

Сибирское отделение Российской Академии наук
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им.Г.И. Будкера

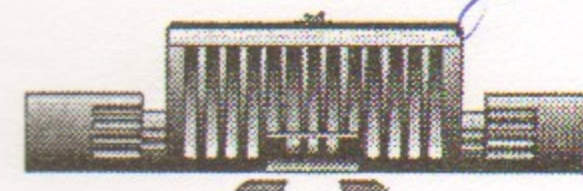
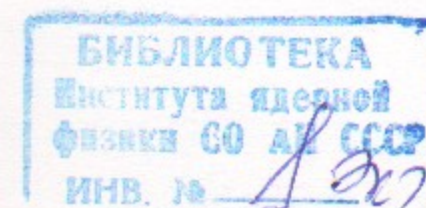
*А. ЧН
1999*

В.В. Анциферов, Е.В. Иванов

МОЩНЫЙ ОДНОЧАСТОТНЫЙ ЛАЗЕР
НА АЛЕКСАНДРИТЕ С ПАССИВНОЙ
МОДУЛЯЦИЕЙ ДОБРОТНОСТИ
ЗАТВОРАМИ НА КРИСТАЛЛАХ $F_3:LIF$,
С ПЛАВНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ
И СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ
ГЕНЕРАЦИИ

ИЯФ 99-40

<http://www.inp.nsk.su/publications>



НОВОСИБИРСК
1999

Сибирское отделение Российской Академии наук
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. Будкера

В.В. Анциферов, Е.В. Иванов

МОЩНЫЙ ОДНОЧАСТОТНЫЙ ЛАЗЕР
НА АЛЕКСАНДРИТЕ С ПАССИВНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ
ДОБРОТНОСТИ ЗАТВОРАМИ НА КРИСТАЛЛАХ $F_3^-:LiF$,
С ПЛАВНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ
И СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ГЕНЕРАЦИИ

ИЯФ 99-40

НОВОСИБИРСК

1999

**Мощный одночастотный лазер на александрите
с пассивной модуляцией добротности
затворами на кристаллах $F_3^-:LiF$,
с плавной перестройкой
и стабилизацией длины волны генерации**

В.В. Анциферов, Е.В. Иванов

Институт ядерной физики СО РАН,
630090, Новосибирск, Россия

Аннотация

Получена одночастотная генерация лазера на кристалле александрита с пассивной модуляцией добротности резонатора затвором на кристалле LiF с F_3^- -центрами окраски. Селекция и стабилизация длины волны излучения производилась интерференционно-поляризационным фильтром и сканирующим интерферометром Фабри-Перо с активной стабилизацией базы интерферометра по излучению одночастотного He-Ne-лазера. Длительность гигантского импульса излучения составила 110 нс, энергия излучения в импульсе — 80 мДж, ширина спектра генерации — $5 \cdot 10^{-4}$ нм и диапазон перестройки длины волны излучения — 710-780 нм.

**High power in a single stable frequency operation
of tunable a passive Q-switched alexandrite laser**

V. V. Antsiferov, E. V. Ivanov

Budker Institute of Nuclear Physics
630090, Novosibirsk, Russia

© Институт ядерной физики
им. Г.И. Будкера СО РАН, Россия

1 Введение

В лазерах на кристаллах александрита гигантские импульсы излучения были получены в режимах активной [1,2] и пассивной модуляции добротности резонатора [3-5]. В режиме активной модуляции добротности эффективность селекции продольных мод резко падает и получить одночастотную генерацию в обычных условиях не удается. В работе [3] пассивная модуляция добротности резонатора производилась затвором на кристалле $\text{Cr}^{4+}:\text{Y}_2\text{SiO}_2$, максимум полосы поглощения которого совпадает с максимумом усиления александрита. В режиме гигантского импульса длительностью 70 нс была получена энергия 20 мДж. Без селекции продольных мод плоского резонатора длиной 30 см ширина спектра генерации лазера на александрите в режиме Q-модуляции составила 2 нм.

