

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2853780

Оптическая дифракционная периодическая микроструктура на основе пористого германия и способ ее изготовления

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки "Федеральный исследовательский центр
"Казанский научный центр Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Степанов Андрей Львович (RU), Нуждин Владимир
Иванович (RU), Валеев Валерий Фердинандович (RU),
Коновалов Дмитрий Александрович (RU), Rogov Алексей
Михайлович (RU)*

Заявка № 2025120788

Приоритет изобретения 28 июля 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 26 декабря 2025 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 28 июля 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00a570e4f7add8d531b4b8818e75f29506
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 04.09.2025 по 28.11.2026

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК

G02B 5/18 (2025.08); G02B 5/1857 (2025.08); B82Y 40/00 (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025120788, 28.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.07.2025Дата регистрации:
26.12.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.07.2025

(45) Опубликовано: 26.12.2025 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

420088, Респ. Татарстан, г. Казань, ул.
Арбузова, 8, Калачев Алексей Алексеевич

(72) Автор(ы):

Степанов Андрей Львович (RU),
Нуждин Владимир Иванович (RU),
Валеев Валерий Фердинандович (RU),
Коновалов Дмитрий Александрович (RU),
Рогов Алексей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки "Федеральный
исследовательский центр "Казанский
научный центр Российской академии наук"
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 9352543 B2, 31.05.2016. US 7618564
B2, 17.11.2009. RU 2597801 C1, 20.09.2016. RU
2566371 C1, 27.10.2015.

(54) Оптическая дифракционная периодическая микроструктура на основе пористого германия и способ ее изготовления

(57) Формула изобретения

1. Способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия, заключающийся в формировании заданной микроструктуры из пористого германия, отличающийся тем, что формирование заданной оптической дифракционной периодической микроструктуры осуществляют на поверхности подложки монокристаллического германия с помощью облучения ионами висмута с энергией 5-100 кэВ и дозой 10^{15} - $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.

2. Оптическая дифракционная периодическая микроструктура на основе пористого германия на подложке монокристаллического германия, отличающаяся тем, что поверхностный слой пористой структуры германия толщиной от 10 до 50 нм получен на поверхности подложки монокристаллического германия облучением ионами висмута с энергией 5-100 кэВ и дозой 10^{15} - $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.



(51) МПК
G02B 5/18 (2006.01)
H01L 21/266 (2006.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 5/18 (2025.08); G02B 5/1857 (2025.08); B82Y 40/00 (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025120788, 28.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.07.2025

Дата регистрации:
26.12.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.07.2025

(45) Опубликовано: 26.12.2025 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

420088, Респ. Татарстан, г. Казань, ул.
Арбузова, 8, Калачев Алексей Алексеевич

(72) Автор(ы):

Степанов Андрей Львович (RU),
 Нуждин Владимир Иванович (RU),
 Валеев Валерий Фердинандович (RU),
 Коновалов Дмитрий Александрович (RU),
 Рогов Алексей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 учреждение науки "Федеральный
 исследовательский центр "Казанский
 научный центр Российской академии наук"
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: US 9352543 B2, 31.05.2016. US 7618564
 B2, 17.11.2009. RU 2597801 C1, 20.09.2016. RU
 2566371 C1, 27.10.2015.

(54) Оптическая дифракционная периодическая микроструктура на основе пористого германия и способ ее изготовления

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области оптического приборостроения, дифракционной оптики, а именно - к оптическим дифракционным периодическим микроструктурам (дифракционным решеткам, фотонным кристаллам и др.) для видимого диапазона, выполненным на основе различных пористых полупроводниковых материалов, и способам их изготовления. Способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия заключается в формировании заданной оптической дифракционной периодической микроструктуры на поверхности подложки монокристаллического германия с помощью облучения ионами висмута с энергией 5-100 кэВ и дозой 10^{15} - $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/

