

При выполнении условия (8) интенсивность гармоники квадратично повышается с увеличением длины среды. Однако этот эффект критичен к статистике распределения интервалов следования импульсов. Так, квадратичный рост интенсивности гармоники пропадает, если интервалы следования импульсов имеют, например, пуассоновское распределение.

Влияние фазовой модуляции (ФМ) накачки можно оценить, если рассмотреть возбуждение гармоники одним из импульсов последовательности. Для простоты амплитуду импульса можно представить как

$$A_{10n}(t) = A_0(t) \exp(i\beta t^2/2), \quad (10)$$

где $A_0(t) = \begin{cases} 0, & \tau < t < 0; \\ 1, & 0 < t < \tau; \end{cases}$ β — параметр фазовой модуляции. Тогда из выражения (1) следует, что

$$A_{2n}(z, t) = -i \frac{\gamma}{v} \exp[i\omega_p(t - z/u_2)] \exp[-i(\omega_p/4\beta)] I_1. \quad (11)$$

Здесь

$$I_1 = \frac{\sqrt{\pi i}}{2} \begin{cases} \left[-\Phi\left(-\sqrt{\frac{\beta}{i}} \frac{\omega_p}{2\beta}\right) + \Phi\left(\sqrt{\frac{\beta}{i}} \left(t - z/u_1 - \omega_p/2\beta\right)\right) \right]; & z/u_1 < t < z/u_1 + \tau; \\ \left[-\Phi\left(-\sqrt{\frac{\beta}{i}} \frac{\omega_p}{2\beta}\right) + \Phi\left(\sqrt{\frac{\beta}{i}} \left(\tau - \frac{\omega_p}{2\beta}\right)\right) \right]; & z/u_1 + \tau < t < z/u_2; \\ \left[\Phi\left(\sqrt{\frac{\beta}{i}} \left(\tau - \frac{\omega_p}{2\beta}\right)\right) - \Phi\left(\sqrt{\frac{\beta}{i}} \left(t - \frac{z}{u_2} - \frac{\omega_p}{2\beta}\right)\right) \right]; & z/u_2 < t < z/u_2 + \tau. \end{cases}$$

Как видно из выражения (11), ФМ накачки приводит к дополнительной амплитудной модуляции (АМ) второй гармоники. Изменение частоты АМ, естественно, не позволяет выполнить условие (8) для больших длин нелинейных сред.

Таким образом, при возбуждении второй гармоники случайной последовательностью СКИ интенсивность гармоники может квадратично повышаться с увеличением длины нелинейной среды при любых Δk . Для этого, помимо выполнения условия (8), требуется соответствующая статистика распределения интервалов следования импульсов накачки. ФМ накачки ограничивает длину нелинейной среды, на которой происходит квадратичный рост интенсивности гармоники.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Д. Фанченко, Б. А. Фролов. Пикосекундная структура излучения лазера с нелинейным поглотителем.— ЖЭТФ, Письма, 1972, т. 16.
2. A. J. DeMaria, W. H. Glenn, Jr., M. J. Brienza, M. E. Mask. Picosecond Laser Pulses.—Proc. IEEE, 1969, v. 57.
3. П. Г. Крюков, Ю. А. Матвеев, С. В. Чекалин, О. Б. Шатберашвили. Формирование ультракоротких лазерных импульсов с помощью двухкомпонентной среды.— ЖЭТФ, Письма, 1972, т. 16.
4. С. А. Ахманов, Р. В. Хохлов. Проблемы нелинейной оптики. М., ВИНТИ, 1964.
5. Г. В. Кривошеков, Н. Г. Никулин, Р. И. Соколовский. Об одном синхронизме при возбуждении гармоники сверхкороткими импульсами света.— ИВУЗ, Радиопизика, 1972, т. 15.

Поступило в редакцию 9 февраля 1973 г.

УДК 621.378.325

А. И. ЛОХМАТОВ, Н. С. СЕРГЕЕВА, В. А. ШАТАЛОВ
(Новосибирск)

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫЙ ЛАЗЕР СО СРОКОМ СЛУЖБЫ СВЫШЕ 5000 ч

Малогобаритные активные элементы с холодным катодом ($\lambda=0,63$ мкм), разработанные для лазерных интерферометров, имели срок службы около 3000 ч [1]. При эксплуатации лазеров было установлено, что, если трубка не работает в течение месяца,

