замещения хлора фтором.

Если желательно, могут быть добавлены определенные количества известных травильных реагентов, например  $\text{SF}_6$ , насыщенные или ненасыщенные фторуглероды, например  $\text{CHF}_3$ , насыщенные или ненасыщенные перфторуглероды, например  $\text{CF}_4$  или  $\text{C}_2\text{F}_6$ , или насыщенные или ненасыщенные перфторированные простые эфиры. Если используют такие дополнительные травильные реагенты, то их предпочтительно вносят в количестве, равном или большем, чем 0,1% по весу, и равном или меньшем, чем 15% по весу. Предпочтительно не применять ни один из  $\text{SF}_6$ ,  $\text{NF}_3$ , фторуглеродов, перфторуглеродов, перфторированных простых эфиров или прочих травильных реагентов, которые оказывают негативное влияние на озоновый слой или которые имеют значение  $\text{GWP}_{100}$  более 15. В особенности предпочтительно, чтобы не содержался никакой дополнительный травильный реагент.

Кремниевую пластину предпочтительно отрезают (путем распиливания) от блока поликристаллического или монокристаллического кремния с легированием Р-типа (в частности, легированного бором).

Обработку согласно настоящему изобретению предпочтительно выполняют в плазменном реакторе в условиях плазменной обработки. Такие плазменные реакторы в общем известны и имеются в продаже на рынке, например, от фирм Applied Materials, Inc., или Secon Semiconductor Equipment GmbH, Австрия.

В одном из вариантов осуществления травление осуществляют непрямой плазмой.

Если в качестве обрабатываемого газа применяют фтор, то он может быть использован неразбавленным. Из соображений безопасности предпочтительно применять его в смеси с азотом, гелием и/или аргоном. Смеси могут быть получены в реакторе или же смесь фтора с инертным газом или газами формируют перед введением ее в реактор. Если газы вводят в реактор в таком предварительно смешанном состоянии, то во всем объеме реакционной камеры может быть создана однородная или почти однородная смесь. В основном содержание фтора в смеси предпочтительно составляет, из соображений безопасности, от 1 до 35% по объему. Например, смесь  $\text{F}_2$  и инертного газа может быть подведена из баллонов под давлением. В таких баллонах под давлением образуются однородные смеси. Можно также вводить в реактор газообразные компоненты по отдельности. В приведенном ниже подробном разъяснении термин «смесь» обозначает предварительно смешанные газовые смеси, а также смеси, созданные в плазменном реакторе.

Если соображения безопасности не составляют проблемы, может быть использован чистый фтор или  $\text{F}_2$ , разбавленный меньшими количествами азота или аргона, например, смеси, включающие от 0,1 до 20% по объему азота или аргона.

Предпочтительно используют смеси, включающие фтор и азот, и смеси, содержащие фтор и аргон, и, в особенности предпочтительно, смеси, включающие фтор, азот и аргон.

Далее представлены некоторые смеси, которые имеют сравнительно низкое содержание фтора. Эти смеси весьма пригодны с технической точки зрения и являются в особенности преимущественными из соображений безопасности.

Если используют смеси, включающие только фтор и азот, то содержание фтора предпочтительно является равным или большим 1% по объему. Содержание фтора предпочтительно является равным или меньшим 25% по объему. Содержание азота предпочтительно является равным или меньшим 99% по объему. Предпочтительно, оно равно или превышает 75% по объему. В особенно предпочтительном варианте осуществления содержание фтора варьирует в диапазоне от 18 до 22% по объему.

Если применяют смеси, включающие фтор и аргон, то содержание аргона предпочтительно равно или превышает 50% по объему. Предпочтительно оно является равным или меньшим, чем 99% по объему. Содержание фтора предпочтительно равно или превышает 1% по объему. Предпочтительно, оно является

5 равным или меньшим 50% по объему, в особенности равным или меньшим, чем 25% по объему.

Если используют смеси, включающие фтор, азот и аргон, то содержание фтора предпочтительно равно или превышает 1% по объему. Предпочтительно, оно является

10 равным или меньшим, чем 25% по объему. Содержание аргона предпочтительно равно или превышает 4% по объему. Предпочтительно, содержание аргона является равным или меньшим 25% по объему. Содержание азота предпочтительно является равным или большим, чем 4% по объему. Предпочтительно, оно является равным или меньшим 75% по объему.

