**Источники излучения в интегрально-оптических схемах.**

**Светодиоды,их свойства и технология изготовления.**

Конструкции полупроводниковых лазерных диодов и светодиодов (СД) , применяемых в ВОСП, весьма разнообразны.Конструкции СД выбирают с таким расчетом,чтобы уменьшить собственное самопоглощение излучения,обеспечить режим работы при высокой плотности тока инжекции и увеличить эффективность ввода излучения в волокно.Для повышения эффективности ввода используют микролинзы как формируемые непосредственно на поверхности прибора,так и внешние.

В настоящее время получили распространение две основные модификации СД:поверхностные и торцевые.В поверхностных СД излучение выводится в направлении,перпендикулярном плоскости активного слоя,а в торцевых из активного слоя- в параллельной ему плоскости.Схематическое изображение конструкции СД обоих типов приведено на рисунке.Для улучшения отвода тепла от активного слоя при высокой плотности токанакачки применяют теплоотводы.

Вывод излучения в СД поверхностного типа на арсениде галлия осуществляют через круглое отверстие,вытравленное в обложке.В это отверстие вставляют оптическое волокно и закрепляют его с помощью эпоксидной смолы.Такую конструкцию светодиода называют диодом Барраса.Известны также конструкции поверхностных СД с выводом излучения непосредственно через подложку.Такие конструкции применяются в СД на четырехкомпонентном соединении GaInAsP.В этом случае подложка из InP является прозрачным окном.

В торцевых СД с двойной гетероструктурой вывод излучения активного слоя осуществляют с торца,как и в лазерных диодах.Благодаря полному внутреннему отражению оптическое излучение распространяется вдоль перехода.С помощью полосковой конструкции нижнего омического контакта,а также щели на задней части активного слоя активная область ограничена,что позволяет избежать лазерной генерации.Так как генерируемое излучение при выводе наружу проходит через активный слой,то имеет место самопоглощение излучения в этом слое.Для уменьшения самопоглощения активный слой выполняют очень тонким (0,03...0,1 мкм).В результате излучение распространяется главным образом в ограничивающем слое,который благодаря большой ширине запрещенной зоны имеет небольшие потери на поглощение.

Излучение СД возникает в результате спонтанной излучательной рекомбинации носителей заряда и поэтому является некогерентным,а следовательно относительно широкополосным и слабонаправленным.

Особо следует выделить суперлюминесцентные СД.В этих диодах помимо спонтанной рекомбинации с излучением используется процесс индуцированной рекомбинации с излучением; выходное излучение является усиленным в активной среде.Суперлюминесцентные СД представляют собой торцевые СД,работающие при таких высоких плотностях тока инжекции,что в материале активного слоя начинает наблюдаться инверсная населенность энергетических уровней.

Принципиальным отличием лазерного диода от СД является наличие в первом встроенного оптического резонатора,что позволяет при условии превышения током инжекции некоторого порогового значения получить режим индуцированного излучения,которое характеризуется высокой степенью когерентности.Наиболее часто в качестве оптического резонатора используют:плоский резонатор Фабри-Перо и его модификации,включая составные и внешние резонаторы,резонаторы с распределенной обратной связью (РОС-резонатор) и с распределенным брэгговским отражателем (РБО-резонатор).Плоский резонатор образуется обычно параллельно сколотым торцам полупроводника ,а РОС- и РБО-резонаторы --путем периодической пространственной модуляции параметров структуры,влияющих на условия распространения излучения.При совмещении периодической структуры с активной областью получают РОС-диод,а при размещении периодической структуры за пределами активной области -- РБО-лазерный диод.

Преимуществами РОС- и РБО-лазерных диодов по сравнению с обычным лазерным диодом с резонатором Фабри-Перо являются:Уменьшение зависимости длины волны излучения от тока инжекции и температуры,высокая стабильность одномодовости и одночастотности излучения,практически 100-процентная глубина модуляции.Так,если в лазерном диоде с резонатором Фабри-Перо температурный коэффициент порядка 0,5...1 нм/°С.Кроме того РОС- и на отказ.Кроме того,для РБО-структуры позволяют реализовать интегрально-оптические схемы.Основным их недостатком является сложная технология изготовления.

Полупроводниковые излучатели в общем случае определяются комплексом параметров и характеристик ,включая габаритные и присоединительные размеры.Однако с точки зрения их применения в качестве компонентов ВОСП важное значение имеет ограниченный набор параметров и характеристик,которые чаще всего и приводятся в паспортных данных конкретных приборов.

Наиболее важными для применения в ВОСП параметрами являются:средняя мощность излучения,ширина излучаемого спектра,время нарастания и спада импульса излучения при импульсном возбуждении тока накачки,падение напряжения на диоде и наработка лазерных диодов и торцевых светодиодов ,обладающих узкой диаграммой направленности,существенное значение имеют углы расходимости по уровню половинной мощности.Эти углы обычно определяют по направлению излучения в параллельной и перпендикулярной переходу плоскостях и обозначают соответственно и .Оба угла характеризуют поле излучения в дальней зоне и обычно =10...30° и =30...60°.

