

УДК 621.373 : 535 (206.1)

© 1993

**ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ
ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОВ LiF С F_2^- - И F_2^+ -ЦЕНТРАМИ
ОКРАСКИ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

*Басиев Т. Т., Конюшкин В. А., Миров С. Б.,
Тер-Микиртычев В. В., Федоров В. В.*

Институт общей физики РАН, 117942, Москва, Россия

(Поступило в Редакцию 10 февраля 1993 г.)

Представлены результаты по оптимизации высокоэффективных перестраиваемых лазеров на основе кристаллов LiF с F_2^- - и F_2^+ -центрами окраски, работающих при комнатной температуре без принудительного охлаждения с высокой частотой повторения импульсов. Созданные лазеры на основе оптимизированных активных элементов продемонстрировали рекордные параметры генерации.

В последнее время был достигнут большой прогресс в разработке перестраиваемых лазеров на кристаллах с центрами окраски (ЦО), которые позволили существенно расширить возможности лазерной спектроскопии в ближнем ИК диапазоне оптического спектра [1]. Одним из наиболее распространенных лазерных кристаллов для получения перестраиваемой генерации при комнатной температуре являются кристаллы фторида лития с центрами окраски. Достоинствами данных активных сред является возможность использования в качестве накачки единого лазерного источника (излучения второй и первой гармоник неодимовых лазеров) и большая область перестройки длин волн (0.82—1.1 мкм для LiF- F_2^+ -лазера и 1.07—1.29 мкм для LiF- F_2^- -лазера), что делает их удобным инструментом для спектроскопических исследований. Вместе с достоинствами существует ряд принципиальных проблем, с которыми приходится сталкиваться при создании надежных лазеров на F_2^- -, F_2^+ -центрах окраски в LiF, работающих при комнатной температуре. Для F_2^+ ЦО — это низкая термостойкость и для F_2^- ЦО — это низкая концентрация и контраст между активным и паразитным поглощением на частотах накачки и генерации соответственно. В данной работе сообщаются результаты исследований, позволяющие получать рекордные параметры широкополосной и перестраиваемой генерации на этих ЦО.

Перестраиваемые LiF($F_2 \rightarrow F_2^+$) лазеры

В работе [2] авторами сообщалось о получении высоких параметров широкополосной генерации света F_2 и F_2^+ ЦО в результате оптимизации технологии изготовления активных элементов LiF($F_2 \rightarrow F_2^+$). В настоящей работе исследовались параметры перестраиваемых лазеров на основе этих активных сред.

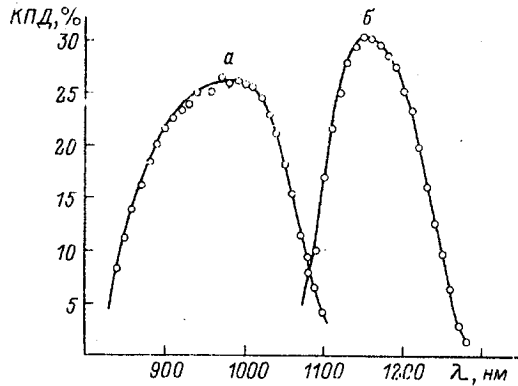


Рис. 1. Диапазоны перестройки лазеров $\text{LiF}(\text{F}_2 \rightarrow \text{F}_2^+)$ (а) и LiF-F_2^- (б).

Генерационные исследования проводились на разработанных нами активных элементах $\text{LiF}(\text{F}_2 \rightarrow \text{F}_2^+)$ в селективном резонаторе, образованном плоским входным зеркалом и дифракционной решеткой, работающей в автоколлимационном режиме в первом порядке дифракции. В результате удалось получить эффективную перестраиваемую в области $0.82\text{--}1.1$ мкм генерацию F_2^+ ЦО (рис. 1) с КПД преобразования (по подающей энергии) в максимуме перестроечной кривой $20\text{--}25\%$ и шириной спектра генерации $1.1\text{--}2.5$ см $^{-1}$. Применение резонатора с голографическим селектором полного внутреннего отражения (рис. 2) позволило сузить ширину линии генерации до 0.9 см $^{-1}$, при этом эффективность лазера в максимуме перестроечной кривой составила 15% . В результате проведенных исследований удалось повысить эффективность генерации в резонаторе с дифракционной решеткой более чем в 2 раза и в резонаторе с голографическим селектором в 2.5 раза по сравнению с результатами, полученными ранее [3].

