

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 621.373.826

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЕ С ВНУТРИРЕЗОНАТОРНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

А. А. Ангелуц, Д. П. Кридач, И. А. Ожередов*(кафедра общей физики и волновых процессов)*

Исследованы характеристики излучения лазера на красителе с внутриврезонаторным элементом, имеющим высокий показатель «керровской» нелинейности. Показано, что в результате самовоздействия света в таком элементе возникает модуляция излучения, приводящая к сокращению длительности генерируемых импульсов.

Как показано в [1], механизмом, обеспечивающим получение сверхкоротких световых импульсов в лазерах на широкополосных активных средах, является амплитудная и фазовая модуляция параметров излучения в резонаторе. С начала 1990-х гг. получили широкое развитие лазерные источники, в которых синхронизация мод обеспечивается за счет самомодуляции потерь или усиления, обусловленной зависимостью показателя преломления активной среды от интенсивности I излучения вида

$$n = n_0 + n_2 I, \quad (1)$$

где n_2 — нелинейный показатель преломления. При этом нелинейная среда (называемая в литературе «керровской») в резонаторе работает как модулятор, временные характеристики которого определяются временем отклика нелинейности.

В работе [2] было показано, что в фемтосекундном лазере на красителе модуляция показателя преломления растворителя вида (1) существенно влияет на процесс формирования импульсов при пиковой мощности внутри резонатора более 100 кВт. В [3] в резонатор лазера на красителе была дополнительно помещена «керровская» нелинейная среда, однако роль этой дополнительной нелинейности при синхронизации мод не вполне ясна.

Данная работа посвящена исследованию вклада внутриврезонаторного элемента с «керровской» нелинейностью в модуляцию излучения лазера на красителе с пассивной синхронизацией мод. Внесение в резонатор лазера на красителе среды с показателем нелинейности n_2 большим, чем у жидкости, в которой растворен краситель, позволит наблюдать модуляцию излучения при мощностях внутри резонатора существенно меньших, чем в [2].

Резонатор лазера на красителе, оптическая схема которого представлена на рис. 1, содержал три фокусирующих излучение плеча. В первом из них помещался усиливающий краситель (J) — раствор родамина 6Ж в этиленгликоле с концентрацией $3,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Во втором фокусирующем плече помещался насыщающийся поглотитель (II) — раствор кристаллического фиолетового с концентрацией 10^{-4} моль/л. Толщина струи поглотителя составляла менее 100 мкм. В третьем плече — элемент, изготовленный из материала с высоким показателем «керровской» нелинейности n_2 (НЛС). Кроме того, резонатор содержал призмный компенсатор «чирпа». Общая длина резонатора составляла 1,8 м. Параметры резонатора соответствовали режиму генерации импульсов с периодом 6 нс. Накачка лазера на кра-

сителе осуществлялась излучением Ag^+ -лазера мощностью до 5 Вт. В качестве нелинейных сред были выбраны пластинки из TiO_2 , стекла ТФ5 и CaF_2 толщиной около 0,3 мм. Показатели нелинейности n_2 этих сред соответственно $9,0 \cdot 10^{-15}$; $2,8 \cdot 10^{-15}$ и $4,1 \cdot 10^{-16}$ $\text{см}^2/\text{Вт}$ [4].

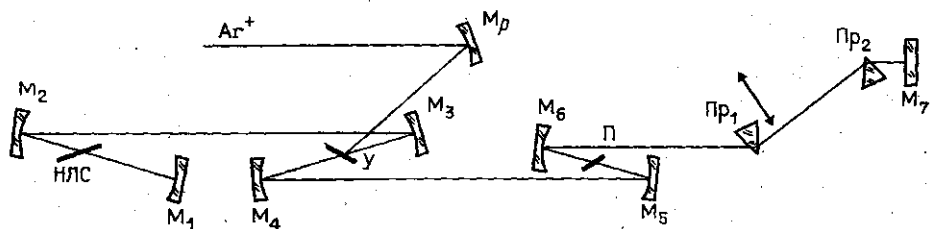


Рис. 1. Оптическая схема резонатора лазера на красителе: M_1 — M_7 — зеркала резонатора, M_p — зеркало накачки, НЛС — нелинейная пластинка, У — струя с активной средой, П — струя с насыщающимся поглотителем, Pr_1 и Pr_2 — призмы компенсатора chirpa, M_7 — выходное зеркало с пропусканием 2,5%. Радиусы кривизны зеркал: $R_p=100$ мм, $R_1=R_2=50$ мм, $R_3=70$ мм, $R_4=100$ мм, $R_6=R_6=31$ мм

