

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ФОТОНИКИ

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

Современные информационные сети нельзя представить без использования элементов фотоники. Примеры встречаются повсеместно – полупроводниковые лазеры, приемные и передающие оптические модули и усилители. Они революционно преобразовали устройства записи, хранения, передачи и обработки информации в средствах связи, заменив в них проводные и кабельные линии на волоконно-оптические. В статье приведены основные характеристики изделий из элементной базы фотоники, выпускаемых отечественными компаниями, рассмотрены конструкции некоторых из них.

Задачи телекоммуникации и спектроскопии высокого разрешения повлияли на формирование требований к принципам конструирования инжекционных лазеров: обеспечение непрерывного и импульсного режимов работы, низкий пороговый ток, широкая полоса модуляции, линейная зависимость мощности излучения от тока, малая излучающая площадь, малые шумы, большой ресурс работы.

Таким требованиям удовлетворяют лазеры, изготовленные на квантово-размерных эпитаксиальных структурах на основе фосфида индия с использованием МОС-гидридной технологии. Эпитаксиальная структура с пятью квантовыми ямами для генерации излучения на длине волны 1300 и 1550 нм представлена на рис.1. Конструкция активного элемента лазерного диода (ЛД) показана на рис.2 и 3. Большинство лазеров, используемых для связи, имеют резона-

торы Фабри-Перо. Однако в последние годы в магистральных линиях связи, рассчитанных на высокоскоростную передачу информации на большие расстояния, и в волоконно-оптических системах стали использовать лазеры с резонаторами с распределенной обратной связью (РОС).

Для работы в линиях связи со спектральным уплотнением каналов необходимы динамически стабильные режимы работы одночастотного лазера, обеспечивающего очень узкую спектральную линию излучения. Больше всего подобным требованиям отвечают лазеры с распределенными брегговскими зерка-

