



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 189 089** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК⁷ **H 01 L 21/335**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000122320/28, 24.08.2000

(24) Дата начала действия патента: 24.08.2000

(46) Дата публикации: 10.09.2002

(56) Ссылки: EP 0481153 A1, 22.04.1992. US 4970173 A, 13.11.1990. US 4767722 A, 30.08.1988. EP 0244366 A2, 04.11.1987. RU 2091908 C1, 27.09.1997.

(98) Адрес для переписки:
105187, Москва, Окружной пр-д, 27, ГУП НПП
"Пульсар", нач.ПИЛ Е.П.Цыбиной

(71) Заявитель:

Государственное унитарное предприятие
"Научно-производственное предприятие
"Пульсар"

(72) Изобретатель: Бачурин В.В.,
Пекарчук Т.Н.

(73) Патентообладатель:

Государственное унитарное предприятие
"Научно-производственное предприятие
"Пульсар"

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОЩНОГО ДМОП-ТРАНЗИСТОРА

(57)

Использование: в электронной полупроводниковой технике, в методах создания мощных кремниевых ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой. Сущность изобретения: способ отличается наличием новой совокупности и последовательности технологических операций: наращивание дополнительного слоя нитрида кремния на поликремний в защитном покрытии, формирование слоя термической двуокиси кремния в защитном покрытии определенной толщины, локальное выращивание дополнительного слоя термической двуокиси кремния определенной толщины в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек перед осаждением межслойного диэлектрика

на лицевую сторону подложки, удаление защитного покрытия с лицевой стороны подложки и формирование подзатворного диэлектрика из термической двуокиси кремния, пассивированной фосфорносиликатным стеклом, и электрода затвора из низкоомного поликремния или тугоплавкого металла между дополнительными локальными слоями термической двуокиси кремния. Техническим результатом изобретения является повышение стойкости данных приборов к воздействию ионизирующих излучений (прежде всего к гамма-излучению) до уровня требований, предъявляемых к современной радиоэлектронной аппаратуре специального назначения. 1 с.п. ф-лы, 5 ил., 1 табл.

RU 2 189 089 C2

RU 2 189 089 C2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 189 089** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.⁷ **H 01 L 21/335**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000122320/28, 24.08.2000

(24) Effective date for property rights: 24.08.2000

(46) Date of publication: 10.09.2002

(98) Mail address:
105187, Moskva, Okružnoj pr-d, 27, GUP NPP
"Pul'sar", nach.PIL E.P.Tsybinoj

(71) Applicant:
Gosudarstvennoe unitarnoe predprijatie
"Nauchno-proizvodstvennoe predprijatie "Pul'sar"

(72) Inventor: Bachurin V.V.,
Pekarchuk T.N.

(73) Proprietor:
Gosudarstvennoe unitarnoe predprijatie
"Nauchno-proizvodstvennoe predprijatie "Pul'sar"

(54) **HIGH-POWER DMOS-TRANSISTOR MANUFACTURING PROCESS**

(57) Abstract:

FIELD: semiconductor engineering; manufacture of vertical-structure silicon double-diffused metal-oxide-semiconductor transistors. SUBSTANCE: process includes new combination and sequence of operations: deposition of additional silicon nitride layer onto polycrystalline silicon in shielding coating; formation of definite-thickness thermal silicon dioxide layer in shielding coating; local growth of additional definite-thickness thermal silicon dioxide layer in shielding coating ports above source regions of transistor

cells prior to depositing interlayer insulation on face side of substrate; removal of shielding coating from face side of substrate; formation of insulation under gate from thermal silicon dioxide passivated by silicatephosphate glass and gate electrode from low-resistance polycrystalline silicon or high-melting metal between additional local layers of thermal silicon dioxide. EFFECT: enhanced resistance of devices to ionizing rays (mainly gamma-rays) to meet requirements to advanced special-purpose electronic equipment. 2 cl, 5 dwg

RU 2 189 089 C2

RU 2 189 089 C2

Изобретение относится к электронной полупроводниковой технике, в частности к методам создания мощных кремниевых ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой.

