

вигия Л. Однако систем, работающих в видимом диапазоне и имеющих практич. значение, пока нет.

11) *Гамма-лазеры* и лазеры рентг. диапазона широко обсуждаются в литературе. Есть первые успешные эксперименты по осуществлению *рентгеновских лазеров*.

12) *Параметрич. лазеры* основаны на нелинейном явлении распада одного фотона на 2 других, суммарная энергия к-рых равна энергии исходного фотона. В качестве накачки используется лазерное излучение. Осн. преимущество — возможность перестройки частоты генерируемого излучения. Применяются в спектроскопии (см. *Параметрический генератор света*).

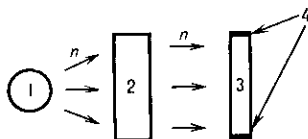
13) Л. на основе вынужденного комбинационного рассеяния; накачка лазерным излучением. Применяются для получения когерентного излучения разл. частот и для суммирования излучения неск. Л. с целью увеличения яркости когерентного излучения (подробнее см. *Комбинационный лазер*).

Лит.: Справочник по лазерам, пер. с англ., под ред. А. М. Прохорова, т. 1—2, М., 1978; Звелто О., Принципы лазеров, пер. с англ., 2 изд., М., 1984; О'Ши А. Д., Коллен Р., Родс У., Лазерная техника, пер. с англ., М., 1980; Тарасов Л. В., Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения, М., 1981.

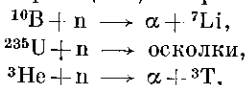
А. Н. Оравский.

ЛАЗЕР С ЯДЕРНОЙ НАКАЧКОЙ (ЛЯН) — лазер, в к-ром усиливающая среда возбуждается непосредственно продуктами ядерных реакций. Обычно основа ЛЯН — трубка с газом, помещённая в поток

Схема лазера с ядерной накачкой: 1 — импульсный реактор; 2 — замедлитель нейтронов; 3 — трубка с рабочим газом; 4 — зеркала.



тепловых нейтронов (рис.). Нейтроны стимулируют реакции в ядерно-активном веществе, к-рое нанесено в виде тонкого слоя на внутр. поверхности трубки (обычно ^{10}B , ^{235}U , $^{235}\text{U}_2\text{O}_6$) или введено в трубку в виде газа (^3He). В ядерных реакциях, напр.



образуются быстрые ионы (с энергией $\sim 0,5\text{--}100$ МэВ), к-рые ионизуют и возбуждают атомы находящегося в трубке рабочего газа, формируя лазерно-активную среду. ЛЯН реализованы на переходах Хе (длина волны $\lambda=3,65; 3,508; 2,026; 1,73$ мкм), Аг (1,79 мкм), Кг (2,523 мкм), С (1,454 мкм), О (0,8446 мкм), Сl (1,587 мкм), N (0,8629 мкм), Cd (0,5327; 0,5378 мкм), СО (5,1—5,6 мкм) (см. *Газоразрядные лазеры*). Механизмы формирования инверсии населённостей в ЛЯН аналогичны тем, к-рые имеют место в плазменных лазерах с накачкой электронным пучком. Пороговая плотность потока нейтронов $10^{12}\text{--}10^{16}$ нейтрон/см 2 ·с, длительность накачки $\sim 10^2\text{--}10^4$ мкс. Наибольшие значения мощности (~ 10 кВт) и кпд ($\sim 1\%$) получены на ИК-переходах ипертных газов.

ЛЯН представляют интерес в связи с проблемой создания системы реактор—лазер, в к-рой лазерно-активная зона совмещена с ядерно-активной зоной, где сосредоточена критич. масса ядерного реактора. При этом происходило бы прямое преобразование части ядерной энергии в световую. Система пока не создана из-за трудностей совмещения условий работы лазера и реактора. Предложен газофазный ЛЯН на UF_6 и на аэрозольном топливе. Разрабатываются проекты реактора—лазера с тонкой (~ 10 мкм) ядерно-активной фольгой. Возможно осуществление ядерной накачки в реакторе с подкритич. режимом с использованием внеш. источника нейтронов.

