



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 141 699** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **H 01 L 21/265**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 97116234/28, 30.09.1997

(24) Дата начала действия патента: 30.09.1997

(46) Дата публикации: 20.11.1999

(56) Ссылки: R.M.Bradley, J.M.E. Harper, Theory of ripple topography by ion bombardment. J.Vac.Sci. Technol, 1988, v.A6 (4), p.2390 - 2395. RU 2007783 C1, 15.02.94. Вульф Э.Д. Исследования и разработка НЦИСС. - ТИИЭР. EP 0317952 A2, 31.05.89. DE 2454714 B2, 20.05.76.

(98) Адрес для переписки:
103045, Москва, Сретенский б-р, 1/4, ЗАО
Центр "Анализ Веществ", Данилину Алексею
Борисовичу

(71) Заявитель:
Закрытое акционерное общество Центр
"Анализ Веществ"

(72) Изобретатель: Смирнов В.К.,
Кривелевич С.А., Кибалов Д.С., Лепшин П.А.

(73) Патентообладатель:
Закрытое акционерное общество Центр
"Анализ Веществ"

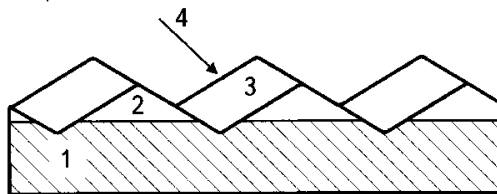
(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУР

(57) Реферат:

Использование: микроэлектроника.

Сущность изобретения: в способе формирования твердотельных наноструктур поверхность материала облучают потоком ионов под углом, отличным от нормали. Период получаемой структуры для каждого материала задают подбором типа ионов и величин температуры обрабатываемого материала, энергии ионов и угла их падения. Для генерирования потока ионов выбирают вещество, ионы которого образуют с полупроводниковым материалом диэлектрическое соединение. Техническим

результатом изобретения является разработка способа изготовления твердотельных наноструктур, пригодных для изготовления полупроводниковых приборов с высокой степенью интеграции, а также оптических приборов высокого разрешения. 2 з.п.ф-лы, 1 ил.



RU 2 141 699 C1

RU 2 141 699 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 141 699** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁶ **H 01 L 21/265**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 97116234/28, 30.09.1997

(24) Effective date for property rights: 30.09.1997

(46) Date of publication: 20.11.1999

(98) Mail address:
103045, Moskva, Sretenskij b-r, 1/4, ZAO
Tsentr "Analiz Veshchestv", Danilinu
Alekseju Borisovichu

(71) Applicant:
**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo Tsent
"Analiz Veshchestv"**

(72) Inventor: Smirnov V.K.,
Krivelevich S.A., Kibalov D.S., Lepshin P.A.

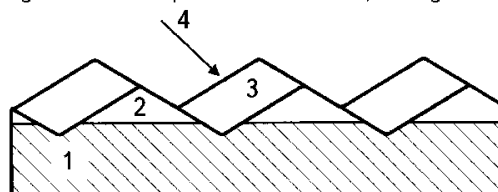
(73) Proprietor:
**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo Tsent
"Analiz Veshchestv"**

(54) **PROCESS OF FORMATION OF SOLID NANOSTRUCTURES**

(57) Abstract:

FIELD: microelectronics. SUBSTANCE: in agreement with proposed process of formation of solid nanostructures surface of material is irradiated with beam of ions at angle different from normal. Period of manufactured structure for each material is specified by selection of type of ions and temperature values of treated material, energy of ions and their incidence angle. Substance which ions form dielectric compound with semiconductor material is selected for generation of beam of ions.

EFFECT: development of process of manufacture of solid nanostructures suitable for production of semiconductor devices with high degree of integration and high-resolution optical devices. 2 cl, 1 dwg



RU 2 141 699 C1

RU 2 141 699 C1

Изобретение относится к методам формирования твердотельных наноструктур, в частности полупроводниковых и оптических, и может быть использовано при создании приборов нового поколения в микроэлектронике, а также в оптическом приборостроении.

Известен способ формирования кремниевых полос, изолированных друг от друга с использованием материала типа кремний на изоляторе (КНИ), включающий процессы электронно-лучевой литографии, реактивного ионного травления кремния и последующего окисления (J.P. Colinge, X. Bale, V. Bayot, E. Grivei "A silicon-on-insulation Quantum Wire" Solid-State Electronics, 1996, v. 39, N 1, p. 49-51).

Недостатками указанного аналога следует признать ограничение минимального размера элементов получаемых структур пределом разрешения применяемой электронно-лучевой литографии, ограничение производительности и процента выхода годных структур из-за необходимости последовательного использования процессов электронно-лучевой литографии, травления, окисления, имеющих невысокие возможности по выходу годных структур.

Известен способ формирования периодической структуры на поверхности кремния при облучении его потоками ионов при углах падения, отличных от нормальных (R.M. Bradley, J.M.E. Harper "Theory of ripple topography induce by ion bombardment"- J. Vac. Sci. Technol. 1988, vol. A 6 (4), p. 2390-2395). Данное решение принято в качестве ближайшего аналога.

Недостатками ближайшего аналога являются:

Отсутствие возможности управлять процессом образования и характеристическими размерами получаемых структур, так как теоретические результаты, излагаемые в данной работе, противоречат современным экспериментальным данным, в частности температурная зависимость периодичности структур неверна. Результаты представлены в общем виде и так, что индивидуальные особенности пары ион-мишень не учитываются.

Кроме того, ошибочно предлагается в качестве бомбардирующих ионов использовать Ar^+ .