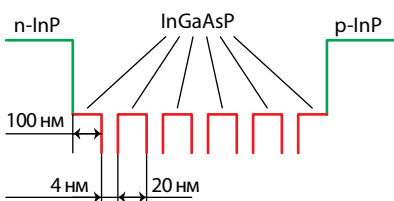


Рис.1. Активная область эпитаксиальной структуры ЛД с пятью квантовыми ямами

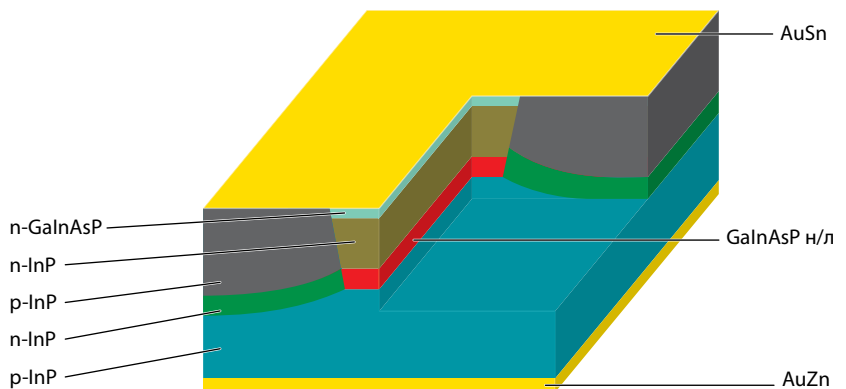


Рис.2. Конструкция ЛД с зарощенной мезой

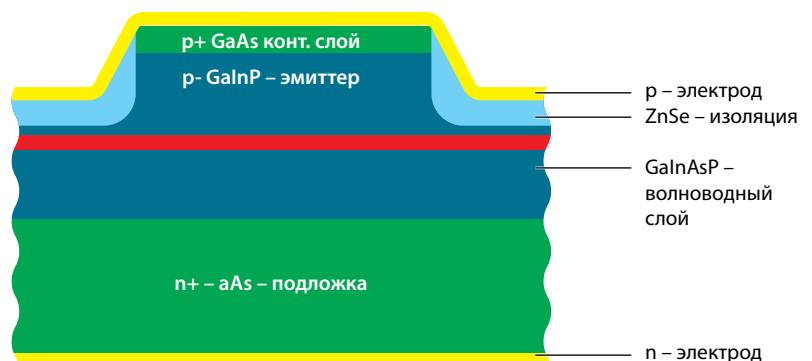


Рис.3. Конструкция ЛД с изоляцией цинк-селен

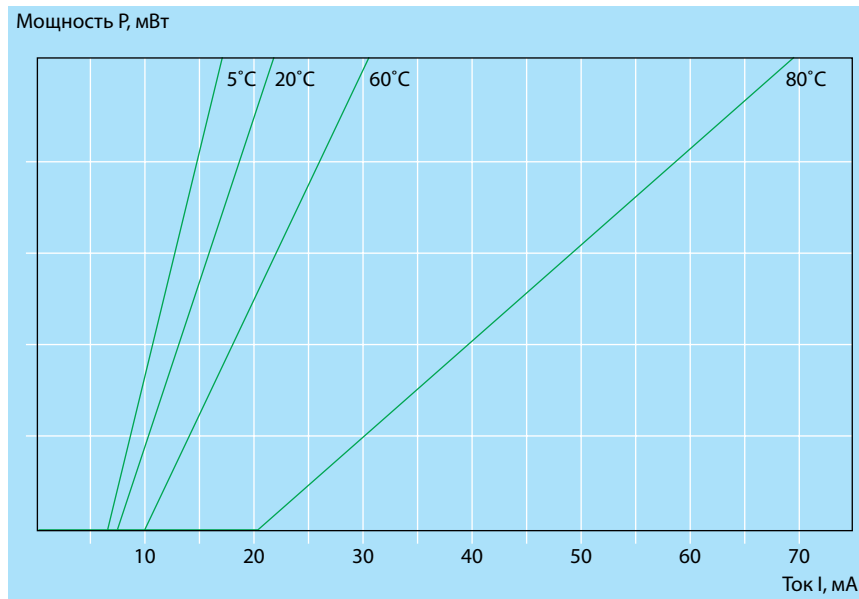


Рис. 4. Ватт-амперные характеристики ЛД

лами (РБЗ), обеспечивающие линию генерации шириной менее 1 МГц и работающие на длине волны излучения 1,3 и 1,55 мкм. Ватт-амперные характеристики таких ЛД, излучающих на длине волны 1,3 мкм, представлены на рис.4. Рабочие характеристики лазеров с мощностью излучения до 50 мВт стабильны вплоть

до температуры 100° С, и некоторые из них не требуют охлаждения.

Для реализации программы «волокно в дом» – важного с экономической и технической точек зрения проекта, необходимо подвести к каждой квартире и дому разные волоконно-оптические системы связи: кабельное

телевидение, сети передачи данных, телефоны и прочее оборудование. Этот проект нуждается в лазере, обладающем высокой надежностью и малой себестоимостью. Поэтому в проекте используют такие же лазеры с длинами волн 1300 и 1550 нм и минимальным значением порогового тока до 1–3 мА. Однако по спектральному составу они могут иметь как многомодовый, так и одномодовый состав, в пределах это будет одночастотный режим генерации – все зависит от скорости и дальности передачи информации. Диапазон длин волн выпускаемых лазеров увеличен до 1650 нм.

В волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) большое распространение получили конструкции лазерных модулей типа «ДИЛ» или «Баттерфляй». Основные элементы лазерного модуля – ЛД, фотодиод (ФД), ТЭМО, оптический изолятор, одномодовый световод со сферической или с цилиндрической линзой на конце. В табл.1 приведены рабочие характеристики отечественных лазерных модулей. Ресурс работы представленных

Таблица 1. Рабочие характеристики лазерных модулей для ВОЛС

Тип модуля	ТСД	ПОМ-1060	ПОМ-1300	ПОМ-850	ПОМ-14-2К	ПОМ-17	ПОМ-1550	ПОМ-18-2К	ПОМ-1650	ПОМ-РБЗ-21, 22, 23*
Мощность P, мВт	0,05	10–50	10–30	10–30	1–3	10–50	10–20	1–3	10–20	10–20
Длина волны λ, нм	1300	1064	1300	850	1300	1300	1550	1550	1650	1060, 1300, 1550
Ширина линии Δλ, нм	40	0,1	3	3	3	3	3	3	3	Менее 1МГц
Пороговый ток, мА	Нет данных	12	12	15	12	12	15	15	20	30–50
Рабочий ток, мА	50	200	150	150	30	200	150	40	150	150
Рабочее напряжение, В	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Фототок обратной связи, мкА	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Напряжение фотодиода, В	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ток термоохладильника, мА	300	300	300	300	—**	—**	300	—**	500	500
Напряжение термоохладильника, В	3	3	3	3	—**	—**	3	—**	4	4

