

[К. Н. БАКИНОВСКИЙ], Н. Н. ВАСИЛЬЕВ, Г. И. РАЙ,
Г. В. ШАРОНОВ, А. П. ШКАДАРЕВИЧ

УСТОЙЧИВЫЙ РЕЖИМ МОДУЛЯЦИИ ДОБРОТНОСТИ И СИНХРОНИЗАЦИИ МОД АИГ: Nd³⁺-ЛАЗЕРА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С НЕЛИНЕЙНО ПОГЛОЩАЮЩИМ КРИСТАЛЛОМ LiF С F₂-ЦЕНТРАМИ ОКРАСКИ

Целесообразность применения нелинейно поглощающих кристаллов (НПК) LiF с F₂⁻-центрами окраски (ЦО) для модуляции добротности (МД) как импульсных, так и непрерывных лазеров на иттрий-алюминиевом гранате показана в работах [1, 2]. В [3] впервые получен режим пассивной синхронизации мод (СМ) в непрерывном лазере с использованием кристаллов LiF:F₂⁻ при больших длинах резонатора (~30 м) вследствие длительного времени релаксации верхнего возбужденного уровня F₂⁻-центров в таком фильтре ~100 нс. Тем не менее некоторые вопросы, связанные с влиянием уровня возбуждения активной среды, начального поглощения НПК, концентрации F₂⁻-центров на временные и энергетические характеристики выходного излучения, изучены недостаточно. Не решена задача повышения стабильности выходных параметров лазера с пассивным затвором для его практического использования.

Нами проведены исследования выходных характеристик излучения непрерывного лазера на АИГ: Nd³⁺ с активной синхронизацией мод и пассивной модуляцией добротности резонатора НПК LiF:F₂⁻ с целью получения стабильного режима генерирования мощных сверхкоротких оптических импульсов.

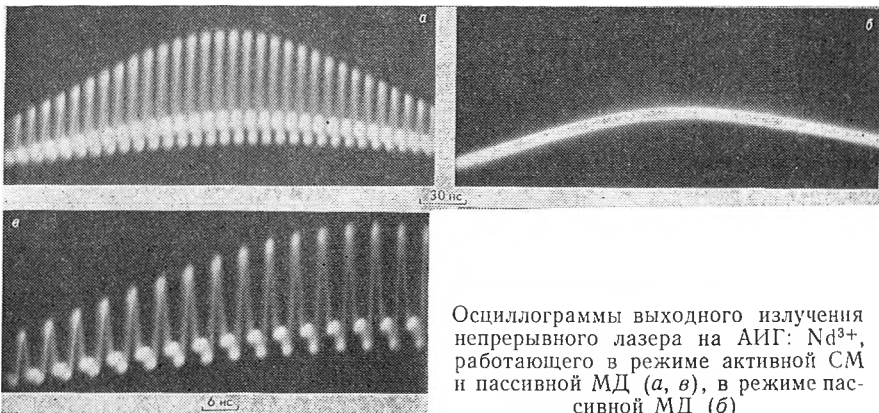
Экспериментальная установка собрана на базе промышленного квазинепрерывного лазера ЛТИ-502. Выходное зеркало лазера плоское, коэффициент пропускания 16 %; глухое зеркало с выпуклой отражающей поверхностью (радиус кривизны 400 мм и коэффициент пропускания ≤ 0,2 %). Активная синхронизация мод в исследуемом лазере осуществлялась при помощи акустооптического синхронизатора мод (АОСМ) МЛ-202 с дифракционной эффективностью 32 % на рабочей частоте ~76 МГц и подводимой мощности ~2 Вт. Управляющий синусоидальный сигнал на частоте межмодовых биений подавался на АОСМ с генератора стандартных сигналов (Г4-44) через усилитель мощности (УЗ-11). Селекция поперечных мод обеспечивалась внутррезонаторной диафрагмой диаметром 1,5 мм. Для сравнительной оценки характеристик выходного излучения режимов, помимо пассивных затворов для модуляции добротности, использовался также акустооптический затвор МЗ-301. Средняя мощность выходного излучения контролировалась измерителем мощности типа ИМО. Временная структура выходного излучения изучалась с помощью лавинного фотодиода ЛФД-2 и широкополосного осциллографа С1-75. Ширина полосы детектирующей системы ~250 МГц. В качестве НПК применялись кристаллы LiF:F₂⁻, полученные при окрашивании кристаллов LiF γ-излучением источника Со⁶⁰ дозой 5 · 10⁴ Кл/кг. Для управления параметрами выходного излучения использовались кристаллы LiF:F₂⁻ с коэффициентами начального пропускания на длине волны λ = 1,064 мкм 75, 82 и 96 % и потерями на отражение ~0,5 %.

Как видно из приведенных результатов (см. таблицу), использование НПК с начальным пропусканием 75—96 % приводит к генерации последовательности импульсов длительностью от 300 до 750 нс и периодом следования от 30 до 680 мкс в зависимости от плотности мощности излучения внутри резонатора. Наиболее устойчивый режим генерации наблюдался в случае НПК с начальным пропусканием 82 %. В этом слу-

Результаты экспериментов

Коэффициент начального пропускания, %	Ток накачки, А	$P_{\text{ср}}$, Вт режим МД	Период следования импульсов, мкс	Длительность импульсов, нс	$P_{\text{ср}}$, Вт, режим СМ (МЛ-202) и МД
75	32	0,2—0,4	400—200	300	0,35
НПК 82	30	0,2—0,8	680—200	400	0,75
96	28	1,6	30	750	1,5
МЗ-301	28	1,8	220	600	1,7

