

ОДНОЧАСТОТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ С ВОЛОКОННО - БРЕГГОВСКОЙ РЕШЕТКОЙ

В.П. Дураев

АОЗТ "Новая лазерная техника", г. Москва

Изложены основные физические принципы конструирования одночастотных полупроводниковых лазеров с волоконно-брегговской решёткой (ВБР). Исследованы основные характеристики изготовленных лазеров с ВБР. Полуширина линии излучения составила менее 100 кГц и стабильна в динамическом режиме.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) заняли прочное место в современных системах передачи информации. За последнее время резко возросли требования к ВОЛС по повышению плотности передаваемой информации по оптическому волокну. Самым перспективным способом увеличения пропускной способности оптических линий считается их спектральное уплотнение (WDM) и плотное мультиплексирование по длинам волн (DWDM). При этом одной из важнейших проблем в ВОЛС со спектральным уплотнением каналов остаётся создание источника излучения с очень узкой ($<1\text{МГц}$) спектральной шириной линии излучения и стабильной в динамическом режиме.

Это требование определяется тем, что разность длин волн соседних спектральных каналов составляет доли нанометров (0,2 – 0,8 нм), при этом фиксация длин волн источников излучения должна быть не хуже 0,01 нм. Этим требованиям наиболее полно могут отвечать полупроводниковые лазеры с волоконно-брегговскими решётками (ВБР) на одномодовом световоде.

В данной работе представлены полупроводниковые лазеры с волоконно-брегговскими решётками, излучающие на длине волны 1530... 1560 нм для спектрального уплотнения каналов.

Одночастотный лазерный режим генерации с требуемым количеством и интервалом эквидистантных длин волн обеспечивается созданием дискретных брегговских решеток на световодах, записываемых в их сердцевине и обеспечивающих спектральную селекцию длины волны лазерного диода (ЛД) в максимуме контура спектральной селективности решетки при включении её в схему внешнего резонатора с ЛД.

При этом для стабилизации длины волны излучения и других вышеуказанных требований предложены и реализованы следующие

конструктивные решения:

минимальная ширина контура селективности брегговской волоконной решетки ($\leq 0,3$ нм);

оптимальное значение коэффициента отражения ВБР (80%) для обеспечения необходимого значения фототока обратной связи;

длина резонатора лазерного диода 200 мкм;

коэффициент просветления торца ЛД не хуже 0,5%;

получение длины волны максимума спектрального контура усиления просветленного лазера соответствующего максимуму контура селективности решетки ($\lambda_{бр}$);

приближение ВБР к просветленному торцу ЛД, т.е. создание короткого внешнего резонатора от торца ЛД до ВБР;

просветление микролинз для увеличения эффективности связи ЛД с ВБР.

Схема реализации конструктивного построения одночастотных лазеров с ВБР на длину волны 1530...1560 мкм представлена на рис. 1. В работе использовались лазеры на основе InGaAsP–InP гетероструктур с квантово-размерными слоями, изготовленными методом МОС-гидридной эпитаксии на подложке p-InP. Из исходных квантово-размерных гетероструктур изготавливались мезаполосковые лазерные диоды с шириной мезаполоски 3 мкм и длиной резонатора 200 мкм. На заднюю грань резонатора наносились многослойные просветляющие покрытия с коэффициентом отражения 0,5 %.

Лазерный диод монтировался на медный теплоотвод, который помещался на термоэлектрический микроохладитель, управляемый схемой термостабилизации. Излучение с задней грани ЛД вводилось в

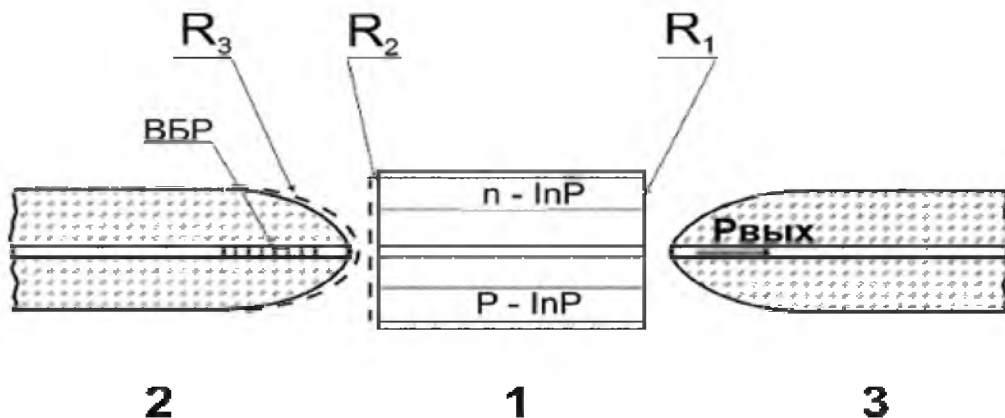


Рис. 1. Конструктивные элементы одночастотного лазера с ВБР: 1- лазерный диод; 2- одномодовый световод с микролинзой и ВБР; 3- одномодовый световод с микролинзой.

