

Результаты (10)—(11) имеют силу при выполнении условий

$$|a_{10}| \ll 1, \quad |a_{11}| \ll 1,$$

которые в итоге сводятся к условию (4), т. е. к требованию малости \tilde{G} .

Таким образом, механизм насыщения пучково-плазменной неустойчивости в режиме коллективного эффекта Черенкова обусловлен нелинейным сдвигом частот, который возникает из-за изменения средней скорости частиц и возбуждения высших гармоник волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Файнберг Я. Б. // Атомная энергия. 1961. 11. С. 313—335. [2] Незлин М. В. // УФН. 1976. 120, № 3. С. 481—495. [3] Богданов В. В., Кузелев М. В., Рухадзе А. А. // Физика плазмы. 1984. 10, № 3. С. 548—553. [4] Александров А. Ф., Кузелев М. В., Халилов А. Н. Препринт физ. фак. МГУ. № 17/1986. М., 1986. [5] Кузелев М. В., Панин В. А. // Изв. вузов. Физика. 1985. № 3. С. 120—123. [6] Кузелев М. В. и др. // ЖЭТФ. 1986. 91, № 5(11). С. 1620—1632.

Поступила в редакцию
25.11.86

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1987. Т. 28, № 4

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 621.373.826

СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД В НЕПРЕРЫВНОМ ЛАЗЕРЕ НА КРАСИТЕЛЕ С НЕСТАЦИОНАРНЫМ РЕЗОНАТОРОМ

А. С. Абубакиров, Н. В. Кравцов, В. П. Протасов, В. А. Сидоров

(НИИЯФ)

Лазеры на красителях используются для получения сверхкоротких импульсов излучения. При непрерывной накачке синхронизация мод обычно реализуется при помещении внутрь резонатора такого лазера пассивного нелинейного элемента [1]. Однако при этом ограничиваются возможности перестройки длины волны излучения лазера.

Ниже рассмотрен способ синхронизации мод в непрерывном лазере на красителе, основанный на методе кинематической модуляции и лишенный указанного недостатка.

Кинематическая синхронизация мод (КСМ) является эффективным методом получения сверхкоротких импульсов излучения (СКИ) в непрерывных твердотельных лазерах. Полученные экспериментальные результаты [2—4] в этом случае хорошо описываются теорией [5, 6].

Отметим, что непосредственное использование результатов теоретических работ [4, 5] применительно к лазерам на красителях некорректно ввиду большого различия в параметрах активных сред и невыполнения ряда ограничивающих допущений, сделанных в этих работах.

В настоящей работе приводятся первые экспериментальные результаты, демонстрирующие возможность получения СКИ в непрерывных лазерах на красителях с нестационарным резонатором и наличие существенных особенностей в динамике излучения такого лазера по сравнению с твердотельными лазерами в режиме КСМ.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Исследовался непрерывный струйный лазер, активная среда которого представляла собой раствор родамина 6Ж в этиленгликоле. Возбуждение активной среды производилось непрерывным аргоновым лазером мощностью около 1,5 Вт. Перестройка длины волны генерации производилась в пределах 580—630 нм с помощью внутризрезонаторного селектора. Одно из зеркал резонатора лазера на красителе крепилось на вибраторе, что обеспечивало периодическое изменение длины резонатора с частотами $f_k = 260$ Гц или 22 кГц. Относительное изменение длины резонатора составляло величину порядка 10^{-4} .

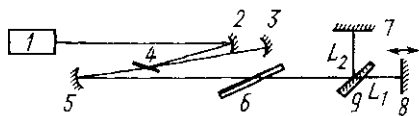
Исследования показали, что в обычном линейном резонаторе КСМ в лазере на красителе не возникает. Для реализации режима КСМ в таком лазере оказалось необходимым введение в резонатор дополнительных селектирующих элементов, обеспе-

чивающих разрежение спектра генерации. Нами для этой цели использовался резонатор Майкельсона [7].

Было установлено, что в лазере на красителе возможно возникновение режима КСМ во всем диапазоне перестройки длины волны генерации (580—630 нм).

