

СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА НА ПАРАХ МЕДИ С НЕУСТОЙЧИВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

А.А. Исаев, Г.Ю. Леммерман

УДК 621.375.826:535.232.1+535.872

Показано, что спектр зеленой линии генерации лазера на парах меди с неустойчивым резонатором имеет меньшую ширину, чем в случае устойчивого резонатора. Флуктуации в спектре лазерного излучения пучка с дифракционной расходимостью связаны с флуктуациями спонтанных затравок, из которых развивается генерация.

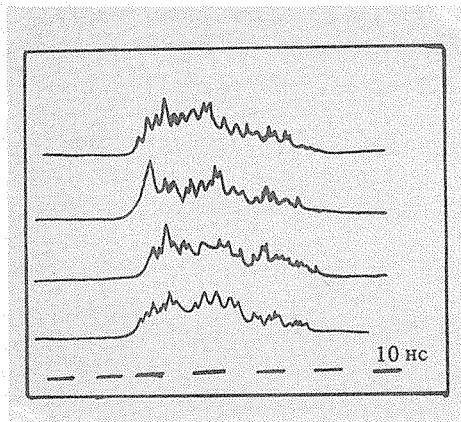
Целью работы является исследование спектрального состава излучения лазера на парах меди с неустойчивым резонатором и сравнение его со спектральным составом излучения в устойчивом резонаторе при одних и тех же условиях возбуждения. Работа выполнена с помощью техники стробирования, позволяющей проследить развитие спектра во времени $1/\nu$.

Исследовался саморазогревный лазер на парах меди на основе газоразрядной трубки (ГРТ) УЛ-101 с диаметром разрядного канала 2 см и длиной нагреваемой части 40 см. Давление буферного газа неона 30 торр, частота следования импульсов 7 кГц, емкость рабочего конденсатора 3,3 нФ, обостряющего — 1,1 нФ. В качестве фотоприемника излучения использовался ФЭК-16. Сканируемый давлением интерферометр Фабри — Перо располагался на расстоянии 6 м от заднего (плотного) зеркала. В этом случае отраженный от интерферометра пучок не влиял на работу неустойчивого резонатора, который был образован плотным вогнутым зеркалом с $R_1 = 200$ см и выходным выпуклым зеркалом с $R_2 = -3$ см. Длина резонатора составляла 80 см. Коэффициент увеличения резонатора M можно было изменять при замене зеркала R_1 .

Для сравнения, в тех же условиях возбуждения, которые в режиме саморазогрева удобно характеризовать мощностью, отбираемой от выпрямителя, исследовался спектральный состав излучения в устойчивом резонаторе. В этом случае выходное зеркало R_2 заменялось плоской пластиной с отражением 8%.

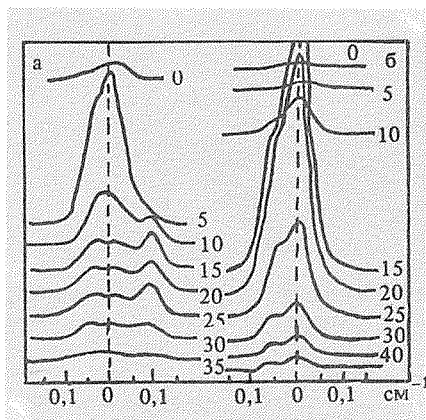
На рис. 1 приведены осциллограммы импульсов генерации лазера на парах меди с неустойчивым резонатором, зарегистрированные на осцилло-

рафе И2-7 в режиме однократного запуска. Видна характерная флуктуационная структура интенсивности излучения.



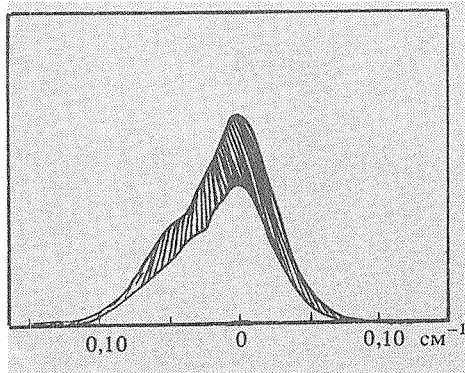
Р и с. 1. Осциллограммы четырех последовательных импульсов генерации лазера на парах меди с неустойчивым резонатором.

