

07

© 1991

СЕЛЕКЦИЯ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА НА ПАРАХ МЕДИ

Р.И. Окунев, Л.Н. Пахомов,
А.Г. Петраков

Среди импульсных лазеров на самоограниченных переходах видимого диапазона наилучшими параметрами обладает лазер на парах меди. Высокая пиковая и средняя мощность, малая длительность импульсов излучения, хорошие частотные свойства делают возможным широкое применение этого лазера [1]. В ряде приложений требуются также минимальная ширина спектра и высокая когерентность излучения.

Спектр излучения лазера на парах меди формируется под воздействием многих факторов. Как показано в [2], вследствие наличия в естественной меди смеси изотопов ^{63}Cu и ^{65}Cu , а также расщепления рабочих уровней лазера на магнитные подуровни, генерационные линии $\lambda = 510.5$ и 578.2 нм образованы перекрывающимися контурами изотопического и сверхтонкого расщепления. Из-за высокой температуры и относительно низкой концентрации атомов металла в активной среде, контуры спектральных линий излучения близки к доплеровским. Вклад однородного уширения невелик (около 100 МГц). При оптимальной накачке полная ширина спектра излучения на зеленой и желтой линиях примерно одинакова и составляет 6–8 ГГц. Применявшиеся до сих пор в лазерах на парах меди резонаторы – плоскопараллельный, со стеклянной пластинкой в качестве выходного зеркала и телескопический с дырчатым выводным зеркалом, не обеспечивают селекцию спектра внутри каждой из линий генерации.

В данной работе впервые проведено экспериментальное исследование лазера на парах меди с 4-х зеркальным Т-образным резонатором (рис. 1). Резонатор такого типа ранее применялся для селекции продольных мод непрерывных газовых [3] и твердотельных лазеров, а в последнее время и импульсных лазеров с высоким коэффициентом усиления [4].

Расчет Т-образного резонатора сделан в работе [3]. Коэффициенты отражения зеркал 1, 2, 3 на рис. 1 соответственно R_1, R_2, R_3 . Коэффициент пропускания светоделительной пластинки – T . В приближении $R_2 \approx R_3 \approx 1$, модуль коэффициента отражения от составного зеркала равен

$$|R_c|^2 = \frac{(1-T^2)^2}{1-2T^2 \cos \theta + T^4}, \quad (1)$$

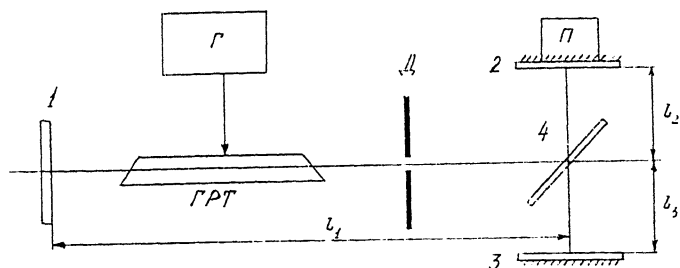


Рис. 1. Лазер на парах меди с Т-образным резонатором. ГРТ – газоразрядная трубка лазера, Г – генератор накачки, Д – диафрагма, 1 – плоскопараллельная пластинка, 2, 3 – интерференционные зеркала, 4 – светоделительная пластинка, П – пьезоэлемент.

где

$$\theta = \frac{4\pi}{\lambda} (l_2 + l_3) + 2\pi n. \quad (2)$$

Область дисперсии составного зеркала в шкале частот

$$\Delta f = \frac{c}{2(l_2 + l_3)}. \quad (3)$$

Полуширина резонансного пика коэффициента отражения при $T \approx 1$

$$\delta f = \frac{c(1 - T^2)}{4\pi(l_2 + l_3)}. \quad (4)$$

Исследования проводились с лазерным активным элементом „Кулон СМ“. Длина разрядного канала 200 мм и диаметр 8 мм. Лазер работал в режиме саморазогрева с частотой повторения импульсов накачки 12 кГц. Амплитуда импульсов напряжения составляла 7.2 кВ, тока – 120 А. Мощность, потребляемая от генератора накачки – около 500 Вт. Параметры Т-образного резонатора следующие: $l_1 = 40$ см, $l_2 = l_3 = 1$ см, $R_1 = 0.08$, $R_2 = R_3 = 0.98$, $T = 0.96$. Одно из зеркал составного зеркала резонатора установлено на пьезокерамике для настройки на центр селективируемой линии путем подачи на пьезокерамический элемент регулируемого постоянного напряжения.