Генерация на кристаллах LiF с F_2^+ стабильными ЦО

В работе [4] сообщалось о возможности получения кристаллов со стабильными F_2^+ -центрами окраски, что привело к созданию лазеров на основе данных активных элементов с накачкой излучением рубинового лазера или лазеров на основе органических красителей. Однако эти источники накачки имеют ряд недостатков, так, например, высокий порог генерации рубинового лазера приводит к сложности

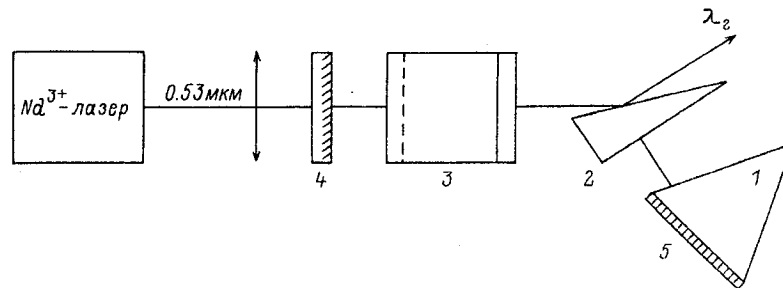


Рис. 2. Оптическая схема перестраиваемого $\text{LiF}(\text{F}_2 \rightarrow \text{F}_2^+)$ лазера с голографическим селектором полного внутреннего отражения. 1 — оптический клин, 2 — призма—телескоп, 3 — активный элемент $\text{LiF}(\text{F}_2 \rightarrow \text{F}_2^+)$, 4 — дихроичное зеркало $R_{0.8-1.1} = 100\%$, $R_{0.53} = 15\%$, 5 — голографическая решетка.

получения на нем генерации с высокой частотой следования импульсов. Использование в качестве источников накачки лазеров на красителях имеет ряд неудобств, связанных с фотостойкостью красителей и необходимостью их прокачки. Попытка накачивать кристаллы LiF-F_2^+ излучением второй гармоники YAG-Nd-лазера приводит к фотоионизации F_2 -центров окраски и последующим фотохимическим превращениям в канале накачки, приводящим к разрушению активных центров в канале генерации. В работе [5] показано, что граница фотоионизации F_2 ЦО находится на длине волны 580 нм. В настоящей работе исследовалась возможность создания полностью твердотельных лазерных систем на основе кристаллов LiF-F_2^+ , работающих с большой частотой повторения импульсов. В качестве лазера накачки нами было выбрано излучение второй гармоники LiF-F_2^- -лазера с $\lambda = 575$ нм, стабильно работающего при комнатной температуре с высокой частотой повторения импульсов. Резонатор лазера LiF-F_2^+ был образован двумя плоскопараллельными зеркалами с коэффициентами отражения на длине волны генерации 100 и 10% для входного и выходного зеркал соответственно. При энергии импульса возбуждения 1 мДж и плотности мощности накачки 30 МВт/см² КПД LiF-F_2^+ -лазера по падающей энергии составил 25%. При таком возбуждении не было обнаружено задержки в появлении генерации F_2^+ -центров окраски, связанной с ионизацией F_2 -центров, и обесцвечивания канала накачки. Таким образом, созданы полностью твердотельные лазерные стабильные системы, позволяющие получать эффективную генерацию на активных средах LiF-F_2^+ с высокой частотой повторения, работающие при комнатной температуре с эффективностью не хуже, чем с другими источниками накачки.

Перестраиваемые LiF-F_2^- -лазеры

Среди лазеров на центрах окраски, работающих при комнатной температуре, одним из наиболее распространенных является лазер на основе кристалла LiF с F_2^- -центрами окраски, накачиваемый излучением первой гармоники неодимового лазера. Подобные лазерные системы обладают достаточно большой областью перестройки 1.07—1.29 мкм, высоким КПД преобразования излучения накачки в генерацию F_2^- ЦО и повышенной термической и фотостойкостью. Основной трудностью при создании эффективных активных элементов является возникновение коллоидных центров в области люминесценции F_2^- ЦО. Другим фактором, ограничивающим эффективность работы LiF-F_2^- -лазера, является перекрытие полос поглощения F_2^- ЦО с полосами поглощения F_2 , N , F_3^- ЦО в области коротковолнового крыла F_2^- и люминесценции F_2^- ЦО в области длинноволнового крыла F_2^- . Нами были проведены исследования по оптимизации технологии изготовления активных элементов LiF-F_2^- .