см^2 через поверхностную маску. Полученная таким способом оптическая дифракционная периодическая микроструктура представляет собой ионно-имплантированный слой пористого германия, содержащий ионы висмута, толщиной 10-50 нм, на подложке монокристаллического германия. Изобретения расширяют арсенал дифракционных периодических микроструктур и способов их получения, при этом предлагаемый способ позволяет изготавливать оптические дифракционные периодические микроструктуры на основе пористого германия на поверхности подложки монокристаллического германия при помощи одного непрерывного технологического подхода. 2 н.п. ф-лы, 9 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

G02B 5/18 (2006.01)*H01L 21/266* (2006.01)*B82Y 40/00* (2011.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G02B 5/18 (2025.08); G02B 5/1857 (2025.08); B82Y 40/00 (2025.08)(21)(22) Application: **2025120788, 28.07.2025**(24) Effective date for property rights:
28.07.2025Registration date:
26.12.2025

Priority:

(22) Date of filing: **28.07.2025**(45) Date of publication: **26.12.2025 Bull. № 36**

Mail address:

**420088, Resp. Tatarstan, g. Kazan, ul. Arbuzova,
8, Kalachev Aleksej Alekseevich**

(72) Inventor(s):

**Stepanov Andrei Lvovich (RU),
Nuzhdin Vladimir Ivanovich (RU),
Valeev Valerii Ferdinandovich (RU),
Kononov Dmitrii Aleksandrovich (RU),
Rogov Aleksei Mikhailovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
uchrezhdenie nauki «Federalnyi issledovatel'skii
tsentr «Kazanskiy nauchnyi tsentr Rossiiskoi
akademii nauk» (RU) (RU)****(54) OPTICAL DIFFRACTIVE PERIODIC MICROSTRUCTURE ON THE BASIS OF POROUS GERMANIUM AND METHOD FOR ITS MANUFACTURE**

(57) Abstract:

FIELD: optics.

SUBSTANCE: group of inventions relates to the field of optical instrument engineering, diffractive optics, namely - to optical diffractive periodic microstructures (diffraction gratings, photonic crystals, etc.) for the visible range, made on the basis of various porous semiconductor materials, and methods for their manufacture. Method for manufacturing an optical diffractive periodic microstructure on the basis of porous germanium consists in forming a given optical diffractive periodic microstructure on the surface of a monocrystalline germanium substrate by irradiation with bismuth ions with an energy of 5-100 keV and a

dose of $10^{15} - 8.04 \cdot 10^{17}$ ion/cm² through a surface mask. Optical diffractive periodic microstructure obtained in this way is an ion-implanted layer of porous germanium, containing bismuth ions, with a thickness of 10-50 nm, on a monocrystalline germanium substrate.

EFFECT: expanding the arsenal of diffractive periodic microstructures and methods for their production, while the proposed method allows manufacturing optical diffractive periodic microstructures on the basis of porous germanium on the surface of a monocrystalline germanium substrate by means of a single continuous technological approach.

2 cl, 9 dwg

Группа изобретений относится к области оптического приборостроения, дифракционной оптики, а именно, к оптическим дифракционным периодическим микроструктурам (дифракционным решеткам, фотонным кристаллам и др.) для видимого диапазона, выполненным на основе различных пористых полупроводниковых материалов, и способам их изготовления. На практике периодические структуры и решетки на основе различных полупроводников используются:

- в элементах оптической коммуникации для введения в тонкопленочные волноводы лазерного излучения или фильтрации в волноводе оптического сигнала (периодические структуры - решетки Брегга);

- для фокусировки сингулярных вихревых лазерных пучков для уплотнения каналов передачи информации;

- в качестве тестовых объектов для калибровки увеличения на просвечивающем электронном микроскопе;

- для повышения поглощательной способности солнечных элементов за счет интерференционных эффектов;

- в качестве резонаторов с распределенной обратной связью в волноводных лазерах, дифракционных элементов, используемых для управления светом [Дифракционная оптика и нанофотоника. Ред. Сойфер В.А. М.: Физматлит 2014] и др.

