

$$m(z) = \pi m_i \int_0^z n(z) [r_1^2(z) - r_0^2(z)] dz,$$

где r_0 и r_1 — радиусы внутр. и внеш. электродов, $n(z)$ — плотность газа в зазоре, m_i — масса иона, μ_0 — магнитная постоянная. В импульсных электрич. разрядах джоулевы потери определяются потерями на ионизацию и излучение, т. е. $\bar{R}(\partial q/\partial t)^2 = (\mathcal{E}/m_i) \partial m/\partial t$, где \mathcal{E} — энергетич. цена иона. Отсюда $\bar{R} = [(\mathcal{E}/m_i)(\partial q/\partial t)^2] \partial m/\partial t$. Эти ур-ния используются для оценочных расчётов И. п. При фиксированных параметрах разрядного контура и величине ускоряемой массы с их помощью находят такую форму электродов, при к-рой скорость сгустка на выходе И. п. и кпд преобразования электрич. энергии накопителя в кинетич. энергию потока будут максимальны. Выбирают такую электродную конфигурацию, характеризующую зависимость $\bar{L}(z)$, для к-рой время τ_y ускорения плазмы совпадает с временем $\tau_p = \sqrt{L_0 C_0}$ разряда конденсаторной батареи. При $\tau_y < \tau_p$ накопитель не полностью передаёт свою энергию плазме; при $\tau_y > \tau_p$ возрастают джоулевы потери.

Наиб. мощные И. п. используются в термоядерных исследованиях. Для характеристики их параметров и тенденций разработок на рис. 2 приведены зависимости скорости v ускоренных протонов от нач. напряжения U_0 источника питания для И. п. с $C_0 = 500$ мкФ, $L_0 = 10$ нГн. Зависимости $v(U)$ приведены для неск. значений числа N ускоренных частиц. При этом каждому значению v для каждого конкретного напряжения U_0 соответствует своя оптимизированная зависимость $\bar{L}(z)$, т. е. своя форма электродов. Из рис. 2 видно, что в достаточно широком интервале параметров (N , U_0) подбором $L(z)$ можно получить линейную зависимость $v(U_0)$. А это означает, что кпд системы $\eta = m_i N v^2 / C_0 U_0^2 \sim (v/U_0)^2$ в широком интервале параметров (N , U_0) остаётся постоянным и равным $\approx 50\%$.

Наряду с описанными импульсными И. п. разрабатываются квазистационарные инжекторы с длинным разрядным импульсом (≥ 100 мкс), что позволит увеличить абс. энерго содержание плазменного потока увеличением длительности его генерации.

Лит.: Арцимович Л. А. и др. Электродинамическое ускорение сгустков плазмы, «ЖЭТФ», 1957, т. 33, с. 3; Калмыков А. А., Импульсные плазменные ускорители, в кн.: Физика и применение плазменных ускорителей, Минск, 1974, с. 48; Сиднев В. В. и др. Импульсные плазменные ускорители большой мощности, «Вопр. атомной науки и техн. Сер. Термоядерный синтез», 1983, в. 2, с. 12. Ю. В. Скорцов.

ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР — наиб. распространённая разновидность полупроводникового лазера, отличающаяся использованием инжекции носителей заряда через нелинейный электрич. контакт (p — n -переход,

гетеропереход) в качестве механизма накачки. В И. л. электрич. энергия непосредственно преобразуется в энергию лазерного излучения с относительно высоким кпд (до 30—40% при 300 К). Преимущества И. л. перед полупроводниковыми лазерами др. типов — малая инерционность, компактность (рис. 1), низковольтное пита-

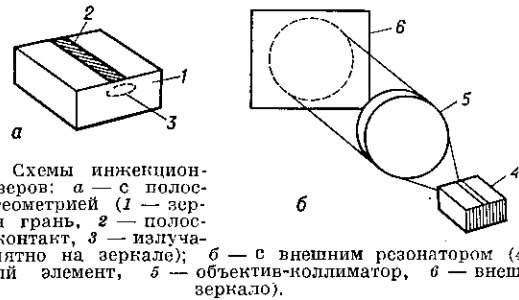


Рис. 2. Схемы инжекционных лазеров: а — с полостной геометрией (1 — зеркальная грань, 2 — полостной контакт, 3 — излучающее пятно на зеркале); б — с внешним резонатором (4 — активный элемент, 5 — объектив-коллиматор, 6 — внешнее зеркало).

