РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 200326

ГЕТЕРОСТРУКТУРА ДЛИННОВОЛНОВОГО ВЕРТИКАЛЬНО-ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЛАЗЕРА С РАЗДЕЛЬНЫМ ТОКОВЫМ И ОПТИЧЕСКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ

Патентообладатель: ***федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО" (Университет ИТМО) (RU)***

Авторы: ***Егоров Антон Юрьевич (RU), Новиков Иннокентий Игоревич (RU), Бабичев Андрей Владимирович (RU), Колодезный Евгений Сергеевич (RU), Блохин Сергей Анатольевич (RU)***

Заявка № **2019143338**

Приоритет полезной модели **24 декабря 2019 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **16 октября 2020 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **24 декабря 2029 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 200 326 (13) U1

(51) МПК
H01S 5/183 (2006.01)
H01S 5/343 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01S 5/18327 (2020.02); H01S 5/34306 (2020.02)

(21)(22) Заявка: **2019143338, 24.12.2019**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.12.2019

Дата регистрации:
16.10.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **24.12.2019**

(45) Опубликовано: **16.10.2020** Бюл. № **29**

Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, лит. А, Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):
Егоров Антон Юрьевич (RU),
Новиков Иннокентий Игоревич (RU),
Бабичев Андрей Владимирович (RU),
Колодезный Евгений Сергеевич (RU),
Блохин Сергей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО" (Университет ИТМО) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2703922 C2, 22.10.2019. RU 2704214 C1, 24.10.2019. CN 104577711 A, 29.04.2015. CN 104051957 A, 17.09.2014. GB 2493186 A, 30.01.2013.**

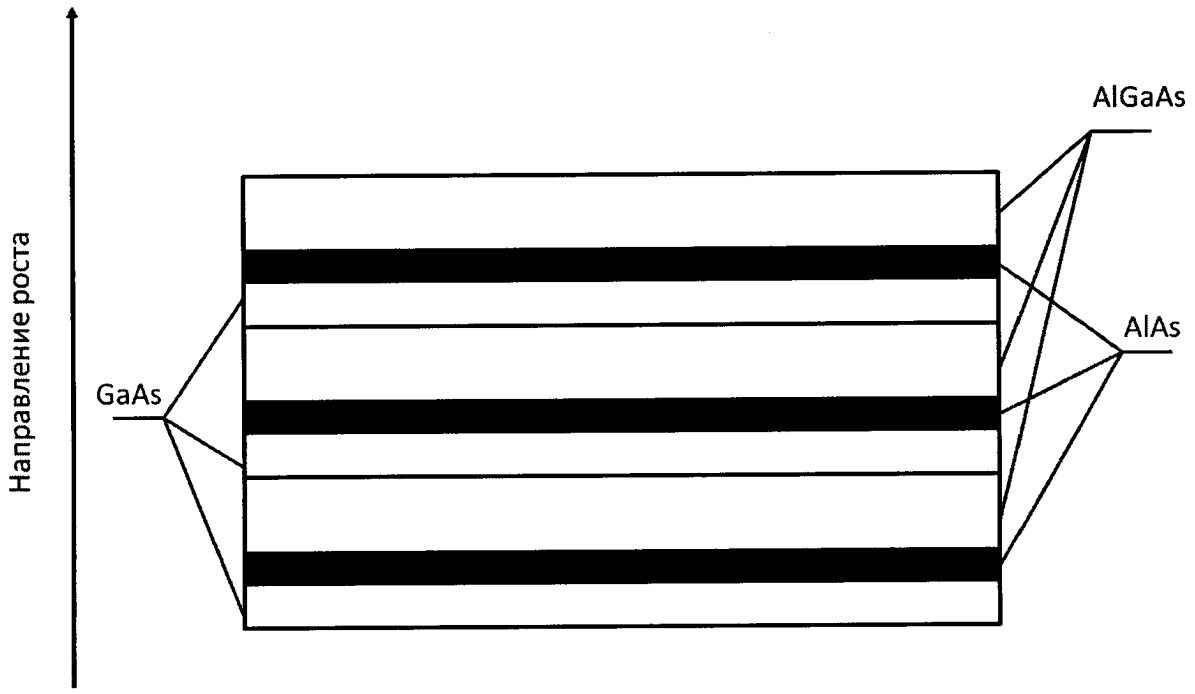
(54) ГЕТЕРОСТРУКТУРА ДЛИННОВОЛНОВОГО ВЕРТИКАЛЬНО-ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЛАЗЕРА С РАЗДЕЛЬНЫМ ТОКОВЫМ И ОПТИЧЕСКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к оптоэлектронной технике и может быть использована для изготовления вертикально-излучающих лазеров, работающих в спектральном диапазоне 1530-1565 нм. Гетероструктура длинноволнового вертикально-излучающего лазера получена методом спекания гетероструктур активной области и гетероструктур распределенных брэгговских отражателей, и содержит подложку из GaAs, нелегированные нижний и верхний распределенные брэгговские отражатели на основе слоев GaAs/AlGaAs, нижний и верхний внутрирезонаторные контактные слои InGaAsP/InP n-типа, а также оптический микрорезонатор с активной областью на основе квантовых ям InAlGaAs и туннельным переходом на основе слоев p+ - InGaAlAs и n+ - InGaAlAs. При этом в ближайшие к активной области первые три пары слоев GaAs/AlGaAs верхнего распределенного брэгговского отражателя между слоями GaAs и AlGaAs введены слои AlAs толщиной 15 нм с соответствующим уменьшением толщин слоев GaAs и AlGaAs для сохранения параметров четвертьволнового распределенного брэгговского отражателя, и за счет латерального прокисления данных слоев AlAs формируется оптическая апертура, а также создается дополнительное латеральное оптическое ограничение световой волны в длинноволновом вертикально-излучающем лазере, где токовое ограничение создается за счет формирования заращенного туннельного перехода. 2 ил.