Известен типовой подход к формированию структуры активной области мощных ДМОП-транзисторов, принятый в качестве способа-аналога, который базируется на следующей совокупности и последовательности основных технологических операций: формирование защитного покрытия из термической двуокиси кремния и низкоомного поликремния (как правило легированного фосфором) на лицевой стороне исходной кремниевой pp^+ - или pp^+ - подложки первого типа проводимости; вытравливание окон в защитном покрытии для формирования транзисторных ячеек и общего затворного узла в активной области структуры; создание в высокоомном слое подложки в каждой транзисторной ячейке шунтирующей и канальной областей второго типа проводимости и истоковой области первого типа проводимости; осаждение межслойного диэлектрика (обычно из пиролитической двуокиси кремния, легированной фосфором) на лицевую сторону подложки; вскрытие контактных окон истока и затвора в межслойном диэлектрике; формирование металлических электродов истока и затвора на лицевой стороне подложки и металлического электрода стока на ее тыльной стороне (патент США 4970173 "Method of making high voltage vertical field effect transistor with improved safe operating area", опубликованный 13.11.1990 г.) В этом случае затворный узел, включающий в себя подзатворный диэлектрик из термической двуокиси кремния толщиной $d_{под}$ и электрод затвора из низкоомного поликремния, формируется из защитного покрытия на начальной стадии технологического маршрута, а шунтирующие, канальные и истоковые области транзисторных ячеек создаются позже последовательным внедрением легирующих примесей в подложку и последующим диффузионным перераспределением внедренных примесей при использовании ранее сформированного затворного узла в качестве защитной маски при ионной имплантации или диффузионной загонке примесей в подложку. В итоге реализуется так называемая "ДМОП-структура с самосовмещенным относительно истока электродом затвора", являющаяся основой современных серий, но выпускаемых коммерческих приборов, в которой индуцированный канал первого типа проводимости образуется на торцах канальных областей, прилегающих к подзатворному диэлектрику, при приложении положительного потенциала к электроду затвора. Недостатком ДМОП-структуры, изготовленной по способу-аналогу, является то, что в ней высоколегированные шунтирующие области (прослойки) выходят за пределы канальных областей транзисторных ячеек, приводя к увеличению шага структуры и дополнительному искривлению объемной части стокового р-п перехода, и, как результат, к уменьшению плотности компоновки конструктивных

элементов в активной области приборной структуры и снижению пробивных напряжений стока.

В качестве прототипа выбран усовершенствованный вариант технологического процесса изготовления ДМОП-транзистора с вертикальной структурой, в соответствии с которым шунтирующие прослойки формируются после создания канальных областей транзисторных ячеек и полностью вписываются в их границы (Европейский патент 0481153A1 "Process for accomplishment of power MOS transistors with vertical current flow and transistor thus obtained", опубликованный 22.04.1992 г.) При прочих равных условиях способ-прототип обеспечивает более высокую плотность компоновки конструктивных элементов в активной области ДМОП-структуры и более высокое пробивное напряжение стока по сравнению с аналогом. Однако и прототип, и другие известные модификации прототипа и способа-аналога не позволяют создавать мощные МДП-транзисторы с приемлемым для современной радиоэлектронной аппаратуры специального назначения уровнем стойкости к воздействию ионизирующих излучений, что является их основным недостатком. Низкая радиационная стойкость таких приборов обусловлена следующими причинами:

- воздействием температур свыше $1000^{\circ}C$ на затворный узел приборной структуры при создании шунтирующих прослоек и канальных областей транзисторных ячеек, приводящих к деградации первоначальных свойств подзатворного диэлектрика;

- отсутствием возможности использования каких-либо дополнительных мер для повышения радиационной стойкости подзатворного диэлектрика, в частности пассивации подзатворного диэлектрика фосфорносиликатным стеклом (в этом случае при последующих за пассивацией высокотемпературных процессах фосфор диффундирует из стекла в подзатворный диэлектрик на большую глубину, что приводит к резкому возрастанию токов утечки затвора, снижению пробивных напряжений диэлектрика, а зачастую и к его полному пробую);

- отсутствие возможности использования в качестве электрода затвора вместо поликремния какого-либо другого альтернативного материала.

Цель настоящего изобретения повышение стойкости данных приборов к воздействию ионизирующих излучений (прежде всего к гамма-излучению) до уровня требований, предъявляемых к современной радиоэлектронной аппаратуре специального назначения.