Для пассивной модуляции добротности резонатора лазера на александрите в работе [4] нами был использован затвор на основе кристалла фтористого лития с термопреобразованными F_3^- -центрами окраски ($\text{LiF}:\text{F}_3^-$). Была получена узкополосная генерация с шириной спектра 10^{-3} нм, длительностью импульса 100 нс и перестройкой длины волны генерации в диапазоне 710 – 780 нм. Селекция продольных мод и перестройка длины волны излучения в лазере с плоскими зеркалами производилась с помощью дисперсионных призм и селектора-эталона Фабри-Перо. С аналогичными пассивными затворами в работе [5] были получены

гигантские импульсы излучения в лазере на александрите длительностью 180 нс, энергией 1.5 мДж и шириной спектра генерации $5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$. Селекция мод в лазере с полусферическим резонатором осуществлялась в режиме самоинжекции при использовании дополнительного пассивного резонатора, содержащего дифракционную решетку и эталон Фабри-Перо.

F_3^- -центры окраски в кристаллах LiF создаются при больших дозах γ -излучения ^{60}Co ($2 \cdot 10^8 \text{ Р}$) без специального охлаждения. При комнатной температуре они имеют две широкие полосы поглощения с максимумами на 710 и 800 нм. Воздействие мощного оптического излучения на коротковолновую полосу поглощения вызывает разрушение F_3^- -центров окраски. Они остаются стабильными при совпадении длины волны лазерного излучения с их длинноволновой полосой поглощения. Низкая термическая стойкость F_3^- -центров затрудняет их практическое использование в качестве модуляторов добротности лазерных резонаторов.

При термоотжиге кристаллов LiF с F_3^- -центрами при температуре 425 К образуются новые, термопреобразованные (ТП) F_3^- -центры окраски с широкой полосой поглощения с максимумом на длине волны 780 нм и с другой вибронной структурой [6], чем у обычных F_3^- -центров при охлаждении. Температура разрушения ТП F_3^- -центров на сто градусов превышает температуру термопреобразования F_3^- -центров (425 К), что свидетельствует о высокой термостойкости ТП F_3^- -центров. Контраст между оптической плотностью в начальном и просветленном состояниях у ТП F_3^- -центров составляет почти порядок. Достаточно высокие значения концентрации ТП F_3^- -центров в кристалле LiF и поперечного сечения поглощения обеспечивают значительный коэффициент поглощения $\sim 2.5 \text{ см}^{-1}$. Это позволяет использовать пассивные затворы на их основе небольшой толщины (3÷10 мм). ТП F_3^- -центры обладают высокой фотостойкостью. При облучении пассивного затвора лазерным излучением с плотностью мощности 100 МВт/см^2

на длине волны 800 нм не наблюдалось существенного изменения концентрации ТП-центров [6]. Однако, как и в случае обычных F_3^- -центров, ТП-центры разрушались под воздействием излучения лазера на рубине ($\lambda = 694 \text{ нм}$), что свидетельствует о наличии у них второй полосы поглощения в этой спектральной области, как и у F_3^- -центров.

2 Экспериментальная установка

Схема лазера на александрите приведена на рис.1. Использовался кристалл александрита (6) с размерами $\varnothing 5.5 \times 85 \text{ мм}$ и торцами, срезанными под углом Брюстера. Накачка александрита производилась лампой ИФП-800 при длительности импульса накачки 0.25 мс и температуре кристалла 70°C , которая поддерживалась термостатом, прокачивающим раствор красителя КН-120 и отсекающим УФ-излучение накачки короче 300 нм. Часть этого излучения накачки преобразовывалась красителем в синюю полосу поглощения александрита, увеличивая эффективность накачки [7]. Резонатор лазера был образован плоскими диэлектрическими зеркалами: глухим (2) ($R = 99.5\%$ на $\lambda = 750 \text{ нм}$) и выходным (8) ($T = 50\%$), напыленных на клиновидных подложках. Модуляция добротности резонатора производилась пассивным затвором (3) на кристалле LiF с термопреобразованными F_3^- -центрами. Продольные моды выделялись диафрагмой (7). Селекция и плавная перестройка длины волны генерации осуществлялась интерференционно-поляризационным фильтром (ИПФ) (4) толщиной 8 мм и сканирующим интерферометром Фабри-Перо (СКИФ) (5) с базой 3 мм, управление которыми производилось в автоматическом режиме электронным блоком (14).