Известен способ изготовления иммерсионной оптической дифракционной периодической микроструктуры (дифракционной решетки) с достаточно большой площадью 30x30 мм на основе монокристаллического германия, выбранной в качестве аналога, который заключается в создании параллельных канавок пилообразной формы с периодичностью между ними от 100 до 600 мкм на клиновидной подложке из германия методом механического строгания материала на шлифовальном/токарном станке с прецизионными гидростатическими подшипниками с последующей электролитической обработкой при алмазном шлифовании [Ebizuka N., Morita S., Shimizu T., Yamagata Y., Omori H., Wakaki M., Kobayashi H., Tokoro H., Hirahara Y., Development of immersion grating for mid-infrared high dispersion spectrograph for the 8.2m Subaru telescope. SPIE Proceedings. 2003. V. 4842].

Недостатком способа по аналогу является то, что для изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры (решетки) на поверхности монокристаллического германия методом механического строгания требуется обязательное выполнение дополнительной технологической операции - электролитической обработки при алмазном шлифовании. Кроме того, решетки данного типа имеют большие миллиметровые размеры, что ограничивает их область применения, например, в миниатюрных спектрометрах, в которых размеры решеток не превышают сотен нанометров.

Известен способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры (решетки) на основе пористого германия, в котором формирование заданной оптической дифракционной периодической микроструктуры осуществляется методом импринтинга (штамповки - получения оттиска) и заключающийся в последовательном выполнении нескольких технологических действий. Необходимый периодический рельеф первоначально формируется на поверхности мастер-штампа из твердого материала при помощи традиционной литографии и ионного травления. Затем, мастер-штамп с заданной микроструктурой накладывается на подложку германия, содержащей слой пористого германия, предварительно изготовленного каким-либо методом. После этого происходит сжатие (впечатывание) мастер-штампа с пористым слоем германия. При приложенном давлении пористый слой выборочно

механически деформируется (или подвергается дроблению) в локализованных микроструктурированных областях. И в заключении, мастер-штамп удаляется с поверхности подложки германия вместе с остатками разрушения пористой структуры, обнажая заданную периодическую микроструктуру, состоящую из пористого германия. [Weiss S.M., Ryckman J.D., Liscidini M., Sipe J.E., Direct imprinting of porous substrates, Patent US 9 352 543 B2, May 31, 2016]. В указанном патенте также защищается дифракционная решетка на основе пористого германия, полученного описанным способом.

Данные дифракционная решетка на основе пористого германия и способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры - дифракционной решетки на основе пористого германия являются наиболее близкими к заявляемому способу и оптической дифракционной периодической микроструктуре, и поэтому выбраны в качестве прототипа.

Недостатки прототипа:

- используемый способ, получения дифракционных периодических микроструктур методом импринтинга для создания периодических областей пористого германия на поверхности какой-либо подложки, предусматривает проведение нескольких последовательных операций (изготовление мастер штампа при помощи литографии и ионного травления, отдельное изготовление подложки каким либо методом с пористым слоем германия, локальное деформирование слоя пористого германия сжатием с наложенным мастер штампом и удаление штампа с остатками разрушенного пористого слоя), что не позволяет создавать оптические дифракционные периодические микроструктуры в одном технологическом подходе.

Решаемая заявляемым изобретением техническая проблема заключается в обеспечении возможности изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия на поверхности подложки монокристаллического германия, расширения арсенала дифракционных периодических микроструктур и способов их получения путем, устраняющим недостаток прототипа.

Технический результат состоит в реализации указанного назначения.

Техническая задача в предлагаемом способе изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия, заключающемся в формировании заданной микроструктуры из пористого германия, достигается тем, что формирование заданной оптической дифракционной периодической микроструктуры осуществляют на поверхности подложки монокристаллического германия с помощью облучения ионами висмута с энергией 5 - 100 кэВ и дозой 10^{15} - $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.