Поставленная цель достигается тем, что в известном способе изготовления ДМОП-транзистора, включающем формирование защитного покрытия из термической двуокиси кремния и поликремния на лицевой стороне исходной кремниевой pp^+ - или pp^+ - подложки первого типа проводимости, вытравливание окон в защитном покрытии для формирования транзисторных ячеек и затворного узла в активной области структуры, создание в высокоомном слое подложки канальных областей транзисторных ячеек второго типа проводимости и внутри канальных областей

шунтирующих прослоек второго типа проводимости и истоковых областей первого типа проводимости, осаждение межслойного диэлектрика на лицевую сторону подложки, вскрытие контактных окон истока и затвора в межслойном диэлектрике, формирование металлических электродов истока и затвора на лицевой стороне подложки и металлического электрода стока на ее тыльной стороне, в защитном покрытии на поликремний дополнительно наращивают слой нитрида кремния, слой термической двуокиси кремния в защитном покрытии формируют

толщиной $d_{SiO_2\text{ защ}} \leq 0,3d_{\text{под}}$, перед

осаждением межслойного диэлектрика в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек локально выращивают дополнительный слой термической двуокиси кремния толщиной $d_{\text{лок}} \geq 2d_{\text{под}}$, затем удаляют защитное покрытие с лицевой стороны подложки и формируют между дополнительными локальными слоями термической двуокиси кремния на месте удаленного защитного покрытия подзатворный диэлектрик толщиной $d_{\text{под}}$ из термической двуокиси кремния, пассивированной фосфорносиликатным стеклом, и электрод затвора из низкоомного поликремния или тугоплавкого металла.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемый способ отличается наличием новой совокупности и последовательности технологических операций: наращивание дополнительного слоя нитрида кремния на поликремний в защитном покрытии; формирование слоя термической двуокиси кремния в защитном покрытии определенной толщины; локальное выращивание дополнительного слоя термической двуокиси кремния определенной толщины в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек перед осаждением межслойного диэлектрика на лицевую сторону подложки; формирование подзатворного диэлектрика из термической двуокиси кремния и электрода затвора из низкоомного поликремния или тугоплавкого металла между дополнительными локальными слоями термической двуокиси кремния после удаления защитного покрытия с лицевой стороны подложки; пассивация подзатворного диэлектрика фосфорносиликатным стеклом. Таким образом, заявляемый способ соответствует критерию изобретения "новизна".

Формирование затворного узла приборной структуры после создания канальных, шунтирующих и истоковых областей транзисторных ячеек позволяет:

- избежать деградации первоначальных свойств подзатворного диэлектрика и затворного узла в целом за счет исключения воздействия высоких температур ($>1000^\circ\text{C}$) на уже сформированный затворный узел;

- использовать в необходимых случаях в качестве электрода затвора помимо поликремния и другие альтернативные материалы, в частности тугоплавкие металлы и их силициды;

- провести пассивацию подзатворного диэлектрика фосфорносиликатным стеклом

для связывания поступающих из электрода затвора и образованных непосредственно в подзатворном диэлектрике под действием ионизирующего излучения подвижных зарядов в неподвижные комплексы;

5 - и, как результат, создать необходимые предпосылки для формирования радиационностойкого затворного узла приборной структуры. Локальное выращивание дополнительного слоя термической двуокиси кремния в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек в заявляемом способе позволяет избирательно удалить оставшуюся после вытравливания окон часть защитного покрытия с лицевой стороны подложки и сформировать на этом месте затворный узел ДМОП-структуры, то есть изготовить приборную структуру, отличающуюся от "ДМОП-структуры с самосовмещенным относительно истока электродом затвора" лишь тем, что в ней электрод затвора на величину ошибки совмещения может выходить за пределы подзатворного диэлектрика и частично располагаться на локальном слое термической двуокиси кремния, внося таким образом дополнительный вклад во входную емкость ДМОП-структуры. При толщине локального слоя термической двуокиси кремния блок над истоковыми областями транзисторных ячеек в 2-3 раза превышающей толщину подзатворного диэлектрика $d_{\text{под}}$, то есть при выполнении оговоренного в формуле изобретения условия $d_{\text{лок}} \geq 2d_{\text{под}}$, дополнительный прирост входной емкости может быть сведен к минимуму.

