

The transformation of the spatially limited light beam intensity profile upon beam reflection from a nonlinear planar waveguide has been studied experimentally. When the optical bistability exists in the system the hysteresis of the intensity profile is shown to appear due to the generation and propagation of a switching wave in the waveguide slab. The hysteresis effect has been also found upon transmission of the switching wave through the nonilluminated portion of the waveguide slab.

Н. А. Иванов, Е. Д. Исянова, Ф. В. Карпушко, Б. Д. Лобанов, Н. Т. Максимова, А. М. Проворов, Н. А. Саскевич, Г. В. Синицын, В. М. Хулугуров, А. Г. Шнейдер, А. С. Ясюкевич

ЛАЗЕР С ЛАМПОВОЙ НАКАЧКОЙ НА КРИСТАЛЛЕ LiF СО СТАБИЛЬНЫМИ F_2^+ -ЦЕНТРАМИ ОКРАСКИ

Впервые излучением импульсных ламп возбуждена генерация в лазере на кристалле LiF со стабильными F_2^+ -центрами окраски. Для двух типов кристаллов, различающихся технологией выращивания и методом окрашивания, пороги генерации составили ~ 80 Дж, максимальные энергии импульса генерации ~ 10 мДж, длительности импульса 12 мкс; диапазоны перестройки длины волны были 0,89—1,03 и 0,90—0,99 мкм. После тысячи импульсов эффективность генерации практически не изменилась.

Ламповая накачка лазеров на кристаллах с центрами окраски (ЦО) технически проще, чем лазерная, и дает возможность получать импульсы генерации с гладким временным профилем длительностью в десятки и сотни микросекунд, что способствует развитию и использованию методов внутрирезонаторной лазерной спектроскопии [1] в новых областях спектра (ближний ИК диапазон).

Первыми из кристаллов с ЦО, на которых получена генерация при ламповой накачке, были $KCl-Li$, $RbCl-Li$ с F_A (II)-центрами и $KCl-Na$ с F_B (II)-центрами [2—4]. Они позволили получать при ламповой накачке когерентное излучение в диапазоне спектра 2,2—3,2 мкм [4], однако требовали охлаждения до температур ~ 100 К, обеспечивающих долговременную стабильность ЦО и высокий квантовый выход их люминесценции. В [5, 6] впервые

сообщено о ламповом возбуждении генерации в лазерах на кристаллах с ЦО при комнатной температуре. В качестве активных сред использовались радиационно-окрашенные кристаллы LiF с F_2^- -центрами, позволявшие плавно перестраивать длину волны генерируемого излучения от 1,10 до 1,23 мкм. Авторами [7] получена генерация при ламповом возбуждении фотонестойчивых F_2^- -центров в LiF. Недавно в [8] исследована генерация при ламповой накачке кристаллов LiF с F_2^+ -центрами, создаваемыми при облучении исходного кристалла LiF с F_2^- -центрами, излучением второй гармоники импульсно-периодического лазера на АИГ: Nd^{3+} [9]. Вследствие низкой термоустойчивости создаваемых таким методом F_2^+ -центров для надежной длительной работы лазера требуется охлаждение активного элемента до температуры $t \approx -20^\circ C$ [8, 10].

В настоящей работе впервые сообщается о ламповом возбуждении генерации в лазерах на кристаллах LiF со стабильными F_2^+ -центрами. Эксперименты выполнены в Институте физики АН БССР.

Использовались два типа кристаллов, различающихся технологией выращивания и методом радиационного окрашивания. Образцы типа I приготавливались методом, описанным в [11], а образцы типа II — методом, описанным в [12]. Спектры поглощения кристаллов приведены на рис. 1. Как видно из рис. 1, оба кристалла обладают поглощением в полосе усиления F_2^+ -центров.

Активные элементы накачивались в осветителе с шестью импульсными лампами ИМП-7/120. Энергия накачки достигала

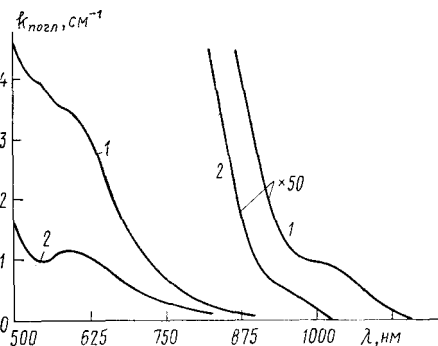


Рис. 1. Спектры поглощения кристаллов LiF со стабильными F_2^+ -ЦО типов I (1) и II (2)

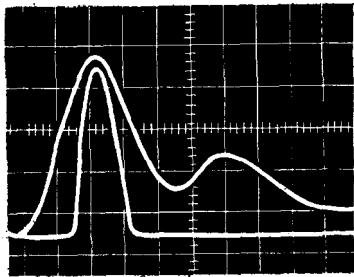


Рис. 2. Осциллограммы импульсов накачки (вверху) и генерации (внизу)

~1,5 кДж, длительность светового импульса накачки по основанию составляла ~60 мкс. Для предотвращения фотопревращений ЦО и уменьшения импульсного нагрева кристалла между ним и лампами размещены светофильтры, полностью поглощающие коротковолновое излучение ламп, не попадающее в полосу поглощения F_2^+ -центров. Лазер работал при комнатной температуре. Применялась принудительный обдув головки воздушным потоком.

