

системах, где необходимо исключить обратное влияние отраженной волны. Кроме того, такая система может быть применена для измерения разности фаз [3], а также расстояний между модуляторами. При этом максимальная точность фиксации расстояния достигается при  $L = m \frac{\lambda}{2}$ . В этих точках изменение разности фаз  $\varphi$  на  $\pi$  не изменяет интенсивности прошедшего света.

Балансный метод регистрации интенсивностей позволяет уменьшить влияние нестабильностей источника света и модуляторов. Точность измерения расстояний по точке равенства интенсивностей при изменении фазы  $\varphi$  на  $\pi$  значительно выше, чем в обычно применяемом методе фиксирования минимума интенсивности.

Фазовая невязанность исследовалась в интерферометре Саньяка [4]. При помещении в интерферометр невязанного элемента один из двух лучей не меняется, а другой приобретает дополнительный набег фазы, равный  $\Gamma_{\Sigma}$ . В результате картина на выходе интерферометра меняется с частотой модуляции. Измерения с интерферометром позволили оценить дополнительный фазовый сдвиг, созданный невязанным элементом. Он оказался равным  $\Gamma_{\Sigma_0} = 0,74$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Boot H., King P., Shersby-Harvie R. Electronics letters, 5, No. 15, 347, 1969.
2. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. М., «Наука», 1970.
3. Просин В. В. «Радиотехника и электроника», № 2, 2191, 1968.
4. Дитчберн Р. Физическая оптика. М., ИЛ, 1965.

Поступила в редакцию  
25.1 1971 г.

Кафедра  
физики колебаний

УДК 621.378.325

Н. В. КРАВЦОВ, Ю. П. ЯЦЕНКО

### ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРА НА СТЕКЛЕ С НЕОДИМОМ ПРИ БОЛЬШОЙ ДЛИНЕ РЕЗОНАТОРА

Увеличение эффективной длины оптического резонатора ОКГ может привести к возникновению существенных изменений кинетического режима генерации [1]. Так, при больших длинах резонатора наблюдается изменение в кинетике генерации, поскольку, вследствие уменьшения частоты межмодовых биений  $\Omega = \frac{\pi c}{L}$  ( $L$  — длина

резонатора), с ростом длины  $L$  увеличивается глубина модуляции инверсной населенности на частоте  $\Omega$ . Это приводит к усилению связи между модами. За счет такой сильной связи происходит упорядочение кинетических режимов и появляется эффект самосинхронизации мод. В работе [2] было проведено исследование рубинового ОКГ с линией задержки внутри резонатора. В данной работе приводятся некоторые характеристики ОКГ на стекле с неодимом с большой длиной резонатора. Интерес к неодимовому лазеру вызван тем, что время жизни на метастабильном уровне для  $Nd^{3+}$ , как известно, составляет  $5 \cdot 10^{-4}$  сек, т. е. на порядок меньше, чем у рубина ( $\sim 3 \cdot 10^{-3}$  сек). В связи с этим перечисленные выше эффекты будут наблюдаться при относительно меньших длинах резонатора, чем в случае рубина, и с увеличением длины проявятся сильнее.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1. В качестве активного элемента (1) использовался стеклянный стержень, активированный  $Nd^{3+}$ , длиной 34 мм диаметром 5 мм. Торцевые поверхности его для исключения дискриминации мод были просветлены. В качестве лампы накачки (2) использовалась ксеноновая лампа-вспышка типа ИФП-1000. Резонатор лазера состоит из двух плоских зеркал (6, 7) с диэлектрическим покрытием, коэффициенты отражения которых 98 и 70 соответственно. Линия задержки (5) образована двумя сферическими зеркалами с радиусом кривизны  $R_1 = R_2 = 5$  м, диаметр зеркала 80 мм. Расстояние между зеркалами задержки 2—3 м. Для ввода и вывода лучей в обоих зеркалах имелись отверстия диаметром 2,8 мм.

Для измерения временных характеристик использовался фотоумножитель ФЭУ=28·(8), выходной сигнал которого подавался на один из входов импульсного двухлучевого осциллографа ОК=17 М (9). На второй вход осциллографа в качестве меток подавался синусоидальный сигнал от генератора ГЗ—7А (10).

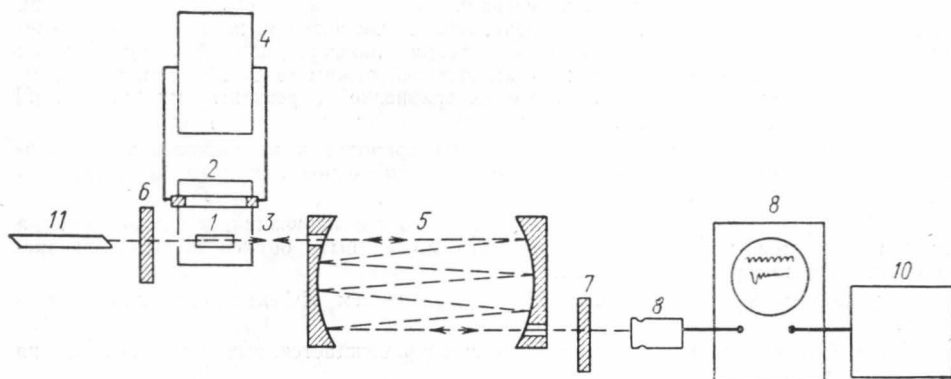


Рис. 1

На рис. 2 представлены осциллограммы излучения неодимового лазера при эффективных длинах резонатора  $L$  3,7 и 17 м. Осциллограммы сняты при двукратном превышении порога. При малых длинах резонатора излучение носит беспорядочный характер (рис. 2, а). По мере увеличения длины резонатора режим генерации становится более упорядоченным. При  $L=7$  м (рис. 2, б) режим уже полностью регуляр-