Наращивание дополнительного слоя нитрида кремния на поликремний в защитном покрытии обеспечивает возможность формирования локальных слоев термической двуокиси кремния в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек, то есть защитное покрытие в заявляемом способе помимо своей традиционной роли - служить защитной маской при последовательном внедрении легирующих примесей в подложку, выполняет и специфические, не свойственные прототипу, функции. Необходимость соблюдения условия $d_{SiO_2\text{ защ}} \leq 0,3d_{\text{под}}$, где

$d_{SiO_2\text{ защ}}$ - толщина термической двуокиси

кремния под поликремнием в защитном покрытии, обусловлена тем, чтобы в процессе удаления оставшейся после вытравливания окон части защитного покрытия с лицевой стороны подложки геометрические размеры дополнительных локальных слоев термической двуокиси кремния в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек не претерпевали существенных изменений. Высокую избирательность при удалении оставшейся части защитного покрытия с лицевой стороны подложки обеспечивает и присутствие поликремния в защитном покрытии.

В предлагаемом изобретении новая совокупность и последовательность технологических операций обеспечивают возможность создания мощных кремниевых ДМОП-транзисторов с вертикальной

структурой, эквивалентных ДМОП-транзисторам с самосовмещенным относительно истока электродом затвора по реализуемым конечным параметрам, но обладающих по сравнению с приборами, формируемыми по способу-прототипу, расширенными функциональными возможностями, а именно более высокой радиационной стойкостью, то есть проявляет новое техническое свойство. Следовательно, заявляемый способ соответствует критерию "изобретательский уровень".

Данное изобретение также существенно, так как оно обеспечивает значительный технический эффект, заключающийся:

- в возможности повышения радиационной стойкости серийно выпускаемых мощных коммерческих ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой посредством доработки базового технологического процесса их изготовления;

- в возможности создания нового поколения мощных кремниевых ДМОП-транзисторов и на их основе - нового поколения радиоэлектронной аппаратуры, отвечающей современным и перспективным требованиям по массогабаритным показателям, энергетическим параметрам, надежности, сроку службы и стойкости к спецфакторам.

На фиг. 1, 2, 3, 4, 5 изображены основные этапы изготовления мощного кремниевого ДМОП-транзистора с вертикальной структурой согласно изобретению, где введены следующие обозначения:

1 - исходная кремниевая подложка с нижним высоколегированным и верхним слаболегированным слоями первого типа проводимости;

2 - трехслойное защитное покрытие;

3 - слой термической двуокиси кремния в защитном покрытии;

4 - слой поликремния в защитном покрытии;

5 - слой нитрида кремния в защитном покрытии;

6 - сквозные окна в защитном покрытии;

7 - канальные области транзисторных ячеек второго типа проводимости;

8 - высоколегированные шунтирующие прослойки в транзисторных ячейках второго типа проводимости;

9 - истоковые области транзисторных ячеек первого типа проводимости;

10 - локальные слои термической двуокиси кремния в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек;

11 - подзатворный диэлектрик из термической двуокиси кремния, пассивированной фосфорносиликатным стеклом;

12 - электрод затвора из низкоомного поликремния или тугоплавкого металла;

13 - межслойный диэлектрик;

14 - контактные окна истока, вскрытые в межслойном диэлектрике и локальном слое термической двуокиси кремния;

15 - металлический электрод истока;

16 - металлический электрод стока.

Пример

Предложенный способ был использован при изготовлении мощных переключательных п-канальных ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой, рассчитанных на диапазон рабочих напряжений сток-исток до