Для определения влияния внутррезонаторного элемента с «керровской» нелинейностью на модуляцию излучения лазера на красителе исследовалась зависимость длительности импульсов излучения от дисперсии групповой скорости, вносимой компенсатором «чирпа». Соответствующие кривые, полученные при средней мощности генерации около 5 мВт для сред с разной степенью нелинейности, вносимых в резонатор лазера, представлены на рис. 2. Эти графики построены с учетом дисперсии групповой скорости резонатора без нелинейной пластинки, кроме того, учтена дисперсия групповой скорости, вносимая самими пластинками. На полученных кривых заметен сдвиг минимума длительности в область отрицательной дисперсии при увеличении показателя нелинейности n_2 вносимой среды. Видно, что при этом увеличивается также и «ширина» дисперсионных зависимостей. В работе [5] проведен теоретический анализ влияния амплитудной и фазовой модуляции на характеристики излучения фемтосекундного лазера и приведены расчетные дисперсионные зависимости. Качественное сравнение полученных экспериментальных результатов (рис. 2) с аналогичными кривыми [5] показывает, что внесение нелинейного элемента в резонатор лазера на красителе приводит к увеличению фазовой модуляции.

В лазере на красителе с нелинейным элементом в резонаторе без струи поглотителя в режиме непрерывной генерации была обнаружена стабильная модуляция излучения с периодом 6 нс и глубиной около 10%, причем глубина модуляции зависела от положения нелинейной пластинки относительно перетяжки резонатора.

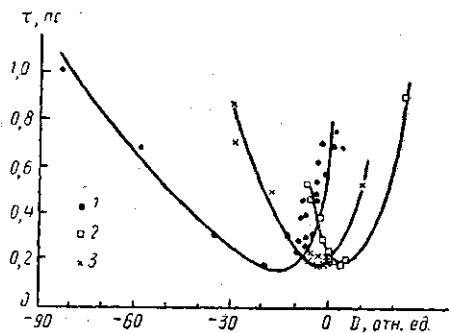


Рис. 2. Зависимость длительности генерируемых импульсов излучения от дисперсии групповой скорости D , вносимой компенсатором «чирпа», для трех нелинейных сред: TiO_2 (1), CaF_2 (2) и стекла ТФ5 (3). Одна отн. ед. на оси абсцисс соответствует дисперсии, вносимой кварцевой пластинкой толщиной 1 мм

Для нелинейных пластинок измерялась зависимость длительности импульса от относительного положения пластинки. Обнаружено, что существует положение пластинки, соответствующее максимуму плотности мощности, при котором длительность импульсов минимальна. Таким образом, при увеличении плотности мощности излучения в нелинейной среде усиливается модуляция показателя преломления, приводящая к уменьшению длительности импульсов.

Длительность генерируемых импульсов составляла около 200 фс, а внутррезонаторная энергия 1—2 нДж, что соответствовало пиковой мощности 5—10 кВт. Таким образом, приведенные экспериментальные результаты говорят о том, что даже при таких пиковых мощностях внесение в резонатор лазера на красителе «керровской» среды приводит к заметной фазовой и амплитудной модуляции за счет самовоздействия излучения вида (1). При увеличении плотности мощности внутри резонатора это может быть использовано для дальнейшего сокращения длительности импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Херман И., Вильгельми Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М., 1986.
2. Криндач Д. П., Новодережкин В. И. // Квант. электроника. 1989. 16, № 12. С. 2486.
3. Chou Y. F., Wang J., Lee C. H. // Opt. Lett. 1994. 19. P. 975.
4. Азаренков А. Н., Альтшулер Г. Б., Белашенков Н. Р., Козлов С. А. // Квант. электроника. 1993. 20, № 8. С. 733.
5. Haus H. A., Fujimoto J. G., Ippen E. P. // IEEE J. Quant. Electron. 1992. 28, N 10. P. 2086.

Поступила в редакцию
14.06.95

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 6

УДК 621.373.826

САМОВОЗДЕЙСТВИЕ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ИМПУЛЬСОВ В НЕЛИНЕЙНОЙ ИЗОТРОПНОЙ ГИРОТРОПНОЙ СРЕДЕ С АНОМАЛЬНОЙ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ

В. А. Выслоух, А. В. Засимова, В. А. Макаров

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Проведен анализ распространения частотно-модулированных импульсов гауссовой формы в изотропной среде с аномальной частотной дисперсией и пространственной дисперсией кубической нелинейности. Найдены области изменения параметров излучения и среды, в которых реализуются различные режимы распространения.

Нелинейная гиротропия заметно влияет на преобразование поляризационных характеристик световых пучков и спектрально-ограниченных световых импульсов в изотропной среде [1, 2]. Настоящая работа посвящена исследованию поляризационного самовоздействия частотно-модулированных (ЧМ) импульсов, широко используемых в экспериментах по компрессии света [3].

Амплитудное и поляризационное самовоздействие световых импульсов в изотропной непоглощающей среде с частотной дисперсией и со слабой пространственной дисперсией кубической нелинейности описы-