Электронный блок (14) управлял шаговым двигателем, вращающим ИПФ вокруг своей оси с точностью до одной угловой минуты, юстировал зеркала СКИФа по углу двумя пьезокерамически-

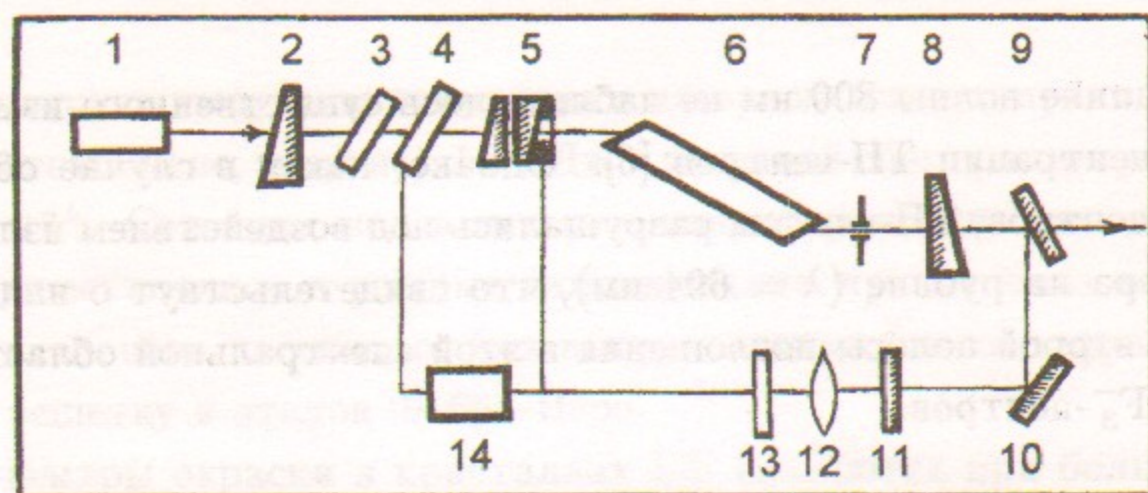


Рис. 1: Схема одночастотного перестраиваемого лазера на александрите с пассивной модуляцией добротности: 1 – He-Ne-лазер; 2,8 – зеркала резонатора, плотное и выходное, соответственно; 3 – пассивный затвор на кристалле LiF с ТП F_3^- -центрами окраски; 4 – интерференционно-поляризационный фильтр (ИПФ); 5 – сканирующий интерферометр Фабри-Перо (СКИФ); 6 – кристалл александрита $\varnothing 5.5 \times 80$ мм; 6 – диафрагма; 9,10 – плотные зеркала на $\lambda = 633$ нм; 11 – интерференционный фильтр на $\lambda = 633$ нм; 12 – длиннофокусный объектив; 13 – фотодиод с крестообразным фотокатодом; 14 – электронный блок управления СКИФом и ИПФ.

ми столбиками с точностью до одной угловой секунды и поддерживал с высокой точностью во времени базу СКИФа с помощью пьезокерамического кольца, на которое было наклеено одно из зеркал интерферометра, He-Ne-лазера (1) и цепочки обратной связи (9-13). Паразитная селекция продольных мод в резонаторе полностью устранялась: все оптические элементы в резонаторе имели небольшую клиновидность, элементы (3,4) были расположены под углом Брюстера, а оптическая ось СКИФа (5) отклонялась от оси резонатора на угол порядка одного градуса.