250 В. Способ осуществляют следующим образом. На лицевой стороне исходной кремниевой pp^+ -подложки (1) с ориентацией кристаллографических осей по плоскости (100), состоящей из нижнего высоколегированного p^+ -слоя с удельным сопротивлением $\rho_{p^+} = 0,005 \text{ Ом/см}$ и верхнего эпитаксиального p -слоя с $\rho_p = 5...6 \text{ Ом/см}$ и толщиной $d_p = 15...17 \text{ мкм}$, в активной области приборных структур (чипов, кристаллов) формируют защитное покрытие (2), состоящее из слоя двуокиси кремния (3) толщиной $100...300 \text{ \AA}$, слоя поликремния (4) толщиной $0,3...0,6 \text{ мкм}$ и слоя нитрида кремния (5) толщиной $0,2...0,3 \text{ мкм}$ - фиг.1 (периферийная часть приборной структуры с элементами краевой защиты стокового p - n перехода не показана). Слой двуокиси кремния (3) образовывался термическим окислением кремниевой подложки в среде сухого кислорода или паров воды при температуре $900...1000^\circ\text{C}$, а поликремний (4) и нитрид кремния (5) получали соответственно из моносилановой смеси и смеси дихлорсилана и аммиака при температуре рабочей зоны печи $625 \pm 5^\circ\text{C}$ и $770 \pm 10^\circ\text{C}$. Затем методом фотолитографии в защитном покрытии (2) вскрывались сквозные окна (6) в форме квадрата размером $16 \times 16 \text{ мкм}$, отстоящие друг от друга на расстоянии 16 мкм , и последовательным внедрением примесей в подложку через окна (6) в защитном покрытии с последующим диффузионным перераспределением внедренных примесей при температуре $900...1150^\circ\text{C}$ в эпитаксиальном p -слое подложки создавались p -канальные области (7) транзисторных ячеек с поверхностным сопротивлением $R_{sp} = 400 \pm 50 \text{ Ом/}\square$ и толщиной $d_p = 3 \pm 0,5 \text{ мкм}$ и внутри канальных областей - шунтирующие p^+ -прослойки (8) с поверхностным сопротивлением $R_{sp^+} = 80 \pm 10 \text{ Ом/}\square$ и толщиной $d_{p^+} = 1,2 \pm 0,4 \text{ мкм}$ и истоковые p^+ области (9) с $R_{sp^+} = 25 \pm 5 \text{ Ом/}\square$ и толщиной $d_{p^+} = 0,45 \pm 0,1 \text{ мкм}$ - фиг.2 (в каждой приборной структуре размером $4,32 \times 4,32 \text{ мкм}$ содержалось около 14000 транзисторных ячеек). Канальные p -области создавались имплантацией ионов бора с энергией $E = 50...100 \text{ КэВ}$ и дозой $Q = 12...16 \text{ мкК/см}^2$ с последующей разгонкой внедренной примеси при $T = 1150^\circ\text{C}$ в течение 250 минут в среде азота и кислорода. Шунтирующие прослойки формировались диффузией бора из нитрида бора при $T = 925^\circ\text{C}$ в течение 40 минут с последующим диффузионным перераспределением внедренной примеси при $T = 900...950^\circ\text{C}$ в течение 30...40 минут в среде азота и кислорода. Истоковые p^+ -области транзисторных ячеек образовывались внедрением ионов мышьяка с энергией $E = 20...25 \text{ КэВ}$ и дозой $Q = 800...1000 \text{ мкК/см}^2$ с последующей разгонкой внедренной примеси при $T = 1000^\circ\text{C}$ в течение 25...30 минут в среде кислорода. После этого термическим окислением кремниевой подложки (1) в среде сухого кислорода и паров воды при $T = 950...1050^\circ\text{C}$ в окнах (6) над истоковыми областями транзисторных ячеек (9) выращивали дополнительный

локальный слой термической двуокиси кремния (10) толщиной $d_{\text{лок}} = 0,3 \dots 0,5$ мкм (фиг.2), послойным травлением нитрида кремния (5), поликремния (4) и двуокиси кремния (3) удаляли оставшуюся после травления окон (6) часть защитного покрытия (2) с лицевой стороны подложки (фиг. 3), термическим окислением вскрытых между дополнительными локальными слоями термической двуокиси кремния (10) участков кремниевой подложки при $T=950 \dots 970^\circ\text{C}$ в среде сухого кислорода и паров воды на месте удаленного защитного покрытия формировали подзатворный диэлектрик (11) толщиной

$d_{\text{под}} = 700 \dots 1000 \text{ \AA}$, диффузией

фосфора из метафосфата алюминия при $T=950 \dots 970^\circ\text{C}$ в среде азота пассивировали подзатворный диэлектрик фосфорносиликатным стеклом (на фиг.4 и 5 ФСС не показано), на лицевую сторону подложки осаждали магнетронный молибден толщиной $0,2 \dots 0,25$ мкм или легированный фосфором поликремний толщиной $0,6 \dots 0,7$ мкм и методом фотолитографии формировали из них над подзатворным диэлектриком электрод затвора (12) приборной структуры (фиг. 4), наносили на лицевую сторону подложки межслойный диэлектрик (13) толщиной $0,8 \dots 1,4$ мкм из пиролитической двуокиси кремния, легированной фосфором (фиг. 4), вскрывали в межслойном диэлектрике (13) и лежащим под ним дополнительном локальном слое термической двуокиси кремния (10) сквозные окна (14) размером 10×10 мкм над истоковыми областями (9) транзисторных ячеек (фиг. 4), магнетронным распылением на лицевую сторону подложки осаждали слой алюминия толщиной $2 \dots 4$ мкм и методом фотолитографии формировали из него электрод истока (15) приборной структуры и контактные площадки истока и затвора (на фиг. 5 не показаны) для присоединения к приборной структуре (кристаллу, чипу) внешних алюминиевых выводов.

