

ц и я. Она обычно наблюдается сразу после пробоя газа гигантским лазерным импульсом и до его окончания. Фронт световой детонации распространяется навстречу лучу со скоростями ~ 100 км/с, и газ за ним нагревается до темп-ры 10^5 — 10^6 К. Зарегистрированная по измерению интенсивности рентг. излучения наиб. темп-ра в такой лазерной искре составила $3 \cdot 10^6$ К (при пиковой мощности лазерного импульса в неск. ГВт). После окончания гигантского лазерного импульса от места энерговыделения распространяется квазисферич. светящаяся взрывная волна. Эффект является миниатюрной копией ядерного взрыва в атмосфере.

2) Наблюдается медленное распространение плазменного фронта в лазерном луче со скоростями ~ 10 — 40 м/с, обусловленное теплопроводностному прогреванию газа перед фронтом. Этот механизм действует преим. и в оптич. плазмотроне, где для непрерывности горения применяется непрерывный CO_2 -лазер. В оптич. плазмотроне достигается на 1000 — 3000 К более высокая темп-ра, чем в НОР в неподвижном газе. Продувкой воздуха снимаются верх. ограничения по мощности лазера, а также по фокусному расстоянию линзы f (в неподвижном воздухе в слабофокусированном луче, при $f \approx 20$ см, НОР не горит).

3) Наблюдаются быстрые волны ионизации в лазерном луче, распространяющиеся со скоростями 10 — 100 км/с, но без ударной волны. Они вызываются ионизацией газа перед фронтом тепловым излучением плазмы (радиац. волны).

4) Наблюдались также волны пробоя.

Лит.: Островская Г. В., Зайдель А. Н., Лазерная искра в газах, «УФН», 1973, т. 111, с. 579; Райзер Ю. П., Лазерная искра и распространение разрядов, М., 1974; его же, Оптические разряды, «УФН», 1980, т. 132, с. 549.

Ю. П. Райзер.

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ — совокупность оптич. деталей — линз, призм, плоскопараллельных пластинок, зеркал и т. п., скомбинированных определ. образом для получения оптич. изображения или для преобразования светового потока, идущего от источника света. В зависимости от положения предмета и его изображения различают несколько типов О. с.: *микроскоп* (предмет на конечном расстоянии, изображение — на бесконечности), *телескоп* (и предмет, и его изображение находятся в бесконечности), *объектив* (предмет расположен в бесконечности, а изображение — на конечном расстоянии), *проект.* система (предмет и его изображение расположены на конечном расстоянии от О. с.; см. *Проекторный аппарат*). О. с. характеризуются такими параметрами, как *светосила*, *линейное* и *угл. увеличение*, *масштаб оптич. изображения*.

О. с. используются в технол. оборудовании, в медицине, для *оптич. локации*, *оптич. связи*, для образования плазмы и т. п.

Расчёт О. с. и устранение их aberrаций являются сложной задачей, и совр. прогресс в оптич. приборостроении связан с использованием новых материалов и расчётом О. с. с помощью ЭВМ.

Лит.: Теория оптич. систем, 2 изд., М., 1981.

ОПТИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ — лазеры со стабильной во времени частотой излучения (10^{-14} — 10^{-15}), её воспроизводимостью (10^{-13} — 10^{-14}). О. с. ч. применяются в физ. исследованиях и находят практич. приложение в метрологии, локации, геофизике, связи, навигации и машиностроении. Деление частоты О. с. ч. до радиодиапазона сделало возможным создание шкалы времени, основанной на использовании периода оптич. колебаний.