RU 200326 U1

RU 200326 U1



Фиг.1

RU 200326 U1

RU 200326 U1

Полезная модель относится к оптоэлектронной технике и может быть использована для изготовления вертикально-излучающих лазеров, работающих в спектральном диапазоне 1530-1565 нм.

При формировании гетероструктур длинноволновых вертикально-излучающих лазеров (ВИЛ) для формирования токового и оптического ограничения чаще всего используют заращенный туннельный переход. Основным недостатком конструкций гетероструктур с заращенным туннельным переходом является тот факт, что туннельный переход используется одновременно как для токового, так и для оптического ограничения. В силу того факта, что туннельный переход расположен в минимуме стоячей волны (с целью уменьшения поглощения носителей заряда в сильнолегированных слоях туннельного перехода), оптическое ограничение также стремится к нулю в данном случае. В итоге, туннельный переход, преимущественно, выполняет функцию токового ограничения, несмотря на наличие скачка показателя преломления, обусловленного заращиванием туннельного перехода. Как следствие, малое оптическое ограничение приводит к тому, что с уменьшением размера туннельного перехода объем оптической моды превышает диаметр токовой апертуры. В итоге, в силу несоответствия размера оптической моды диаметру апертуры, пороговая плотность тока превышает аналогичную величину в лазерах с бОлыиим диаметром апертуры. Более того, работа лазера характеризуется высокой крутизной ватт-амперной характеристики, что, одновременно отрицательно отражается на скоростных характеристиках прибора [Müller, M., et al., 1.3 μm High-Power Short-Cavity VCSELs for High-Speed Applications. Conference on Lasers and Electro-Optics 2012, (2012). doi:10.1364/cleo_si.2012.cw3n.2].

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели является гетероструктура, сформированная методом спекания гетероструктуры активной области, выращенной на подложке фосфида индия и гетероструктур распределенных брэгговских отражателей, выращенных на подложках GaAs и содержащая подложку из GaAs, нелегированные нижний и верхний распределенные брэгговские отражатели на основе слоев GaAs/AlGaAs, нижний и верхний внутрирезонаторные контактные слои InGaAsP/InP n-типа, а также оптический микрорезонатор с активной областью на основе квантовых ям InAlGaAs и туннельным переходом на основе слоев p+ - InGaAlAs и n+ - InGaAlAs [Caliman, A. et al., 8 mW fundamental mode output of wafer-fused VCSELs emitting in the 1550-nm band. Optics Express, 19(18), 16996 (2011). doi:10.1364/oe.19.016996]. В данной конструкции, токовая апертура сформирована за счет вытравливания слоев туннельного перехода вне области мезы диаметром 2-5 мкм, с последующим заращиванием слоем фосфида индия, формируя обратно смещенный туннельный переход вне области токовой апертуры. Недостатком данной гетероструктуры является то, что туннельный переход, преимущественно, выполняет функцию токового ограничения. Требуется разработка подходов по созданию эффективного оптического ограничения в данной конструкции гетероструктуры с целью повышения быстродействия лазеров с малым диаметром апертуры.