В качестве глухих зеркал резонатора использовались сферические зеркала с радиусами кривизны 1 и 2,5 м и коэффициентом отражения $R > 99\%$ в спектральном диапазоне 0,89—1,02 мкм. Перестройка длины волны осуществлялась с помощью алюминиевой реплики дифракционной решетки 600 штрих/мм, устанавливавшейся по автоколлимационной схеме. При этом излучение из резонатора выводилось в нулевой порядок. Коэффициент автоколлимационного отражения реплики составлял 70% для $\lambda = 0,96$ мкм. Оптическая длина как недисперсионного, так и дисперсионного резонаторов была 48 см.

На рис. 2 приведены типичные осциллограммы импульсов накачки и генерации. Отметим отсутствие у импульса генерации пиков и пульсаций.

На рис. 3 показаны зависимости энергии импульса генерации E_g от отношения энергии импульса электрического разряда E_n к пороговой энергии E_n^p для образцов типа I размерами $3 \times 5 \times 76$ мм (1) и типа II размерами $7 \times 8 \times 24$ мм (2) в недисперсионных резонаторах. Среднеквадратические ошибки определения E_g и E_n/E_n^p не превышали соответственно 10 и 5%. Коэффициенты отражения выходных зеркал резонаторов выбирались из условия оптимальных полезных потерь и составляли 83% для образца 1 и 95% для образца 2. Хотя эти два активных элемента существенно различаются по спектрам поглощения и размерам, однако они оказались близкими по порогам (~600 Дж), максимальным энергиям и достигнутым длительностям (12 мкс по основанию) импульса генерации. Установлено, что для максимальной в этих экспериментах энергии электрического разряда увеличение поперечного размера образцов типа I сверх 3×5 мм

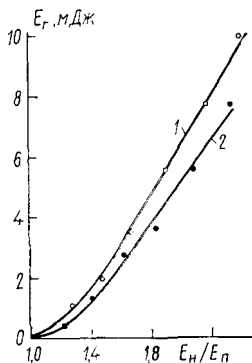


Рис. 3. Зависимость энергии генерации от отношения энергий накачки и пороговой

при одновременном сохранении их длины (76 мм) приводит лишь к незначительному увеличению выходной энергии. Этот факт определяется сравнительно высокой оптической плотностью образцов в полосе накачки (см. рис. 1). При увеличении поперечного сечения образцов типа II с 7×4 до 7×8 мм и сохранении их длины (24 мм) выходная энергия увеличилась в 2 раза (примерно с 4 до 8 мДж) практически без изменения пороговой энергии накачки. Следует поэтому ожидать существенного увеличения энергии импульса генерации для активных элементов из кристаллов типа II за счет дальнейшего увеличения их поперечного сечения, а также, естественно, за счет увеличения длины.

Перестроечные характеристики лазеров получены для активного элемента типа I размерами $3 \times 3 \times 76$ мм и составного активного элемента из двух образцов типа II размерами $3 \times 3 \times 24$ мм каждый. Во втором случае торцы одного из образцов съюстированы перпендикулярно оси резонатора, а второго — слегка разъюстированы. Энергия электрического разряда превышала пороговую для первого активного элемента в 2 раза, для второго — в 1,2 раза. Длина волны измерялась монохроматором ДМР-4 с точностью не хуже ± 5 нм. Диапазоны перестройки длины волны составили 0,89—1,03 и 0,90—0,99 мкм, максимумы перестроечных характеристик достигались при $\lambda = 0,96$ и 0,94 мкм соответственно. По результатам измерений ширина перестраиваемой линии излучения не превышает 3 нм. Полученные диапазоны перестройки длины волны заметно уже диапазона, достигаемого при лазерной накачке и составляющего по данным [13] 0,84—1,14 мкм. Дальнейшее превышение порога должно позволить приблизиться к границам этого диапазона.