Регистрация спектра гигантского импульса излучения осуществлялась интерферометром Фабри-Перо с областью дисперсии 8 пм и фотоаппаратом типа "Зенит" с объективом МТО-1000. Контроль области перестройки длины волны генерации генерации производился при использовании спектрографа СТЭ-1. Временные ха-

рактеристики гигантского импульса исследовались с помощью коаксиального фотодиода ФК-09 и скоростного осциллографа И2-7. Энергия импульса генерации измерялась прибором ИМО-2.

3 Спектрально-временные и энергетические параметры генерации

Стабилизация длины волны генерации лазера на александрите и, соответственно, базы СКИФа производилась на длине волны одночастотного He-Ne-лазера, излучение которого проходило через резонатор лазера, СКИФ и с помощью двух зеркал (9,10) интерференционная картина от СКИФа проецировалась длиннофокусным объективом (12) на фотодиод (13), имеющим крестообразный фотокатод. При этом в перекрестии фотокатода фокусировалась малая часть дуги одного из интерференционных колец. Плавная перестройка длины волны генерации в пределах полосы пропускания ИПФ осуществлялась подачей стабилизированного напряжения на пьезокерамическое кольцо СКИФа от электронного блока (14). Широкополосная перестройка длины волны генерации лазера на александрите (рис.2,а) производилась с помощью электронного блока (14) синхронным поворотом ИПФ шаговым двигателем и плавным изменением базы СКИФа при подаче высокостабильного напряжения.

Одночастотная генерация лазера на александрите (рис.2,с) была получена в результате численной оптимизации на ЭВМ полосы пропускания ИПФ и области дисперсии СКИФа с учетом длины резонатора лазера и полосы поглощения пассивного затвора на длине волны 760 нм.

Лазерное излучение на этой длине волны использовалось нами [4] для двухфотонной спектроскопии пучка атомов гелия на переходе $2^3S \rightarrow 3^3D$. Пучково-лазерная диагностика позволяет локально

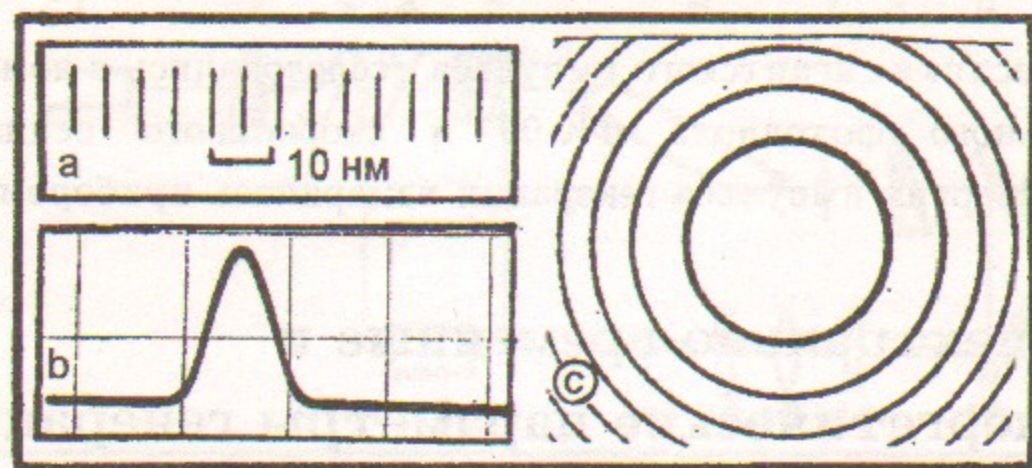


Рис. 2: Параметры генерации одночастотного перестраиваемого лазера на александрите с пассивной модуляцией добротности резонатора затвором на кристалле LiF:F_3^- : *a* – последовательность спектрограмм интегрального спектра излучения, полученная на спектрографе СТЭ-1, иллюстрирующая диапазон перестройки длины волны генерации; *b* – осциллограмма интенсивности излучения гигантского импульса излучения, масштаб 150 нс/дел; *c* – интерферограмма спектра импульса генерации, область дисперсии интерферометра Фабри-Перо – 8 нм