ние, широкий набор длин волн λ , возможность спектральной перестройки, частотной модуляции или частотной стабилизации.

И. л. представляет собой полупроводниковый диод, зеркальные боковые грани к-рого образуют оптический резонатор (рис. 2, а), типичные размеры $250 \times 250 \times 100$ мкм. Резонатор может быть внешним (рис. 2, б). Активной средой является тонкая прослойка полупроводника, прилегающая к инжектирующему контакту, в к-рой накапливаются избыточные носители обоих знаков. Толщина активного слоя И. л. обычно 20—200 нм.

Лазерное излучение получают в пределах спектральной полосы люминесценции или вблизи неё, причём в излучательных процессах участвуют свободные носители. Важнейшим типом И. л. является гетеролазер, в структуру к-рого включены гетеропереходы между полупроводниковыми материалами с различающимися электрич. и оптич. свойствами, что позволяет снизить пороговый ток лазерной генерации и увеличить кпд. Перекрывание диапазонов λ за счёт использования разных полупроводников показано на рис. 3.

И. л. получили применение в оптич. связи, особенно в волоконно-оптич. системах, где существенны быстрдействие, малые размеры, экономичность, долговечность (см. Волоконная оптика). Преимущество для дальней связи (> 100 км без ретрансляции) имеют И. л. на длинах волн $\lambda = 1,3, 1,55$ мкм, оптимальных по прозрачности и пропускной способности волоконно-оптич. тракта. Др. области применения — лазерные системы памяти (видеодиски), спектроскопия.

Лит.: Богданкевич О. В., Дарзнен С. А., Елисеев П. Г., Полупроводниковые лазеры, М., 1976; Кейси Х., Паниш М., Лазеры на гетероструктурах, пер. с англ., М., 1981; Елисеев П. Г., Введение в физику инжекционных лазеров, М., 1983. П. Г. Елисеев.

ИНЖЕКЦИЯ (от лат. injectio — вбрасывание) — частиц в ускоритель — ввод пучка заряд. частиц в ускоритель. В линейных ускорителях И. частиц

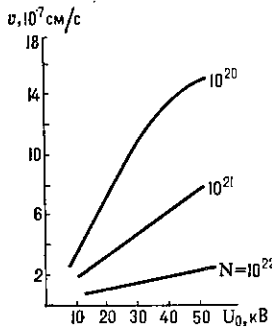


Рис. 2. Зависимости скорости плазмы в инжекторе плазмы от напряжения источника питания.

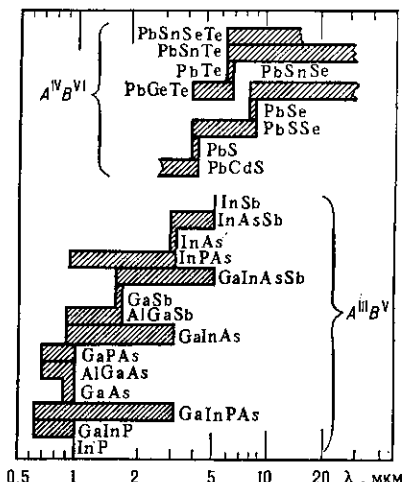


Рис. 3. Спектральные диапазоны, перекрываемые инжекционными гетеролазерами.

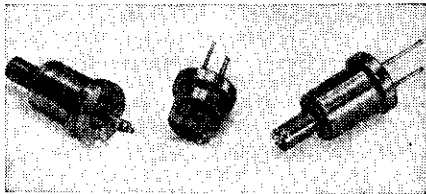


Рис. 1. Внешний вид инжекционных лазеров в корпусе с волоконно-оптическим выводом.