В схеме недисперсионного резонатора были также измерены поляризационные характеристики генерируемого излучения. Для обоих типов кристаллов при энергиях накачки, не превышающих пороговых более чем на 10%, излучение линейно поляризовано. Однако при дальнейшем увеличении энергии накачки степень по-

ляризации быстро падает и стабилизируется на уровне 6—10 %. Преимущественное направление колебаний электрического вектора совпадает с одной из кристаллографических осей. При повороте активного элемента на 90° относительно оси резонатора оно поворачивается также на 90° . Полученный результат указывает на оптическую анизотропию исходных кристаллов. Для выяснения причин поляризационных эффектов необходимы дополнительные исследования.

В условиях воздушного охлаждения и следования импульсов накачки с интервалом 5—10 мин КПД в течение рабочего дня уменьшался на 20—30 %. Однако в отсутствие накачки КПД восстанавливался за время ≤ 3 ч. Этот факт указывает на то, что уменьшение КПД вызвано скорее всего нагревом кристалла. Концентрации же центров, поглощающих в полосах на-

качки и генерации, от импульса к импульсу не изменяются. При общем числе импульсов накачки, составившем к моменту подготовки настоящего сообщения ~ 1000 для кристаллов типа I и ~ 100 для кристаллов типа II, эффективность генерации практически не изменилась.

Укажем, что пороговые энергии накачки образцов типов I и II на установке, описанной в [8], составили ~ 80 Дж. Но поскольку энергия накачки на этой установке не превышает 100 Дж, то количественные измерения генерационных характеристик на ней не проводились. Следует ожидать, что дальнейшая оптимизация системы накачки, технологии приготовления кристаллов LiF со стабильными F_2^+ -центрами и размеров активных элементов из них позволит достичь уровня эффективности генерации при ламповой накачке, который характерен для лучших красителей.

1. Л. А. Пахомычева, Э. А. Свириденков, А. Ф. Сучков, Л. В. Титова, С. С. Чурилов. *Письма в ЖЭТФ*, 12, 60 (1970).
2. В. Fritz, E. Menke. *Solid State Comms*, 3, 61 (1965).
3. H. Welling, D. Wandt, G. Litfin. In: 4th Intern. Conf. on Lasers and their Applications. — Leipzig, GDR: CIOS, 1981, p. 92.
4. G. Litfin, D. Wandt, D. Huhn. *Optics Comms*, 48, 270 (1982).
5. Ф. В. Карпушко, В. М. Морозов, Г. В. Сеницын. Препринт ИФ АН БССР, Минск, 1983, № 316.
6. Ф. В. Карпушко, В. П. Морозов, Г. В. Сеницын. *Письма в ЖТФ*, 10, 267 (1984).
7. В. А. Врацкий, А. Н. Колеров, Е. Е. Кузьмина. *Квантовая электроника*, 11, 817 (1984).
8. Ф. В. Карпушко, Н. А. Саскевич, Г. В. Сеницын. Препринт ИФ АН БССР, Минск, 1985, № 385.
9. Т. Т. Басиев, Ю. К. Воронько, С. Б. Мирон, В. В. Осико, А. М. Прохоров. *Письма в ЖЭТФ*, 30, 661 (1979).
10. Н. А. Саскевич. Препринт ИФ АН БССР, Минск, 1985, № 372.
11. С. Г. Васильев, Н. В. Волкова, Е. Д. Исянова, Б. Д. Лобанов, Н. Т. Максимова, А. М. Проворов, П. А. Цирульник. Тез. докл. XI Всес. конф. по когерентной и нелинейной оптике. — Ереван: Изд-во ЕГУ, 1982, ч. 2, с. 861.
12. И. А. Парфианович, В. М. Хулугуров, Н. А. Иванов, А. А. Михаленко, В. А. Чепурной, А. П. Шкадаревич. Матер. IV Всес. конф. «Перестраиваемые по частоте лазеры». — Новосибирск: Изд. ИТФ, 1984, с. 98.
13. Б. Д. Лобанов, В. М. Хулугуров. *Письма в ЖТФ*, 4, 1471 (1978).

Институт физики АН БССР,
Минск

Поступило в редакцию
17 февраля 1986 г.

N. A. Ivanov, E. D. Isyanova, F. V. Karpushko, B. D. Lobanov, N. T. Maksimova, A. M. Provorov, N. A. Saskevich, G. V. Sinitsyn, M. Khulugurov, A. G. Schneider, A. S. Yasyukevich.
A Flashlamp-Pumped LiF Crystal Laser With Stable F_2^+ Color Centers.

The stimulated emission from a LiF crystal laser with stable F_2^+ color centers has been excited for the first time by the flashlamp radiation. For two types of crystals which differ in the growth technology and in coloring method the lasing thresholds amounted to ~ 80 J, the maximal lasing pulse energies were as high as ~ 10 mJ, pulse durations were 12 μ s, wavelength tuning ranges were 0.89—1.03 and 0.9—0.99 μ m. After thousand pulses the lasing efficiency did not practically change.