Стоковый электрод (16) на тыльной стороне подложки создавался при напайке кристалла на теплоотводящую поверхность металлокерамического корпуса КТ-57 при $T=400 \dots 450^\circ\text{C}$ в среде азота с помощью золотой прокладки толщиной $15 \dots 20$ мкм (фиг.5).

Используя тот же комплект фотошаблонов и исходные кремниевые подложки того же типонамала были дополнительно изготовлены образцы мощных п-канальных ДМОП-транзисторов по способу-прототипу, а также по заявляемому способу, но без промежуточного слоя поликремния в защитном покрытии. Электрофизические параметры и размеры конструктивных элементов приборных структур при этом были идентичны описанным выше. В ДМОП-транзисторах, изготовленных по способу-прототипу, затворный узел формировали на начальной стадии технологического процесса из защитного покрытия, которое состояло из термической двуокиси кремния

толщиной $700 \dots 1000 \text{ \AA}$ и легированного фосфором слоя поликремния толщиной $0,5$.

$0,6$ мкм, при этом слой термической двуокиси кремния формировался точно так же, как подзатворный диэлектрик в заявляемом способе, но не пассивировался фосфорносиликатным стеклом. Найти эффективный способ пассивации подзатворного диэлектрика в этом случае не представлялось возможным, так как при последующем за пассивацией высокотемпературном ($>1000^\circ\text{C}$) процессе формирования канальных областей транзисторных ячеек фосфор глубоко проникал в подзатворный диэлектрик, что приводило к резкому снижению пробивных напряжений диэлектрика и резкому возрастанию токов утечки затвора. Использование же в заявляемом способе защитного покрытия без поликремния оказалось возможным, однако при этом возникали трудности с реализацией толщины локального слоя термической двуокиси кремния над истоковыми областями транзисторных ячеек более $0,3$ мкм.

Электрические параметры ДМОП-транзисторов, изготовленных по заявляемому и способу-прототипу, приведены в таблице. Все приборы изготовлены с помощью одного и того же комплекта фотошаблонов, были смонтированы в герметичном металлокерамическом корпусе с полосковыми выводами и плоским фланцем типа КТ-57, имели суммарную протяженность (ширину) канала около 105 см и идентичную краевую защиту стокового р-п перехода. Из таблицы видно, что при сопоставимых электрических параметрах изготовленные по заявляемому способу приборы существенно превосходят ДМОП-транзисторы, изготовленные по способу-прототипу, по стойкости к спецфакторам. Стойкость к спецфакторам в данном случае оценивалась по сдвигу порогового напряжения при воздействии гамма-излучения дозой 10^5 рад.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого способа по сравнению с прототипом состоит:

а) в возможности создания мощных кремниевых ДМОП-транзисторов, эквивалентных по реализуемым конечным параметрам современным коммерческим ДМОП-транзисторам с самосовмещенным относительно истока электродом затвора, но обладающих существенно более высокой радиационной стойкостью, то есть расширенными функциональными возможностями;

б) в возможности повышения радиационной стойкости серийно выпускаемых мощных коммерческих ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой посредством доработки базового технологического процесса их изготовления;

в) в возможности создания нового поколения мощных кремниевых ДМОП-транзисторов с вертикальной структурой и на их основе - нового поколения радиоэлектронной аппаратуры, отвечающей современным и перспективным требованиям по массогабаритным показателям, энергетическим параметрам, надежности, сроку службы и стойкости к спецфакторам.

