

длительность импульса по уровню 0,5—30 нс (рис. 4). Трансформатор инжекционного лазера был намотан на сердечнике МН 2000 НМ 1-17, первичная обмотка которого представляла две идентичные параллельно включенные обмотки по шесть витков из провода МГТ $\varnothing 0,1$ мм, вторичная обмотка в виде объемного витка замыкалась на лазере.

В экспериментах частота генерации импульсов инжекционным лазером доводилась до 3 кГц и ограничивалась временем восстановления температуры резонатора лазера. Импульсная мощность излучения полупроводникового лазера составляла 35 Вт.

Внешний вид генератора импульсов в корпусе с лазером представлен на рис. 5 и имеет габариты $28 \times 28 \times 15$. В случае бестрансформаторного включения полупроводникового лазера генератор накачки может быть полностью выполнен в интегральном исполнении в виде гибридной тонкопленочной или толстопленочной схемы с бескорпусными транзисторами в качестве навесных активных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Гончаров, В. В. Кострюков. Генераторы импульсов тока на 100 А для питания ПКГ.— «ПТЭ» 1971, № 2.
2. Н. Е. Brown, E. Bond, I. Bloomgiot. Avalanche Transistors Drive Laser Diodes Hard and Fast.— "Electronics", 1966, v. 39, № 23.
3. А. И. Андрушко. Генератор коротких импульсов тока для питания полупроводниковых лазеров.— «ПТЭ», 1971, № 4.
4. Б. Д. Копыловский, В. С. Иванов. Импульсные схемы для питания оптических полупроводниковых генераторов.— «ПТЭ», 1965, № 4.
5. Кэрролл. Схемы питания импульсных инжекционных лазеров.— «Электроника», 1971, № 26.
6. В. П. Дьяконов. Лавинные транзисторы и их применение в импульсных устройствах. М., «Советское радио», 1973.

Поступило в редакцию 29 мая 1974 г.

УДК 621.373.535

В. И. БОБРИК, Ю. Д. КОЛОМНИКОВ, Б. С. МОГИЛЬНИЦКИЙ
(Новосибирск)

ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫЙ ЛАЗЕР С МНОГОПРОХОДНОЙ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ ЯЧЕЙКОЙ

В работах [1, 2] нами сообщалось об использовании многопроходных поглощающих ячеек с целью повышения контрастности резонансов мощности в лазере с нелинейным поглощением. Повышение контрастности имеет принципиальное значение для создания высокостабильных монохроматических источников излучения. Кроме того, применение многопроходных поглощающих ячеек позволяет перейти в область низкого давления (10^{-4} — 10^{-5} тор) поглощающего молекулярного газа и тем самым достигнуть высокой воспроизводимости частоты излучения порядка 10^{-14} [3].

В предлагаемой работе сообщается об эксперименте, проведенном с гелий-неоновым лазером на длинах волн $\lambda=3,39$ мкм и $\lambda=0,63$ мкм с внутренними ячейками поглощения, выполненными в виде оптической линии задержки (ОЛЗ). Для лазера с $\lambda=3,39$ мкм в качестве нелинейного поглотителя использовался метан на переходе $P(7)$ полосы v_3 , а для лазера с $\lambda=0,63$ мкм — иод на переходе $R(127)$ полосы $11-5$ электронного перехода $V_3 \Pi_{0q}^+ \rightarrow X_0^1 \Sigma_{0u}^+$.

Экспериментальная часть. Лазер с $\lambda=3,39$ мкм. Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис. 1, где 1 — приемник излучения, 2 — осциллограф.

Резонатор лазера был образован плоским (R_4) и сферическим ($R_1=4$ м) зеркалами с серебряным покрытием. Зеркало R_1 укреплялось на пьезокерамике. Усижительная трубка с внутренним диаметром 3 мм и разрядным промежутком 60 см наполнялась смесью

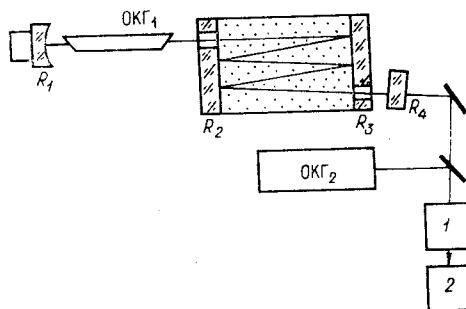


Рис. 1.