15 Сумма долей фтора и аргона предпочтительно является равной или меньшей, чем 50% по объему, в особенности предпочтительно равной или меньшей 45% по объему. Предпочтительно, она равна или превышает 25% по объему.

В вышеописанных смесях содержание фтора является сравнительно низким из

20 соображений безопасности. В случаях, где проблемы безопасности не являются критически важными, содержание фтора может быть более высоким. В общем, содержание фтора может быть равным или большим, чем 25% по объему. Предпочтительно, оно равно или превышает 60% по объему; более предпочтительно, оно равно или превышает 75% по объему. Остальное количество до 100% объема

25 может занимать азот и, в особенности, аргон, который, как отмечено выше, иногда стабилизирует плазму, в особенности в установке с более низкой выходной мощностью. Если желательно, мог бы быть использован даже неразбавленный фтор. Более высокое содержание фтора и соответственно более низкое содержание аргона

30 также весьма пригодно для плазменной установки с высокой выходной мощностью. Реакция травления ускоряется с ростом содержания фтора. Например, смеси, содержащие от 85 до 98% по объему фтора и от 2 до 15% по объему аргона, обеспечивают очень быстрый процесс травления.

35 Карбонилфторид может быть использован в виде чистого вещества или в смеси с кислородом и/или инертными газами, например, он может быть применен вместе с азотом, гелием и/или аргоном. Предпочтительно, его применяют в виде неразбавленного вещества или смешанным с кислородом.

Часто возможно использование неразбавленного карбонилфторида, в особенности

40 в установке с плазмой высокой мощности. В плазменной установке с низкой мощностью плазмы может быть целесообразным применение смесей карбонилфторида и аргона (необязательно, вместе с азотом), поскольку аргон оказывает благоприятное действие, например, в стабилизации плазмы. Карбонилфторид, разбавленный азотом, гелием и/или аргоном, также может

45 обеспечить более безопасное обращение с ним. Например, карбонилфторид содержится в количестве, равном или превышающем 50% по объему, предпочтительно равном или превышающем 75% по объему. Остальной объем до 100% занимает кислород, азот, гелий и/или аргон. В особенности применимы смеси, состоящие из

50 карбонилфторида (предпочтительно, с вышеуказанным содержанием карбонилфторида) и аргона.

Способ согласно изобретению может быть использован для травления фотомаски солнечных элементов со структурой PERL («с пассивированным эмиттером и

локальной диффузией на тыльной стороне») во время текстурирования эмиттера.

В PERL-элементе необходимы две стадии фотомаскирования: стадия травления для формирования ребристой поверхностной текстуры и стадия локальной диффузии для создания областей глубокой  $p^{++}$ -диффузии, поверх которых размещают металлические мостиковые контакты. В третьей стадии поверхность затем покрывают  $p^{+}$ -диффузионным слоем. Подробности описаны в WO 1997/001189. Здесь для травления фотомаски могут быть применены карбонилфторид,  $NF_3$  или фтор. Процесс травления согласно настоящему изобретению также может быть использован для травления паразитного эмиттера на тыльной стороне солнечного элемента.

Согласно одному варианту исполнения поверхность пластины, используемой для солнечного элемента, модифицируют (предполагается, что ее делают шероховатой) в процессе травления согласно настоящему изобретению. Придание поверхности пластины шероховатости путем травления снижает отражательную способность и тем самым повышает производительность солнечного элемента. Отражательную способность считают пониженной, если общая полусферическая отражательная способность (усредненная для всех длин волн), выраженная интенсивностью падающего света, деленной на интенсивность отраженного света, является меньшей для кремниевой пластины с обработанной поверхностью, сравнительно с необработанной кремниевой пластиной.

Обработку травлением проводят в течение периода времени, который является достаточным для желательного сокращения отражательной способности.