Найдено, что существует ограниченный снизу и сверху диапазон скоростей изменения длины резонатора, в котором возможна синхронизация мод. Значения мини-

Рис. 1. Схема непрерывного лазера на красителе с нестационарным резонатором: 1 — непрерывный аргоновый лазер накачки; 2 — зеркало, фокусирующее излучение накачки на струю раствора с красителем; 3, 5, 7 — зеркала лазера на красителе; 4 — струя раствора с красителем; 6 — внутрирезонаторный селектор; 8 — подвижное зеркало резонатора; 9 — расщепитель; L_1 и $L_2 = 6 \div 8$ см, длина резонатора $L = 100$ см



мальной (v_{\min}) и максимальной скорости (v_{\max}) в наших экспериментах были равны 3 и 7 см/с соответственно. В случае если амплитуда колебаний зеркала a удовлетворяла условию $a \leq 2\Delta L$, где ΔL — разность плеч резонатора ($\Delta L = L_1 - L_2$), то синхронизация возникала только при движении зеркала в направлении уменьшения $|\Delta L|$.

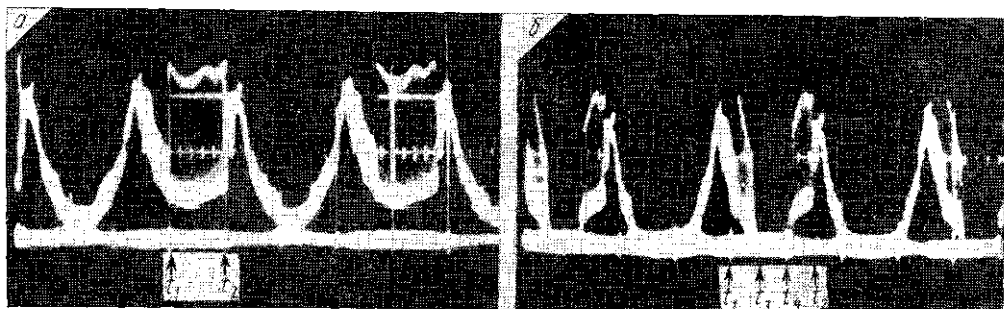


Рис. 2. Осциллограммы генерации лазера при $\eta \approx 1$ развертка 1 мс/дел.; полоса пропускания $0 \div 500$ МГц; нижний луч показывает нулевой уровень; $2\pi f_k a < v_{\max}$ (а), $2\pi f_k a > v_{\max}$ (б)

Характерные осциллограммы излучения исследуемого лазера показаны на рис. 2. Рис. 2, а соответствует случаю, когда максимальная скорость изменения длины резонатора, равная $2\pi f_k a$, удовлетворяла условию $2\pi f_k a < v_{\max}$. Синхронизация мод возникла в момент t_1 (через некоторое время после достижения зеркалом скорости, большей v_{\min}) и существовала в течение интервала времени $t_2 - t_1$, т. е. до тех пор, пока скорость v изменения длины резонатора превышала v_{\min} . Если же выполнялось условие $2\pi f_k a > v_{\max}$, то синхронизация срывалась (см. рис. 2, б) в момент t_3 , когда $v > v_{\max}$, и вновь возникала в момент t_4 , когда $v < v_{\max}$. Установление режима КСМ происходило за время порядка микросекунды.

На аксиальном периоде, как правило, наблюдалось несколько тесно расположенных СКИ, длительность которых зависела от величины ΔL (рис. 3). При определенных юстировках резонатора лазера на красителе было возможно и получение одиночных СКИ на аксиальном периоде.

Полученные экспериментальные результаты не могут полностью быть объяснены в рамках теории, развитой для лазеров других типов, и требуют дальнейших теоретических исследований.

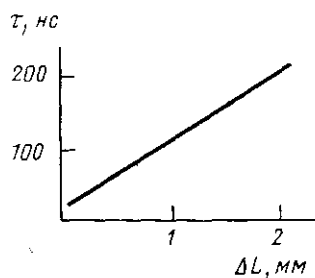


Рис. 3. Зависимость длительности УКИ от величины ΔL

Сравнение с результатами работ [2—4, 8] показывает, что КСМ в лазере на красителе в отличие от лазеров на других активных средах (твердотельных [2—4] или газовых [8]) возможна лишь в специальных резонаторах, обеспечивающих разрежение спектра генерации. Отличительной особенностью по сравнению с твердотельными лазерами является малое время установления режима КСМ. Несмотря на большие различия в параметрах активных сред (ширина и характер линии люминесценции, времена релаксации, механизм возникновения инверсной населенности и пр.), границы области существования режима КСМ близки по параметру ν .