Р и с. 2. Усредненные спектральные контуры линии генерации на длине волны 5106 \AA для устойчивого (а) и неустойчивого (б) резонаторов. Время регистрации в импульсе излучения в наносекундах указано около кривых. Мощность, отбираемая от выпрямителя, $1,3 \text{ кВт}$, средняя мощность генерации $1,4 \text{ (а)}$ и $0,45 \text{ (б)}$ Вт.



На рис. 2 приведены усредненные за $3 \cdot 10^3$ импульсов спектральные контуры генерации в устойчивом (а) и неустойчивом (б) резонаторах для одних и тех же условий возбуждения. Контуры линий генерации приведены для различных моментов времени импульса излучения по отношению к началу импульса генерации в устойчивом резонаторе. Запись и усреднение контуров линий генерации осуществлялись на двухкоординатном самописце. Спектр, полученный таким способом, не содержит случайной структуры, и его форма отражает форму линии усиления среды. Из рис. 2 видно, что максимум мощности генерации в устойчивом резонаторе опережает максимум генерации в неустойчивом резонаторе на 10 нс . Это время согласуется с расчетным временем, необходимым для развития пучка генерации с дифракционной расходимостью в неустойчивом резонаторе $2l/c$. Форма линии ге-

нерации для устойчивого резонатора сильно трансформируется: происходит "выгорание" всего контура спонтанного излучения /1/. В случае неустойчивого резонатора в генерации участвуют только центральные участки контура спонтанного излучения. Полуширина линии генерации ($0,1 \text{ см}^{-1}$) меньше ширины контура спонтанного излучения ($0,24 \text{ см}^{-1}$) и мало меняется в течение всего импульса. Вследствие этого мощность пучка с дифракционной расходимостью меньше, чем пучка с расходимостью 10^{-3} , сформированного устойчивым резонатором. Не исключено, что параметры используемого неустойчивого резонатора не являются оптимальными для реализуемого в активной среде усиления /3/.



Р и с. 3. Спектральный контур линии генерации, зарегистрированный в момент времени, соответствующий максимуму импульса генерации (15 нс).

На рис. 3 приведен контур линии генерации на зеленой линии лазера на парах меди с неустойчивым резонатором, зарегистрированный осциллографом С1-70 при медленной горизонтальной развертке 2 с/см. На вход С1-70 подавался аналоговый сигнал со стробоскопического осциллографа. В этом случае наблюдаемый спектр образован наложением $4,2 \cdot 10^4$ сигналов, соответствующих состоянию излучения в момент времени 15 нс от начала генерации. В таком режиме регистрации флуктуации спектра от импульса к импульсу не усредняются (их величина представлена на рис. 3 в виде заштрихованной части). Относительная величина наблюдаемых флуктуаций составляла 40%. Сопоставим эту величину с ожидаемой, вычисленной на основании закона распределения энергии Q спонтанных затравок в одну моду излучения:

$$(1/\langle Q \rangle) \exp(-Q/\langle Q \rangle).$$

Число мод излучения, достигающих фотоприемника после прохождения интерферометра Фабри – Перо с шириной пропускания $\Delta\nu = 1,2 \cdot 10^9$ Гц, в пределах времени установления тракта вертикального отклонения осциллографа С7-5 $\Delta\tau = 2,4$ нс приблизительно составляет $2\Delta\nu\Delta\tau = 5,76$ (коэффициент 2 учитывает отсутствие выделенной поляризации излучения). Флуктуации суммарной энергии этих мод S оценим из соотношения

$$\langle (S - \langle S \rangle)^2 \rangle^{1/2} / \langle S \rangle \approx 1 / \sqrt{2\Delta\tau\Delta\nu(\Omega/\Omega_D)^2} \approx 42\%. \quad (1)$$

Здесь Ω и Ω_D — наблюдаемая в эксперименте и дифракционная расходимость излучения. Соответствие оценки (1) и наблюдаемых флуктуаций в спектре лазерного излучения свидетельствует о том, что флуктуации действительно связаны со свойствами спонтанных затравок, из которых развивается генерация.

Авторы благодарны Г.Г. Петрашу и А.В. Масалову за плодотворные обсуждения и ряд ценных замечаний.

Поступила в редакцию 12 марта 1985 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. И с а е в А.А. Квантовая электроника, 7, 599 (1980).
2. З е м с к о в К.И. и др. Квантовая электроника, 1, 863 (1974).
3. И с а е в А.А. и др. Квантовая электроника, 4, 1325 (1977).