

при транспортировке энергии на 30—50 м до камеры реактора.

Современное состояние исследований. Исследования ЛТС проводятся в СССР, США, Японии, Великобритании, Франции, ФРГ, ПНР, ГДР, ЧССР и (в меньших масштабах) в др. странах.

Осн. эксперим. результаты: коэф. поглощения до 90% (при $\lambda=0,25$ мкм); скорость разлёта оболочки к центру мишени ≈ 200 км/с; сжатие DT -горючего ≈ 20 г/см³ (при темп-ре $\approx 0,5$ кэВ); параметр $\mu \approx 10^{15}$ см⁻³ с; темп-ра $DT \approx 7$ кэВ (при плотности 0,1—0,3 г/см³); нейтронный выход $\approx 10^{11}$ нейтронов. Эти характеристики были получены в разл. экспериментах в лабораториях СССР, США и Японии. Предполагается, что демонстрационный лазерный термоядерный реактор будет построен в 90-х гг. 20 в.

Лит.: Басов Н. Г., Розанов В. Б., Соболевский И. М., Лазерный термоядерный синтез в энергетике будущего, «Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт», 1975, № 6, с. 3; Браннер К., Джорна С., Управляемый лазерный синтез, пер. с англ., М., 1977; Афанасьев Ю. В. и др., Взаимодействие мощного лазерного излучения с плазмой, в кн.: Итоги науки и техники. Радиотехника, т. 17, М., 1978; Теория нагрева и сжатия низкотемпературных термоядерных мишеней, «Тр. ФИАН», 1982, т. 134; Басов Н. Г. и др., Нагрев и сжатие термоядерных мишеней, облучаемых лазером, в кн.: Итоги науки и техники. Радиотехника, т. 26, ч. 1—2, М., 1982.

Е. Г. Гамалий, В. Б. Розанов.

ЛАЗЕРЫ НА КРАСИТЕЛЯХ (ЛК) — лазеры, активными веществами к-рых служат сложные органич. соединения, обладающие системой сопряжённых связей и интенсивными полосами поглощения в ближней УФ-, видимой или ближней ИК-областях спектра. Большинство красителей, используемых в ЛК, флуоресцируют, спектры их флуоресценции образуют широкие (до 10^3 см⁻¹), как правило, бесструктурные полосы. Вынужденное излучение красителей возникает в результате переходов между разл. колебат. подуровнями (образующими широкие сплошные зоны энергий) первого возбуждённого и основного синглетных электронных состояний.

Обычно в ЛК используют растворы красителей (растворители — вода, спирты, производные бензола и т. п.), реже активированные красителями полимерные материалы — полиметилметакрилат, эпоксидные смолы, полиуретан и др. Особую разновидность представляют лазеры на парах сложных органич. соединений.

Гл. особенность ЛК — возможность перестройки длины волны генерируемого излучения λ в широком диапазоне длин волн: 330 нм — 1,8 мкм. Грубая перестройка производится заменой красителя. Чтобы перекрыть указанный диапазон, необходим набор примерно из 30 соединений (общее число красителей, на к-рых получен эффект генерации, приближается к 10^3). В фиолетовой и УФ-областях спектра наиб. эффективно работают оксазолы и оксадиазолы, в сине-зелёной — кумарины, в жёлто-красной — родамины, в ближней ИК-области спектра — полиметиновые красители. Ширина спектра генерации может составлять неск. сотен см⁻¹. Для сужения спектра генерации и плавной перестройки λ в пределах полосы усиления красителя в резонатор ЛК вводят спектрально-селективные элементы (отражат. дифракционные решётки, дисперсионные призмы, интерферометры Фабри — Перо, интерференционно-поляризационные фильтры).

Накачка ЛК осуществляется излучением импульсных ламп и лазеров др. типов. ЛК с ламповой накачкой работают в импульсном режиме, генерируя чаще всего импульсы длительности \sim мкс. Их кпд $\sim 1\%$, выходная энергия от долей до неск. сотен Дж. Спектральный диапазон обычно ограничен видимой областью. ЛК с ламповой накачкой могут работать частотой повторения импульсов 50—100 имп./с при ср. мощности выходного излучения в сотни Вт.