Таким образом, рассмотренный способ синхронизации мод отличается простой реализацией и позволяет получать СКИ в лазерах на красителях при перестройке частоты излучения в достаточно широком диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М., 1981. [2] Кравцов Н. В., Сидоров В. А., Сусов А. М. // Письма в ЖТФ. 1977. 3, № 3. С. 126—129. [3] Кравцов Н. В., Сидоров В. А., Сусов А. М. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3, Физ. Астрон. 1980. 21, № 1. С. 82—85. [4] Корниенко Л. С., Кравцов Н. В., Ларионцев Е. Г., Сидоров В. А. // Письма в ЖТФ. 1980. 6, № 12. С. 733—736. [5] Корниенко Л. С., Ларионов Е. Г., Сидоров В. А. // Квант. электроника. 1980. 7, № 6. С. 1213—1218. [6] Toyokatsu Miyahita // Japan J. Appl. Phys. 1984. 23, № 2. P. 197—199. [7] Справочник по лазерам / Под ред. А. М. Прохорова. М., 1978. Т. 2. [8] Vambini A., Burlamacchi P. // J. Appl. Phys. 1968. 39, N 10. P. 4864—4865.

Поступила в редакцию
24.10.86

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1987. Т. 28, № 4

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 537.622.5

МАГНИТНЫЕ И МЁССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ $RFeGe_2O_7$ ($R=La-Gd$)

Б. В. Милль, З. А. Казей, С. И. Рейман, С. А. Тамазян, Ф. Д. Хамдамов,
Л. Ю. Быкова

(кафедра общей физики для естественных факультетов)

В синтезированных соединениях $LaAlGe_2O_7$, $NdAlGe_2O_7$ и $NdGaGe_2O_7$ (пр. гр. $P2_1/m$, $Z=4$) [1] редкоземельные (РЗ) ионы занимают позиции с координационным числом (к. ч.) 9 (трехшапочные тригональные призмы), ионы Al^{3+} и Ga^{3+} находятся в тригональных бипирамидах (к. ч. 5), ионы Ge^{4+} — в кислородных тетраэдрах, объединенных в диортогруппы $[Ge_2O_7]$. Наши исследования показали, что такие германаты образуются с РЗ ионами от La^{3+} до Dy^{3+} . В данной работе сообщается о получении аналогичных соединений с Fe^{3+} — $RFeGe_2O_7$ ($R=La-Gd$) и изучении их магнетизма с помощью измерения магнитных и упругих свойств и техники ЯГР.

Рентгеновски однофазные образцы для исследований приготовлены твердофазным синтезом из оксидов при $1200^\circ C$. Параметры моноклинной ячейки соединений и рассчитанные плотности приведены в таблице. Образцы для мёссбауэровских исследований обогащены ^{57}Fe до 10%.

При комнатной температуре мёссбауэровские спектры ^{57}Fe для всех $RFeGe_2O_7$ имеют форму квадрупольного дублета (рис. 1, а) с близкими параметрами. Изомерный сдвиг относительно нитропрусида натрия $\delta = (0,57 \pm 0,01)$ мм/с, квадрупольное расщепление Δ монотонно увеличивается от $(1,03 \pm 0,02)$ мм/с для $LaFeGe_2O_7$ до $(1,19 \pm 0,02)$ мм/с для $GdFeGe_2O_7$. Величина изомерного сдвига соответствует Fe^{3+} в оксидных соединениях и лежит между значениями δ для Fe^{3+} в октаэдрических и тетраэдрических позициях ферритов-гранатов [2]. Большая величина Δ свидетельствует о значительном градиенте электрического поля в месте нахождения ядра ^{57}Fe , сравнимом с градиентом поля для тетраэдрических позиций в ферритах-гранатах.

В области $T=7-9$ К в спектрах ^{57}Fe в соединениях $RFeGe_2O_7$ ($R=La, Sm, Eu, Gd$) появляется сверхтонкая (СТ) структура в виде зеемановского секстета, свиде-