Формула изобретения:

1. Способ изготовления мощного ДМОП-транзистора, включающий формирование защитного покрытия из

термической двуокиси кремния и поликремния на лицевой стороне исходной кремниевой pp^+ - или pp^+ - подложки первого типа проводимости, вытравливание окон в защитном покрытии для формирования транзисторных ячеек и затворного узла в активной области структуры, создание в высокоомном слое подложки канальных областей транзисторных ячеек второго типа проводимости и внутри канальных областей шунтирующих прослоек второго типа проводимости и истоковых областей первого типа проводимости, осаждение межслойного диэлектрика на лицевую сторону подложки, вскрытие контактных окон истока и затвора в межслойном диэлектрике, формирование металлических электродов истока и затвора на лицевой стороне подложки и металлического электрода стока на ее тыльной стороне, отличающийся тем, что в

защитном покрытии на поликремний дополнительно наращивают слой нитрида кремния, слой термической двуокиси кремния в защитном покрытии формируют толщиной $d_{SiO_2\text{защ}} \leq 0,3d_{\text{под}}$, перед осаднением межслойного диэлектрика в окнах защитного покрытия над истоковыми областями транзисторных ячеек локально выращивают дополнительный слой термической двуокиси кремния толщиной $d_{\text{лок}} \geq 2d_{\text{под}}$, затем удаляют защитное покрытие с лицевой стороны подложки и формируют между дополнительными локальными слоями термической двуокиси кремния на месте удаленного защитного покрытия подзатворный диэлектрик толщиной $d_{\text{под}}$ из термической двуокиси кремния, пассивированной фосфорносиликатным стеклом, и электрод затвора из низкоомного поликремния или тугоплавкого металла.