Техническая проблема также решается, и технический результат достигается заявляемой оптической дифракционной периодической микроструктурой на основе ионно-имплантированного слоя пористого германия на подложке монокристаллического германия, особенностью которой является наличие тонкого поверхностного слоя пористой структуры германия толщиной от 10 до 50 нм, полученного на поверхности подложки монокристаллического германия с помощью облучения ионами висмута с энергией 5 - 100 кэВ и дозой 10^{15} - $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.

В качестве материалов для маски могут быть использоваться различные вещества, которые обладают достаточной стойкостью к ионной имплантации, такие как металлы (медь, никель и др.), а также их сплавы.

На фиг. 1 показано изображение, наблюдаемое на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ), периодической микроструктуры на подложке монокристаллического

германия, сформированной облучением ионами висмута через поверхностную маску.

На фиг. 2 показано СЭМ-изображение поверхности слоя пористого германия в ячейках периодической микроструктуры, сформированной облучением ионами висмута.

На фиг. 3 показано изображение поверхности фрагмента периодической микроструктуры (решетки) в областях стенки между ячейками из необлученного монокристаллического германия (темное перекрестие) и ячеек из пористого германия (светлые области), наблюдаемое на зондовом сканирующем микроскопе (ЗСМ).

На фиг. 4 показан профиль поперечного сечения, измеренный через стенку между ячейками из необлученного монокристаллического германия, и захватывая части ячеек из пористого германия, для СЭМ-изображения, приведенного на фиг. 3.

На фиг. 5 показано изображение картины дифракционного рассеяния, полученное на экране при отражении зондирующего излучения гелий-неонового лазера на длине волны 632.8 нм от оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия.

На фиг. 6 показано СЭМ-изображение поверхности слоя пористого германия, сформированной облучением ионами висмута с энергией $E=5$ кэВ и дозой $D=10^{15}$ ион/см².

На фиг. 7 показано изображение, полученное на оптическом микроскопе, периодической микроструктуры германия (фрагмента дифракционной решетки), сформированной облучением ионами висмута с энергией $E=5$ кэВ и дозой $D=10^{15}$ ион/см² через поверхностную маску.

На фиг. 8 показано СЭМ-изображение поверхности слоя пористого германия, сформированной облучением ионами висмута с энергией 100 кэВ и дозой $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см².

На фиг. 9 показано изображение, полученное на оптическом микроскопе, периодической микроструктуры германия (фрагмента дифракционной решетки), сформированной облучением ионами висмута с энергией с энергией 100 кэВ и дозой $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску. Размер ячейки 40 мкм.

Рассмотрим осуществление предлагаемого способа на конкретных примерах.

Пример 1. Рассмотрим способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия, заключающийся в формировании заданной микроструктуры на подложке монокристаллического германия с помощью ее облучения на ускорителе ИЛУ-3 ионами висмута с энергией $E=72$ кэВ и дозой $D=6.2 \cdot 10^{15}$ ион/см² через медную поверхностную маску с размерами квадратных ячеек 40 мкм.

Наблюдение облученного ионами висмута подложки монокристаллического германия методом рентгеновского энергодисперсионного анализа на СЭМ - Merlin (Carl Zeiss) показало, что в приповерхностном имплантированном слое германия происходит накопление ионов висмута.

СЭМ-изображение периодической микроструктуры на подложке монокристаллического германия, облученной ионами висмута через поверхностную маску, приведено на фиг. 1. Как видно из фигуры, поверхность образца представляет собой упорядоченную решетку с квадратными ячейками размером 40 мкм. При этом, облученная область внутри ячеек, как следует из фиг. 2, представляет из себя слой пористого германия губчатой структуры, состоящий из переплетающихся нанонитей. Стенки между имплантированными областями ячеек решетки состоят из необлученного

монокристаллического германия.