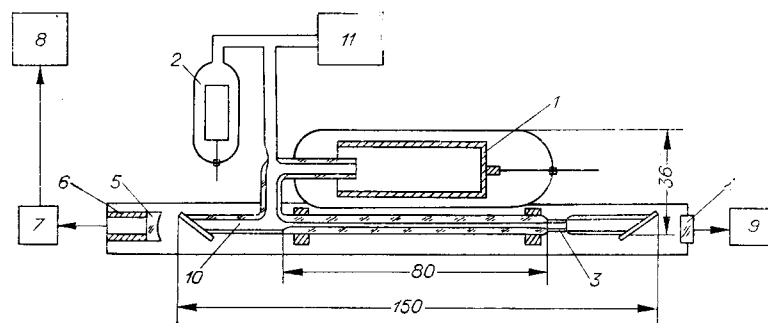


Рис. 1. Конструкция активного элемента и структурная схема установки для контроля выходных параметров лазера:

1 — катод трубки; 2 — дополнительный катод; 3 — анод трубки; 4, 5 — зеркала резонатора; 6 — пьезокерамика; 7 — фотоумножитель; 8 — осциллограф; 9 — измеритель мощности; 10 — лазерная трубка; 11 — откачной пост.

мощность генерации резко уменьшается и разряд приобретает фиолетовый оттенок. Тренировкой в течение 10—12 ч при токе разряда 10—20 мА можно было восстановить прежние параметры активного элемента, однако такой восстановительный процесс при дальнейшей эксплуатации раз от разу затруднялся и время тренировки увеличивалось в два-три раза. Введение в конструкцию трубки газопоглотителей не привело к заметному улучшению. Спектральный анализ спонтанного излучения трубок с фиолетовым оттенком разряда показал наличие в них азота и кислорода. Экспериментально было установлено, что загрязнение газовой смеси обусловлено недостаточной вакуум-плотностью смол К-400 и ВТ-200, применяемых для приклейки окон Брюстера к торцам трубок.

В новой конструкции активных элементов была изменена технология приклейки брьюстеровских окон. Для этой цели стали использовать ситаллоцементы. Однако заварка окон ситаллоцементом требует, чтобы свариваемые детали имели близкие значения коэффициентов термического расширения. В противном случае происходит сильная деформация окна и генерации у такой трубки не наблюдается. При выборе материала для корпуса активного элемента и брьюстеровских окон мы остановились на стеклах типа С49-2 или С89-2. Замена стандартных кварцевых окон стеклянными не приводит к ухудшению параметров лазеров и гарантирует исключение конкурирующей генерации на 3,39 мкм.

Конструкция активного элемента и структурная схема установки для контроля выходных параметров лазера приведена на рис. 1. Для поддержания разряда используется холодный катод 1 в форме полого цилиндра из алюминия марки А7М. Эта марка алюминия была выбрана после испытания на долговечность катодов, изготовленных из различных материалов. Для устранения краевых эффектов в полость катода введена стеклянная трубка. Причем установлено, что существует оптимальная глубина введения стеклянного отростка, при которой катод имеет максимальную долговечность. Ее величина зависит от размеров катода, и для нашей конструкции она равна 2—5 мм.

Ускоренные испытания катодов из алюминия А7М на срок службы показали, что их долговечность превышает 15 000 ч. Определение срока службы производилось по формуле [2]

$$t_2 = t_1 \frac{V_2}{V_1} \left(\frac{i_1}{i_2} \right)^{1,5} \left(\frac{P_{02}}{P_{01}} \right)^3,$$

где t_2 — прогнозируемый срок службы трубки в часах; t_1 — срок службы, полученный экспериментально; V_1 — газовый объем, при котором проводились эксперименты; V_2 — объем прогнозируемой трубки; i_1 — разрядный ток экспериментальной трубки; i_2 — разрядный ток прогнозируемой трубки; P_{02} — давление газа в прогнозируемой трубке; P_{01} — давление газа в экспериментальной трубке.

Технология изготовления трубок вкратце сводилась к следующим основным операциям. Вначале в течение 30 мин разрядом в гелии при давлении 2 мм рт. ст. обезгаживается участок между вспомогательным и основным катодами 2 и 1 (см. рис. 1). Вспомогательный катод соединен с плюсом источника питания. Ток разряда в этом случае составляет 50 мА. Затем в атмосфере кислорода при давлении 2 мм рт. ст. оксидируется катод 1 при плотности тока разряда 1,5—2 мА/см². Эта процедура длится около 10 мин. После этого при давлении неона 0,5 мм рт. ст. и токе 10—15 мА обезгаживается в течение 30 мин участок между вспомогательным катодом и анодом 3 трубки 10. Последней операцией является заполнение трубки рабочей смесью He³ и Ne²⁰.