Предпочтительно, обработку выполняют в течение времени, равного или большего, чем 1 секунда. Предпочтительно, обработку проводят за время, равное или меньшее, чем 10 минут, предпочтительно равное или меньшее 5 минут. Предпочтительно, травление проводят, пока не будет вытравлен слой поверхности, примерно равный или больший, чем 0,1 мкм. Предпочтительно, его выполняют, пока с поверхности не будет вытравлен слой, равный или меньший, чем 500 мкм, предпочтительно, равный или меньший, чем 100 мкм, в особенности, пока не будет вытравлено количество, равное или меньшее 20 мкм. Часто вытравливают несколько микрометров, например, слой, равный или меньший, чем 10, или даже равный или меньший, чем 5 мкм.

Травление может быть также применено на оборотной стороне солнечного элемента для улучшения адгезии электродов, которые наносят, как описано ниже.

Обработка травлением может быть также выполнена для исправления кремниевых пластин, которые имеют трещины. Весьма полезным является изотропное травление. Трещины часто возникают в результате отрезания пластин от кремниевых блоков.

Зачастую эти трещины становятся все больше и больше, и тем самым пластины оказываются бракованным материалом. Обработка пластин плазменным травлением с использованием  $COF_2$  или  $F_2$  преобразует остроугольные трещины в структуру, подобную замочной скважине. Более широкий конец трещины соответствует отверстию в замочной скважине, в которое вставляют бородку ключа, тогда как острый угол трещины преобразуется в скругленную полость, которая, если бы это было замочной скважиной механического замка, принимала бы или заключала в себе стержень ключа. Такая структура, подобная замочной скважине, не склонна к дальнейшему распространению, и пластина пригодна для последующего использования. Тем самым преобразование остроугольной структуры трещины в структуру, подобную замочной скважине, предотвращает распространение трещины.

Для обработки трещин также может быть использован газообразный фтор или смеси газообразного фтора с кислородом и/или инертными газами, в частности,

азотом, гелием и/или аргоном, как описано выше. Предпочтительно применяют карбонилфторид. Карбонилфторид может быть использован в виде чистого вещества, или он может быть применен вместе с кислородом, азотом, гелием и/или аргоном, как  
5 указано выше. Последние смеси предоставляют некоторые преимущества в плане безопасного обращения с ними. Как упомянуто выше, в установке с более низкой выходной мощностью может быть полезным применение карбонилфторида, смешанного с аргоном, для стабилизации плазмы. Для этой области применения могут  
10 быть использованы газовые смеси, подобные описанным выше для создания поверхностной шероховатости. Кислород стимулирует травление.

В еще одном варианте осуществления обрабатывают пластины, которые имеют стекловидное фосфорно-кремнеземное покрытие. Такие покрытия могут быть  
15 нежелательным результатом обработки во время стадии легирования кремниевой пластины фосфорными соединениями для выполнения легирования N-типа. Это стекловидное покрытие ухудшает электрический контакт электрода, который наносят на поверхность элемента. Было обнаружено, что это стекловидное покрытие может  
20 быть удалено обработкой его в плазме карбонилфторидом или фтором или газовыми смесями, подобными описанным выше, которые содержат фтор, или карбонилфторид вместе с кислородом, азотом, гелием и/или аргоном.

Обработку индуцированным плазмой травлением выполняют при пониженном давлении. Далее давление приведено в абсолютных величинах. Предпочтительно,  
25 давление равно или превышает 0,1 мбар (10 Па). Предпочтительно, оно является равным или меньшим, чем 100 мбар (10 кПа). В особенности предпочтительно оно является равным или меньшим, чем 50 мбар (5 кПа).

Во время индуцированного плазмой травления пластины нагреваются. Таким образом, если требуется, нужно либо охлаждать пластину, если существует опасность  
перегрева, либо прерывать обработку время от времени, чтобы пластина остыла.

Газы, выходящие из плазменного реактора, включают непрореагировавший  
30 травильный реагент, HF, SiF<sub>4</sub>, фториды фосфора и другие реакционные продукты. Они могут быть промыты водой, в особенности водной щелочью, для удаления любых присутствующих HF, карбонилфторида, SiF<sub>4</sub> или фтора. Любой газ из кислорода, азота, гелия или аргона, прошедший через промывное устройство, может быть  
35 использован повторно или выпущен в окружающую среду. Дополнительным преимуществом является простота удаления HF, карбонилфторида и фтора водной щелочью или другими общеизвестными способами, по сравнению с другими травильными газами.