5 Моделирование концентрационного профиля распределения имплантированного висмута с энергией $E=72$ кэВ в облучаемой подложке германия с помощью компьютерного алгоритма SARIM-2013 [Ziegel J.F., Biersak J.P., Littmark U. The stopping and range of ions in solids. N.Y.: Pergamon, 1996], показала, что глубина проникновения ионов висмута в германий составляет порядка 38 нм, что и определяет толщину пористого слоя.

10 Изображение периодической микроструктуры, наблюдаемое на ЗСМ - Dimension FastScan (Bruker) на поверхности подложки германия после облучения ионами висмута через маску, приведено на фиг. 3. На фиг. 4 показан профиль поперечного сечения, измеренный через стенку между ячейками из необлученного монокристаллического германия, и захватывая части ячеек из пористого германия, измеренный на ЗСМ. Из измерения следует, что высота слоя пористого германия внутри ячеек относительно уровня неимплантированной поверхности монокристаллического германия составляет 15 90-100 нм. Возвышение имплантированных участков объясняется эффектом набухания и порообразования облучаемых участков (ячеек решетки) образца, характеризующихся меньшей плотностью по сравнению с монокристаллическим германием.

Облучение монокристаллического германия ионами висмута ведет как к изменению химического состава (накоплению висмута в образце), так и к модификации его 20 поверхностной структуры, т.е. образованию периодических областей пористого германия. В результате облучения монокристаллического германия через поверхностную маску формируется рельефная микроструктура с периодически изменяемым распределением оптических констант (показателем преломления) между областями из монокристаллического и пористого германия.

25 Таким образом, сформированная облучением монокристаллического германия микроструктура с периодически изменяемым показателем преломления, представляет собой дифракционную решетку на основе пористого германия. На фиг. 5 приведено оптическое дифракционное изображение, регистрируемое на экране при зондировании сформированной периодической микроструктуры гелий-неоновым лазером на длине 30 волны 632.8 нм на отражение от образца.

Пример 2. В качестве подложки используют пластину монокристаллического германия. Имплантацию осуществляют на ускорителе ИЛУ-3 ионами висмута с энергией $E=5$ кэВ и дозой $D=10^{15}$ ион/см² через медную поверхностную маску с размерами 35 квадратных ячеек 40 мкм.

На фиг. 6 показано СЭМ-изображение поверхности слоя пористого германия, сформированной облучением ионами висмута с энергией $E=5$ кэВ и дозой $D=10^{15}$ ион/см². На фигуре видно, что морфология поверхности, полученная при данных условиях ионной имплантации, также характеризуется развитой структурой пористой германия. 40

Моделирование концентрационного профиля распределения имплантированного висмута с энергией $E=5$ кэВ в облучаемой подложке германия с помощью компьютерного алгоритма SARIM-2013 [Ziegel J.F., Biersak J.P., Littmark U. The stopping and range of ions in solids. N.Y.: Pergamon, 1996] показала, что глубина проникновения ионов висмута в германий составляет 10 нм, что и определяет толщину пористого слоя.

45 Поверхностные микроструктуры на имплантированном ионами висмута через маску германия наблюдались на оптическом микроскопе Микромед ПОЛАР-1 (фиг. 7). На приведенном изображении видно, что поверхность образца является упорядоченной оптической периодической микроструктурой - решеткой с ячейками размерами 40 мкм,

которые сформированы при имплантации германия ионами висмута в заданном режиме. При этом квадратная ячейка представляет собой структуру пористого германия, показанную на фиг. 6. Стенки между ячейками состоят из необлученного монокристаллического германия.

5 Пример 3. В качестве подложки используют пластину монокристаллического германия. Имплантацию осуществляют на ускорителе ИЛУ-3 ионами висмута с энергией $E=100$ кэВ и дозой $D=8.2 \cdot 10^{17}$ ион/см² через медную поверхностную маску с размерами квадратных ячеек 40 мкм.

10 На фиг. 7 показано СЭМ-изображение поверхности слоя пористого германия, сформированной облучением ионами висмута с энергией $E=100$ кэВ и дозой $D=8.2 \cdot 10^{17}$ ион/см². На фигуре видно, что морфология поверхности, полученная при данных условиях ионной имплантации, также характеризуется развитой структурой пористой германия.