При наполнении и подборе парциальных давлений гелия и неона непрерывно контролируется мощность генерации, глубина провала Лэмба и уровень шумов. Поскольку при дальнейшей эксплуатации активный элемент используется в лазере, стабилизированном по провалу Лэмба, оценка годности трубки осуществляется по глубине провала. Годной считается трубка, имеющая глубину провала не менее 30%. При оценке глубины исполь-

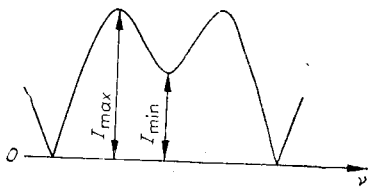


Рис. 2. Зависимость кривой мощности излучения лазера от частоты; глубина провала 100%
 $(I_{\max} - I_{\min})/I_{\min}$.

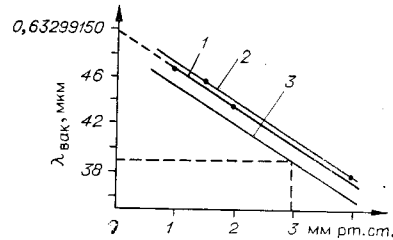


Рис. 3. Зависимость длины волны 0,6328 мкм гелий-неонового лазера от давления He^3 при постоянном давлении:
 1 — Ne^{20} — 0,35 мм рт. ст.; 2 — Ne^{20} — 0,1 мм рт. ст.; 3 — Ne^{20} — 1,2 мм рт. ст.

зается удобный для практики прием. Поскольку длина резонатора для всех трубок одинакова, глубина провала оценивается относительно уровня двух мод (рис. 2).

Допустимое отношение сигнал/шум в полосе 0—1 МГц составляет для наших трубок величину 100:1. Выходная мощность лазеров обычно лежит в пределах 0,2—0,3 мВт. Общее давление и парциальный состав газовой смеси подбираются индивидуально для каждой трубки, так как капилляры активных элементов предварительно не калибруются.

В зависимости от давления гелия активному элементу приписывается определенное номинальное значение длины волны излучения, соответствующее центру провала Лэмба. Это значение определяется по градуировочному графику [3], приведенному на рис. 3. Для наших трубок разброс давлений лежит в пределах 3—3,5 мм рт. ст. и приводит к изменению в длине волны излучения от трубки к трубке, равному в относительных величинах $2 \cdot 10^{-6}$.

При окончательной настройке лазера чистота спектра излучения контролировалась по симметричности кривой мощности излучения в зависимости от частоты при смешении фотоприемника перпендикулярно относительно луча.

По приведенной выше технологии было изготовлено десять лазерных трубок. К настоящему времени они проработали 5,5 тысячи часов без заметных ухудшений параметров. Срок хранения для нескольких трубок превышает 1,5 года и позволяет надеяться, что он будет ограничен только диффузией гелия сквозь стекло.

В заключение авторы выражают благодарность М. Б. Газян и Т. Н. Ивановой за помощь в освоении технологии заварки ситаллоцементом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Ленкова, А. И. Лохматов, И. А. Михальцова. Одночастотный стабилизированный гелий-неоновый лазер.— *Автометрия*, 1971, № 1.
2. О. А. Боярчикова, В. Д. Соболев, А. С. Шипалов. Методика прогнозирования срока службы приборов тлеющего разряда с полым катодом.— *Электронная техника, серия 3, Газоразрядные приборы*, 1971, вып. 4 (24).
3. E. J. G. Engelhard and Kamal Abdel — Hady Mohamed. Pressure-Wavelength Relationship of the 6328 — Å Helium-Neon Laser Emission.— *JOSA*, 1971, v. 61, № 2.

Поступило в редакцию 5 сентября 1973 г.

УДК 621.375.826(08)

К. А. БИКМУХАМЕТОВ, В. М. КЛЕМЕНТЬЕВ
 (Новосибирск)

ЛАЗЕР НА ПАРАХ РТУТИ

В настоящей работе нами описывается конструкция лазера на парах ртути, резонатор которого предназначен для исследования двухчастотного режима*, а разрядная трубка устроена так, что получение оптимального давления паров ртути и одновременно

* М. И. Бетеров, В. М. Клементьев, В. П. Чеботаев. О точном измерении изотопического сдвига линии 1,5295 мкм ртути оптическим и СВЧ-методами.— *Оптика и спектроскопия*, 1969, т. 27.