

МОДУЛЯЦИЯ ДОБРОТНОСТИ РЕЗОНАТОРА ЛАЗЕРА НА ПАРАХ МЕДИ

Л.Н.Пахомов, А.Г.Петраков

Лазер на парах меди является эффективным источником излучения в видимом диапазоне длин волн ($\lambda_1 = 510.5$ нм, $\lambda_2 = 578.2$ нм) и находит широкое применение в научных исследованиях и при решении прикладных задач. В ряде приложений, таких, как скоростная фотосъемка, батиметрия, генерация оптических гармоник, и других, требуется минимальная длительность выходных импульсов в сочетании с высокой пиковой мощностью излучения [1].

Процесс формирования импульса излучения в лазере на парах меди связан с наличием сверхтонкой структуры спектральных линий атома меди, соответствующих рабочему переходу [2]. В пределах ширины линии сверхтонкой структуры (1–1.5 ГГц) импульс излучения представляет собой релаксационное колебание с периодом 15–20 нс и постоянной времени затухания 5–10 нс [3].

Известные схемы управления формой и длительностью импульса излучения лазера на парах меди [4,5] не позволяют осуществлять их оперативную корректировку без изменения параметров импульса накачки.

В данной работе для управления параметрами излучения лазера на парах меди впервые использован резонатор с электрооптическим модулятором добротности (рис. 1). Динамика процессов, происходящих в резонаторе лазера в предположении о мгновенном переключении добротности, рассмотрена в [6].

Длительность импульса излучения при уровне накачки W определяется по формуле

$$\tau_p = \tau_c \frac{x\eta_E}{x - \ln x - 1}, \quad (1)$$

где τ_c — время жизни фотона в резонаторе, $x = \frac{W}{W_c}$ — коэффициент превышения уровня накачки над порогом возбуждения, η_E — коэффициент использования энергии накачки, определяемый из соотношения

$$x\eta_E = -\ln(1 - \eta_E). \quad (2)$$

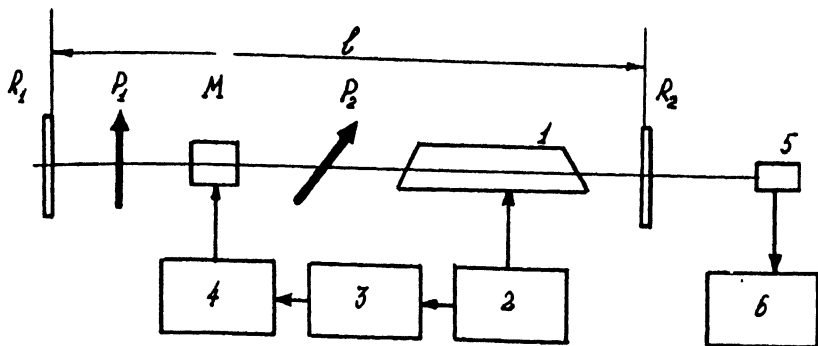


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

M — электрооптический модулятор, 1 — газоразрядная трубка лазера, 2 — генератор импульсов накачки, 3 — схема переменной задержки, 4 — формирователь импульсов управления модулятором, 5 — лавинный фотодиод, 6 — широкополосный осциллограф.

Энергия, излучаемая за импульс

$$E = \frac{hc}{\lambda\sigma} x \eta E \gamma_t, \quad (3)$$

где λ — рабочая длина волны, σ — сечение лазерного перехода, γ_t — затухание в резонаторе, W_c — пороговый уровень накачки.

В экспериментах использовался активный элемент “Кулон СМ”, разрядный канал которого имел длину 200 и диаметр 8 мм. Давление неона в разрядном канале 550 мм.рт.ст. Возбуждение и разогрев активной среды осуществлялись импульсами с амплитудой напряжения 7.5 кВ и тока 150 А, следующими с частотой 12 кГц. Длительность фронта импульса тока накачки составляла 40 нс. Резонатор лазера длиной $l = 60$ см образован двумя плоскими зеркалами с коэффициентами отражения $R_1 = 0.99$ и $R_2 = 0.08$. Модулятор добротности изготовлен из кристалла KDP, главная оптическая ось которого направлена вдоль оси резонатора. Длина модулятора 20, световой диаметр 10 мм. Он помещен между скрещенными поляризаторами P_1 и P_2 . Импульсы управления модулятором синхронизировались импульсами поджига тиратрона схемы накачки лазера. Длительность импульсов управления модулятором составляла 10 нс. Задержка между импульсами поджига и импульсами управления модулятором варьировалась с помощью схемы переменной задержки в пределах 5–50 нс. Временное разрешение схемы регистрации импульса излучения составляло 1 нс.