15 Моделирование концентрационного профиля распределения имплантированного висмута с энергией $E=72$ кэВ в облучаемой подложке германия с помощью компьютерного алгоритма SARIM-2013 [Ziegel J.F., Biersak J.P., Littmark U. The stopping and range of ions in solids. N.Y.: Pergamon, 1996], показала, что глубина проникновения ионов висмута в германий составляет 50 нм, что и определяет толщину пористого слоя.

20 Поверхностные микроструктуры на имплантированном ионами висмута через маску германия наблюдались на оптическом микроскопе (фиг. 8). На приведенном изображении видно, что поверхность образца является упорядоченной оптической периодической микроструктурой - решеткой с ячейками размерами 40 мкм, которые сформированы при имплантации германия ионами висмута в заданном режиме. При
25 этом квадратная ячейка представляет собой структуру пористого германия, показанную на фиг. 9. Стенки между ячейками состоят из необлученного монокристаллического германия.

30 Выбор режимов ионного облучения $E=5 - 100$ кэВ и $D=10^{15} - 8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² обуславливается тем, что за границами этих режимов не достигается необходимый выше заявленный технический результат, т.е. получение и качество изготавливаемых оптических дифракционных периодических микроструктур на основе пористого германия не будет соответствовать необходимым требованиям, т.е. являться оптической периодической микроструктурой.

35 Энергия иона E обуславливает величину его среднего проекционного пробега которое определяет глубину внедрения иона висмута в подложку монокристаллического германий. Сверху E ускорения иона ограничена величиной 100 кэВ, поскольку при увеличении данного значения E (слишком глубокого проникновения иона в германий) и разумной длительности облучения не достигается эффект образования пористого германия на поверхности подложки монокристаллического германия. Ограничение
40 снизу величиной $E=5$ кэВ, согласно нашим экспериментам, связано с тем, что при дальнейшем уменьшении E не удастся получить приемлемо-крупные по высоте элементы периодической микроструктуры для проявления оптической дифракции.

45 Величина D определяется необходимым количеством атомов внедренной примеси висмута в приповерхностном слое облучаемой подложки монокристаллического германия, чтобы обеспечить процесс порообразования в области не закрытой маской, а также формирования периодических микроструктур на поверхности образца для создания высокого контраста в разнице показателей преломления элементов оптической дифракционной решетки. Данное условие, согласно нашим исследованиям, выполняется

при $D=10^{15}$ ион/см². При этом, формирование оптической дифракционной периодической микроструктуры из пористого германия на поверхности монокристаллического германия не должна превышать разумной длительности ионного облучения и по нашим оценкам составляет не более $8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см².

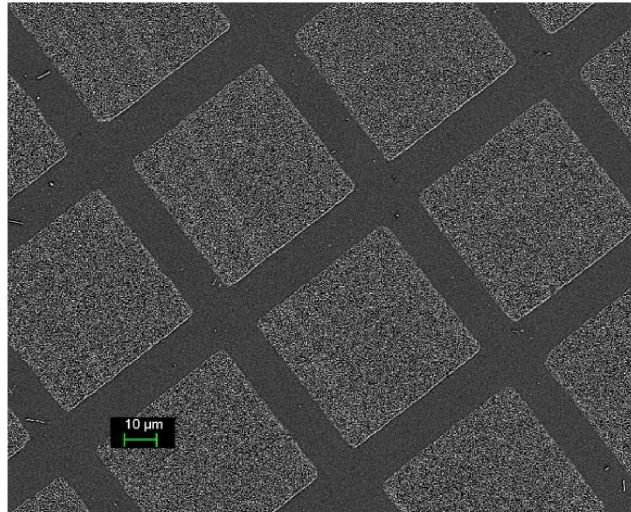
По сравнению с прототипом предлагаемый способ позволяет изготавливать оптические дифракционные периодические микроструктуры на основе пористого германия на поверхности подложки монокристаллического германия при помощи одного непрерывного технологического подхода.