измерить магнитные поля и их пространственное распределение в высокотемпературной плазме с помощью эффекта Зеемана. Увеличение точности измерения достигается устранением доплеровского уширения спектральной линии излучения атомов пучка при использовании метода двухфотонной спектроскопии [8].

Длительность и энергия гигантского импульса лазера на александрите существенно зависели от коэффициента пропускания пассивного затвора и длины резонатора. Как показано нами [7] при больших энергиях накачки (≥ 500 Дж) увеличение длины плоского резонатора лазера на александрите с 0.4 до 1.5 м приводило к падению энергии генерации в четыре и более раз по мере роста энергии накачки. Поэтому в эксперименте длина плоского резонатора выбиралась минимально возможной (0.5 м), позволяющая установить все необходимые элементы дисперсионного резонатора. В отличие от затворов на F_2^- -центрах окраски, которые широко используют-

ся для пассивной модуляции добротности лазеров на ионах неодима (см. выше), пассивные затворы на F_3^- -центрах оказались очень критичными к величине коэффициента пропускания. Диапазон коэффициентов пропускания, с которыми можно было получить генерацию одного гигантского импульса за импульс накачки, был очень узким, что существенно затрудняло практическую работу с этими затворами. Для каждого уровня накачки необходимо было очень тщательно подбирать оптимальный коэффициент пропускания пассивного затвора. Для этого надо было иметь достаточно широкий набор таких пассивных затворов или переполнивать имеющиеся пассивные затворы. С коэффициентом пропускания пассивного затвора 65% длительность гигантского импульса составила порядка 110 нс (рис.2,б), а энергия – 80 мДж.

Литература

- [1] Samelson H., Walling J.C., Wernikowski T., Harter J. D. IEEE J. Quantum Electron, 1988, v.24, p.1141-1150.
- [2] Sam R. C. Proc. SPIE, 1989, v.1021, p.61-69.
- [3] Kuo Y.K., Birnbaum M. Appl. Phys. Lett., 1995, v.67, N2, p.173-175.
- [4] Анциферов В.В., Астафьев М.В. Препринт ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 1996, N96-53.
- [5] Тырышкин И.С., Иванов Н.А., Хулугуров В.М. Квант. электроника, 1998, т.25, N6, с.505-506.
- [6] Архангельская В.А. Полетимов А.Е. Оптика и спектр, 1984, т.57, N3, с.377-378.
- [7] Анциферов В.В., Алимпиев А.И., Иванов Е.В. ЖТФ, 1992, т.62, N3, с.9-17.
- [8] Василенко Л.С., Чеботаев В.П., Шишаев А.В. Письма ЖЭТФ, 1970, т.12, N10, с.161-164.

В.В. Анциферов, Е.В. Иванов

**Мощный одночастотный лазер на александрите
с пассивной модуляцией добротности
затворами на кристаллах $F_3^-:LiF$,
с плавной перестройкой
и стабилизацией длины волны генерации**

V.V. Antsiferov, E.V. Ivanov

**High power in a single stable frequency operation
of tunable a passive Q-switched alexandrite laser**

ИЯФ 99-40

Ответственный за выпуск А.М. Кудрявцев

Работа поступила 25.06. 1999 г.

Сдано в набор 25.06. 1999 г.

Подписано в печать 25.06. 1999 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 0.8 печ.л., 0.7 уч.-изд.л.

Тираж 120 экз. Бесплатно. Заказ № 40

Обработано на IBM PC и отпечатано на
роталпринте ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН

Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.