Пластины, обработанные способом согласно настоящему изобретению, затем  
40 подвергают дальнейшей обработке для получения солнечного элемента. В частности, наносят контактные электроды. Эти контактные электроды требуются для отведения электрического тока (обычно постоянного тока) от элемента. Предпочтительным способом нанесения контактных электродов является напыление металла на пластину,  
45 как упомянуто в US-A 4249957. Весьма подходящим является контактный электрод из сплава титана, палладия и серебра. Существуют альтернативные способы, которые могут быть применены для нанесения контактных электродов. Например, может быть нанесена паста, которая содержит электропроводные частицы, например, частицы  
50 серебра, с образованием рисунка на пластине, пластину прокаливают, и на пластине формируется электропроводный рисунок, который действует как электрод. Эта альтернатива описана в EP-A-0 542148.

Еще один аспект настоящего изобретения представляет солнечный элемент,



полученный способом согласно настоящему изобретению. В одном варианте исполнения элементы, содержащие пластину, которая была подвергнута поверхностному травлению, имеют очень низкий уровень отражательной способности. В еще одном варианте осуществления солнечные элементы содержат трещины в форме замочной скважины. В третьем варианте исполнения солнечные элементы имеют оба этих свойства. Изобретение также относится к солнечной панели, полученной объединением множества солнечных элементов, полученных способом согласно настоящему изобретению. «Множество» означает по меньшей мере два солнечных элемента. Верхний предел приведен из практических соображений. Предпочтительно, для формирования солнечной панели объединяют солнечные элементы в количестве, равном или меньшем 10, более предпочтительно, по меньшей мере 20 солнечных элементов.

Преимущество настоящего изобретения состоит в том, что травление в водной среде заменено быстрым, чистым способом. Дополнительное преимущество карбонилфторида и фтора заключается в том, что они не разрушают озон, имеют низкий потенциал образования парниковых газов или совсем не имеют такового и могут быть без труда удалены из любых отходящих газов, покидающих реактор.

Дополнительно, было найдено, что карбонилфторид представляет собой травильный реагент, пригодный для изготовления индикаторных плоскопанельных дисплеев.

Известно, что схемы электрических цепей формируют на индикаторных плоскопанельных дисплеях, используя плазменно-химическое травление для формирования рисунка из тонкопленочных транзисторов, применяемых для переключения жидкокристаллических поляризующих элементов в часто используемых «жидкокристаллических дисплеях с активной матрицей». Желательно достигать равномерной или контролируемо неравномерной глубины травления по всей площади дисплея. Например, как описано в US-A 5688415, помещают покровную пленку на индикаторной панели, в частности, подложке крупномасштабного индикаторного плоскопанельного дисплея с фотолитографической маской, перекрывающей пленку и имеющей предварительно заданный рисунок сквозных отверстий. Подложку затем помещают рядом с электродом для плазменного травления, площадь выступающей части которого является меньшей, чем площадь поверхности подложки. Травильный электрод сканирует поверхность подложки для переноса рисунка в фотолитографической маске в пленку на поверхности таковой. После этого маску удаляют с поверхности покровной пленки. Подложка может быть стеклянной и пленка может представлять собой аморфный или поликристаллический кремний.

В процессах, выполняемых для изготовления индикаторного плоскопанельного дисплея, таких как вышеописанный процесс, в качестве травильного газа может быть использован карбонилфторид. Карбонилфторид может быть применен в виде чистого вещества или в смеси с инертными газами, например, он может быть использован вместе с кислородом, азотом, гелием и/или аргоном. Предпочтительно его применяют в виде неразбавленного вещества. Эти газовые смеси могут быть также использованы для очистки плазменной камеры.

Часто возможно использование неразбавленного карбонилфторида, в особенности в установке с плазмой высокой мощности. В плазменной установке с низкой мощностью плазмы может быть целесообразным применение смесей карбонилфторида и аргона (необязательно, вместе с азотом), поскольку аргон оказывает благоприятное действие, например, в стабилизации плазмы.