О. с. ч. обладают преимуществами по сравнению с *квантовыми стандартами частоты* СВЧ-диапазона: эксперименты, связанные с измерением частоты при использовании лазеров, требуют меньшего времени, т. к. абс. частота в 10^4 — 10^5 раз превышает нелазерные стандарты частоты. Абс. интенсивность и ширина резонансов, являющихся реперами частоты, в оптич. диапазоне в 10^5 — 10^6 раз больше, чем в СВЧ-диапазоне, при од-

ной и той же относит. ширине. Это позволяет создавать О. с. ч. с более высокой кратковрем. стабильностью частоты. При делении частоты О. с. ч. до радиодиапазона относит. ширина линии излучения практически не меняется (если используется СВЧ стандарт. флукуац. спектр его сигнала существенно расширяется при умножении частоты в 10^5 — 10^6 раз). Роль квадратичного *Доплера эффекта*, ограничивающего долговрем. стабильность и воспроизводимость частоты, одинакова.

Принцип стабилизации. Стабилизация частоты лазера, как и стандартов радиодиапазона, основана на использовании спектральных линий атомного или молекулярного газа (оптич. реперы), к центру к-рых «привязывается» частота ν с помощью электроннои системы автоматич. подстройки частоты. Т. к. линии усиления лазеров обычно значительно превосходят ширину полосы пропускания *оптич. резонатора*, то нестабильность ($\delta\nu$) частоты ν генерации в большинстве случаев определяется изменением оптич. длины резонатора l (δl): $\delta\nu = \nu \delta l/l$. Осн. источниками нестабильности l являются тепловой дрейф, механич. и акустич. возмущения элементов конструкции резонатора, флукуац. показателя преломления газоразрядной плазмы. С помощью оптич. репера система автоподстройки вырабатывает сигнал, пропорц. величине и знаку расстройки $\Delta\nu$ между частотой ν и частотой ν_0 центра спектральной линии, с помощью к-рого частота лазера настраивается на центр линии ($\Delta\nu = \nu - \nu_0 = 0$). Относит. точность настройки обратно пропорц. произведению добротности спектральной линии ν_0/γ (γ — ширина линии) на отношение сигнал/шум при её индикации.

Для получения узкой линии излучения и высокой кратковрем. стабильности частоты (стабильность за времена $\tau \leq 1$ с) необходимо использовать реперы достаточно высокой интенсивности с шириной γ , значительно превосходящей характерный диапазон частотных возмущений $\Delta\nu_{\text{в}}$. Для *газовых лазеров* характерная ширина спектра акустич. возмущений $\Delta\nu_{\text{в}} \sim 10^3$ — 10^4 Гц, поэтому требуемая ширина резонанса $\gamma \lesssim 50$ Гц (относит. ширина 10^{-9} — 10^{-10}). Это позволяет использовать системы автоматич. подстройки частоты с широкой полосой (10^4 Гц) для эфф. подавления быстрых флукуац. длины резонатора.

Для достижения высокой долговрем. стабильности и воспроизводимости частоты необходимы оптич. линии высокой добротности, т. к. при этом уменьшается влияние разл. факторов на сдвиги частоты центра линии.

Оптические реперы. Используемые в СВЧ-диапазоне методы получения узких спектральных линий оказались не применимыми в оптич. области спектра (доплеровское уширение мало в СВЧ-диапазоне). Для О. с. ч. важны методы, к-рые позволяют получать резонансы в центре спектральной линии. Это даёт возможность непосредственно связать частоту излучения с частотой квантового перехода. Перспективны три метода: метод насыщенного поглощения, двухфотонного резонанса и метод разнесённых оптич. полей. Осн. результаты по стабилизации частоты лазеров получены с помощью метода насыщенного поглощения, к-рый основан на нелинейном взаимодействии встречных световых волн с газом. Нелинейно поглощающая ячейка с газом низкого давления может находиться внутри резонатора лазера (активный репер) и вне его (пассивный репер). Из-за эффекта насыщения (выравнивание населённости уровней частиц газа в сильном поле) в центре доплеровски-уширенной линии поглощения возникает провал с однородной шириной, к-рая может быть в 10^5 — 10^6 раз меньше доплеровской ширины. В случае внутренней поглощающей ячейки уменьшение поглощения в центре линии приводит к появлению узкого пика на контуре зависимости мощности от частоты генерации. Ширина нелинейного резонанса в молекулярном газе низкого давления определяется прежде всего столкновениями и эффектами, обусловленными конечным временем пролёта части-