



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012146240/05, 30.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.10.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2014 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 10.08.2014 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2197571 C2, 27.01.2003. US 20030132492 A1, 17.07.2003. US 5639520 A, 17.06.1997. КУЧИНСКИЙ П.В. и др., Влияние температуры технологического отжига на радиационные изменения электрофизических свойств МОП структур на основе кремния, "ФТП", 1996, т.30, вып.11, стр.1969-1974

Адрес для переписки:

119049, Москва, ГСП-1, В-49, Ленинский пр-кт,
4, МИСиС, Отдел защиты интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Дренин Андрей Сергеевич (RU),
Ельников Дмитрий Сергеевич (RU),
Лагов Петр Борисович (RU),
Леготин Сергей Александрович (RU),
Мурашев Виктор Николаевич (RU),
Роговский Евгений Станиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный исследовательский
технологический университет "МИСиС"
(RU)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МОП СТРУКТУР С ПОЛИКРЕМНИЕВЫМ ЗАТВОРОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области микроэлектроники и может быть использовано для создания высококачественных мощных ДМОП транзисторов, КМОП интегральных схем, ПЗС-приборов. Способ включает операцию термического отжига МОП структур в температурном диапазоне от 600-850°C в электрическом поле напряженностью от 10 до 100 В/см, при этом одновременно проводят облучение светом видимого и ближнего инфракрасного спектра в интервале длин волн λ от 0,5 до 1,4 мкм с интенсивностью излучения от

1 до 10 Вт/см² и при наличии на оксиде, расположенном на кремниевой подложке, поликремниевого затвора толщиной не более 0,6 мкм. В результате такой технологической обработки получают высококачественные МОП структуры с наименьшей плотностью поверхностных состояний N_{ss} менее 10^{10} см⁻², минимальным разбросом пороговых напряжений ΔV_t меньше 0,05 В и максимальной величиной критического поля $E_{кр}$ больше $2 \cdot 10^7$ В/см. 5 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C30B 33/02 (2006.01)*C30B 33/04* (2006.01)*H01L 21/263* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012146240/05, 30.10.2012**(24) Effective date for property rights:
30.10.2012

Priority:

(22) Date of filing: **30.10.2012**(43) Application published: **10.05.2014** Bull. № 13(45) Date of publication: **10.08.2014** Bull. № 22

Mail address:

**119049, Moskva, GSP-1, V-49, Leninskij pr-kt, 4,
MISiS, Otdel zashchity intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Drenin Andrej Sergeevich (RU),
El'nikov Dmitrij Sergeevich (RU),
Lagov Petr Borisovich (RU),
Legotin Sergej Aleksandrovich (RU),
Murashev Viktor Nikolaevich (RU),
Rogovskij Evgenij Stanislavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Natsional'nyj
issledovatel'skij tekhnologicheskij universitet
"MISiS" (RU)**(54) **METHOD OF FORMING HIGH-QUALITY MOS STRUCTURES WITH POLYSILICON GATE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to microelectronics and can be used to produce high-quality, high-power double-diffused MOS transistor, CMOS integrated circuits and CCD devices. The method includes thermal annealing of MOS structures in the temperature range of 600-850°C in an electric field with field intensity of 10-100 V/cm, while simultaneously irradiating with light in the visible and near-infrared spectrum in the wavelength range $\lambda=0.5-1.4$ mcm with radiation inten-

sity of 1-10 W/cm² and with a polysilicon gate with thickness of not more 0.6 mcm on an oxide located on a silicon substrate.

EFFECT: said processing enables to obtain high-quality MOS structures with minimum surface-state density N_{ss} of less than 10¹⁰ cm⁻², minimum spread of threshold values ΔV_t of less than 0,05 V and maximum critical field value E_{cr} greater than 2·10⁷ V/cm.

5 dwg

Изобретение относится к области микроэлектроники и может быть использовано для создания высококачественных структур металл-оксид-полупроводник (МОП), являющихся основой конструкции ряда дискретных полупроводниковых приборов и элементов интегральных схем (ИС): мощные МОП транзисторы с двойной диффузией (ДМОП), приборы с зарядовой связью (ПЗС), ИС на основе комплементарных МОП-структур (КМОП ИС) и т.д.