Внутри резонатора между газоразрядной трубкой лазера и составным зеркалом установлена диафрагма диаметром 0.8 мм для выделения пучка излучения, формирующегося в пристеночной области разрядного канала. Как показано в [2], в этой пространственной области наиболее четко выражена тонкая структура спектра излучения. Для оптической развязки лазера от системы регистрации

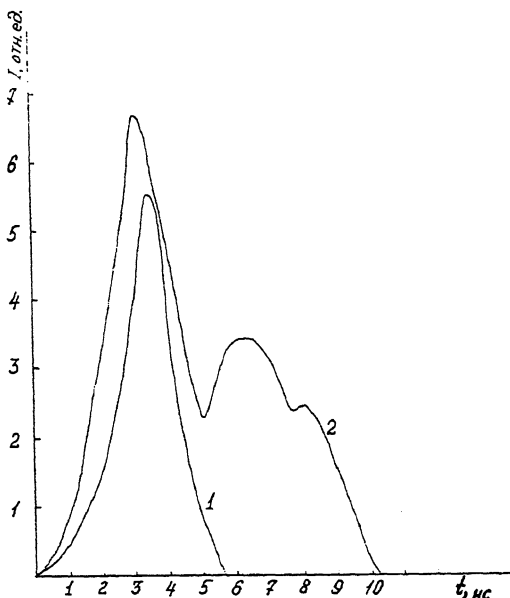


Рис. 2. Осциллограммы импульса излучения. 1 – лазера с T-образным резонатором, 2 – лазера с двухзеркальным плоскопараллельным резонатором.

последняя расположена на расстоянии 3 м от выходного зеркала резонатора лазера. Регистрация спектра излучения осуществлялась обычным способом – по кольцам равного наклона измерительного интерферометра Фабри–Перо. Регистрация импульса излучения производилась с помощью лавинного фотодиода ЛФД-2, сигнал с которого подавался на широкополосной осциллограф. Ширина аппаратной функции интерферометра около 300 МГц, временное разрешение системы около 1 нс.

Наблюдалась селекция спектра излучения лазера на длине волны 510.5 нм. Поскольку T-образный селектор с указанными параметрами вносит существенные потери, линия 578.2 нм при данной накачке не возбуждалась. Настройкой селектора на центр линии сверхтонкого расщепления, имеющей наибольший коэффициент усиления (линии а в [2]), удалось получить излучение с шириной спектра около 2 ГГц. При изменении напряжения на пьезокерамике можно было осуществить настройку на одну из трех линий, наблюдаемых в экспериментах с традиционными для этого класса лазеров резонаторами. Когда максимум коэффициента отражения составного зеркала не совпадал по частоте с одной из трех указанных линий, наблюдалась суперлюминисценция на трех линиях одновременно. При возникновении генерации на одной из линий, интенсивность свечения двух других уменьшалась.

Мощность излучения при настройке на линию, имеющую наибольшее усиление, составила 50 мВт. Длительность импульса излучения по основанию при этом была 5.5 нс. Осциллограмма импульса излучения представлена на рис. 2, кривая 1.

Следует отметить, что ширина линии излучения с описанным резонатором оказалась больше, чем это получается при вычислении по формуле (4). Действительно, при значениях параметров T-образного резонатора, указанных выше, расчет дает $\delta f \approx 200$ МГц. Можно предположить, что соотношения (1)–(4), справедливые для режима установившихся колебаний в резонаторе как, например, в гелий-неоновом [3] лазере, в данном случае не выполняются. Ввиду конечности времени существования инверсии населенностей между рабочими уровнями лазера на парах меди, интерференционные свойства сложного резонатора проявляются менее отчетливо.

Уменьшение длительности импульса излучения лазера с T-образным резонатором объясняется тем, что создаются условия для возбуждения только одной спектральной линии. Это не позволяет проявиться временной эволюции спектра, как описано в [2]. Длительность импульса излучения для $\lambda = 510.5$ нм лазера с тем же активным элементом и плоскопараллельным резонатором длиной $L_1 = 40$ см составила 10 нс (кривая 2 на рис. 2). Таким образом, применение селектирующего резонатора делает возможным сокращение длительности импульса излучения в 1.5–2 раза при той же длине резонатора. Поэтому возможно, что методы селекции спектральных компонент лазера на парах меди могут быть применены для формирования заданной длительности импульсов излучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Солдатов А.Н., Соломонов В.И. Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. Новосибирск: Наука, 1985. 152 с.
- [2] Исаев А.А. // Труды ФИАН. 1987. Т. 181. С. 35–53.
- [3] Петрунькин В.Ю., Высоцкий М.Г., Окунев Р.И. // ЖТФ. 1968. Т. 38. № 11. С. 1983–1985.
- [4] Куликов О.Л., Филипецкий Н.Ф., Тимонина Н.А. // Оптика и спектроскопия. 1987. Т. 62. № 4. С. 931–932.

Поступило в Редакцию
3 апреля 1991 г.