

## ОДНОЧАСТОТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ РОС-ЛАЗЕРЫ

В. Дураев, д.т.н.,  
С. Медведев,  
nolatech@mail.ru,  
www.nolatech.ru

В волоконно-оптических линиях связи самое широкое распространение получили одночастотные лазеры. При этом в режиме спектрального уплотнения каналов требуются динамически стабильные лазеры с очень узкой спектральной линией. Этим требованиям больше всего отвечают лазеры с распределенными брегговскими зеркалами.

**С**пектр излучения инжекционных лазеров имеет несколько продольных мод и достаточно большую ширину (1–5 нм). Для многих практических применений лазеров важнейшая задача – получение одночастотного режима генерации. Одночастотные лазеры используют в волоконно-оптических линиях связи со спектральным уплотнением каналов, спектроскопии высокого разрешения, в волоконно-оптических датчиках, в экологии, в медицине и в других областях науки и техники. Еще одна важная особенность полупроводниковых лазеров, которая дополнительно расширяет круг их применения, состоит в возможности широкой перестройки длины волны в пределах всего спектрального диапазона усиления (20–40 нм).

На первых этапах создания полупроводниковых перестраиваемых лазеров использовались лазерные диоды (ЛД) с коротким резонатором (100–200 мкм). Учитывая, что межмодовый интервал для таких излучателей велик, разница в усилении соседних мод достигает значительной величины. В результате спектр излучения лазеров с коротким резонатором обычно имеет одну продольную моду. Перестройка длины волны этих лазеров осуществлялась изменением температуры и тока накачки. Недостатком таких лазеров являлось малое значение выходной мощности, большое омическое и тепловое

## SINGLE-FREQUENCY SEMICONDUCTOR DFB LASERS

V. Duraev, Doctor of Engineering,  
S. Medvedev,  
nolatech@mail.ru,  
www.nolatech.ru

In fiber-optic communication lines most widely used single-frequency lasers. Wherein, in the wavelength division multiplexing require dynamic stability of the laser with a very narrow spectral line. These requirements are most appropriate lasers with distributed Bragg mirrors.

**R**adiation spectrum of injection lasers has several longitudinal modes and rather large width (1–5 nm). For many practical applications of lasers the most important task consists in the obtainment of single-frequency mode of generation. Single-frequency lasers are used in fiber-optical communication lines with the wavelength division multiplexing of channels, spectroscopy with high resolution, in fiber-optical sensors, in ecology, in medicine and other areas of science and engineering. One more important peculiarity of semiconductor lasers, which additionally widens the circle of their application, consists in the capability of

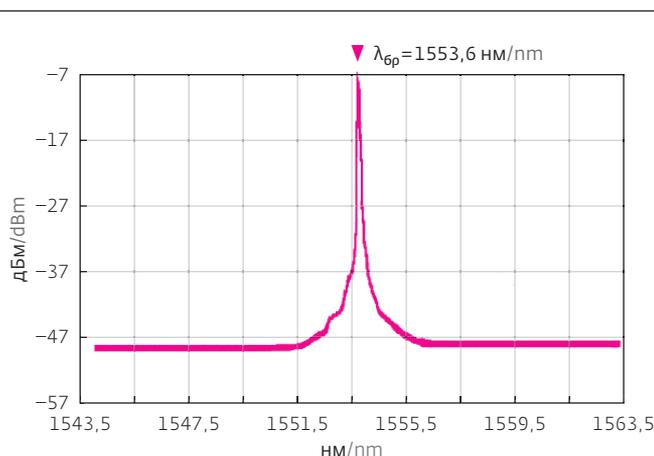


Рис.1. Спектральная характеристика РОС-лазера  
Fig. 1. Spectral characteristic of DFB laser



сопротивления, которые приводят к нестабильности в работе.

В волоконно-оптических линиях связи самое широкое распространение получили одночастотные лазеры с распределенной обратной связью (РОС).

