

## БЕСПИЧКОВЫЙ РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА НА КРИСТАЛЛАХ $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$

М. И. Джибладзе, Е. М. Золотсв, Т. М. Мурина,  
А. М. Прохоров

Настоящая работа посвящена исследованию возможностей получения беспичкового режима генерации лазера на кристаллах  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  при селекции типов колебаний.

В работах<sup>1,2</sup> было показано, что при генерации лазера на кристаллах  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  в одномодовом режиме излучение имеет пичковый характер, который не связан ни с изменением частоты генерации из-за нагрева кристалла, ни с нестабильностью ламп накачки. Причины пичковой генерации в случае одной моды пока остаются неясными, однако в работе<sup>3</sup> авторы связывают пичковый характер генерации с образованием в кристаллах под действием света ламп накачки поглощающих  $f$ -центров. Чтобы проверить правильность этой гипотезы для кристаллов  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  мы исследовали временные характеристики одних и тех же кристаллов при накачке как газоразрядными лампами, так и светом рубинового лазера<sup>4</sup>. Исследуемые образцы имели форму пластин длиной 15 мм, толщиной 2 мм (торцы плоские). Рубиновый лазер генерировал гладкий беспичковый импульс длительностью  $\sim 0,5$  мсек (что примерно совпадало со временем горения импульсных ламп). Максимальная плотность мощности накачки от рубинового лазера составляла 5 квт/см<sup>2</sup>. При такой плотности мощности монохроматического излучения в красной области возникновение  $f$ -центров маловероятно. Наши опыты показали, что для различных уровней

накачки и разных размеров зеркал картины генерации кристаллов  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  одинаковы при накачке рубиновым лазером и газоразрядной лампой (ИФП-800). Отсюда мы заключили, что при накачке газоразрядными ксеноновыми лампами поглощающие  $f$ -центры в  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  вероятно не образуются.

Далее эксперименты проводились только с использованием ламп. Мы исследовали временные характеристики генерации  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  в зависимости от степени селекции по поперечным модам, от длины резонатора, от мощности накачки. Использовались кристаллы  $\text{CaF}_2$  с примесью диспрозия (0,1%). Серебряные зеркала (с коэффициентом отражения ~98% и 100%) диаметром 0,2 + 2 мм наносились на плоские торцы кристаллов. Образцы имели длину 15, 30, 40 и 80 мм. Излучение лазера  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  фиксировалось с помощью фотодиода  $\text{InSb}$  на осциллографе С1-29.

### Результаты измерений.

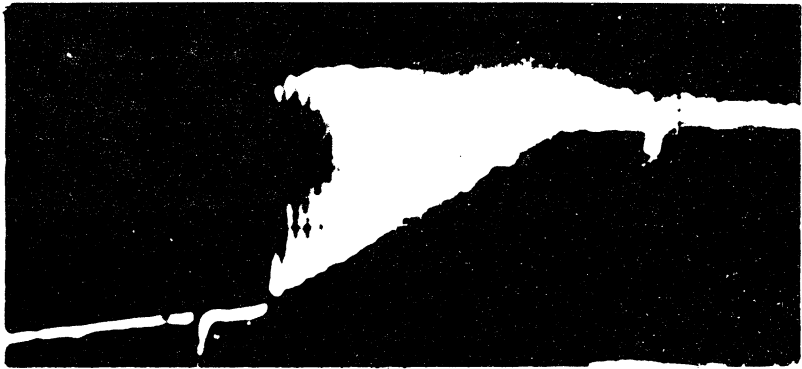
Ширина линии люминесценции лазерного перехода в  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  составляет ~0,25 - 0,3  $\text{см}^{-1}$ , поэтому в образцах длиной <40 мм условия генерации практически выполняются для одной продольной моды. Селекция мод по поперечным индексам осуществлялась уменьшением размеров зеркал. Мы наблюдали генерацию  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  при различных диаметрах зеркал и различных уровнях накачки (длина резонатора 15 мм). Рассмотрение временных характеристик генерации показало, что при размерах зеркал 2 мм и больше при всех уровнях накачки наблюдаются хаотические пички. При малых накачках имеют место отдельные пички, при больших накачках появляется постоянная составляющая генерации. Если уменьшать зеркала до размеров ~1 мм, то у порога появляются хаотические пички. С увеличением накачки сначала появляется регулярность в следовании пичков, затем возникает переходный процесс, переходящий в нерегулярные биеения или хаотические пич-

ки с постоянной составляющей. С уменьшением размеров зеркал до 0,4 мм мы наблюдали следующие временные характеристики. Около порога имели место хаотические пички. С повышением энергии накачки пички становились регулярными, при двухкратном превышении энергии накачки над порогом наблюдался переходный процесс с выходом на стационарный режим (рис. 1а). Время затухания переходного процесса укорачивалось с увеличением накачки. При размерах зеркал меньше 0,4 мм (длина резонатора 15 мм) генерация, как правило, срывалась.