Ne³ — Ne²² с общим давлением порядка 2 мм рт. ст., что соответствовало сдвигу максимума линии усиления Ne²² к центру линии поглощения метана. Разряд возбуждался с помощью источника постоянного тока. С целью снижения уровня шумов в выходной мощности излучения на усилительную трубку накладывалось небольшое ВЧ-возбуждение.

Линия задержки состояла из двух серебряных сферических зеркал одинакового радиуса кривизны ($R_{2,3}=1,5$ м), расстояние между зеркалами l было равно 20 см. Эти параметры линии задержки [4] позволили увеличить путь луча до 1,4 м в соответствии с формулой

$$L = \frac{\pi l}{\arccos \sqrt{\left(1 - \frac{l}{R_2}\right)\left(1 - \frac{l}{R_3}\right)}} \quad (1)$$

При введении в ОЛЗ метана при давлении 10^{-3} мм рт. ст. в зависимости выходной мощности излучения от частоты наблюдался известный пик [5] лоренцевой формы, контрастность которого была равна 6–7% и ширина порядка 300 кГц [1]. Таким образом, линия задержки позволила получить пик значительной контрастности при небольших линейных размерах ячейки (20 см).

Лазер с $\lambda=0,63$ мкм. Схема установки отличалась от приведенной на рис. 1 тем, что отсутствовало зеркало R_4 (резонатор лазера был образован зеркалами $R_1=2$ м, $R_2=17$ м). Усилительная трубка имела внутренний диаметр 2,2 мм и разрядный промежуток 65 см. Трубка наполнялась Ne²⁰ и Ne³ при общем давлении 2,2 мм рт. ст. Разряд возбуждался источником постоянного тока. Для снижения уровня шумов в выходной мощности излучения усилительная трубка имела два сферических уширения диаметром 3 см и отстоящих друг от друга на расстоянии 30 см. Такой тип трубки предотвращает появление движущихся страт и, следовательно, амплитудного шума. Линия задержки была образована двумя плотными диэлектрическими зеркалами с радиусами кривизны $R_3=2$ м, $R_2=17$ м. Расстояние между зеркалами равнялось 75 см. ОЛЗ позволила увеличить путь луча в парах йода до 3,2 м. Зеркало R_2 имело отверстие для ввода луча (радиус центра отверстия равен 0,6 см) и крепилось на пьезокерамике, что дало возможность вести плавную перестройку частоты генерации.

Давление паров йода задавалось температурой отрезка ($t=-2^\circ\text{C}$). На контуре зависимости выходной мощности излучения от частоты наблюдались пички, о которых сообщалось в [6]. Однако общее давление смеси газов в лазере и геометрия резонатора позволили нам наблюдать только некоторые пички из всей группы пичков, соответствующих сверхтонким компонентам линии R (127). Полученные в эксперименте пички имели ширину на полувысоте 3 МГц и контрастность 0,5%. На рис. 2 приведена осциллограмма с тремя пичками, расстояние между которыми было порядка 20–23 МГц. Таким образом, эти пички можно отнести к группе пичков h, i, j [6].

Одночастотный режим генерации лазера 1 контролировался в обоих экспериментах при помощи лазера гетеродина 2 с полосой перестройки частоты 800 МГц. **Заключение.** Можно показать, что с ростом контрастности пика мощности уменьшается сдвиг его вершины относительно центра линии поглощения. В лэмбовском приближении [7] этот сдвиг $\delta\nu$ запишем в виде

$$\delta\nu \approx \Delta \frac{\Gamma^2}{\Gamma^2 + \frac{\eta}{1-\eta}}, \quad (2)$$

где Δ — сдвиг вершины линии усиления относительно центра линии поглощения; Γ — полуширина однородной линии поглощения; η — контрастность пика мощности.

Из формулы (2) видно, что при $\eta \rightarrow 1$ $\delta\nu \rightarrow 0$. В этом случае система автоматической подстройки частоты будет удерживать частоту генерации лазера на истинном центре линии поглощения. Таким образом, практически исключается влияние режима работы лазера (уровня возбуждения разрядной трубки) на воспроизводимость его частоты.

Проведенные эксперименты показали, что ячейки нелинейного поглощения, выполненные в виде оптических линий задержки, позволяют получать пички мощности значительной контрастности при низком давлении поглощающей среды. Это даст возможность достигнуть высоких значений воспроизводимости частоты излучения.