В этих лазерах обратная связь, необходимая для генерации лазерного излучения, образуется за счет периодического изменения показателя преломления внутри оптического волновода. В лазерах с РОС область усиления находится в среде с периодическим изменением показателя преломления.

Данный класс лазеров имеет стабильный одночастотный режим работы (рис.1),

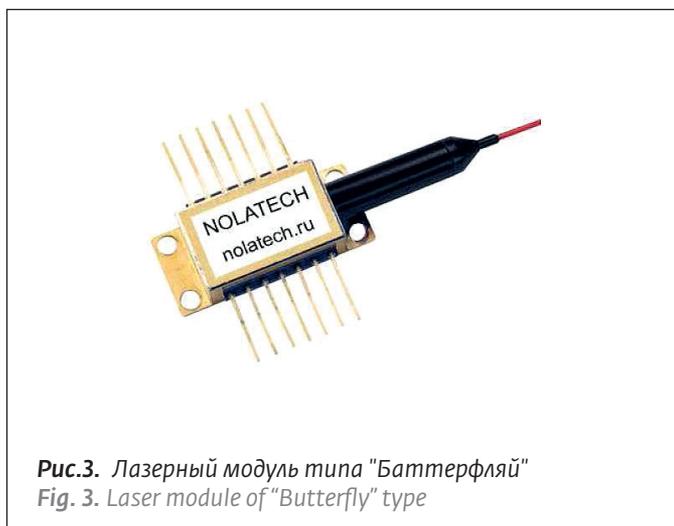
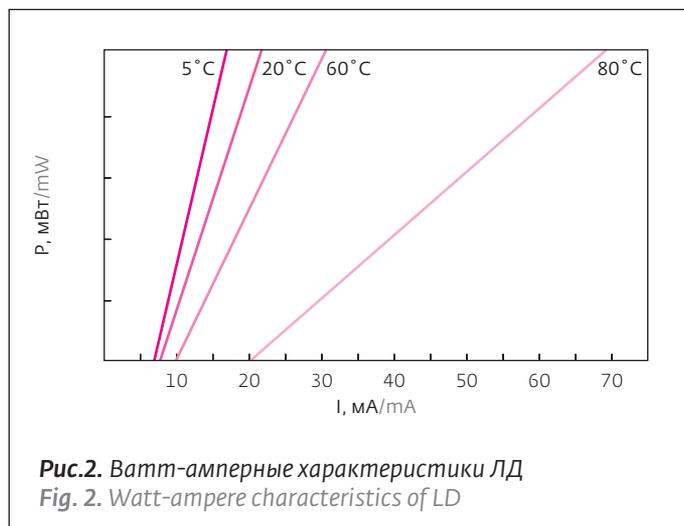
wide tuning of wavelength within the limits of the whole spectral gain range (20-40 nm).

At the first stages of creation of semiconductor tunable lasers, the laser diodes (LD) with short resonator (100-200  $\mu\text{m}$ ) were used. Taking into account the fact that intermodal interval for such emitters is large, the difference in the gain of adjacent modes reaches the significant value. As a result, the radiation spectrum of lasers with short resonator usually has one longitudinal mode. Wavelength tuning for such lasers was performed on the basis of variation of temperature and pump current. Small value of output power, large ohmic and thermal resistances which cause the instability in