(57) Формула изобретения

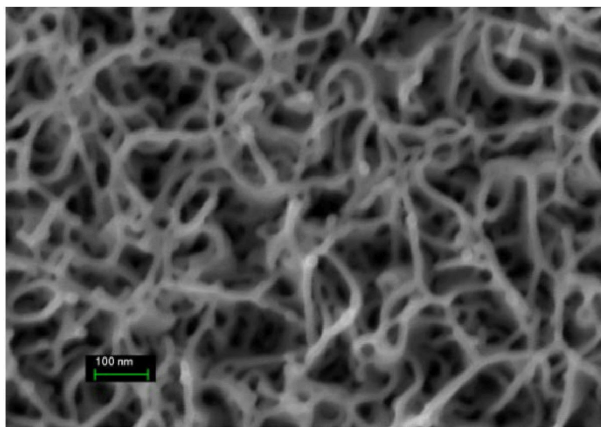
1. Способ изготовления оптической дифракционной периодической микроструктуры на основе пористого германия, заключающийся в формировании заданной микроструктуры из пористого германия, отличающийся тем, что формирование заданной оптической дифракционной периодической микроструктуры осуществляют на поверхности подложки монокристаллического германия с помощью облучения ионами висмута с энергией 5-100 кэВ и дозой $10^{15}-8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.

2. Оптическая дифракционная периодическая микроструктура на основе пористого германия на подложке монокристаллического германия, отличающаяся тем, что поверхностный слой пористой структуры германия толщиной от 10 до 50 нм получен на поверхности подложки монокристаллического германия облучением ионами висмута с энергией 5-100 кэВ и дозой $10^{15}-8.0 \cdot 10^{17}$ ион/см² через поверхностную маску.