чае нестабильность амплитуды, длительности и периода следования импульсов при средней мощности выходного излучения $\sim 0,6$ Вт была $\sim 5\%$. С увеличением интенсивности излучения внутри резонатора наблюдалось уменьшение периода следования импульсов от 680 до 220 мкс. Длительность импульсов при этом оставалась постоянной (400 нс). Работа пассивного затвора в сочетании с акустооптическим модулятором добротности типа МЗ-301 с периодом следования 220 мкс приводила к сужению диапазона перестройки частоты следования импульсов, а стабильный режим генерации наблюдался только при определенных уровнях интенсивности излучения внутри резонатора лазера, что требовало дополнительной подстройки. В этом плане наибольший интерес представляет использование НПК $\text{LiF} : \text{F}_2^-$ (82 %) с акустооптическим синхронизатором мод (АОСМ) типа МЛ-202, осуществляющим внутрирезонаторную модуляцию потерь на частоте межмодовых биений. В этом случае наблюдается устойчивый режим СМ с МД, приводящий к генерации последовательности цугов сверхкоротких оптических импульсов. Временная структура излучения показана на рисунке. Зарегистрированная длительность одиночного импульса (~ 1 нс по полуширине) определялась шириной полосы детектирующей системы. При использовании кристалла $\text{LiF} : \text{F}_2^-$ стабильный режим СМ наблюдался при значительно меньшей мощности, подводимой к АОСМ (~ 6 раз), по сравнению с применением акустооптического затвора МЗ-301, что, видимо, свидетельствует о наличии у кристалла синхронизирующих свойств. Причем этот эффект наблюдался только у кристаллов, прошедших специальную термообработку, приводящую к отжигу F_2^- -центров с временем релаксации ~ 100 нс и возникновению в кристалле сложных ЦО с временем релаксации 0,5 нс, что подтверждалось прямыми измерениями времен релаксации образующихся центров окраски. Величина параметра δ , определяющего эффективность работы затвора [4] и рав-



Осциллограммы выходного излучения непрерывного лазера на АИГ: Nd^{3+} , работающего в режиме активной СМ и пассивной МД (а, в), в режиме пассивной МД (б)

ного отношению показателя поглощения НПК в просветленном состоянии к показателю начального поглощения на длине волны генерации 1,064 мкм, равна 0,5. Поэтому использование термообработанных кристаллов $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ в резонаторе АИГ: Nd^{3+} -лазера с непрерывной накачкой при равной мощности, подводимой к АОСМ, позволяет осуществить более полный режим синхронизации мод, чем с АОЗ (МЗ-301), что особенно важно при больших уровнях накачки активной среды.

Полученные результаты указывают на перспективность использования для управления временными и энергетическими характеристиками АИГ: Nd^{3+} -лазеров с непрерывной накачкой пассивных лазерных затворов на основе термообработанных кристаллов $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ в сочетании с активными устройствами модуляции лазерного излучения.

Список литературы

1. Головин А. Д., Лахно П. Р., Петров А. В., Созинов Б. П., Чураков В. П. // Тез. докл. IV Всесоюз. конферен. Оптика лазеров. Л., 1983. С. 128.
2. Майоров А. П., Макуха В. К., Смирнов В. А., Тарасов В. М. // ЖТФ. 1981. Т. 53. С. 2391.
3. Корниенко Л. С., Кравцов Н. В., Сидоров В. А., Сусов А. М., Яценко Ю. П. // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. № 11. С. 2369.
4. Бураков В. С., Кононов В. А., Корочкин Л. С., Михнов С. А., Хулугуров В. М., Хюппенен В. Н., Чепурной В. А., Шкадаревич А. П. // ЖПС. 1982. Т. 36. Вып. 3. С. 494.

Поступила в редакцию 02.09.86.

УДК 620.179.153

АХМЕД БАКР, А. Д. ЛЕВКОВИЧ, А. Н. ПЕРЦЕВ

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ НА БЕТА-СПЕКТР ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ ПОГЛОТИТЕЛЬ

Энергетические спектры позитронов и электронов (испускаемых при бета-распаде ^{22}Na и ^{208}Tl соответственно) демонстрируют свойство стабилизации, проходя слои поглотителя из бериллия, алюминия, никеля, слюды; положение наиболее вероятной энергии, средней энергии, относительной ширины слабо изменяется в широком диапазоне толщин поглотителя. Это свойство, видимо, носит общий характер и отражает особенности бета-спектров и взаимодействия бета-частиц с веществом. В данной работе рассматривается влияние ионизационных потерь на бета-спектр при прохождении через поглотитель.

Как известно [1], средние потери энергии на единицу пути описываются формулами:

для нерелятивистских энергий

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^2 NZ}{mv^2} \ln \frac{1,16 mv^2}{2I} = 0,306 \rho \frac{Z}{A} \beta^{-2} \ln \frac{1,16 E}{I}, \text{ МэВ/см}, \quad (1)$$

для релятивистской области

$$-\frac{dE}{dx} = 0,153 \rho \frac{Z}{A} \beta^{-2} \left[\ln \frac{E(E+mc^2)\beta^2}{2I^2 mc^2} + (1-\beta^2) - (2\sqrt{1-\beta^2} - 1 + \beta^2) \ln 2 + \frac{1}{8} (1 - \sqrt{1-\beta^2})^2 - \Delta \right], \text{ МэВ/см}, \quad (2)$$

где e — заряд электрона; N — число атомов в 1 см^3 ; ρ — плотность; A — атомный вес; Z — порядковый номер; I — средняя энергия возбуждения атомов; $\beta = \frac{v}{c}$; v — скорость электрона; c — скорость света; Δ — влияние поляризации среды.