В результате были получены кристаллы LiF с F_2^- ЦО, имеющие начальное поглощение на длине волны $\lambda = 1.064$ мкм $K = 0.72$ см⁻¹ и поглощение в максимуме спектра люминесценции ($\lambda = 1.15$ мкм) $K = 0.05$ см⁻¹ (рис. 3). Как видно из рис. 3, важной особенностью оптимизированных данных кристаллов является то, что поглощение на длине волны накачки 1.06 мкм вызвано в основном F_2^- ЦО (рис. 3). Эффективность лазерной генерации на этих активных элементах исследовалась в неселективном резонаторе, образованном плоскими зеркалами. Квазипродольная накачка осуществлялась излучением основной гармоники YAG-Nd-лазера, работающего в режиме модуляции добротности с длительностью импульсов генерации по полувысоте $\tau_n = 30$ нс, энергией в импульсе до 52 мДж и частотой следования импульсов 12.5 Гц. Диаметр пятна накачки перед падением

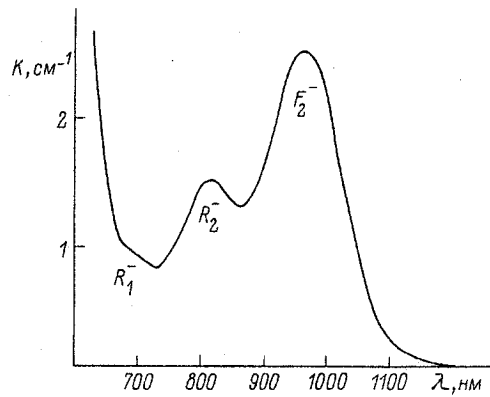


Рис. 3. Спектр поглощения активного элемента $\text{LiF}:\text{F}_2^-$.

на кристалл $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ равнялся 3 мм. Активный элемент из кристалла $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ длиной 40 мм был установлен под углом Брюстера к оси резонатора. На рис. 4 представлены зависимости КПД генерации $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ -лазера по падающей на кристалл энергии от энергии в импульсе лазера накачки для различных значений коэффициента отражения выходного зеркала. Из рисунка видно, что в области малых накачек с увеличением коэффициента отражения выходного зеркала происходит увеличение эффективности генерации в 1.5 раза. В случае больших накачек, где усиление значительно превосходит потери, оптимальным является зеркало с пропусканием $T = 80\%$, при этом значения эффективности лазера, где в качестве выходного использовались зеркала с различными коэффициентами отражения, близки. Максимальное значение КПД по падающей на кристалл энергии составляло 59.7% , по поглощенной — $62\text{--}70\%$, при энергии в импульсе накачки — 120 мДж. КПД такого лазера в селективном резонаторе, образованном плоским входным зеркалом и дифракционной решеткой, работающей в автоколлимационном режиме в первом порядке дифракции, составлял 30% в максимуме перестроенной кривой (рис. 1) с шириной спектра генерации 2 см^{-1} . Исследованные кристаллы $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ продемонстрировали рекордные значения КПД и позволяют создавать эффективные твердотельные лазерно-спектроскопические системы, работающие в ближнем ИК диапазоне спектра при комнатной температуре.

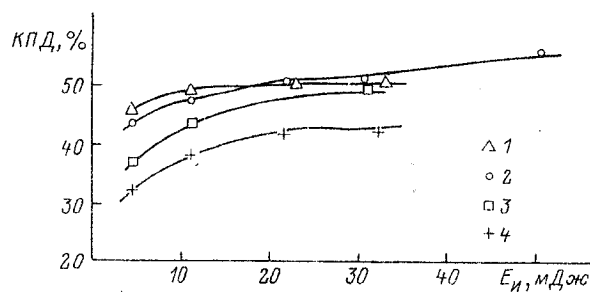


Рис. 4. Зависимость КПД генерации $\text{LiF}:\text{F}_2^-$ -лазера по падающей энергии от энергии в импульсе лазера накачки для различных значений пропускания выходного зеркала. $T_{1.15}, \%$: 1 — 65, 2 — 80, 3 — 88, 4 — вместо зеркала использовалась зеркальная подложка.

Список литературы

- [1] Basiev T. T., Mirov S. B., Osico V. V. // IEEE J. Quantum Electron. 1988. V. 24. N 6. P. 1052—1069.
- [2] Басиев Т. Т., Конюшкин В. А., Миров С. Б., Тер-Микиртычев В. В. // Квант. электрон. 1992. Т. 19. № 2. С. 145.
- [3] Басиев Т. Т., Воронько Ю. К., Кирпиченкова Е. О., Миров С. Б., Осико В. В., Соскин М. С., Тараненко В. Д. // Квант. электрон. 1981. Т. 8. № 2. С. 419—421.
- [4] Хулугуров В. М., Лобанов Б. Д. // Письма в ЖТФ. 1978. Т. 4. № 24. С. 1471—1474.
- [5] Басиев Т. Т., Воронько Ю. К., Миров С. Б., Осико В. В., Прохоров А. М. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1982. Т. 46. № 8. С. 1600—1609.