Известны различные способы обработки диэлектрических материалов, в частности облучением потоками электронов в условиях приложенного электрического поля [1. Патент России RU 2197571 C2 от 27.01.2003 Бюл. №3, «Способ формирования примесных профилей в полупроводниковых и диэлектрических материалах»; 2. Патент России RU 2293 148 C2 от 20.02.2004, «Способ обработки алмазов»], в электрическом поле при повышенной температуре [3. United States Patent US 6,274, 465 B1 от 14.08.2001, «DC Electric field assisted anneal»], при облучении светом видимого и ближнего инфракрасного спектра [4. United States Patent US 5,639,520 от 17.06.1997, «Application of optical processing for growth of silicon dioxide»], отжига в диапазоне температур от 1000°C вплоть до температуры плавления кремния, а также высокотемпературного отжига легированного оксида кремния [5. United States Patent US 6,573,159 B1 от 3.06.2003, «Method for thermally annealing Silicon wafer»; 6. United States Patent US 7,977,946 B2 от 12.07.2011 «Thermal annealing method for preventing defects in doped silicon oxide surfaces during exposure to atmosphere»].

Такие способы не обеспечивают получение наилучшего качества МОП структуры, т.е. наименьшую плотность поверхностных состояний N_{ss} , максимальную величину критического поля $E_{кр}$ и минимальный разброс пороговых напряжений ΔV_t , поскольку использование ионизирующего электронного облучения приводит к образованию радиационных дефектов в полупроводниковой подложке [7. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Л. Наука. Ленинградское отделение. 1972, с.159-160], облучение светом с вариацией температуры ускоряет процесс роста оксида на кремнии, но существенно не влияет на его качество.

Последний недостаток, частично устраняется в способе изобретения [1. Патент России RU 2197571 C2 от 27.01.2003, Бюл. №3, «Способ формирования примесных профилей в полупроводниковых и диэлектрических материалах»], взятом за прототип, в котором используется термический отжиг в интервале температур от 600 до 850°C, электрическое поле с напряженностью E в интервале от 10 до 100 В/см, и облучение электронами в интервале значений флюенса Φ от 10^{14} до 10^{16} см⁻². Однако такие условия обработки не обеспечивают достижения минимальных значений плотности поверхностных состояний N_{ss} менее 10^{11} см⁻².

Техническим эффектом данного изобретения является создание технологии формирования высококачественных МОП структур в составе мощных ДМОП транзисторов, КМОП ИС, ПЗС с параметрами: N_{ss} не более 10^{10} см⁻², ΔV_t не более 0,05 В, $E_{кр}$ более $2 \cdot 10^7$ В/см.

Указанный эффект достигается тем, что в предлагаемом способе формирования высококачественных МОП структур облучение осуществляется светом видимого и ближнего инфракрасного спектра в интервале длин волн λ от 0,5 до 1,4 мкм при наличии на оксиде (диэлектрике), расположенном на кремниевой подложке, слоя затвора из поликристаллического кремния (поликремния) толщиной не более 0,6 мкм, прозрачного для оптического излучения данного диапазона длин волн.

На фиг.1, 2, 3, 4 показаны конкретные примеры применения способа для вышеупомянутых приборов.

На фиг.1 показан вариант формирования МОП структуры фрагмента ИС - «толстого» оксида толщиной от 0,3 до 1,5 мкм, предназначенного для «боковой» диэлектрической изоляции элементов ИС.

Конструкция фрагмента содержит кремниевую полупроводниковую подложку (1), на которой расположен оксид кремния (2) - подзатворный оксид, на котором расположен слой поликремния толщиной не более 0,6 мкм, представляющий собой электрод затвора (3). Следует отметить, что после проведения операции поликремниевый затвор может быть удален.

На фиг.2 показан вариант формирования подзатворного оксида в составе МОП структуры мощного ДМОП транзистора.

Конструкция ДМОП транзистора содержит кремниевую полупроводниковую подложку (1), на которой расположен подзатворный оксид кремния (2), на котором расположен поликремниевый затвор (3) толщиной не более 0,6 мкм, изолирующий «боковой» диэлектрик (4), области стока (5) и истока (6), область кармана (7).

На фиг.3 показан вариант формирования МОП структуры подзатворного оксида ПЗС.

Конструкция ПЗС прибора содержит кремниевую подложку (1), на которой расположен подзатворный оксид кремния (2), на котором расположены поликремниевые затворы (3), толщиной не более 0,6 мкм, изолирующий «боковой» диэлектрик (4), области стока (5) и истока (6).

На фиг.4 показан вариант формирования МОП структуры подзатворного оксида КМОП ИС.

Конструкция КМОП ИС содержит кремниевую полупроводниковую подложку (1), на которой расположен подзатворный оксид кремния (2), на котором расположены поликремниевые затворы (3), толщиной не более 0,6 мкм, изолирующий «боковой» диэлектрик (4), области стока (5) и истока (6), область кармана (7).