Лит.: Гудзенко Л. И., Яковленко С. И., Плазменные лазеры, М., 1978; Войнов А. М. и др., Пизкопороговые лазеры с ядерной накачкой на переходах атомар-

ного ксенона, «ДАН СССР», 1979, т. 245, с. 80; Войнов А. М. и др., Инфракрасные лазеры с ядерной накачкой на переходах Аг, Кг и Хе, «Письма в ЖТФ», 1979, т. 5, с. 422; Мисьякович А. И. и др., Генерация лазерного излучения на парах Cd при возбуждении продуктами ядерной реакции He^3 (n, p) T, там же, 1980, т. 6, с. 818; Войнов А. М. и др., Инфракрасный лазер с ядерной накачкой на смесях He + Xe и Ar + Xe, там же, 1981, т. 7, с. 1016; De Young R. J., Kilowatt multiple-path $^3\text{He}\text{--Ar}$ nuclear-pumped laser, «Appl. Phys. Lett.», 1981, v. 38, p. 297; его же, Multiple-path fission-foil nuclear lasing of Ar-Xe, там же, v. 39, p. 385; Jalufka N. W., Hohlf P., A direct nuclear-pumped $^3\text{He}\text{--Co}$ laser, там же, v. 39, p. 139; Jalufka N. W., Direct nuclear-pumped laser amplifier, там же, p. 690.

С. И. Яковленко.

ЛАЗЕРНАЯ ИСКРА — см. в ст. *Оптические разряды*. **ЛАЗЕРНАЯ ПЛАЗМА** — нестационарная плазменная среда, образующаяся при воздействии мощного лазерного излучения на вещество. Напр., Л. п. возникает при оптич. пробое в газовых средах (лазерная искра); при облучении лазером плоской твёрдой мишени («факел»); в *оптических разрядах*, поддерживаемых лазерным излучением; в лазерных термоядерных мишенях. Впервые экспериментально Л. п. была получена в лазерной искре (1963).

Характерные признаки Л. п. 1) Наличие сильного взаимодействия эл.-магн. поля лазерного излучения частоты ω с электронами и ионами плазмы в области с плотностью электронов $n_e \leq n_{кр} = \sqrt{m_e \omega^2 / 4\pi e^2}$, приводящего к неравновесности ϕ -ий распределения заряд. частиц. 2) Существование потоков излучения и частиц из зоны поглощения в глубь вещества и образования (при воздействии на твёрдые среды) области плазмы с $n_e \gg n_{кр}$; 3) Сильная пространственная неоднородность. 4) Многокомпонентный ионный состав. 5) Нестационарность: время жизни τ Л. п. определяется длительностью импульса, инерцией вещества, временем расширения. Характерное время гидродинамич. разлёта $t_{гидр} \sim L/v$ (L — характерный размер Л. п., v — скорость разлёта). 6) Испускание теплового излучения в широком спектральном диапазоне. 7) Широкий диапазон размеров: $10^{16} \leq n_e \leq 10^{26}$ см $^{-3}$; 1 кэВ $< T \leq 10^4$ эВ; 10^{-11} с $< \tau < 10^{-3}$ с; скорости разлёта до 10^8 см/с; давления более 10 Мбар.

При воздействии лазерного излучения на среду Л. п. возникает в том случае, если плотность потока излучения q (Вт/см 2) превысит нек-рое пороговое значение, зависящее от длины волны лазерного излучения и от параметров среды. Различают три стадии существования Л. п.: стадия нач. ионизации и оптич. пробоя вещества, образование собственно плазмы; стадия взаимодействия (поглощения, отражения, рефракции) лазерного излучения с плазмой, нагрева до высоких темп-р, увеличение степени ионизации; стадия разлёта, формирования ионных потоков, остывания плазмы.

Физические явления в Л. п. Во всех разновидностях Л. п. нач. стадия образования плазмы связана с оптич. пробоем, возникновение к-рого объясняется двумя механизмами: ионизацией электронным ударом с последующим образованием *лавны электроной и многофотонной ионизацией*. С первым механизмом связан пробой газов ($p \sim 1$ атм) при $q \approx 10^{11}$ Вт/см 2 и пробой паров при воздействии на твёрдые мишени лазерного излучения с $q \approx 10^8\text{--}10^9$ Вт/см 2 .

При плотностях потока $q \approx 10^{11}\text{--}10^{12}$ Вт/см 2 в Л. п. развиваются процессы многократной ионизации, к-рая носит нестационарный и неравновесный характер. Ионный состав плазмы обычно определяется процессами ударной и радиационной ионизации и рекомбинации. В плотной плазме ($n_e > 10^{22}$ см $^{-3}$) ионный состав близок к определяемому *Саха формулой*, в разреженной плазме ($n_e < n_{кр}$) — к корональному равновесию (см. *Ионизационное равновесие*). Поскольку для электронов с разл. значениями гл. квантового числа n вероятности радиационных процессов различны, то, возможно, и в Л. п. реализуется ситуация, когда в одном и том же атоме при малых n (для K и L электронов, $n=1, 2$) выполняются условия равновесия Саха, а при больших n — коронального равновесия.