* Для модулей ПОМ-21,22,23 с волоконно-брэгговской решеткой с шириной линии излучения Δλ менее 1 МГц возможна перестройка длины волны излучения в пределах 3 нм от номинальной линии λ при изменении температуры брэгговской решетки от –10 до 60° С.

** Термоохладильник не используется.

изделий превышает 500 000 шт, а скорость передачи информации достигает и даже превышает 2500 Гбит/с.

ПРИЕМНИКИ

ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Наряду с ЛД в ВОЛС большой популярностью пользуются различные приемники оптического излучения. В настоящее время отечественной промышленностью созданы приемники излучения в спектральном диапазоне от УФ- до глубокой ИК-области, работающие в диапазоне скоростей приема до 2,5 Гбит/с. Наиболее широкое применение в ВОЛС нашли приемные оптические модули на основе р-і-п ФД с длиной волны излучения от 500 до 1600 нм. Для высокоскоростных ВОЛС разработаны приемные модули, которые имеют в своем составе твердотельный усилитель с полосой пропускания до 2,5 ГГц. Основные параметры типичного приемного модуля ФДМ-14-2К и приемного модуля с предусилителем ФДУ-1 представлены в таблицах 2 и 3. Модули, как в одномодовом, так и в многомодовом исполнении, имеют волоконно-оптический выход с коннектором типа FC/PC.

Таблица 2. Рабочие параметры приемного модуля ФДМ-14-2К при 25°С

Параметр	Мин. величина	Типичная величина	Макс. величина
Чувствительность, А/Вт	0,9	0,95	1,0
Темновой ток, нА	0,5	1	2
Обратное напряжение, В	5	10	30
Длина волны, нм	1000	1300	1700
Емкость, пФ	0,5	1	2

Таблица 3. Рабочие параметры приемного модуля ФДУ-1

Параметр	Мин. величина	Типичная величина	Макс. величина
Длина волны, нм	1200	1550	1600
Динамический диапазон, дБм	-39	Отсутствует	3
Чувствительность фотоприемника, А/Вт	0,9	0,9	1
Емкость фотоприемника, пФ	Отсутствует	0,7	1
Дифференциальный коэффициент усиления, кОм	0,2	Отсутствует	200
Длительность фронтов выходных импульсов, нс	Отсутствует	Отсутствует	2
Ширина полосы пропускания, МГц	115	Отсутствует	Отсутствует
Рабочие температуры, °С	-40	25	70
Напряжение питания, В	Отсутствует	4,5	Отсутствует

ОПТИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

Усиление оптических сигналов первоначально рассматривали как явление, сопутствующее про-

хождению сигнала по волокну, его наблюдали при исследовании процессов излучения в лазерных устройствах. Однако с развити-

ем волоконно-оптической техники и технологий оно стало самостоятельной ветвью в оптической технике (рис.5). В настоящее время наметились несколько направлений в создании оптических усилителей (ОУ). По механизму усиления оптических сигналов в ВОЛС разделяют ОУ на: эрбиевые; полупроводниковые; параметрические. Основные рабочие характеристики полупроводниковых ОУ приведены в табл.4.

Таблица 4. Основные рабочие параметры полупроводниковых оптических усилителей

Параметр	Мин. величина	Типичная величина	Макс. величина
Длина волны, нм	1530	1550	1580
Напряжение, В	Нет	Нет	2
Усиление «волоконно-волокну», дБ	8	10	Нет
Чувствительность на входе, дБм	30	Нет	Нет
Ток смещения, мА	Нет	200	250
Поляризационная чувствительность, дБ	нет	3	Нет
Ширина спектра, нм	30	Нет	Нет
Напряжение питания, В	Отсутствует	4,5	Отсутствует

СУПЕРЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИОДЫ

Отечественные суперлюминесцентные диоды (СЛД) излучают в диапазоне длин волн 650 – 1650 нм с мощностью излучения от 0,1 до 50 мВт. Ширина спектра излучения СЛД составляет 20 – 40 нм. Одни СЛД предназначены для вывода излучения в откры-

тое пространство. другие – че-



Рис.5. Полупроводниковый оптический усилитель

рез корпусированный волоконный световод. На рис.6 представлен спектр излучения типичного СЛД, а табл.5 знакомит с основными характеристиками СЛД.

