

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 189724

ГЕТЕРОСТРУКТУРА ВЕРТИКАЛЬНО-ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЛАЗЕРА

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018145471

Приоритет полезной модели 21 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 31 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 21 декабря 2028 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01S 5/183 (2018.08); *H01S 5/34366* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018145471, 21.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.12.2018

Дата регистрации:
31.05.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 21.12.2018

(45) Опубликовано: 31.05.2019 Бюл. № 16

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

(72) Автор(ы):
Бабичев Андрей Владимирович (RU),
Бугров Владислав Евгеньевич (RU),
Егоров Антон Юрьевич (RU),
Рочас Станислав Станиславович (RU),
Карачинский Леонид Яковлевич (RU),
Новиков Иннокентий Игоревич (RU),
Гладышев Андрей Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: J.K. KIM, S. NAKAGAWA, E.
HALL, L.A. COLDREN "NEAR-ROOM-
TEMPERATURE CONTINUOUS-WAVE
OPERATION OF MULTIPLE-ACTIVE-
REGION 1,55 μm VERTICAL-CAVITY
LASERS WITH HIGH DIFFERENTIAL
EFFICIENCY" 2000, APPLIED PHYSICS
LETTERS. US 6542531 B2, 01.04.2003. EP
1202410 A2, 02.05.2002. EP 865125 A1,
16.09.1998.

(54) ГЕТЕРОСТРУКТУРА ВЕРТИКАЛЬНО-ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЛАЗЕРА

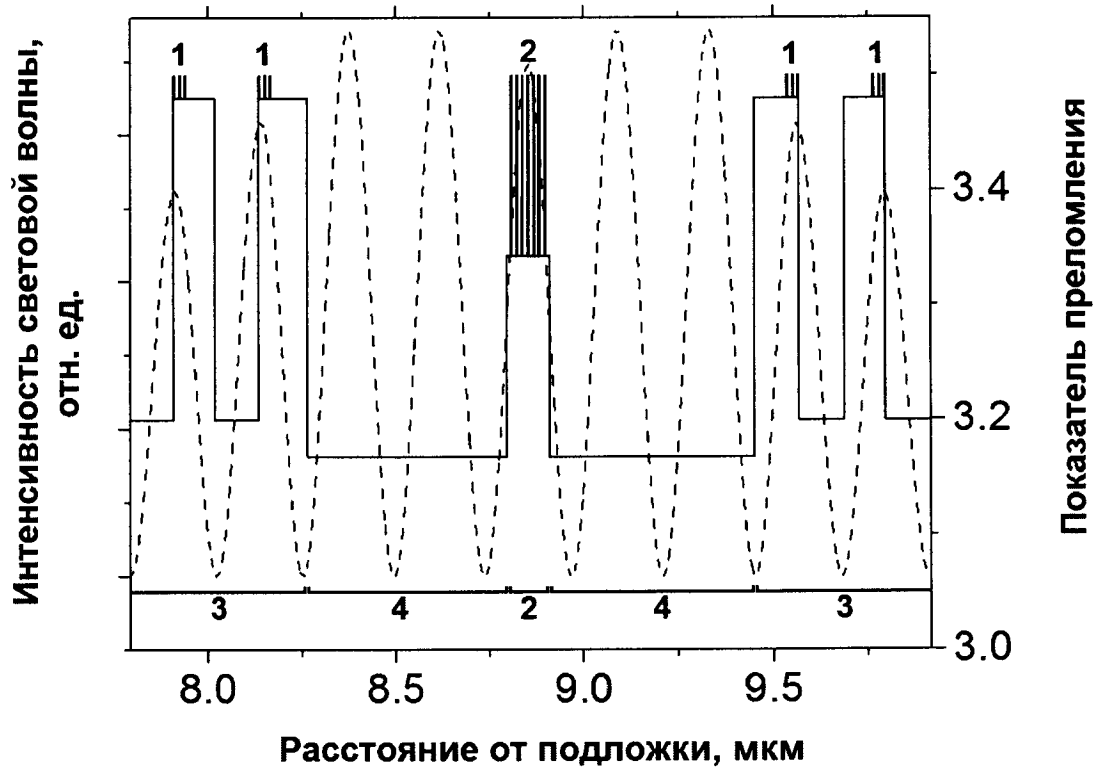
(57) Реферат:

Полезная модель относится к оптоэлектронной технике. Гетероструктура вертикально-излучающего лазера содержит подложку InP, нижний и верхний распределенный Брэгговский отражатели, слои нижней и верхней обкладок волновода на основе слоя InGaAlAs с контактными слоями на основе InGaAsP и активную область. Нижний распределенный Брэгговский отражатель выполнен из пар слоев InGaAlAs/InAlAs. Верхний распределенный