Предлагаемый способ может быть реализован, например, следующим образом (фиг.5)

В кварцевую трубу (8) термической печи (9), продуваемую инертным газом (азотом) при температуре T в интервале от 600 до 850°C, помещают кварцевую лодочку (10). При этом на лодочке расположены два электропроводящих электрода (11) и (12), соответственно, которые сформированы путем нанесения на нее слоев сильнолегированного поликремния. Пластина (подложка) кремния (1), содержащая вышеупомянутые электронные приборы, вставляется в держатель - лодочку таким образом, чтобы обратная сторона пластин касалась первого электрода (11), а поликремниевые затворы МОП структур (электрически соединенные между собой), расположенные на лицевой поверхности пластин, касались второго электрода (12).

Электроды (11) и (12) подключены к источнику питания ЭДС (13), находящемуся за пределами термической печи и создающему электрическое поле в оксиде с напряженностью E в интервале от 10 до 100 В/см, при этом пластина кремния освещается галогеновым вольфрамовым источником (14), обеспечивающим широкий спектр видимого и инфракрасного диапазона, с интенсивностью излучения в интервале от 1 до 10 Вт/см². Процесс формирования МОП структуры длится от 3 до 10 минут.

Следует отметить, что выбранные диапазоны температур, электрического поля, мощности излучения и времени проведения процесса определяются особенностями исходного подзатворного оксида (способом его получения и толщиной).

Следует отметить, что заявляемый способ может быть легче реализован на МОП структурах с поликремниевым затвором, поскольку металлический затвор толщиной более 0,1 мкм не прозрачен для излучения данного спектрального диапазона, а изготовление более тонких слоев технологически сложно.

Физическая суть процесса заключается в термическом разогреве подзатворного оксида, при котором приобретают подвижность находящиеся в нем нанокластеры и кристаллиты, при этом фотонное излучение делает их электрически заряженными (активными), а электрическое поле обеспечивает их общую ориентацию, что приводит к радикальному улучшению границы раздела оксид-полупроводник и достижению вышеупомянутых параметров качества.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что два варианта МОП структур, изготовленных на подложке монокристаллического кремния (электронный тип проводимости, легирующая примесь - фосфор, удельное электрическое сопротивление 4,5 Ом·см, кристаллографическая ориентация <100>) путем выращивания "толстого" и "тонкого" подзатворного оксида толщиной 1,0 мкм и 20 нм в термической печи при температурах 1050°C и 850°C, соответственно, в атмосфере «влажного» кислорода и последующего осаждения поликремниевого легированного фосфором затвора толщиной 0,4 мкм, имели параметры:

- для варианта с "толстым" оксидом плотность поверхностных состояний N_{ss} составила $3 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$, минимальный разброс пороговых напряжений ΔV_t составил менее 0,25 В, максимальная величина критического поля $E_{кр}$ превысила $0,5 \cdot 10^7 \text{ В/см}$;

- для варианта с "тонким" оксидом плотность поверхностных состояний N_{ss} составила $3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$, разброс пороговых напряжений ΔV_t составил менее 0,1 В, максимальная величина критического поля $E_{кр}$ превысила $1 \cdot 10^7 \text{ В/см}$.

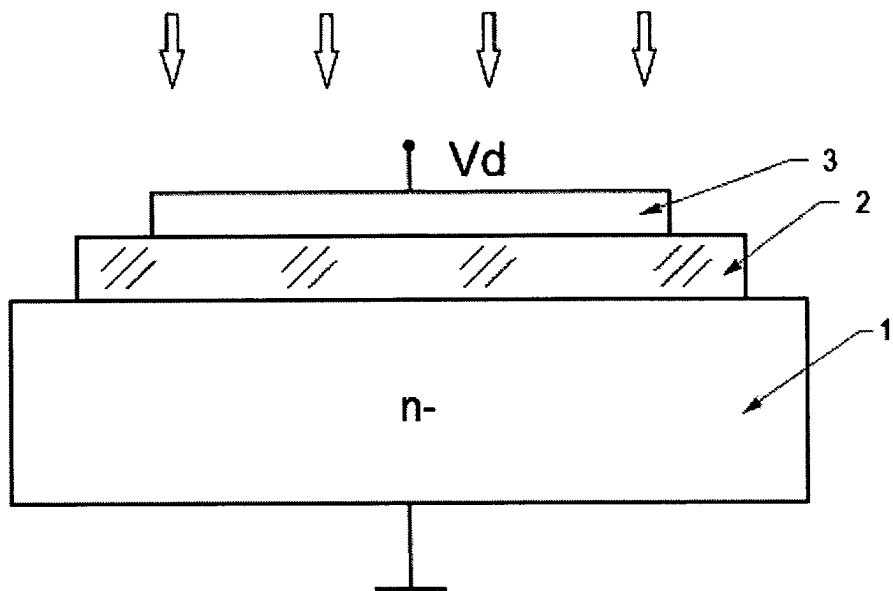
Проведенная технологическая операция по данному способу в течении 3 минут при величине напряженности E электрического поля 100 В/см и интенсивности излучения 2 Вт/см² позволила достичь параметров:

- для варианта с "толстым" оксидом плотность поверхностных состояний N_{ss} составила 10^{10} см^{-2} , минимальный разброс пороговых напряжений ΔV_t составил менее 0,1 В, максимальная величина критического поля $E_{кр}$ превысила $2 \cdot 10^7 \text{ В/см}$;

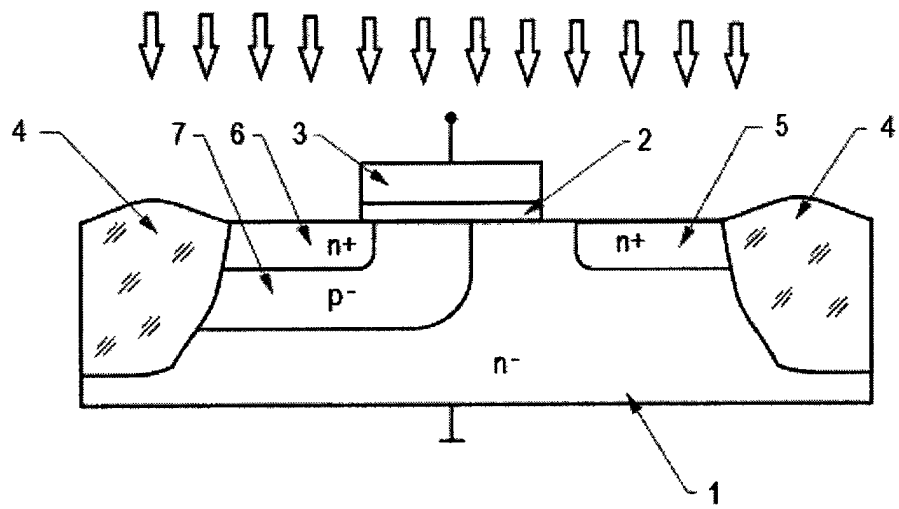
- для варианта с "тонким" оксидом плотность поверхностных состояний N_{ss} составила 10^9 см^{-2} , разброс пороговых напряжений ΔV_t составил менее 0,05 В, максимальная величина критического поля $E_{кр}$ превысила $2,5 \cdot 10^7 \text{ В/см}$.

Формула изобретения

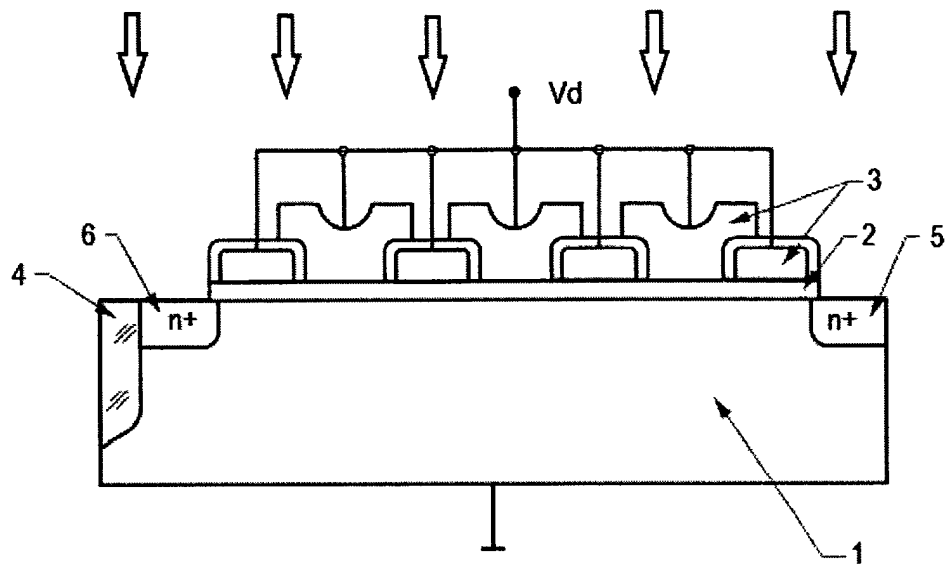
Способ формирования высококачественных МОП структур с поликремниевым затвором, содержащий операцию термического отжига МОП структур в температурном диапазоне от 600-850°C в электрическом поле напряженностью от 10 до 100 В/см, отличающийся тем, что одновременно проводится облучение светом видимого и ближнего инфракрасного спектра в интервале длин волн λ от 0,5 до 1,4 мкм с интенсивностью излучения от 1 до 10 Вт/см² и при наличии на оксиде, расположенном на кремниевой подложке, поликремниевого затвора толщиной не более 0,6 мкм.