Задачей предлагаемой полезной модели является повышение быстродействия длинноволновых вертикально-излучающих лазеров.

Техническим результатом является создание оптического ограничения в конструкции длинноволнового вертикально-излучающего лазера, где токовое ограничение создается за счет формирования заращенного туннельного перехода.

Технический результат достигается тем, что гетероструктура длинноволнового вертикально-излучающего лазера, содержащая подложку из GaAs, нелегированные

нижний и верхний распределенные брэгговские отражатели на основе слоев GaAs/AlGaAs, нижний и верхний внутрирезонаторные контактные слои InGaAsP/InP n-типа, а также оптический микрорезонатор с активной областью на основе квантовых ям InAlGaAs и туннельным переходом на основе слоев p+ - InGaAlAs и n+ - InGaAlAs, отличается тем, что в ближайших к активной области первых трех парах слоев GaAs/AlGaAs верхнего распределенного брэгговского отражателя между слоями GaAs и AlGaAs введен слой AlAs толщиной 15 нм с соответствующим уменьшением толщин слоев GaAs и AlGaAs для сохранения параметров четвертьволнового распределенного брэгговского отражателя, причем толщина слоев GaAs и AlGaAs слоев определяется по известной формуле:

$L=(\lambda/4-7{,}5n_{AlAs})/n_x$, где n_x - показатель преломления материала замещаемого слоя на рабочей длине волны, λ - рабочая длина волны, коэффициент 7,5 - половина толщины вводимого слоя AlAs.

Предложенная гетероструктура сформирована методом спекания гетероструктуры активной области, выращенной на подложке фосфида индия и гетероструктур распределенных брэгговских отражателей, выращенных на подложках GaAs и содержит подложку из GaAs, нелегированные нижний и верхний распределенные брэгговские отражатели на основе слоев GaAs/AlGaAs, нижний и верхний внутрирезонаторные контактные слои InGaAsP/InP n-типа, а также оптический микрорезонатор с активной областью на основе квантовых ям InAlGaAs и туннельным переходом на основе слоев p+ - InGaAlAs и n+ - InGaAlAs. При этом в первые три пары верхнего РБО на основе чередующихся слоев AlGaAs/GaAs (фиг. 1) добавлены дополнительные слои AlAs толщиной 15 нм каждый. Слои AlAs добавлены на гетерогранице AlGaAs/GaAs с соответствующим уменьшением толщины окружающих слоев AlGaAs и GaAs для формирования четвертьволнового распределенного брэгговского отражателя. При этом толщина слоев GaAs и AlGaAs определяется по известной формуле:

$L=(\lambda/4-7{,}5n_{AlAs})/n_x$, где n_x - показатель преломления материала замещаемого слоя на рабочей длине волны, λ - рабочая длина волны, коэффициент 7,5 - половина толщины вводимого слоя AlAs. За счет большего показателя преломления материала GaAs, чем AlGaAs толщина слоя GaAs меньше чем AlGaAs.

На фиг. 2 представлено схематическое изображение предложенной гетероструктуры вертикально-излучающего лазера и трех ближайших к активной области пар распределенных брэгговских отражателей. Приведен профиль показателя преломления (сплошная линия, правая ось Y) и профиль распределения интенсивности световой волны (пунктирная линия, левая ось Y). Расчет профиля пространственного распределения световой волны выполнен для лазера, работающего в спектральном диапазоне 1530-1565 нм.

В предложенной гетероструктуре области, отмеченные стрелками на фиг. 2, являются дополнительными полупроводниковыми слоями AlAs, расположенными в ближайших трех парах верхнего распределенного брэгговского отражателя и соответствующие максимумам пространственного распределения световой волны. Область 1 соответствует трем парам нижнего распределенного брэгговского отражателя, области 2, 4, 6 - волноводные слои на основе фосфида индия, область 3 - слои активной области, область 5 - слои туннельного перехода, область 7 - слои верхнего распределенного брэгговского отражателя.