Брэгговский отражатель выполнен из пар легированных слоев InGaAlAs/InAlAs. Активная область выполнена в виде одного полупроводникового каскада из полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs и барьеры InGaAlAs. В двух ближайших к обкладкам волновода парах нижнего и верхнего Брэгговских отражателей расположены по пять дополнительных полупроводниковых слоев. Дополнительные

полупроводниковые слои представляют собой квантовые ямы из InGaAs, идентичные по спектру усиления квантовым ямам InGaAs в активной области. Технический результат заключается в

повышении оптического усиления монолитной полупроводниковой гетероструктуры вертикально-излучающего лазера, что приводит к повышению быстродействия. 1 ил.



RU 189724 U1

RU 189724 U1

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

Для формирования гетероструктур вертикально-излучающего лазера

используются два основных подхода. Первый подход основан на использовании технологии двойного спекания гетероструктуры активной области, выращенной на подложке фосфида индия, с гетероструктурами распределенных Брэгговских отражателей, выращенных на подложках GaAs [Sirbu, Alexei, Vladimir Iakovlev, Alok Rudra, and Elyahou Karon. "Vertical cavity surface emitting laser and a method of fabrication thereof." U.S. Patent 6,542,531, issued April 1, 2003.]. Основное преимущество метода состоит в использовании распределенных Брэгговских отражателей, выращенных на подложках GaAs, демонстрирующих высокий коэффициент отражения. Второй подход состоит в формировании гетероструктуры активной области вертикально-излучающих лазеров, выращенной на подложке InP в комбинации с диэлектрическими распределенными Брэгговскими отражателями [Ortsiefer, M., Shau, R., Böhm, G.,

Köhler, F., and Amann, M.-C. (2000), Low-threshold index-guided 1.5 μm long-wavelength vertical-cavity surface-emitting laser with high efficiency. *Applied Physics Letters*, 76, 2179-2181. doi: 10.1063/1.126290]. Высокий контраст показателя преломления диэлектрических зеркал на основе пар CaF_2 /аморфный кремний или CaF_2 /ZnS позволяет сократить число пар, что наряду с напылением толстого слоя гальванического золота частично позволяет решить проблему отвода тепла через гибридное глухое зеркало на основе диэлектрического распределенного Брэгговского отражателя/золота. Оба описанных подхода имеют недостатки, обусловленные, в первую очередь, многостадийной технологией изготовления гетероструктур вертикально-излучающих лазеров. В частности первый подход требует использования сложной технологии двойного спекания гетероструктур активной области и распределенных Брэгговских отражателей наряду с обработкой двухстадийной эпитаксии для формирования захороненного туннельного перехода. Для устранения описанных недостатков требуется разработка подхода по изготовлению гетероструктур вертикально-излучающих лазеров на подложках InP за один эпитаксиальный процесс (по изготовлению монолитной гетероструктуры), демонстрирующих высокую выходную оптическую мощность излучения и быстродействие.

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели является гетероструктура вертикально-излучающего лазера, содержащая подложку из InP, нижний распределенный Брэгговский отражатель из пар слоев InGa(Al)As/InAlAs, нижнюю обкладку волновода на основе слоя InGa(Al)As, с контактными слоями на основе InGaAs(P), активную область из трех полупроводниковых каскадов, каждый из которых представляет собой квантовые ямы InAlGaAs и барьеры InGaAlAs, верхнюю обкладку волновода на основе слоя InGa(Al)As, с контактными слоями на основе InGaAs(P), и верхний распределенный Брэгговский отражатель из пар слоев InGa(Al)As/InAlAs [J. K. Kim, et. al. "Near-room-temperature continuous-wave operation of multiple-active-region 1.55 μm vertical-cavity lasers with high differential efficiency," *Applied Physics Letters*, vol. 77, no. 10, pp. 3137-3139. doi: 10.1063/1.1325400]. Основным недостатком такой конструкции гетероструктуры вертикально-излучающего лазера является большая длина микрорезонатора из-за использования многокаскадной структуры активной области, что приводит к росту времени жизни фотона и уменьшению быстродействия вертикально-излучающего лазера. Кроме того, многокаскадная геометрия также приводит к уменьшению

однородности электрической накачки и повышению рабочего напряжения вертикально-излучающего лазера.

Задачей предлагаемой полезной модели является повышение быстродействия вертикально-излучающего лазера, выращенного на подложке InP.