одномодовый световод, содержащий ВБР с коэффициентом отражения 80%. Период брегговской решетки составлял 0,53 мкм. Для различных длин волн 1530...1560 нм с интервалом 0,8 нм период решетки изменялся, исходя из соотношения: $\Lambda = \lambda_{бр} / (2c_{эфф})$, где Λ - период решетки, $\lambda_{бр}$ - брегговская длина волны, $c_{эфф}$ - эффективный показатель преломления световода на заданную длину волны. Протяженность области решетки вдоль световода составляла 3 мм, что обеспечивало ширину контура селективности решетки 0,3 нм.

На торце световода перед решеткой формировалась микролинза с радиусом скругления менее 10 мкм. На поверхность микролинзы наносилось просветляющее покрытие с коэффициентом отражения 0,5%.

С переднего зеркала сколотой грани ЛД излучение вводилось в световод с микролинзой на торце. Диаметр сердцевины световода составлял 9 мкм, а диаметр оболочки 125 мкм. Радиус скругления микролинзы составлял 10 мкм.

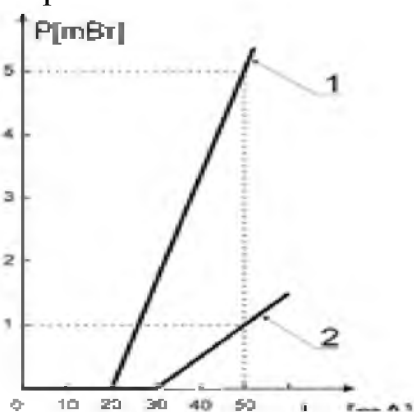


Рис.2. Ватт-амперные характеристики с переднего зеркала лазерного диода: 1-исходного лазера; 2-после стыковки ЛД с ВБР.

Ватт-амперные характеристики с переднего зеркала ЛД до и после эффективной стыковки с ВБР показаны на рис.2.

Пороговый ток исходного ЛД без покрытий составлял 20 мА, рабочий ток 40 мА при мощности излучения 5 мВт (кривая 1). Пороговый ток ЛД после стыковки с ВБР и ВОК составлял 30 мА, мощность излучения 1 мВт на выходе ВОК при токе накачки 40 мА (кривая 2).

На рис. 3 представлены спектральные характеристики ЛД до и после эффективной стыковки с ВБР. Длина волны исходного лазерного диода рис.3 а составляла $\lambda_{исх}=1576$ нм. Полуширина линии спектра излучения $\Delta\lambda=4,5$ нм. Межмодовое расстояние между продольными модами ЛД составляло $\Delta\lambda=1,5$ нм. Длина волны просветленного ЛД рис.3 б при $I_{раб} = 100$ мА составляла $\lambda_{прос}=1550$ нм, а полуширина линии излучения $\Delta\lambda = 41$ нм, при этом максимум огибающей длины волны излучения относительно $\lambda_{исх}$ исходного ЛД смещается в коротковолновую сторону на 26 нм.

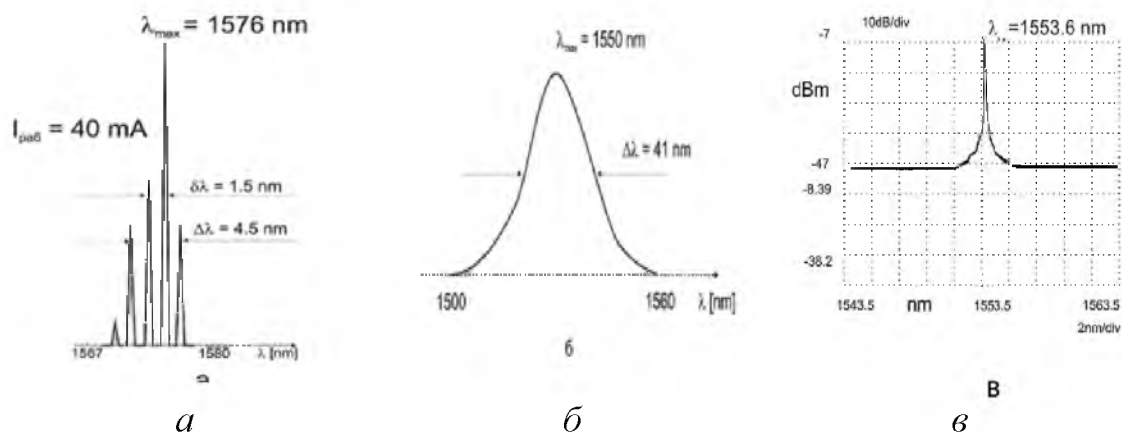


Рис.3. Спектральные характеристики лазерного диода: исходного ЛД (а); после нанесения просветляющего покрытия (б); после стыковки ЛД с ВБР (в).

Спектр излучения на выходе ВОК после эффективной оптической связи ЛД с ВБР содержит одну продольную моду и представлен на рис.3 в. Длина волны генерации ЛД с ВБР составила $\lambda_{эфф} = 1553,6$ нм, что соответствует длине волны $\lambda_{бр}$ решетки.

Полуширина линии излучения, по оценке, составила менее 1МГц. Расстройка длины волны Брегга относительно максимума линии усиления просветленного ЛД составила 3,6 нм, причем в длинноволновую сторону.

Таким образом, реализация всех конструктивных и технологических мероприятий, обсуждаемых выше, позволяет реализовать одночастотные полупроводниковые лазеры, а, соответственно, и передающие оптические модули со стабильными характеристиками в динамическом режиме в интервале длин волн 1553...1556 нм для систем передачи информации со спектральным уплотнением каналов.