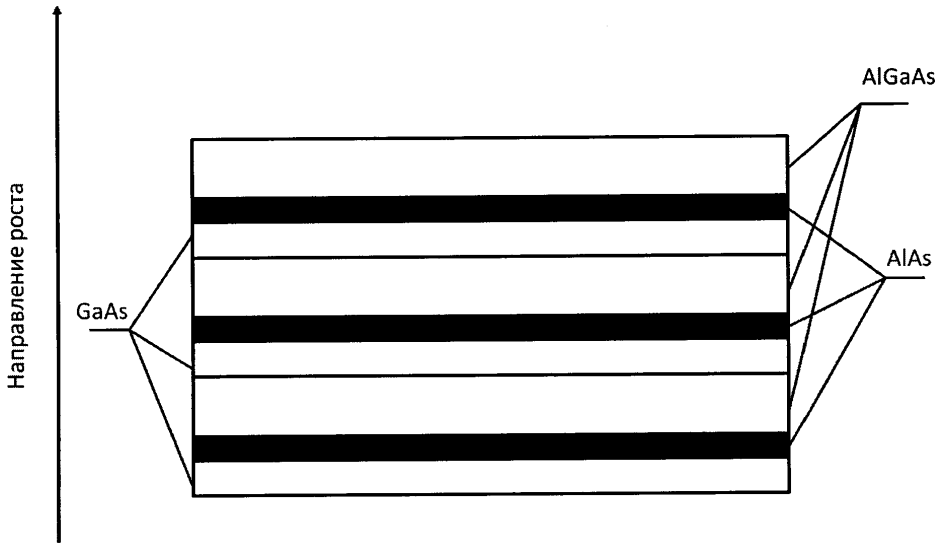
Предложенная полезная модель гетероструктуры вертикально-излучающего лазера позволяет реализовать двойную апертуру: токовую, за счет формирования зарщенного туннельного перехода и соответствующую минимуму стоячей волны, а также оптическую

апертуру, за счет расположения дополнительных слоев AlAs в максимумах стоячей волны, и латерального прокисления данных слоев AlAs, что позволяет повысить быстродействия длинноволновых вертикально-излучающих лазеров с малым размером апертуры.

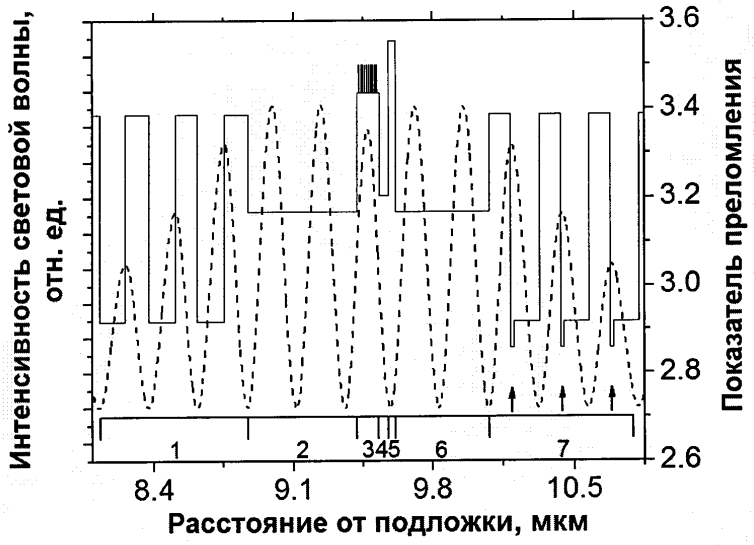
(57) Формула полезной модели

Гетероструктура длинноволнового вертикально-излучающего лазера, содержащая подложку из GaAs, нелегированные нижний и верхний распределенные брэгговские отражатели на основе слоев GaAs/AlGaAs, нижний и верхний внутрирезонаторные контактные слои InGaAsP/InP n-типа, а также оптический микрорезонатор с активной областью на основе квантовых ям InAlGaAs и туннельным переходом на основе слоев p+ - InGaAlAs и n+ InGaAlAs, отличающаяся тем, что в ближайших к активной области первых трех парах слоев GaAs/AlGaAs верхнего распределенного брэгговского отражателя между слоями GaAs и AlGaAs введен слой AlAs толщиной 15 нм с соответствующим уменьшением толщин слоев GaAs и AlGaAs для сохранения параметров четвертьволнового распределенного брэгговского отражателя, причем толщина слоев GaAs и AlGaAs определяется по известной формуле: $L=(\lambda/4-7{,}5n_{AlAs})/n_x$, где n_x - показатель преломления материала замещаемого слоя на рабочей длине волны, λ - рабочая длина волны, коэффициент 7,5 - половина толщины вводимого слоя AlAs.

1


Направление роста
GaAs
AlGaAs
AlAs

Фиг.1


Интенсивность световой волны, отн. ед.
Показатель преломления
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
1
2
345
6
7
8.4
9.1
9.8
10.5
Расстояние от подложки, мкм

Фиг.2