Таким образом, вашему вниманию представлены основные характеристики выпускаемых отечественной промышленностью элементов фотонных устройств, предназначенных для задач ВОЛС. По своим параметрам они соответствует лучшим зарубежным образцам оптоэлектронных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

Дураев В.П., Неделин Е. Т., и др. Полупроводниковые лазеры с волоконной брэгговской решеткой и узким спектром генерации на длинах волн 1530–1560 нм. – Квантовая электроника, 2001, т. 31, №6, с. 529.

Дураев В.П. – Техника и Оптоэлектроника, 1992, № 3, с. 40.

Дураев В.П. и др. Одночастотный полупроводниковый лазер на длине волны 1,06 мкм с распределенным брэгговским зеркалом в волоконном световоде. – Квантовая электроника, 1998, т.25, №4, с. 301.

Дураев В.П. Полупроводниковый оптический усилитель. – Lightwave, 2004, №2, с.45.

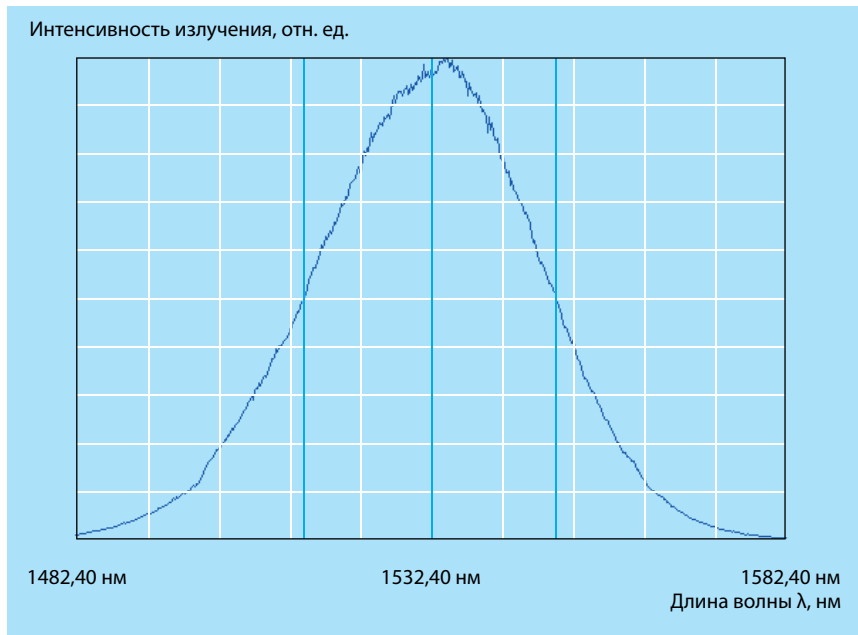


Рис.6. Спектр излучения суперлюминесцентного диода

Таблица 5. Основные рабочие параметры суперлюминесцентных диодов

Длина волны излучения СЛД, нм	Тип СЛД (обозначение)	Мощность излучения, мВт	Спектральная ширина контура излучения СЛД, нм	Ток накачки, мА
650–680	СЛД–670	2–5	20	Не более 300
780–810	СЛД–790	2–10	20–40	Не более 300
820–840	СЛД–830	2–10	20–30	300
890–930	СЛД–915	2–20	20–50	300
960–990	СЛД–980	2–20	20–50	Не более 250
1020–1064	СЛД–1060	2–20	20–50	Не более 300
1290–1335	СЛД–1300	2–10	20–30	Не более 300
1510–1560	СЛД–1500	2–10	20–30	Не более 300
1610–1650	СЛД–1650	2–10	20–30	Не более 300