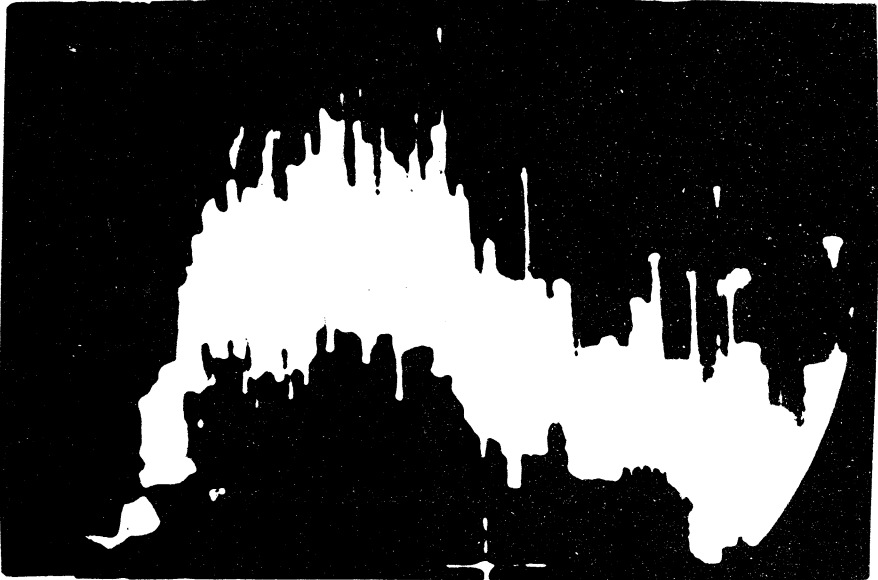
Переход колебаний в беспичковую генерацию происходит наиболее вероятно в многомодовом режиме. Это подтверждают исследования расходимости излучения генерации лазера: при накачке, превышающей пороговую не более, чем на 10%, расходимость излучения  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  примерно втрое превышала дифракционную. При энергии накачки в 2-3 раза выше пороговой расходимость луча превосходила дифракционную примерно в 4-5 раз. Исходя из оценённых углов расходимости, учитывая большую разницу в потерях неаксиальных мод, отличающихся по угловому индексу на единицу, можно сказать, что число мод не превышало десяти.

Переходный процесс генерации с выходом на стационарный беспичковый режим (при селекции угловых мод) наблюдался только при сравнительно малых длинах резонатора. Проведённые нами эксперименты показали, что существует минимальное значение энергии накачки, ниже которого стационарный режим не наблюдается. Это минимальное значение увеличивалось со 100 до 350 джоулей при изменении длины кристалла с 15 до 40 мм. При длинах кристаллов  $\sim 80$  мм стационарного режима получить не удалось даже при накачках около 800 джоулей (длительность импульса накачки  $\sim 0,4$  мсек). Если рассмотреть временные характеристики лазера  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$ , соответствующие одному значению числа Френеля ( $F \sim 1$ ), при одной и той же накачке, то с увеличением длины кристалла (от 15 до

a



б



Р и с. 1. Генерация кристалла  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  при возбуждении импульсной ксеноновой лампой ИФП-800. Размер зеркал: а - 0,4 мм, б - 0,2 мм. Длина резонатора: а - 15 мм, б - 80 мм. Энергия накачки: а - 300 дж, б - 350 дж. Развёртка: а - 5 мксек/дел, б - 20 мксек/дел.

80 мм) наблюдается переход от стационарного режима (рис. 1а) к хаотическому пичковому (рис. 1б). Заметим, что при малых превышениях над порогом ( $\leq 2$ ) в кристаллах длиной 80 мм наблюдались пакеты пичков, исследованные в работах<sup>1,2</sup>.

### Обсуждение результатов.

Возникновение переходного процесса генерации с выходом на стационарный режим в многомодовом резонаторе, как следует из литературы<sup>5,6,7</sup>, может быть обусловлено сильной связью многих типов колебаний за счёт пространственного и частотного перекрытия.

В наших экспериментах беспичковый режим в плоскопараллельном резонаторе наблюдался при малых диаметрах ( $\sim 0,4$  мм) зеркал, когда число Френеля  $F \leq 1$ .

В этом случае дифракционные потери были велики и добротность резонатора на 2-3 порядка меньше, чем в резонаторах с большими зеркалами; следовательно, происходило перекрытие поперечных мод по частоте.

Пространственная связь между модами, по-видимому, осуществлялась за счёт дифракции волн при отражении от зеркал, поэтому стационарный беспичковый режим наблюдался только в коротких кристаллах ( $l \leq 4$ ), где эта связь больше<sup>8</sup>.

Таким образом, в  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  при относительно высоких уровнях накачки в оптическом резонаторе с малыми диаметрами плоских зеркал при небольшой длине его можно получить переходный процесс генерации с выходом на стационарный беспичковый режим.

Кроме того в работе показано, что при накачке газоразрядными ксеноновыми лампами поглощающие  $f$ -центры в  $\text{CaF}_2 : \text{Dy}^{2+}$  не образуются.

Поступила в редакцию  
9 февраля 1970 г.

## Л и т е р а т у р а

1. Джибладзе М. И., Мурина Т. М., Прохоров А. М., ДАН СССР, 182, 1084 (1968).
2. Джибладзе М. И., Мурина Т. М., Прохоров А. М., Опт. и спектр., 27, 464 (1969).
3. Бужинский И. М., Егорова А. Е., Любимов В. В., Тойметов Б. И. Оптико-механ. промышленность., №11, 77 (1968).
4. Зологов Е. М., Прохоров А. М., Шипуло Г. П., ЖЭТФ, 49, 720 (1965).
5. Gürs K., Zs. angew. Math. Phys., 16, 49 (1965).
6. Snitzer E. Proc. IEEE., 54, 24 (1966).
7. Wieder R. J. Appl. Phys. 37, 615 (1965).
8. Lotsch H.K. Phys. Letters, A26, 323 (1968).