Карбонилфторид, разбавленный кислородом, азотом, гелием и/или аргоном, также может обеспечить более безопасное обращение с ним. Например, карбонилфторид содержится в количестве, равном или превышающем 50% по объему, предпочтительно равном или превышающем 75% по объему. Остальной объем до 100% приходится на кислород, азот, гелий и/или аргон. В особенности применимы смеси, состоящие из карбонилфторида (предпочтительно, с вышеуказанным содержанием карбонилфторида) и аргона, и, необязательно, кислорода.

Нижеприведенные примеры предназначены для дополнительного разъяснения изобретения без намерения ограничить таковое.

#### Примеры:

Общая часть: Плоские неструктурированные кремниевые пластины диаметром 200 мм были протравлены в установке для травления в микроволновой плазме, изготовленной фирмой Secon Semiconductor Equipment GmbH, Австрия. Пластины взвесили до и после травления, разница в весе свидетельствует о скорости травления. При отсутствии зажимного патрона с водяным охлаждением время травления ограничивали несколькими 10-минутными циклами с 3-минутными интервалами для охлаждения. Примеры 1 и 4 представляют собой сравнительные примеры.

1. Результаты испытаний										
	Вес [г]		Разность в весе [г] через...		Расход потока [см <sup>3</sup> /мин]			Поток аргона	Р	Комментарий
	До	После	25 минут	100 минут	SF <sub>6</sub>	COF <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	Аг	[мбар]	Минимальное возможное давление
1	48,44	40,48		7,96	200	0	0	Да	1	
2	40,48	35,94		4,54	0	400	0	Да	1	
3	35,94	34,35	1,59 (50 минут)	3,18	0	400	50	Да	1	
4	34,35	30,39	3,96 (50 минут)	7,92	200	0	50	Да	1	
5	30,38	29,06	1,32	5,28	0	800	0	Да	1,1	
6	29,06	27,36	1,70	6,80	0	800	0	Нет	1,0	
7	27,36	25,90	1,46	5,84	0	800	0	Нет	1,5	
8	25,90	24,10	1,80	7,20	0	600	0	Нет	0,73	Минимальное возможное давление
9	24,10	22,39	1,71	6,84	0	600	0	Да	0,80	
10	22,39	20,54	1,85	7,40	0	600	0	Нет	0,73	

Аргон применяли для повышения однородности плазмы по длине микроволновых стержней. Он не оказывает влияния на реакцию травления кремния. Обозначения «Да/Нет» показывают, когда его подача была включена или выключена.

Расход потока, одинаковый по регулятору массового расхода (MFC), использовали для SF<sub>6</sub> и COF<sub>2</sub>. MFC откалибровали для SF<sub>6</sub>. Для COF<sub>2</sub> нужно было применять коэффициент пересчета 2 (0,544/0,27).

Испытания показывают, что карбонилфторид может быть успешно применен для травления поверхности кремниевых пластин, причем время травления может быть сокращено, в то же время по-прежнему с получением неотражающей пластины.

#### Пример 2: Обработка кремниевой пластины для обезвреживания трещин

Легированная бором кремниевая пластина, отрезанная от блока поликристаллического кремния, имеет трещины на кромке. Пластины перемещают в плазменную камеру. Из камеры откачивают воздух и вводят карбонилфторид в камеру до давления 0,4 мбар (40 Па), и запускают плазму. Во время плазменной

обработки первоначально остроугольная трещина преобразуется в структуру, подобную замочной скважине, которая не будет распространяться; таким образом, пластина уже не является бесполезной, но может быть применена для дальнейшей обработки с получением солнечного элемента (легирование фосфором, нанесение электродов и т.д.).

Пример 3: Удаление фосфорсодержащего стекловидного покрытия

Легированную бором кремниевую пластину вводят в контакт с  $\text{POCl}_3$  и нагревают до температуры между 960 и 1000°C для преобразования фосфорного соединения в  $\text{P}_2\text{O}_5$ . В ходе побочной реакции образуется фосфорно-кремнеземное стекловидное покрытие. Для удаления этого стекловидного покрытия пластину размещают в камере для плазменной обработки, из камеры откачивают воздух и вводят в реактор неразбавленный карбонилфторид до достижения давления 0,4 мбар (40 Па). Затем запускают плазму. Процесс останавливают, как только стекловидное покрытие вытравливается.

