

## КИНЕТИКА СПЕКТРОВ СВОБОДНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОКГ НА ТВЕРДОМ ТЕЛЕ В РЕЖИМЕ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ ПРИ ИСКЛЮЧЕНИИ ДИСКРИМИНАЦИИ МОД

*В.И.Малышев, А.С.Маркин, А.А.Сычев*

Кинетика спектра свободной генерации ОКГ на твердом теле помимо релаксационных процессов в активной среде может в значительной степени определяться пространственной неоднородностью поля в резонаторе [1], а также паразитной селекцией мод на элементах резонатора [2, 3]. Исключение этих "маскирующих" факторов позволило в настоящей работе наблюдать в чистом виде кинетику спектров ОКГ на рубине и неодимовом стекле. В ОКГ на рубине при всех накачках, а в ОКГ на неодимовом стекле при малых накачках в процессе генерации впервые наблюдался быстрый переход от многомодового к одномодовому режиму генерации. При больших же энергиях накачки в ОКГ на неодимовом стекле вместо перехода к одномодовому режиму наблюдается резкое увеличение ширины спектра, что, по-видимому, связано с неоднородным характером уширения линии люминесценции неодима. Следует отметить, что в работе [4], посвященной исследованию спектра излучения ОКГ с бегущей волной на неодимовом стекле ширина спектра в процессе генерации не изменялась во всем диапазоне рабочих накачек и составляла  $0,1 + 0,2 \text{ см}^{-1}$ , (что равно  $\approx 15 + 30$  модам), т.е. генерация была многомодовой. Полученные в нашей работе результаты представляют большой интерес для изучения релаксационных процессов в активной среде, определяющих кинетику спектра генерации.

Устранение влияния пространственной неоднородности поля излучения достигалось применением режима бегущей волны. Схема резона-

тора показана на рис. 1. Для исключения возможной селекции мод эрба резонатора с  $R_1 \approx 1,0$ ,  $R_2 \approx 0,5$ ,  $R_3 \approx 0,8$  и  $R_4 \approx 1,0$  наносились на клиновидные подложки, а активные стержни АС (рубиновый стержень с размерами  $\phi 15 \times 120 \text{ мм}^2$  и стержень из КГСС-7 с размерами  $\phi 10 \times 130 \text{ мм}^2$ ) имели плоскопараллельные торцы, срезанные под уг-

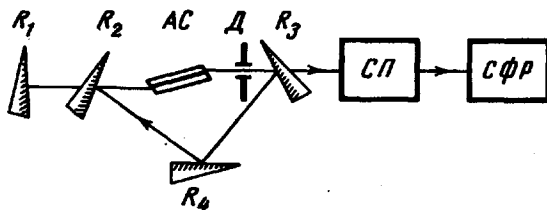


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

лом Брюстера к оси резонатора. Оптическая длина резонатора составляла  $L \approx 180 \text{ см}$ . С целью исключения эффектов, связанных с изменением поперечных индексов возбуждающих мод во время генерации, в резонатор вставлялась диафрагма Д диаметром  $\sim 2 \text{ мм}$ . Излучение ОКГ через соответствующий спектральный прибор СП проектировалось на входную щель скоростного фоторегистратора СФР, работающего в режиме щелевой развертки. В качестве СП для ОКГ на рубине применялся набор интерферометров Фабри – Перо с расстояниями между пластинами  $t_{\text{ФП}} = 1 + 50 \text{ мм}$ . Для ОКГ на неодимовом стекле использовался дифракционный спектрограф с дисперсией  $d\lambda/dl \approx 2,5 \text{ \AA/мм}$  и разрешением  $\sim 0,2 \text{ см}^{-1}$ , а также набор интерферометров с  $t_{\text{ФП}} = 1 + 50 \text{ мм}$ .

На рис. 2 представлены временные развертки спектра свободной генерации в режиме бегущей волны ОКГ на рубине и неодимовом стекле. Ширина спектра первого пика для ОКГ на рубине составляет  $\Delta\nu_1 \approx 0,2 \text{ см}^{-1}$ , а для ОКГ на неодимовом стекле —  $\Delta\nu_1 \approx 6 \text{ см}^{-1}$ , причем эти значения почти не зависят от энергии накачки  $W$ . В случае ОКГ на рубине во всем диапазоне накачек (до  $W \lesssim 2,5W_{\text{пор}}$ , где  $W_{\text{пор}}$  — пороговое значение энергии накачки) наблюдается быстрое (за 3 + 4 пика) сужение спектра до одной моды ( $\Delta\nu \lesssim 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ ), так что в большинстве пиков имеет место одномодовый режим. Однако, при переходе от пика к пичку происходит монотонное смещение частоты генерации на величину, согласующуюся с температурным смещением максимума линии люминесценции рубина (рис. 2, а), в отличие от более сложного поведения спектра ОКГ в режиме стоячих волн, где,

как было показано нами в [3], проявляется эффект неоднородного пространственного выгорания инверсной населенности. Наблюдаемая кинетика спектра ОКГ на рубине в режиме бегущей волны находится в хорошем согласии с теоретической моделью [5], предсказывающей для ОКГ с однородно-уширенной линией люминесценции одномодовый режим генерации при достаточном удалении от первого пика.

