

во, должен быть прямозонным материалом. Более широкозонный компонент выполняет роль эмиттерных слоёв. Подбор изопериодич. материалов среди бинарных соединений весьма ограничен. Лучшей парой являются соединения GaAs (прямозонное $\epsilon_g \approx 1,5$ эВ) и AlAs (непрямозонное, $\epsilon_g \approx 2,1$ эВ), у которых периоды решётки различаются на 0,14%. В твёрдых растворах бинарных соединений период решётки плавно зависит от состава; возможности подбора в них изопериодич. пар расширяются. Примером могут служить пара InP ($\epsilon_g = 1,35$ эВ) и $Ga_{0,47}In_{0,53}As = 0,74$ эВ), используемая в гетеролазере на длине волны 1,67 мкм. В четверных и др. многокомпонентных твёрдых растворах существуют непрерывные ряды изопериодич. материалов: напр., пара InP — $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ перекрывает диапазон длин волн 1,0—1,67 мкм, если между x и y соблюдается «изопериодическое» условие $y \approx 2,2x/(1 + 0,06x)$.

В лазерных гетероструктурах активная область обычно представляет собой тонкий или сверхтонкий (< 100 нм) слой (иногда — неск. таких слоёв с прослойками между ними), заключённый между широкозонными эмиттерными слоями (т. н. двойная гетероструктура). Активный слой обычно обладает свойствами диэлектрич. волновода, который удерживает поток излучения, распространяющийся вдоль него, и уменьшает дифракц. оптич. потери. Активный слой образует собою потенц. яму для избыточных носителей одного или обоих знаков, и в случае особо малой его толщины (< 30 нм) в нём проявляется волновая природа электронов — квантование энергетич. уровней в яме оказывает влияние на спектральную форму полосы усиления. Такие П. л. наз. квантовыми ямами. Уменьшение активного объёма позволяет понизить мощность накачки, необходимую для получения режима генерации. В наиб. миниатюрных лазерах пороговый ток генерации составляет ок. 1 мА при комнатной темп-ре, а для получения оптич. мощности 1 мВт достаточно ток накачки 5—10 мА. Распространённым вариантом планарной лазерной гетероструктуры является двойная гетероструктура с трёхслойным волноводом (рис. 6), в которой

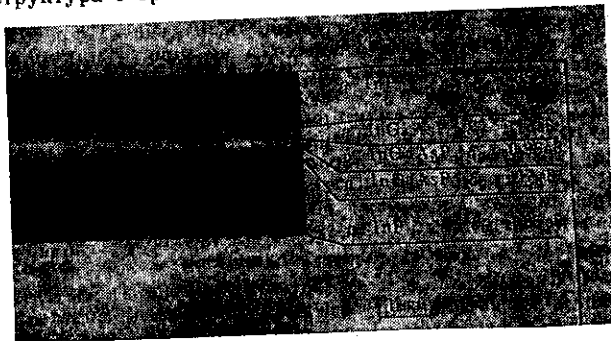


Рис. 6. Двусторонняя лазерная гетероструктура на основе InGaAsP/InP с трёхслойным волноводом ($\lambda = 1,3$ мкм).

собственно активный слой снабжён тонкими волноводными прослойками. На основе такой модифицированной гетероструктуры достигнуты наиб. высокие характеристики инжекц. лазера. В т. н. зарощённых или зарощённых полосковых гетероструктурах активный волновод представляет собой полосу, ограниченную гетеропереходами со всех боковых сторон.

В инжекц. лазерах удаётся использовать только те лазерные материалы, в которых можно получить $p-n$ переход или $p-n$ -гетеропереход, а также возможно обеспечить протекание тока достаточно высокой плотности (10^3-10^4 А/см²). К ним не относятся, в частности, прямозонные соединения типа АВ и ряд др. полупроводников (Te, GaSe и др.). Ко всем материа-

лам для П. л., однако, применимы бесконтактные способы накачки — оптическая и электронно-лучевая.

Основные характеристики. Мощность излучения П. л. как ф-ция тока накачки (ватт-амперная характеристика; рис. 7) имеет излом на пороге генерации и крутой более или менее линейный участок, наклон которого представляет собой дифференц. ватт-амперную эффективность П. л. Пороговая плотность тока в инжекц. гетеролазере на основе GaAlAs/GaAs составляет при комнатной темп-ре 200—500 А/см² при малой толщине активного слоя. В некоторых образцах П. л. кнд (коэф. преобразования электрич. энергии в энергию лазерного излучения) достигает 30—40%. Типичная мощность непрерывного излучения полоскового П. л. — ок. 10 мВт, хотя наилучшие ресурсные характеристики (напр., безотказная работа > 10⁵ ч) соответствуют мощностям 1—3 мВт. Многоэлементные излучатели — фазированные

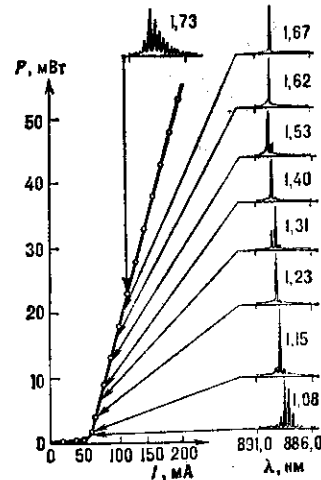


Рис. 7. Ватт-амперная характеристика и эволюция спектров излучения полоскового гетеролазера на основе GaAlAs/GaAs.

лазерные монолитные «линейки» — обеспечивают мощность лазерного излучения на уровне 5—15 Вт в зависимости от размеров излучателя и числа полосковых элементов. В импульсном режиме мощность излучения ограничивается оптич. прочностью материала (критич. интенсивность излучения в GaAs составляет 2—3 МВт/см² при длительности импульса 10⁻⁷ с). Пиковая мощность инжекц. лазера с широким контактом достигает 20—50 Вт; в лазерах с большим рабочим объёмом, накачиваемых с помощью электронного пучка или излучения др. лазера, мощность излучения в импульсном режиме может достигать 10⁵ Вт.

Модовой состав излучения существенно зависит от конструкции и размеров резонатора П. л., а также от величины мощности излучения. П. л. испускает узкую спектральную линию, которая сужается с увеличением мощности излучения, если не появляются пульсации и многомодовые эффекты. Сужение линии ограничивается фазовыми флуктуациями, обусловленными спонтанным излучением. Эволюция спектра излучения с ростом мощности в инжекц. лазере показана на рис. 7. В одночастотном режиме наблюдают сужение спектральной линии до 10³—10⁵ Гц; мин. значение ширины линии в П. л. со стабилизацией одночастотного режима с помощью селективного внеш. резонатора составляет величину ~0,5 кГц. В П. л. путём модуляции накачки удаётся получить модулированное излучение, напр. в форме синусоидальных пульсаций с частотой, достигающей в некоторых случаях 10—20 ГГц, или в форме УК-импульсов субмикросекундной длительности (10⁻¹³—10⁻¹² с). Осуществлена передача информации с помощью П. л. со скоростью 2—8 Гбит/с.

Применение П. л. находят в бытовых и техн. устройствах записи и воспроизведения информации (т. н. оптич. игла в проигрывателях на компакт-дисках, видеодисках, в голографич. системах памяти), в лазерных принтерах, волоконно-оптич. системах связи, системах накачки твердотельных лазеров, в автоматике, телеметрич. датчиках, науч. исследованиях, в спектроскопии, спектральных датчиках, оптич. дальномерах, высотомерах, в проекц. лазерном телевидении, оптич. «сторожах», имитаторах стрельбы, индикаторах