Пример 4: Удаление фосфорсодержащего стекловидного покрытия с использованием фтора

Повторяют пример 4, но на этот раз используют смесь, состоящую из 20% по объему фтора, 10% по объему азота и 70% по объему аргона. Стекловидное покрытие вытравливается.

Пример 5: Нанесение электродов на обработанную пластину

Пластину, протравленную неразбавленным карбонилфторидом, чтобы сделать ее менее отражающей, дополнительно обрабатывают для нанесения электродов, как описано в патентном документе EP-A-0 542148. Пасту, содержащую серебро и, в качестве неорганического связующего средства, оксид свинца и диоксид кремния, наносят на переднюю сторону пластины с помощью трафаретной печати соответственно желательному рисунку структуры электродов. На обратную сторону наносят подобную электродную пасту, которая дополнительно содержит алюминий. Затем пластину подвергают обжигу при температуре около 800°C. На рисунок затем наносят гальваническое покрытие в ванне, содержащей хлорид серебра и тиосульфат натрия. Это выполняют, как описано конкретно на странице 3, строка 53, до страницы 5, строка 23.

Пример 6: Изготовление кремниевых транзисторов на индикаторном плоскопанельном дисплее

Кремниевые транзисторы формируют на крупных индикаторных плоскопанельных дисплеях, как описано в US-A 5688415, в тексте от строки 60 в колонке 5 до строки 4 в колонке 9. Стекланную подложку оснащают покровной пленкой из одного или нескольких прозрачных электродных материалов, например, оксида индия-олова или оксида кремния. Покрытие накрывают слоем фоторезиста, имеющим предварительно заданные отверстия. Подложку помещают в плазменную камеру и рисунок фотолитографической маски переносят сканированием в пленку на стекланной подложке. В последующей стадии выполняют травление. В этой стадии применяют смесь из 60% по весу карбонилфторида и 40% по весу аргона. Вариант схемы заданных позиций облучения плазмой генерируют с использованием компьютерного оборудования и подходящего программного обеспечения, чтобы предотвратить перетравление.

## Формула изобретения

1. Способ изготовления солнечного элемента в условиях плазменной обработки из

кремниевой пластины или кремниевой пластины с легированием Р-типа с нанесением покрытия с легированием N-типа, включающий стадию травления паразитного эмиттера на тыльной стороне солнечного элемента, фотомаски солнечных элементов со структурой PERL; пластин, имеющих фосфорсодержащее стекловидное покрытие, или травления пластин для модификации поверхности, включая тыльную сторону, или для исправления кремниевых пластин, которые имеют трещины,

травильным газом, включающим неразбавленный карбонилфторид, неразбавленный фтор или смеси фтора с азотом, смеси фтора с аргоном, смеси фтора с азотом и аргоном, смеси карбонилфторида с кислородом, смеси карбонилфторида с инертным газом, выбранным из азота, гелия и аргона, или смеси карбонилфторида с кислородом и инертным газом, выбранным из азота, гелия и аргона.

2. Способ по п.1, в котором обрабатывают монокристаллическую пластину.

3. Способ по п.1, в котором обрабатывают поликристаллическую пластину.

4. Способ по п.1, в котором обрабатывают кремниевую пластину с легированием Р-типа, с нанесением покрытия с легированием N-типа.

5. Способ по п.1, в котором протравливают пластины, имеющие по меньшей мере одну трещину.

6. Способ по п.1, в котором протравливают пластины, имеющие фосфорсодержащее стекловидное покрытие.

7. Способ по п.1, в котором поверхность пластины протравливают, чтобы сделать поверхность шероховатой.

8. Способ по п.1, в котором в качестве травильного газа используют карбонилфторид.

9. Способ по п.1, в котором травление осуществляют непрямой плазмой.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором контактные электроды наносят на пластину после травления.

11. Легированный по Р-типу солнечный элемент, полученный способом по любому из пп.1-10.

12. Способ изготовления индикаторных плоскопанельных дисплеев, включающий стадию плазменного травления, в котором применяют травильный газ, который содержит неразбавленный карбонилфторид, карбонилфторид с аргоном, или который содержит карбонилфторид с аргоном, необязательно с кислородом, или который содержит элементарный фтор.

13. Способ по п.12, в котором схемы электрических цепей формируют плазменным травлением.