20

25

30

35

40

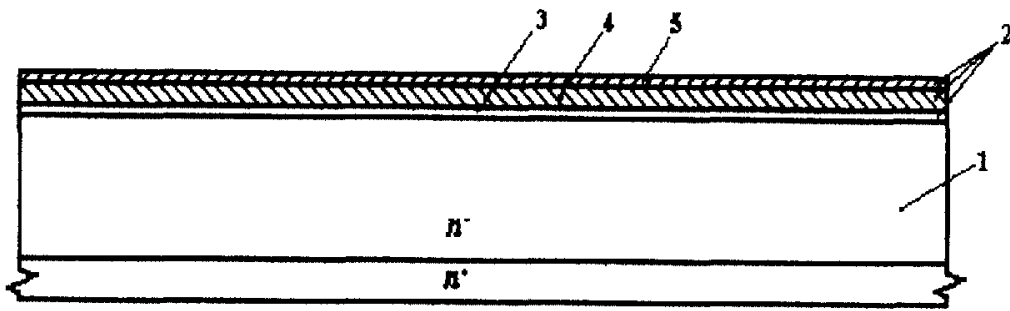
45

50

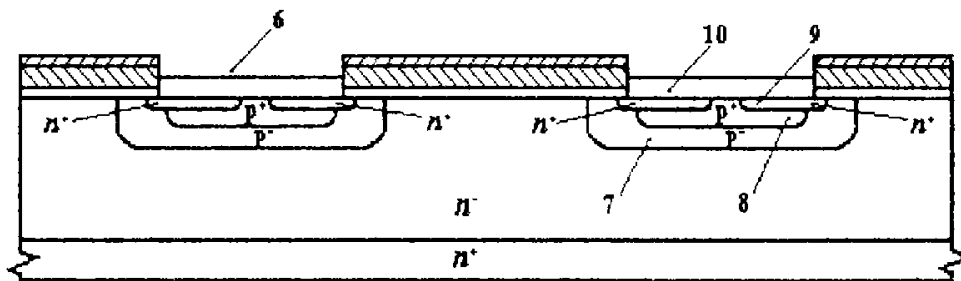
55

60

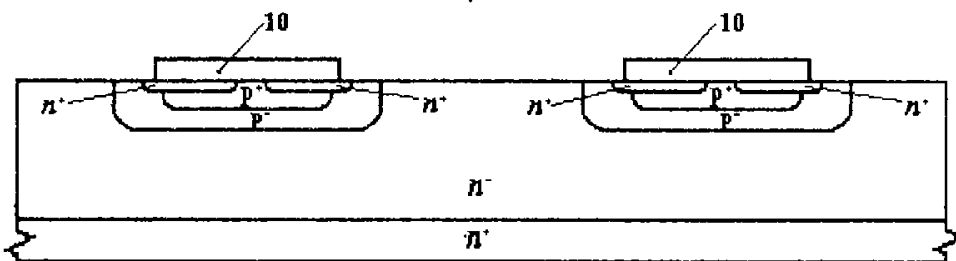
		Электрические параметры							
		Пробивное напряжение стока $U_{спроб}, В$ при $U_{зи}=0,$ $I_c=5мА$	Ток стока $I_c, А$ при $U_{си}=10 В,$ $U_{зи}=10 В,$ $t_d=300мкс,$ $Q = 500$	Пороговое напряжение $U_{зи пор}, В$ при $U_{си}=10В,$ $I_c=10мА$	Сопротивление стока в открытом состоянии $R_{си отк}, Ом$ при $U_{зи}=15В,$ $I_c=20 А$	Входная ёмкость, $C_{1и}, пФ$ при $U_{си}=20 В,$ $U_{зи}=0,$ $f = 1 мГц$	Проходная ёмкость $C_{1и}, пФ$ при $U_{си}=20 В,$ $U_{зи}=0,$ $f = 1 мГц$	Выходная ёмкость $C_{2и}, пФ$ при $U_{си}=20 В,$ $U_{зи}=0,$ $f = 1 мГц$	Сдвиг порогового напряжения $\Delta U_{зи пор}, В$ при воздействии гамма излучения дозой $D = 10^5$ рад
Разновидности ДМОП-транзисторов	с поликремниевым электродом затвора	250 ± 10	85 ± 3	$2,5 \pm 0,2$	$0,15 \pm 0,1$	2500 ± 100	210 ± 20	600 ± 10	$0,8 \pm 0,2$
	с молибденным электродом затвора	250 ± 10	85 ± 3	$2,5 \pm 0,2$	$0,15 \pm 0,1$	2500 ± 100	210 ± 20	600 ± 10	$0,6 \pm 0,2$
ДМОП-транзисторы, изготовленные по заявляемому способу		250 ± 10	85 ± 3	$2,5 \pm 0,2$	$0,15 \pm 0,1$	2500 ± 100	210 ± 20	600 ± 10	10 ± 1
ДМОП-транзисторы, изготовленные по способу-прототипу (поликремниевый электрод затвора)		250 ± 10	85 ± 3	$2,5 \pm 0,2$	$0,15 \pm 0,1$	2500 ± 100	210 ± 20	600 ± 10	10 ± 1



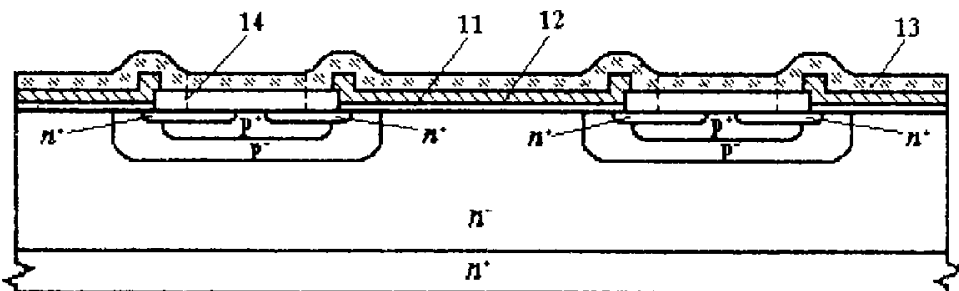
Фиг. 1



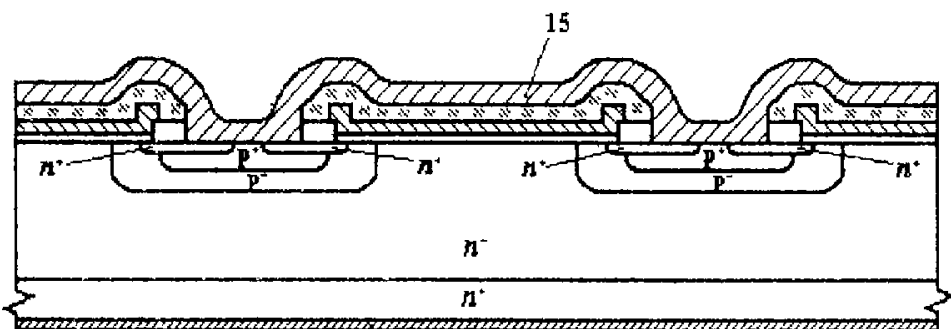
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

RU 2189089 C2

RU 2189089 C2