Авторы благодарят д-ра физ.-матем. наук В. П. Чеботаева за постановку задачи и обсуждение результатов.

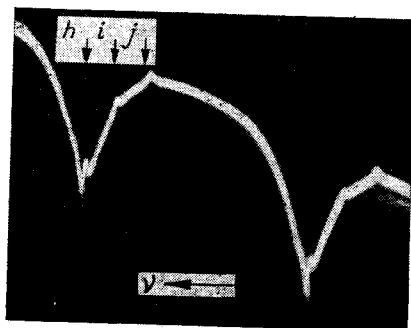


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Бобрик, Ю. Д. Коломников, В. П. Чеботаев. Не—Ne-лазер с линией задержки в нелинейно-поглощающем газе.— «Опт. и спектр.», 1973, т. 35, № 6.
2. В. И. Бобрик, Ю. Д. Коломников, Б. С. Могильницкий, В. П. Чеботаев. Узкие резонансы мощности ОКГ с ячейкой поглощения большой длины.— В кн.: Тезисы Всесоюзной конференции по фотометрическим измерениям и их метрологическому обеспечению. М., 1974.
3. С. Н. Багаев, Е. В. Бакланов, В. П. Чеботаев. Аномальное уменьшение сдвига центра лэмбровского провала в молекулярных газах низкого давления.— «Письма в ЖЭТФ», 1972, т. 16, № 6.
4. D. R. Herriot, H. J. Schulte. Folded Optical Delay Lines.— "Appl. Opt.", 1965, v. 4, № 8.
5. J. Z. Hall. Laser as an Absolute Standard of Length.— "IEEE J. Quantum Electronics", 1968, v. QE—4, № 10.
6. A. J. Wallard. Frequency Stabilization of the Helium-Neon Laser by Saturated Absorption in Iodine Vapour.— "Scientific Instruments.", 1972, v. 5, № 9.
7. W. E. Lamb. Theory of an Optical Maser.— "Phys. Rev.", 1964, v. 134, № 6 A.

Поступило в редакцию 13 августа 1974 г.

УДК 621.373.826 : 62

В. Е. ПРИВАЛОВ
(Ленинград)

ОБ ИЗМЕРЕНИИ СКОРОСТИ ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВОГО ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Кольцевой газовый лазер находит широкое применение в метрологии (см. например, [1—5]). Важное место занимает измерение параметров движения. Максимальную точность измерений обеспечивают частотные характеристики кольцевого лазера. Вдали от зоны синхронизации частота биений встречных волн может быть представлена в виде [4, 7]

$$\Delta\nu = \sum_n K_n \Omega^n, \quad (1)$$

где Ω — угловая скорость, K_n — функции параметров кольцевого лазера. Иногда ограничиваются несколькими членами этой суммы [6, 7]:

$$\Delta\nu = K_1 \Omega + K_0 + \frac{K_{-1}}{\Omega}, \quad (2)$$

где K_0 — расщепление частот, обусловленное суммой различных невязимностей, K_1 — масштабный множитель, K_{-1} — множитель «захватного» члена.

Последнее время появились основания учитывать нелинейные члены множителями K_2 , K_3 и K_{-2} [7]. Частотные характеристики кольцевого лазера подробно анализировались для случая измерения угловой скорости. Известны работы, посвященные измерению скорости потока с помощью кольцевых газовых лазеров [8—13]. Они содержат описание различных систем, однако точности измерений уделено мало внимания. Представляет интерес провести анализ погрешности измерения скорости прозрачного потока с помощью кольцевого газового лазера и сформулировать требования к последнему.

Для измерения скорости потока внутри кольцевого резонатора выражение для частоты биений принимает вид

$$\Delta\nu = K_0 = f_v + f_{H\Theta} + f_{\Sigma}. \quad (3)$$

Здесь f_v — полезный сигнал (расщепление, обусловленное скоростью потока); $f_{H\Theta}$ — частота биений, обусловленная невязимным элементом (H Θ); f_{Σ} — расщепление частот, связанное с остальными невязимностями (см. например, [4]).

Поток со скоростью v вызывает расщепление (см. например, [1]):

$$f_v = 2 \frac{l}{L} v_{11} \frac{n^2 - 1}{\lambda}, \quad (4)$$