**Основные характеристики лазерных модулей**

**The main characteristics of laser modules**

Параметр Parametr	Символ Symbol	Условия испытаний Test conditions	Мини Min.	Типичн. Typ.	Макс. Max.
Мощность, мВт Power, mW	$P_f$	–	–	10	12
Напряжение, В Voltage, V	$V_F$	$P_f=10$ мВт/мВт	–	–	2,2
Пороговый ток, мА Threshold current, mA	$I_{th}$	–	–	8	10
Рабочий ток, мА Operating current, mA	$I_F$	$P_f=10$ мВт/мВт	–	50	100
Длина волны, нм Wavelength, nm	$\lambda_c$	$P_f=10$ мВт/мВт	1550 $\pm$ 1		
Ширина линии, нм Width of line, nm	$\Delta\lambda$	$P_f=10$ мВт/мВт	–	8	–
Подавление боковой моды, дБ Depression of side mode, dB	SMSR	$P_f=10$ мВт/мВт	40	45	–
Относительная интенсивность шума, дБ/Гц Relative intensity of noise, dB/Hz	RIN	$P_f=10$ мВт/мВт	–	-140	–
Напряжение микрохолодильника, В Voltage of microrefrigerator, V	$V_C$	$I_F=EOL, TC=70^\circ\text{C}$	–	–	2,7
Ток микрохолодильника, А Current of microrefrigerator, A	$I_C$	$I_F=EOL, TC=70^\circ\text{C}$	–	–	1.4
Сопротивление терморезистора, кОм Resistance of thermoresistor, k $\Omega$	$R_o$	$T_{LD}=25^\circ\text{C},$ $B=3900\pm 100\text{K}$	9,5	10,0	10,5
Диапазон перестройки, М Гц Tuning range, MHz	$\Delta f$	–	–	2	–



широкий диапазон перестройки длины волны излучения, достаточно большую оптическую мощность в широком интервале температур [1-3].

Ватт-амперные характеристики в интервале температур от 5 до 80 градусов показаны на рис.2. Мощность излучения на выходе волокна составила 10-20 мВ. На рис.3 представлена конструкция международного унифицированного лазерного модуля типа "Баттерфляй", содержащего в себе активный элемент с распределенной обратной связью, микроохладитель, фотодиод обратной связи, термосопротивление, одномодовое волокно с сохранением поляризации и с цилиндрической линзой, оптическое сопротивление. Основные характеристики лазерных модулей на длину волны 1550 нм представлены в таблице. Ресурс работы лазерного модуля не менее ста тысяч часов.

Таким образом, одночастотные лазерные модули с распределенной обратной связью на длине волны 1550 нм нашли самое широкое применение в широкополосных (25 Тбит/с и выше) волоконно-оптических линиях связи и волоконно-оптических датчиках, в медицинской и экологической аппаратуре.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Голикова Е.Г., Дураев В.П. и др. – Квантовая Электроника, 1995, №2, с.96.
2. Дураев В.П. – Лазерная Техника и Оптоэлектроника, 1992, №3, с.40.
3. Дураев В.П., Медведев С.В. – Физика и техника полупроводников, 2014, т.48, вып.1, с.125.

operation referred to the shortcomings of such lasers.

In fiber-optical communication lines single-frequency lasers with distributed feedback (DFB) obtained the widest circulation.

In these lasers, the feedback which is needed for the generation of laser radiation is formed at the expense of periodical variation of refraction index inside the optical waveguide. In DFB lasers the gain region is located in the medium with periodical variation of refraction index.

This class of lasers has the stable single-frequency operation mode (Fig.1), wide range of radiation wavelength tuning, rather high optical power within wide range of temperatures [1-3].

Watt-ampere characteristics in the range of temperatures of 5 to +80 degrees are shown in Fig.2. The radiation power at fiber output was 10-20 mW. Construction of international unified laser module of "Butterfly" type, which contains active element with distributed feedback, microcooler, feedback photodiode, thermal resistance, single-mode fiber with the retention of polarization and with cylindrical lens, optical resistance, is shown in Fig. 3. The main characteristics of laser modules for the wavelength of 1550 nm are specified in Table 1. The operational life of laser module is not less than one hundred thousand hours.

Thus, single-frequency laser modules with distributed feedback at the wavelength of 1550 nm obtained the widest application in wideband (25 Tbit/s and more) fiber-optical communication lines and fiber-optical sensors, in medical and ecological equipment.

