

Способ подавления широкого луча в лазере с выходом излучения через подложку

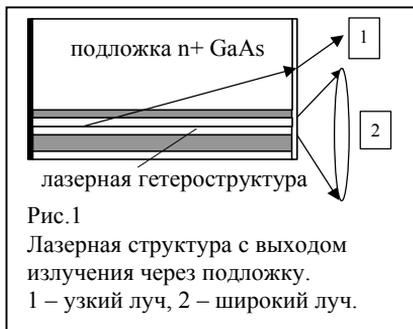
С.М.Некоркин*, Н.В.Байдусь, А.В.Ершов, С.А.Ахлестина, Б.Н.Звонков

*Научно-исследовательский физико-технический институт
Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского
проспект Гагарина 23, корп.3, Нижний Новгород 603950, Россия*

В работе предложен способ подавления широкого луча в лазерном диоде с выходом излучения через подложку путём нанесения отражающего покрытия в области эпитаксиальных слоёв и просветляющего покрытия в области подложки. Показана возможность уменьшения порогового тока, увеличения дифференциальной квантовой эффективности.

1. Введение

Эффективность ввода лазерного излучения в различные оптические схемы определяется диаграммой направленности излучения полупроводникового лазера в плоскости, перпендикулярной p - n переходу. Полупроводниковые лазерные диоды на длину волны 0,98 мкм обычно имеют в данной плоскости ширину диаграммы направленности на уровне половины интенсивности около 50° . В способах сужения диаграммы направленности, описанных в работах [1-5], наименьшая достижимая расходимость излучения определяется дифракционным пределом и, следовательно, толщиной оптического волновода лазерной структуры. Возможен еще один способ сужения диаграммы направленности излучения в перпендикулярной p - n переходу плоскости, позволяющий уменьшить расходимость излучения до нескольких градусов и менее, без увеличения толщины лазерной структуры. Этот способ основан на использовании излучения, туннелирующего в подложку через тонкий нижний ограничивающий слой в качестве выходного излучения лазера.



Впервые данный способ был предложен для ДГС-лазеров на $\lambda = 0,89$ мкм в работе [6]. Способ развит в работе [7], где был предложен и экспериментально исследован полупроводниковый лазер на структуре InGaAs/GaAs/InGaP с выходом излучения через подложку, позволяющий получить ширину диаграммы направленности излучения в перпендикулярной p - n переходу плоскости около $1,2^\circ$.

Однако диаграмма направленности такого лазерного диода помимо узкой составляющей (излучение, выходящее через подложку (луч 1 на рис.1)) имеет широ-

* Тел.: +7-8312-656365; E-mail: bnv@nifti.unn.ru

кую составляющую (излучение из волноводного слоя (луч 2)). На узкую составляющую приходится порядка 45% всего излучения. В нашей работе предложен способ подавления широкого луча 2 путём нанесения отражающего покрытия на излучающую грань лазерного диода в области эпитаксиальных слоёв и просветляющего покрытия в области подложки, без применения фотолитографических масок. Показана возможность частичного подавления широкого луча, уменьшения порогового тока, увеличения дифференциальной квантовой эффективности.

2. Изготовление лазерных диодов

Лазерная структура с выходом излучения через подложку выращивалась методом МОС-гидридной эпитаксии при атмосферном давлении. Толщина нижнего и верхнего ограничивающих слоёв InGaP составили 0,25 и 0,6 мкм, а волноводного слоя GaAs – 0,6 мкм. Активная область содержала две квантовые ямы $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}$ толщиной 10 нм. Излучающая область, шириной 100 мкм, ограничивалась с двух сторон протонной имплантацией. Структура раскалывалась на полоски шириной, равной длине резонатора. На грани полосок наносились отражающие и просветляющие покрытия. Напыление просветляющих и отражающих покрытий проводилось методом электроннолучевого испарения на установке ВУ-1А. Отражающее покрытие с коэффициентом отражения 95% ($R = 95\%$), а просветляющее – $R = 5\%$. После напыления покрытий полоски делились на чипы. Чипы спаивали структурой к медному теплоотводу для работы в непрерывном режиме.

Для сравнения были изготовлены лазерные диоды с двумя видами покрытий излучающей грани: 1) на всю излучающую грань нанесено просветляющее покрытие; 2) излучающая грань имеет комбинированное покрытие.

3. Нанесение отражающих и просветляющих покрытий

Обычно перед нанесением отражающих и просветляющих покрытий на сколотые грани, полоски зажимались между прокладками в специальное приспособление. Тем самым осуществлялось покрытие всей грани. Так как нашей задачей было нанесение отражающего покрытия только на 0,05 часть грани, был предложен способ, который заключался в следующем: от лазерной структуры откалывалась полоска шириной две длины резонатора, затем полоска делилась пополам.