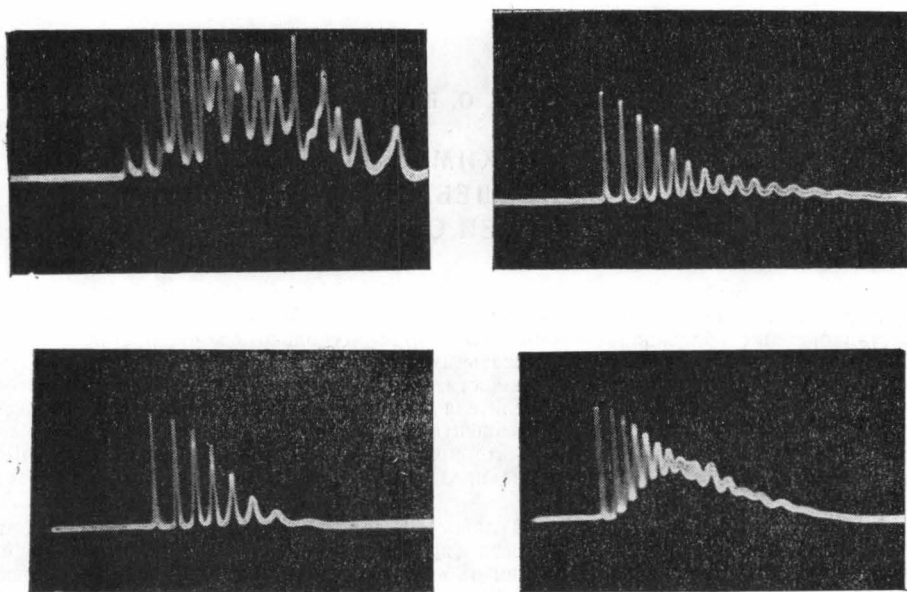


Рис. 2

ный, что говорит об однородном «выжигании» инверсной населенности при такой длине резонатора. При дальнейшем увеличении  $L$  (17 см) (см. рис. 2, в) регулярность колебаний сохраняется, но ширина пиков и интервалы между ними увеличиваются с ростом длины резонатора. При длине  $L=7$  м, например, ширина пиков, из-

меренная на полувысоте, равна  $\delta t = 0,5 \cdot 10^{-5}$  сек, а расстояние между ними  $\Delta t = 2 \cdot 10^{-5}$  сек; при  $L = 17$  м имеем  $\delta t = 0,8 \cdot 10^{-5}$  сек и  $\Delta t = 3 \cdot 10^{-5}$  сек.

Амплитуда пиков, как и следовало ожидать в случае правильного кинетического режима, плавно затухает при переходе от пика к пику; причем скорость затухания увеличивается с увеличением  $L$ .

Был также исследован характер генерации от величины превышения порога при одинаковой длине резонатора. Установлено, что с увеличением накачки период следования пиков уменьшается. Увеличение уровня накачки при больших длинах ( $L \geq 7$  м) сопровождается выходом на стационарный режим генерации (см. рис. 2, з). Анализ полученных результатов, а также их сравнение с результатами работы [2] позволяет сделать такие выводы.

Увеличение эффективной длины резонатора приводит к возникновению регулярного пикового режима как в случае однородно уширенной линии (рубин), так и в случае неоднородно уширенной линии люминесценции.

Длина резонатора, при которой имеет место регуляризация, в случае ОКГ на стекле меньше, чем для ОКГ на рубине, что может быть объяснено меньшим временем жизни метастабильного уровня.

Ширина импульсов излучения растет с увеличением эффективности длины резонатора.

Увеличение уровня накачки при  $L \geq 7$  м сопровождается выходом генерации на стационарный режим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко Л. С., Кравцов Н. В., Ларионцев Е. Г., Прохоров А. М. ДАН СССР, **193**, 1280, 1970.
2. Корниенко Л. С., Кравцов Н. В., Ларионцев Е. Г., Наумкин Н. И. Письма в ЖЭТФ, **11**, 585, 1970.

Поступила в редакцию  
18.2 1971 г.

НИИЯФ

УДК 621.373

Ю. М. АЗЬЯН, О. В. СНИГИРЕВ

### УСТОЙЧИВОСТЬ РЕЖИМОВ СТАЦИОНАРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В работе<sup>1</sup> было показано, что при решении нелинейного интегрального уравнения стационарных колебаний системы получаются несколько возможных предельных циклов. Представляет интерес исследовать их устойчивость предложенным ранее методом Хилла. Для определения устойчивости того или иного предельного цикла необходимо исследовать поведение определителя  $D(p)$  на плоскости комплексного переменного  $p$ . Если при изменении коэффициента усиления системы на оси  $Re(p) = 0$  появляется нуль  $D(p)$ , то это означает, что при дальнейшем изменении этого параметра любое возникшее малое возмущение предельного цикла будет нарастать, и устойчивость в малом будет нарушена.

Так как необходимо обнаружить лишь факт перемены знака определителя, то в сходящейся к  $D(p)$  последовательности определителей 3, 5, 7... порядка можно ограничиться ее первым членом. Приведем таблицу значений определителя  $D(p)$  на оси  $Re(p) = 0$  при различных значениях коэффициентов усиления системы  $\left| \frac{1}{k} \right|$  для каждого из трех возможных предельных циклов, полученных в приближении третьей гармоники в работе [1].

<sup>1</sup> О. В. Снигирев, Ю. М. Азьян. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном., **12**, № 4, 473, 1970.