1

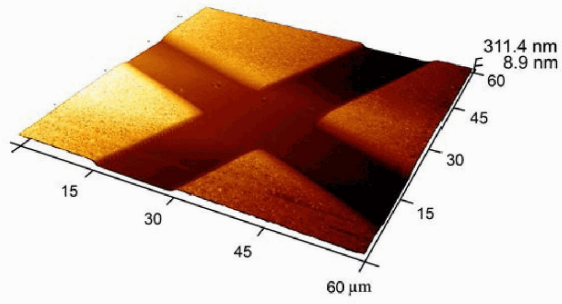


Фиг. 1

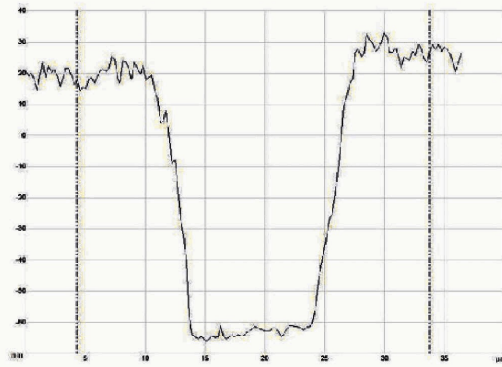


Фиг. 2

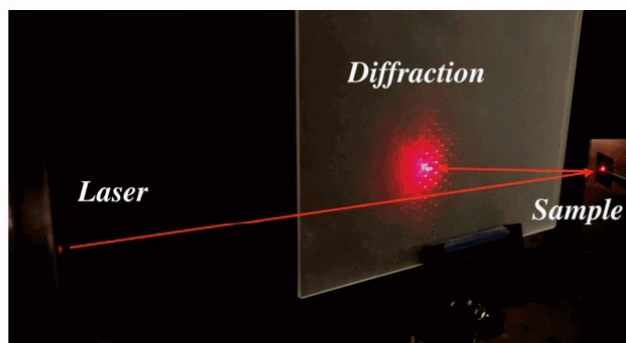
2



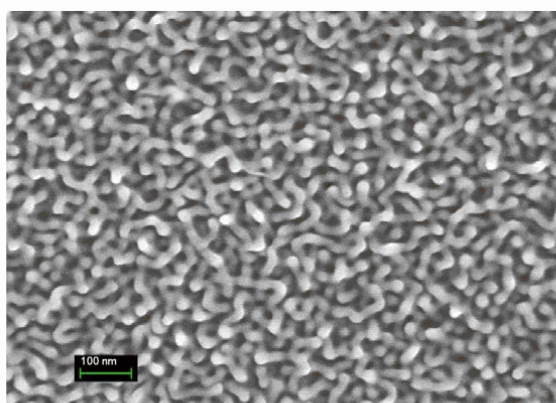
Фиг. 3



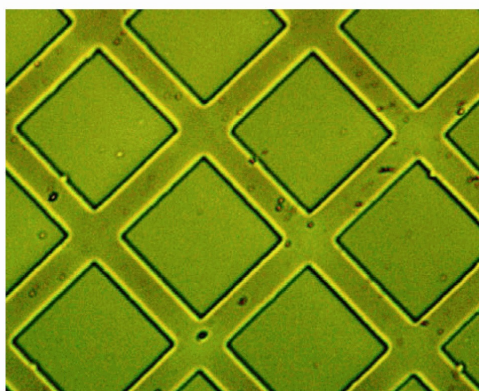
Фиг. 4



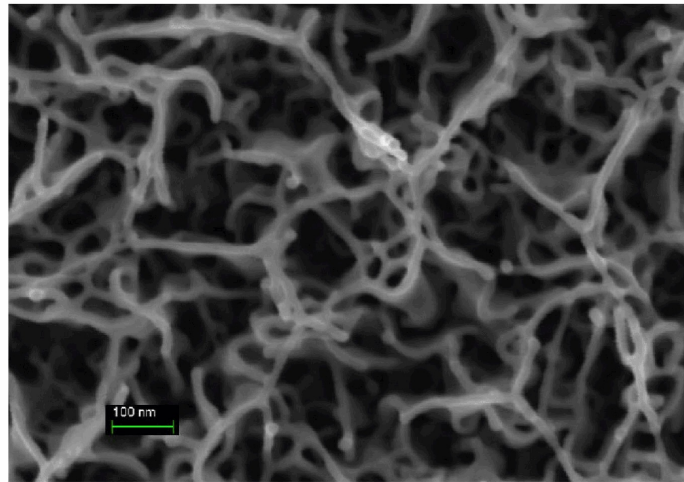
Фиг. 5



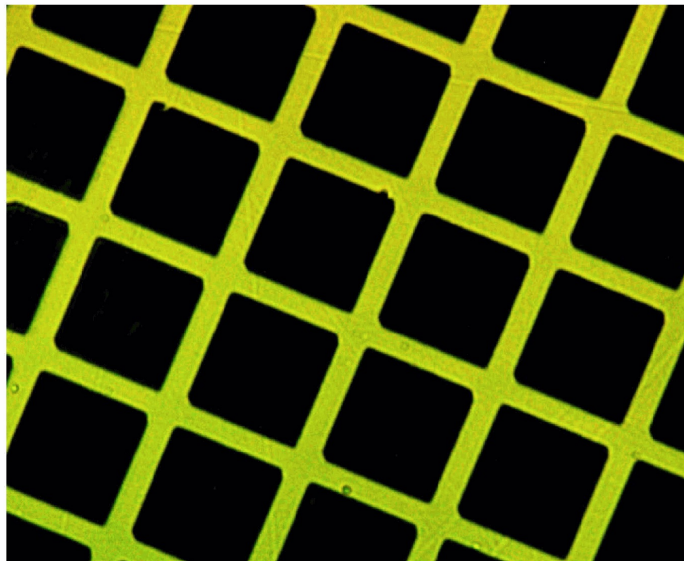
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9