Далее эти две полоски, сохранив очерёдность скалывания, переносились на специально подготовленную двухуровневую подложку, где располагались на разных уровнях грань к грани. После этого концы полосок спаивались между собой чистым

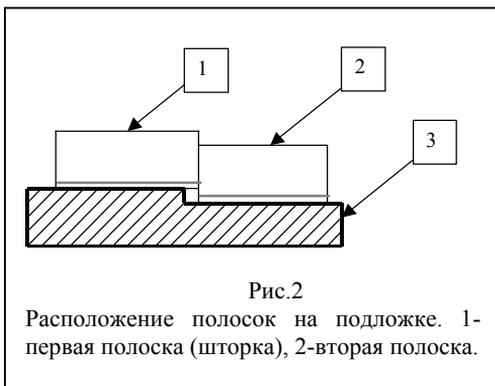


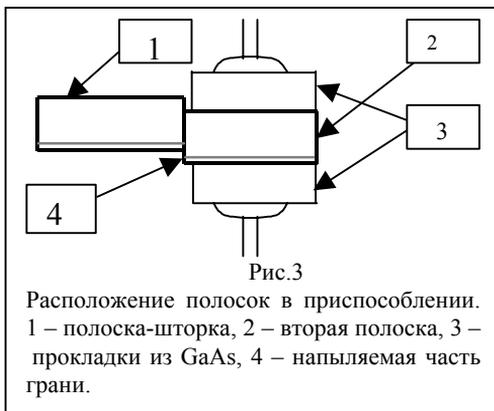
Рис.2

Расположение полосок на подложке. 1- первая полоска (шторка), 2-вторая полоска.

оловом. Двухуровневая подложка представляла собой прямоугольную пластину GaAs, половина которой стравлена на 10 мкм. Расположение полосок на подложке показано на рис.2. Полоска, которая была выше, играла роль экрана для 95% площади нижней полоски. Такой способ дал возможность наносить покрытия только на 10-ти микронную область со стороны структурных слоёв, не затрагивая остальной части грани.

Спаянные полоски зажимались между прокладками в приспособление (рис.3) и загружались в камеру для напыления отражающего покрытия. Таким образом, осуществлялось частичное покрытие излучающей грани отражающим зеркалом.

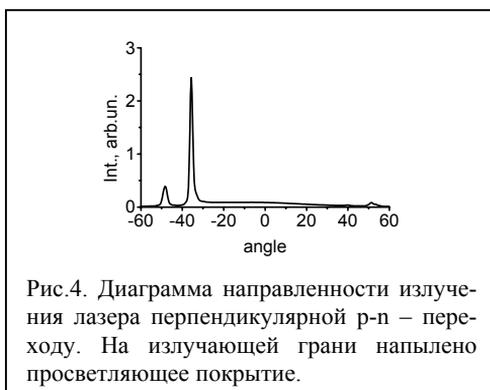
Для нанесения просветляющего покрытия полоски разделялись, и полоска с частично напылённой гранью зажималась в приспособление через прокладки. В этом случае просветляющее покрытие наносилось на всю грань. Эффект просветления в этом случае проявлялся только на той части грани, где отсутствовало отражающее покрытие. Таким образом, получалось комбинированное покрытие излучающей грани. На противоположную грань полоски (неизлучающую) наносилось отражающее покрытие как обычно.



3. Результаты и обсуждение

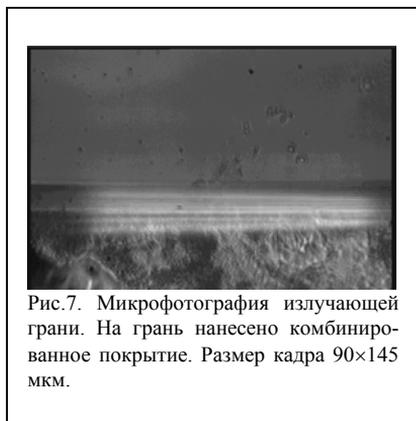
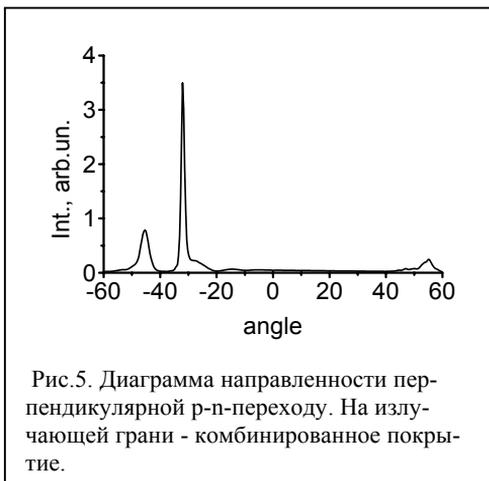
Из диаграммы направленности лазерного диода без нанесения комбинированного покрытия на излучающую грань (рис.4) видно, что вклад узкой составляющей излучения порядка 45%, что согласуется с данными работы [7]. При нанесении на излучающую грань комбинированного покрытия вклад узкой составляющей возрастает до 66% (рис.5).