5 Техническим результатом, позволяющим выполнить поставленную задачу, является повышение оптического усиления монолитной полупроводниковой гетероструктуры вертикально-излучающего лазера. Результат достигается путем формирования гибридной накачки, за счет создания гетероструктуры, включающей дополнительные полупроводниковые слои, представляющие собой квантовые ямы InGaAs, обладающие спектром усиления идентичным спектру усиления квантовых ям в активной области вертикально-излучающего лазера, и выполняющие функцию обеспечения дополнительного оптического усиления. Дополнительные полупроводниковые слои размещаются в максимумах интенсивности электрического поля, в двух ближайших к активной области парах верхнего и нижнего распределенных Брэгговских отражателей, сформированных на основе InGaAlAs/InAlAs. При этом общая длина микрорезонатора вертикально-излучающего лазера не увеличивается, что не приводит к росту времени жизни фотона и увеличивает быстродействие вертикально-излучающего лазера

На фиг. показано схематическое изображение активной области гетероструктуры вертикально-излучающего лазера и двух 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 длины волны 1550 нм.

В предложенной гетероструктуре области 1 являются дополнительными полупроводниковыми слоями, которые представляют собой квантовые ямы, расположенные в двух ближайших к активной области парах распределенных Брэгговских отражателей, и за счет которых осуществляется гибридная накачка. Область 2 является активной областью, области 3 - две ближайшие к активной области пары распределенных Брэгговских отражателей, области 4 - волноводные слои, расположенные между распределенными Брэгговскими отражателями и активной областью.

Предложенная гетероструктура вертикально-излучающего лазера сформирована на подложке InP. Слои нижнего распределенного Брэгговского отражателя сформированы на основе чередующихся пар слоев InGaAlAs/InAlAs, согласованных по постоянной кристаллической решетки с материалом подложки. Две ближайшие к активной области пары нижнего распределенного Брэгговского отражателя отличаются от предыдущих пар нижнего распределенного Брэгговского отражателя за счет вставки в слои InGaAlAs пяти дополнительных полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs (области 1), которые идентичны по спектру усиления квантовым ямам в активной области. Нижняя обкладка волновода сформирована на основе слоя InGaAlAs. Толщина слоя нижней обкладки составляет 500-550 нм. Обкладка включает контактные слои на основе InGaAsP, расположенные в минимуме интенсивности оптической волны. Активная область формируется за счет применения полупроводникового каскада из десяти полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs и барьеры InGaAlAs (область 2). Верхняя обкладка волновода сформирована на основе слоя InGaAlAs. Толщина слоя верхней обкладки составляет 500-550 нм. Обкладка включает контактные слои на основе InGaAsP, расположенные в минимуме интенсивности оптической волны. Верхний распределенный

Брэгговский отражатель сформирован на основе чередующихся пар слоев InGaAlAs/InAlAs, согласованных по постоянной кристаллической решетки с материалом подложки. Две пары верхнего распределенного Брэгговского отражателя, ближайšie к активной области, отличаются от последующих пар верхнего распределенного Брэгговского
5 отражателя за счет вставки в слои InGaAlAs пяти дополнительных полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs (области 1), которые идентичны по спектру усиления квантовым ямам в активной области.

Предложенная полезная модель гетероструктуры вертикально-излучающего лазера, обладает гибридной накачкой (электрической накачкой активной области и оптической
10 накачкой активной области, связанной с оптической накачкой дополнительных полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs, которые расположены в двух ближайших к активной области парах распределенного Брэгговского отражателя), что позволяет повысить оптическое усиление в гетероструктуре. Длина микрорезонатора вертикально-излучающего лазера, за счет
15 вставки дополнительных полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы, в слои распределенного Брэгговского отражателя, не изменится. Предложенный подход позволяет уменьшить время жизни фотона в резонаторе и увеличить быстродействие вертикально-излучающего лазера. Также рост оптического усиления приводит к падению порогового тока вертикально-излучающего лазера, что позволяет
20 достичь высокой квантовой эффективности.

(57) Формула полезной модели

Гетероструктура вертикально-излучающего лазера, содержащая подложку из InP, нижний распределенный Брэгговский отражатель из пар слоев InGaAlAs/InAlAs, слои
25 нижней обкладки волновода на основе слоя InGaAlAs с контактными слоями на основе InGaAsP, активную область, слои верхней обкладки волновода на основе слоя InGa(Al)As с контактными слоями на основе InGaAsP и верхний распределенный Брэгговский отражатель из пар легированных слоев InGaAlAs/InAlAs, отличающаяся тем, что активная область, выполнена в виде одного полупроводникового каскада из
30 полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы InGaAs и барьеры InGaAlAs, в двух ближайших к обкладкам волновода парах нижнего и верхнего распределенного Брэгговского отражателя расположено по пять дополнительных полупроводниковых слоев, представляющих собой квантовые ямы из InGaAs, которые идентичны по спектру усиления квантовым ямам InGaAs в активной области.

35

40

45