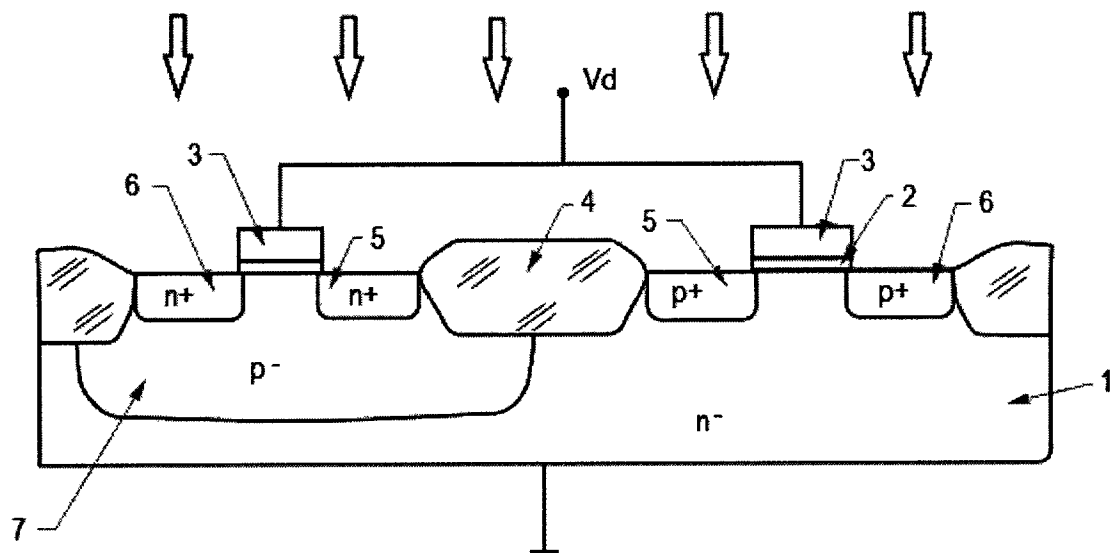
Фиг. 1



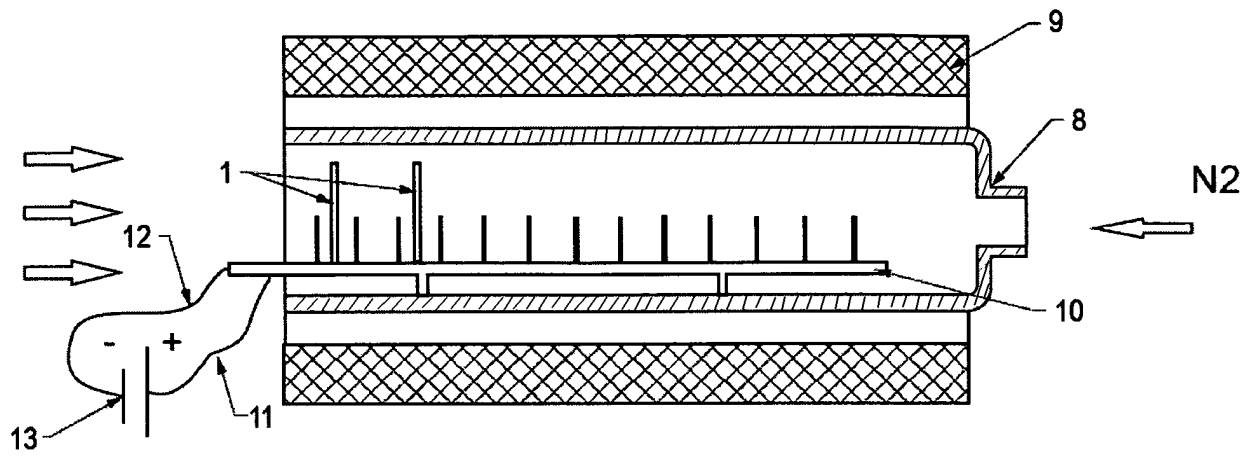
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5