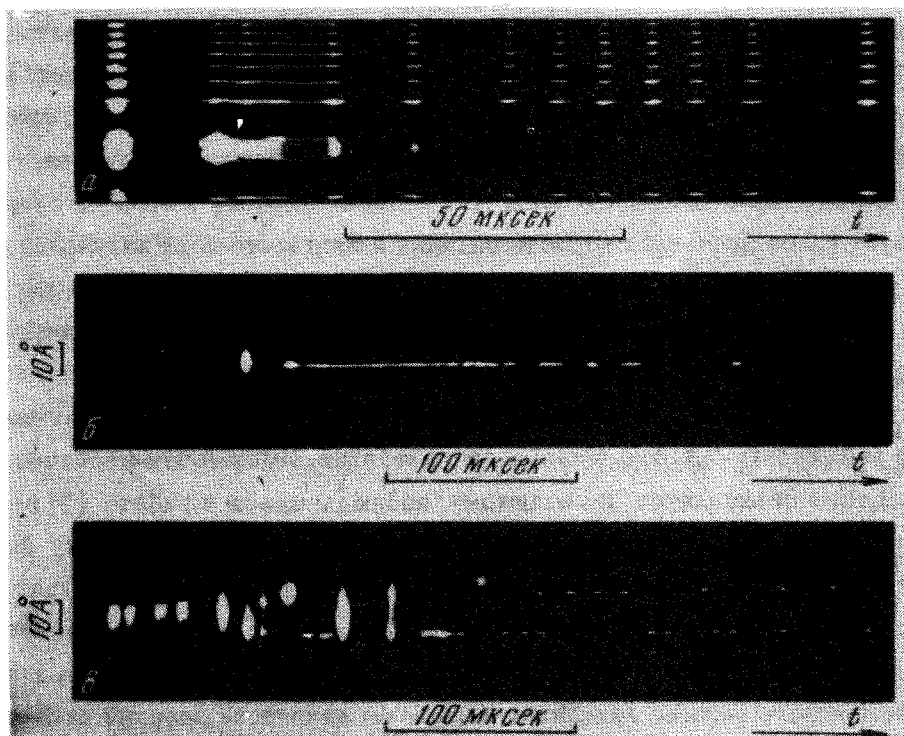


Рис. 2. Временные развертки спектра свободной генерации ОКГ в режиме бегущей волны: а – ОКГ на рубине,  $W = 2W_{\text{пор}}$ ,  $f_{\text{ФП}} = 6 \text{ мк}$ ; б – ОКГ на неодимовом стекле,  $W = 1,3W_{\text{пор}}$ ; в – ОКГ на неодимовом стекле,  $W = 2,5W_{\text{пор}}$ . Отношение интенсивностей прямой и обратной волн не менее 50

Поведение спектра ОКГ на неодимовом стекле при малых накачках ( $W_{\text{пор}} \leq W \leq 1,5W_{\text{пор}}$ ) очень близко (рис. 2, б) к тому, которое наблюдалось для ОКГ на рубине. В этом случае также происходит быстрое (за 5 + 7 пиков) уменьшение ширины спектра до одной моды с  $\Delta\nu \lesssim 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ , причем имеет место монотонное уменьшение частоты генерации из-за температурного сдвига линии люминесценции. При превышении некоторого определенного значения энергии накачки  $W_{\text{опр}}$  (в нашем случае  $W_{\text{опр}} \approx 1,7W_{\text{пор}}$ ) характер кинетики спектра ОКГ на неодимовом стекле резко меняется – спустя несколько пиков после

начала генерации происходит расширение спектра до значений  $\Delta\nu \approx 20 \text{ см}^{-1}$  (рис. 2, в), а затем в центре поддается провал.

Такое резкое различие в кинетике спектра ОКГ на неодимовом стекле при различных скоростях накачек связано, по-видимому, с тем обстоятельством, что поведение спектра ОКГ с неоднородно-уширенной линией люминесценции определяется соотношениями между тремя параметрами: скоростью обмена энергией возбуждения между различными ионами (миграция), скоростью накачки и интенсивностью поля излучения [6]. При малых скоростях накачки миграция энергии приводит к тому, что контур линии усиления не деформируется, линия ведет себя как однородно-уширенная, и в согласии с [5] наблюдается сужение спектра. Однако для определенного значения скорости миграции существует такое значение скорости накачки и плотности поля излучения, когда контур линии усиления деформируется и возможно расширение спектра. При уменьшении же скорости миграции в неодимовом стекле это критическое значение скорости накачки может приблизиться к пороговому и тогда почти во всем диапазоне накачек должно иметь место расширение спектра в процессе генерации. Именно этим обстоятельством объясняется, по-видимому, наблюдавшееся в работе [7] расширение спектра ОКГ на неодимовом стекле при  $4,2^\circ\text{K}$ , поскольку скорость миграции энергии в неодимовом стекле при этих температурах существенно понижается. С этой точки зрения использование материалов с высокой скоростью миграции позволяет надеяться на получение одномодового режима генерации в большом диапазоне энергий накачек.

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
4 октября 1968 г.

#### Литература

- [1] Т.И.Кузнецова, С.Г.Раутиан. ФТТ, 5, 2105, 1963.
- [2] В.И.Малышев, А.С.Маркин, А.А.Сычев. ЖПС, 7, 662, 1967.
- [3] В.И.Малышев, А.С.Маркин, А.А.Сычев. ЖТФ, 39, 334, 1969.
- [4] А.М.Бонч-Бруевич, В.Ю.Петрунькин, Н.А.Есепкина и др. ЖТФ, 37, 2031, 1967.
- [5] C. L. Tang, H. Statz, G. A. de Mars, D. T. Wilson. Phys. Rev., 136, 1A, 1964.
- [6] В.Д.Кацубанов, Ю.В.Набойкин, А.М.Ратнер, И.А.Ром-Кричевская, ЖЭТФ, 53, 807, 1967.
- [7] М.Н.Толстой, В.Н.Шаповалов. Оптика и спектроскопия, 23, 648, 1967.