На рис. 2,а представлена зависимость амплитуды импульсов излучения лазера от задержки τ , между началом

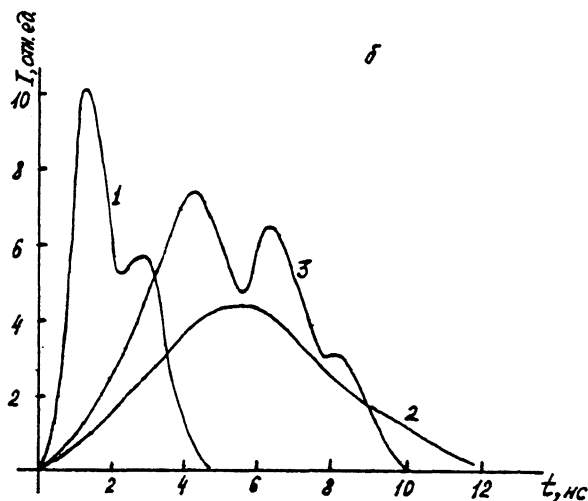
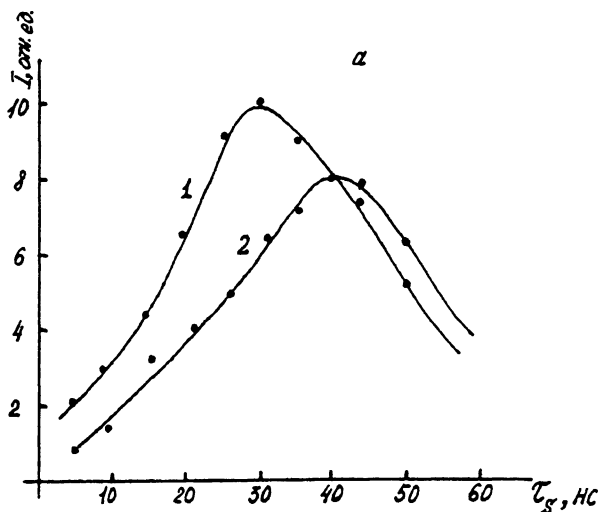


Рис. 2.

a — зависимость амплитуды импульсов излучения от задержки включения затвора. 1 — $\lambda = 510.5$ нм, 2 — $\lambda = 578.2$ нм; *б* — осциллограммы импульса излучения $\lambda = 510.5$ нм. 1 — $\tau_s = 30$ нс, 2 — $\tau_s = 15$ нс, 3 — $\tau_s = 45$ нс.

импульса накачки и моментом открывания затвора. Зависимость имеет оптимум при значении задержки $\tau_s = 30$ нс для $\lambda = 510.5$ нм и $\tau_s = 40$ нс для $\lambda = 578.2$ нм. Осциллограммы импульсов излучения $\lambda = 510.5$ нм, соответствующие различным значениям τ_s , приведены на рис.2,б.

При задержках, меньших оптимальной, форма импульса излучения близка к приведенной в [2] при недостаточ-

ном уровне накачки в схеме с плоскопараллельным резонатором без модулятора. При величине задержки, большей оптимальной, в генерации преобладает желтая линия $\lambda = 578.2$ нм. Оптимальной настройке для $\lambda = 510.5$ нм соответствуют импульсы длительностью 4.5 нс по основанию и фронтом 1.5 нс. Для линии $\lambda = 578.2$ нм эти параметры равны соответственно 7 и 3 нс.

Следует отметить, что длительность импульса излучения с описанным резонатором оказалась больше, чем это получается при расчете по формуле (1) при заданных параметрах накачки. При использовании данных, приведенных в [2] и [3], расчет дает $\tau_p = 1.2$ нс. Можно предположить, что модель мгновенного переключения добротности в данном случае справедлива лишь отчасти, поскольку время переключения затвора и длительность импульса генерации оказались соизмеримыми. Другим обстоятельством, влияющим на длительность импульса генерации, является наличие сверхтонкой структуры линий генерации, приводящее к наложению фронтов импульсов, соответствующих разным линиям.

Таким образом, указанный метод управления потерями в резонаторе лазера на парах меди позволяет получать импульсы излучения малой длительности и влиять на их форму без изменения параметров накачки. Необходимо заметить, что метод модуляции добротности резонатора лазера на парах меди может оказаться полезным при изучении модовой спектральной структуры излучения лазеров на парах металлов.

Авторы благодарят А.Д.Чурсина и В.В.Зубова за разработку и изготовление уникального лазерного излучателя "Кулон СМ".

Список литературы

- [1] Солдатов А.Н., Соломонов В.И. Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. Новосибирск: Наука, 1985. 152 в.
- [2] Исаев А.А. // Тр. ФИАН. 1087. Т. 181. С. 35-53.
- [3] Taniguchi H., Saito H. // Jap. J. Appl. Phys. Pt. 1. 1989. V. 28. N 11. P. 2321-2325.
- [4] Lei Zhu, Fucheng Lin. // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 58. N 21. P. 2329-2336.
- [5] Singh B., Nakhe S.V., Dixit S.K., Mittal J.K., Bhatnagar R. // Opt. Commun. 1991. V. 81. N 1. P. 17-19.
- [6] Wagner W.G., Lenguel B.A. // J. Appl. Phys. 1963. V. 34. N 7. P. 2040-2046.