Другим существенным недостатком ближайшего аналога является отсутствие изоляции элементов структуры друг от друга, что делает ее практически непригодной для изготовления полупроводниковых приборов.

Техническая задача, решаемая посредством настоящего изобретения, состоит в разработке способа изготовления твердотельных наноструктур, пригодных для изготовления полупроводниковых приборов с высокой степенью интеграции, а также оптических приборов высокого разрешения.

Технический результат, получаемый в результате реализации изобретения, состоит в обеспечении возможности изготовления тонкопленочных полупроводниковых структур, пригодных для создания полупроводниковых приборов нового поколения, а также дифракционных решеток.

Предлагаемый способ основан на выявленном эффекте получения периодической структуры на поверхности

твердого материала при обработке ее потоком ионов, падающим под углом, отличным от нормального, причем для получения ионного потока желательно использовать вещество, образующее при химическом взаимодействии с материалом обрабатываемой поверхности химическое соединение, в частности диэлектрическое соединение. При этом существенную роль играют тип и температура обрабатываемого материала, а также энергия потока ионов. К сожалению, задача о влиянии указанных параметров на характеристики получаемой структуры в настоящее время в общем виде не решена и в каждом конкретном случае проводится экспериментальный подбор параметров процесса. В любом случае период твердотельной наноструктуры задается типом ионов и материала, углом наклона пучка, энергией потока ионов, температурой обрабатываемого материала. В случае использования полупроводниковых материалов для изоляции элементов получаемой структуры можно использовать в качестве исходной структуру "полупроводник на изоляторе", причем процесс ионной обработки остановить с учетом распыления материала в момент, когда наноструктура сформируется на исходном изоляторе. В качестве источника ионов можно использовать материал, образующий диэлектрическое соединение с обрабатываемым материалом, что даст дополнительные возможности по изоляции элементов получаемой структуры и упростить реализацию способа.

Изобретение может быть охарактеризовано следующей совокупностью признаков: облучение поверхности материала потоком ионов, причем период структуры задают величинами энергии ионов и температурой обрабатываемой поверхности, при этом облучение проводят под углом, отличным от нормального. В случае получения полупроводниковых твердотельных наноструктур желательно использовать в качестве исходной структуру "полупроводник на изоляторе", причем процесс ионной обработки остановить с учетом распыления материала в момент, когда наноструктура сформируется на исходном изоляторе. Для упрощения изоляции элементов получаемой структуры в качестве источника ионов можно использовать материал, образующий диэлектрическое соединение с обрабатываемым материалом.

Данная совокупность признаков обеспечивает достижение технического результата изобретения во всех случаях его использования. Признаки "облучают поверхность материала потоком ионов" является общим для изобретения и его ближайшего аналога.

Изобретение иллюстрировано графическим материалом, где на чертеже как частный случай реализации способа приведено поперечное сечение структуры изолированных полупроводниковых полос в плоскости падения ионов. Структура содержит слой изолятора 1, полосы полупроводника 2 и полосы изолятора 3. Направление потока ионов показано стрелкой 4.

Устройство, реализующее способ,

содержит источник ионов с управляемой энергией, вакуумную камеру с объектом, для которого имеется возможность изменения наклона обрабатываемого образца относительно потока ионов и нагрева его с контролем температуры. Устройство относится к обычным установкам ионного травления с изменяющимся углом наклона обрабатываемых структур.

Изобретение иллюстрировано следующими примерами реализации.

1. Использовалась структура "кремний на изоляторе". Начальная толщина верхнего слоя кремния составляла 192,9 нм. Установили объект в вакуумную камеру вторично-ионного масс-спектрометра IMS-4f с остаточным давлением $5 \cdot 10^{-9}$ Торр. В источник ионов типа дуоплазмотрон напустили азот для получения потока ионов азота. Задали энергию потока ионов $E=8$ кэВ и угол облучения объекта относительно нормали к поверхности 48 градусов. Температуру структуры установили комнатной, $T=293$ К. Поток ионов азота при токе $I=250$ нА равномерно облучили область $S=200 \times 200$ кв. мкм на поверхности структуры. Период структуры при указанных параметрах процесса был равен 86 нм. Высота или амплитуда структуры составляла $h=35$ нм. Состав изолятора 3 (см. чертеж) близок к составу нитрида кремния Si_3N_4 . Время ионной обработки составляло $t=7,0$ мин.

2. Тот же объект КНИ установили в сканирующий ожемикроскоп РНИ 660 с остаточным давлением $2 \cdot 10^{-10}$ Торр. Поток

ионов азота с энергией 5 кэВ под углом 33 градуса и током 100 нА равномерно облучили область $S=200 \times 200$ мкм кв. на поверхности объекта. Температура объекта составляла $T=848$ К. При указанных параметрах процесса и времени облучения $t=6,0$ мин получили структуру с периодом 15 нм и амплитудой 3,2 нм.

3. Стеклообразную пластину толщиной 606 мкм установили в сканирующий ожемикроскоп РНИ 660, при тех же условиях провели обработку. Период структуры составил 18 нм при глубине 2,6 нм. Указанные примеры не исчерпывают возможные пути реализации изобретения.

Формула изобретения:

1. Способ формирования твердотельных наноструктур, включающий облучение поверхности материала потоком ионов с образованием периодической структуры, отличающийся тем, что для каждого материала структуры период получаемой периодической структуры задают температурой обрабатываемого материала, типом используемых ионов, величиной энергии пучка ионов и углом его падения на поверхность обрабатываемого материала.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае получения полупроводниковых наноструктур используют в качестве исходной структуру "полупроводник на изоляторе".

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве источника ионов используют вещество, образующее с материалом полупроводника диэлектрическое соединение.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60