ЛК с лазерной накачкой по устройству и параметрам варьируются в зависимости от типа лазера накачки. Существуют ЛК непрерывного и импульсного режимов.

Для получения непрерывного режима в качестве источников накачки используются ионные газовые лазеры на Ar или Kr с мощностью излучения от единиц до десятков Вт. Кпд непрерывных ЛК составляет неск. десятков %, λ может при смене красителей перестраиваться по всему диапазону от 360 нм до 1 мкм.

Для накачки красителей в импульсном режиме применяют лазеры на N₂, иттрий-алюминиевом гранате с примесью Nd, парах Cu, на рубине, эксимерные лазеры. При накачке азотными лазерами генерируются импульсы длительностью 1—10 нс, с пиковой мощностью порядка единиц или десятков кВт, при частоте повторения ~ 100 имп./с. Перестройка спектра при смене красителей может осуществляться по всему видимому диапазону. При использовании лазера на иттрий-алюминиевом гранате (2-я и 3-я гармоники) выходная мощность может достигать сотен кВт при длительности импульса 30 нс и частоте повторения неск. десятков имп./с. Более высокую частоту повторения импульсов (неск. десятков кГц) обеспечивает лазер на парах Cu. В этом случае ср. мощность излучения ~ 1 Вт, длительность импульса 5—10 нс, диапазон перестройки ограничен жёлто-красной областью спектра. Рубиновый лазер позволяет при использовании основной частоты и второй гармоники получить перестройку спектра в максимально широком диапазоне — от 360 до 1000 нм. Эксимерные лазеры обеспечивают высокие мощности излучения в синей и УФ-областях спектра (1—2 МВт).

Особый класс составляет ЛК с распределённой обратной связью (РОС). В РОС-лазерах роль резонатора играет структура с периодич. изменением показателя преломления и (или) усиления. Обычно она создаётся в активной среде под действием двух интерферирующих пучков накачки. РОС-лазер характеризуется узкой линией генерации ($\sim 10^{-2}$ см⁻¹), к-рая может легко перестраиваться в пределах полосы усиления путём изменения угла между пучками накачки. ЛК наиболее эффективны для генерации ультракоротких импульсов излучения. Самые короткие импульсы ($\sim 10^{-14}$ с) достигнуты в непрерывных ЛК с пассивной синхронизацией мод.

ЛК применяют для спектроскопич. исследований, что позволяет повысить чувствительность, спектральное и временное разрешение на много порядков по сравнению с традиционными методами спектроскопии (см. Лазерная спектроскопия).

Лит.: Рубинов А. Н., Томин В. И., Оптические квантовые генераторы на красителях и их применение, в кн.: Итоги науки и техники. Радиотехника, т. 9, М., 1976; Лазеры на красителях, пер. с англ., М., 1976. А. Н. Рубинов.

ЛАЗЕРЫ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ (ЛСЭ) — генераторы эл.-магн. колебаний, в к-рых активной средой является поток электронов, колеблющихся под действием внеш. электрич. и (или) магн. поля и перемещающихся с релятивистской поступат. скоростью $v_{||}$ в направлении распространения излучаемой волны. Благодаря Доплера эффекту частота излучения электронов в ЛСЭ во много раз превышает частоту колебаний электронов Ω :

$$\omega \approx s\Omega / \left(1 - \frac{v_{||}}{c} \cos \varphi\right). \quad (1)$$

Здесь $s=1, 2, \dots$ — номер гармоники, φ — малый угол между направлением поступат. движения частиц и направлением излучения волны: $\varphi \ll \gamma^{-1}$, где $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ — фактор Лоренца, $v = \sqrt{v_{||}^2 + v_{\perp}^2}$ — полная скорость частицы. Достоинство ЛСЭ — возможность плавной широкодиапазонной перестройки частоты (ω) генерации изменением $v_{||}$ или φ .

Наиб. коротковолновыми являются разновидности ЛСЭ, в к-рых колебат. движение электронам (накачка) сообщается пространственно-периодическим статич. полем ондулятора $A_n = A_0 \cos 2\pi z/d$ (z и t р о н; рис. 1, а; см. Ондуляторное излучение) либо полем мощной волны накачки $A_n = A_0 \cos(\omega_n t - k_n r)$ (т. н. ко м п т о н о в-