Были сделаны микрофотографии излучающих граней лазерных диодов SSD камерой через оптический микроскоп (с просветляющим покрытием (рис.6) и с комбинированным покрытием (рис.7)). Лазерные диоды были включены в режим генерации при одинаковых то-



ках. Видно, что отражающее зеркало в области структурных слоёв достаточно успешно подавляет широкий луч. Часть излучения (рис.7) всё же проходит через отражающее зеркало комбинированного покрытия. Это связано с тем, что коэффициент отражения “глухого” зеркала около 95%.

Узкая составляющая на диаграммах направленности, как видно из рис.4 и 5, имеет, помимо пика на -30° (подразумеваемого конструкцией лазера), ещё как минимум два пика на -45° и 55° . Величина пика на 55° зависит от длины резонатора и обусловлена отражением луча от верхней границы подложки. Чем больше длина резонатора, тем ярче выражен этот пик. Дополнительные узкие пики на диаграмме направленности (в нашем случае 55° и -45°) обычно наблюдаются, если скол лазерной структуры не точно перпендикулярен плоскости волновода. Это происходит в том случае, если подложка имеет некоторое отклонение (обычно не более 2°) от кристаллографической плоскости (100).



Применение комбинированного покрытия приводит к уменьшению порогового тока на 0,035 А и увеличению квантовой эффективности на 5% (табл.).

Параметры лазерных диодов в зависимости от покрытия излучающей грани

Вид покрытия излучающей грани	Пороговый ток (А)	Дифференциальная квантовая эффективность (%)
Просветляющее	0,435	47,5
Комбинированное	0,4	52,7

Таким образом, способ нанесения комбинированного просветляющего зеркального диэлектрического покрытия на излучающую грань лазера с выходом излучения через подложку позволяет увеличить интенсивность узкого и ослабить интенсивность широкого луча. Пороговый ток лазера при этом уменьшается, а квантовая эффективность излучения увеличиваются.

Работа выполнена при частичной поддержке НАТО (SfP-973799 “Semiconductors”), РФФИ (грант 01-02-16441) и Минобразования РФ (грант Т02-2.3-2383).

Литература

- [1] Asonen H., Ovtchinnikov A., Zhang G., Nappi J., Savolainen P., Pessa M. //IEEE J.Quantum Electron. 1994. V.30. P.415.
- [2] Ohkubo M., Ijichi T., Iketani A., Kikuta T. //IEEE J. Quantum Electron. 1994. V.30. P.408.
- [3] Wu M.C., Chen Y.K., Hong M., Mannaerts J.P., Chin M.A., Sergeant A.M. //Appl.Phys.Letts. 1991. 59. P.23.
- [4] Авруцкий И.А., Дианов Е.М., Звонков Б.Н., Звонков Н.Б., Малкина И.Г., Ускова Е.А. //Квантовая электроника, 1997. Т.24. С.123.
- [5] Кейси Х., Паниш М., Лазеры на гетероструктурах. –М: Мир, 1984.
- [6] Scifres D.R.,Streifer W., Burnham D.R. //Appl.Phys.Letts. 1976. 29. P.23.
- [7] Звонков Н.Б., Звонков Б.Н., Ершов А.В., Ускова Е.А., Максимов Г.А. Полупроводниковые лазеры на длину волны 0.98 мкм с выходом излучения через подложку //Квантовая электроника. 1998. Т.25, №7. С.622-624.

Method of suppression of a wide beam in the laser with an output of radiation through a substrate

S.M.Nekorkin*, N.V.Baidus, A.V.Ershov, S.A.Akhlestina, B.N.Zvonkov

*Physical Technical Research Institute of N.I.Lobachevsky State University,
Nizhni Novgorod 603950, Russia*

The efficiency of input of a laser radiation into different optical schemes is determined by a divergence of a laser beam in a plane, perpendicular to p-n junction. Usually the least radiation divergence is determined by a diffraction limit and, therefore, width of an optical waveguide of laser heterostructure. The other way for narrowing of a beam is utilization as an output laser emission of a radiation, tunneling from waveguide to a substrate through a thin limiting layer [6]. Later QW InGaAs/GaAs/InGaP semiconductor laser with an output of radiation through a substrate permitting to receive width of a radiation beam in perpendicular to p-n junction plane offered and experimentally investigated [7]. However directional diagram of such a laser diode in addition to narrow component (radiation leaving through a substrate (beam 1 in Fig.1)) has broad component (radiation from a waveguide layer (beam 2)). The narrow component takes about of 45% of all radiations.

In our work the way for suppression of a wide beam is offered by deposition of reflecting coating on an edge of a laser diode in the epitaxial layers region and transparency coating to a substrate.

The way of deposition of combined transparency/reflection dielectric coating on an emanating edge of laser with an output of radiation through a substrate allows to increase intensity of the narrow beam from 45 to 66% (Fig.5) and partially to suppress of a wide beam. The application of combined coating results to decreasing a threshold current on 0.035 A and to increasing of quantum efficiency at 5 %

This work was supported by NATO (Project SfP-973799 "Semiconductors"), by Russian Foundation for Basic Research (01-02-16441), and by CRDF (REC-NN-001), by Ministry of Education of RF (grant T02-2.3-2383).

* Phone: +7-8312-656365; E-mail: bnv@nifti.unn.ru