Средняя мощность излучения при работе при работе излучателя в непрерывном режиме определяет полную мощность,излучаемую поверхностью активной области прибора в направлении вывода излучения.

Длину волны излучения определяют как значение,соответствующее максимуму спектральн ого распределения мощности,а ширину излучаемого спектра - как интервал длин волн, в котором спектральная плотность мощности составляет половину максимальной. Огибающая спектрального распределения излучения светодиода имеет примерно форму гауссовской кривой с = 20.....50 нм. Для лазерных диодов с резонатором Фабри - Перо ширина спектра значительно уже ( порядка 1.....4 нм ) и еще меньше для РОС - и РБО - лазерных диодов, у которых в зависимости от конструкции она может составлять 0,1.... 0,3 нм. Минимальная ширина спектра достигается в лазерных диодах с внешними резонаторами, у которых она в зависимости от типа резонатора лежит в пределах 1...1500 кГц.

 Для высокоскоростных ВОСП важное значение имеют динамические свойства лазерных диодов, которые проявляются в зависимости спектральной характеристики от скорости передачи при непосредственной модуляции мощности излучения путем изменения тока накачки. У одномодового лазерного диода с резонатором Фарби - Перо увеличение скорости передачи сопровождается изменением модового состава, что характеризуется динамическим расширением спектра до 10 нм при модуляции с частотой порядка 1....2 Ггц .Для РОС- и РБО-лазерных диодов при модуляции в диапазоне 0,25...2 Ггц имеет место лишь незначительный сдвиг (порядка 0,2 нм) при сохранениии высокой степени подавления побочных мод.Поэтому эти лазерные диоды часто называют динамически одномодовыми.

Быстродействие источников излучения оценивается временем нарастания и временем спада мощности излучения при модуляции импульсами тока накачки прямоугольной формы достаточной длительности ().Для оценки и обычно используют уровни 0,1 и 0,9 от установившегося значения мощности.Часто быстродействие определяется максимальной частотой модуляции.Для светодиодов эта частота может достигать 200 Мгц , а у лазерных диодов - значительно больше (несколько Ггц).Ограничение частоты модуляции светодиодов связано со времененм жизни неосновных носителей, а лазерных диодов - с корреляцией между концентрацией инжектируемых носителей и потоком фотонов ,возникающих вследствие их рекомбинации.

К параметрам ,определяющим статический режим работы полупроводникового излучательного диода ,относят падение напряжения на диоде и ток накачки при прямом смещении.Кроме этих параметров статический режим работы характеризуется ватт-амперной характеристикой . На ватт-амперной характеристике лазерного диода можно выделить точку излома,которая определяется пороговым током накачки Iпор.При токах накачки выше порогового лазерный диод работает в режиме индуцированного излучения и мощность его очень быстро растет с увеличением тока накачки.Если ток накачки меньше порогового,то прибор работает в режиме спонтанного излучения и излучаемая мощность мала.Одновременно резко уменьшается быстродействие и существенно расширяется ширина излучаемого спектра.Поэтому лазерные диоды в динамическом режиме работы требуют начального смещения постоянным током,примерно равным пороговому току.Наклон ветви ватт-амперной характеристики лазерного диода,расположенной правее Iпор ,характеризует дифференциальную квантовую эффективность д=dP/dIн,которая зависит от конструкции прибора и его температуры.Типичные значения дифференциальной квантовой эффективности лазерных диодов составляют 0,1...0,2 мВт/мА,а пороговый ток лежит в пределах 10...100 мА.

Для лазерных диодов характерна температурная зависимость порогового тока и дифференциальной квантовой эффективности.С ростом температуры пороговый ток увеличивается,

а дифференциальная квантовая эффективность уменьшается.Изменение температуры приводит также к изменению длины волны излучения.Наибольшей температурной нестабильностью обладают лазерные диоды с резонатором Фабри-Перо.Лазерные диоды с РОС- и РБО-резонаторами более термостабильны.Для уменьшения температурных влияний применяют специальные меры, например используют теплоотводы с элементом Пелтье.Параметры и характеристики светодиодов имеют достаточно высокую температурную стабильность,что делает их более простыми в эксплуатации.

Надежность полупроводниковых излучателей определяется наработкой на отказ или интенсивностью отказов.Лазерные диоды, созданные в начале 80-х годов,обладали существенно меньшей надежностью по сравнению со светодиодами.Однако в последнее время благодаря совершенствованию конструкций и технологии изготовления ее удалось значительно повысить и довести до приемлемой величины.

**Список литературы**

Шашло М.В. Источники излучения в интегрально-оптических схемах.