

БЕЗРЕЗОНАТОРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ГИГАНТСКОГО ИМПУЛЬСА ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА

О.П. Заскалько, И.Г. Рудой

Осуществлена безрезонаторная генерация в лазере на рубине, у которого обратная связь осуществляется за счет молекулярного рассеяния света в оптически прозрачной среде. Реализовано два режима генерации – монопольная свободная генерация, обусловленная тепловым релеевским рассеянием света, и генерация гигантского импульса, обусловленная ВРМБ назад излучения указанной выше свободной генерации.

В настоящей работе получена генерация в лазере на рубине, у которого в общепринятом смысле отсутствует оптический резонатор (отсутствует одно из зеркал), а обратная связь осуществляется за счет молекулярного рассеяния света жидкостью, помещенной вместо отсутствующего зеркала. Изучались спектральные, временные и энергетические характеристики излучения лазера. Экспериментально реализованы две схемы генерации излучения.

1. В первом случае рубиновый стержень с торцами, срезанными под углом Брюстера, помещался между диэлектрическим зеркалом (коэффициент отражения $r = 0,95$) и кюветой (длина 50 см), наполненной ацетоном; окна кюветы скошены на 8° к ее оси. Излучение рубина фокусировалось в кювету сферической линзой с фокусным расстоянием 20 см. Отражения излучения рубина от кюветы и линзы были выведены так, что не попадали в рубин. При энергии накачки 9 КДж энергия излучения такого лазера составляла 8 Дж. На осциллограмме излучения (рис.1, а и б) наблюдался гладкий импульс суперлюминесценции длительностью ~ 500 мкс, в максимуме интенсивности которого возникал короткий пик излучения существенно большей интенсивности, насыщающий систему регистрации. Длительность по высоте короткого импульса излучения была около 40 нс (рис. 1, в). В спектре генерируемого излучения наблюдалось 5 – 6 узких эквидистантных линий, смещенных друг относительно друга на величину, равную смещению компоненты вынужденного рассеяния Манделъштама – Бриллюэна (ВРМБ) назад в ацетоне (рис.2). Крайняя с антистоксовой стороны линия имела значительно большее почернение, чем остальные.

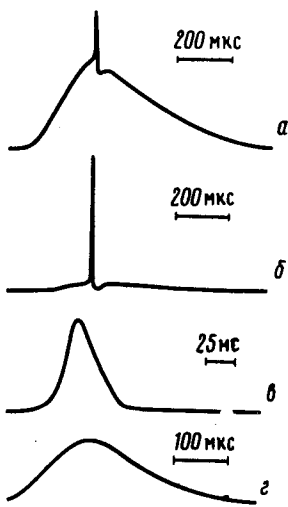


Рис.1

Рис.1. Осциллограммы регистрируемого излучения: *a, б* – короткий импульс на фоне излучения суперлюминесценции при различном ослаблении; *в* – гигантский импульс; *г* – моноимпульсная свободная генерация

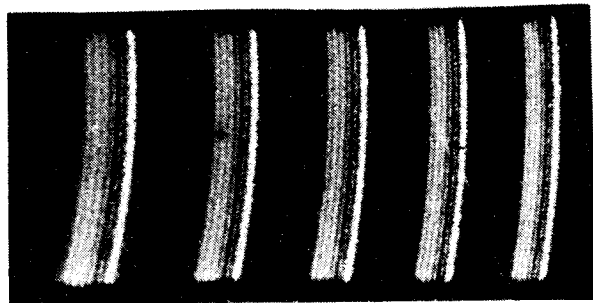


Рис.2

Рис.2. Интерферограмма излучения, соответствующая осциллограммам *a* и *б* на рис.1. Область дисперсии интерферометра Фабри – Перо $2,5 \text{ см}^{-1}$

В наших опытах рубиновый стержень имел низкое оптическое качество. Расходимость излучения „обычной“ свободной генерации (резонатор из двух зеркал и активный элемент) была 10 мрад. Расходимость же гигантского импульса со стороны диэлектрического зеркала была менее 1,5 мрад. Следовательно, в нашем случае генерация гигантского импульса сопровождается компенсацией искажений в поперечной структуре излучения, вносимых активным элементом.

Механизм возникновения гигантского импульса в нашем случае можно описать обычным способом¹: сначала развивается свободная генерация, которая возбуждает ВРМБ. Возникновение ВРМБ в фокальной области линзы эквивалентно появлению нелинейного зеркала, что приводит к модуляции добротности. Поскольку аксиальный период возникающего таким образом резонатора (второе зеркало – фокальная область линзы) около 7 нс, наблюдавшееся число компонент ВРМБ хорошо согласуется с первым измерением длительности гигантского импульса.

Мы полагаем, что в нашем случае режим свободной генерации осуществляется за счет обратной связи, обусловленной тепловым релеевским рассеянием в ацетоне. Эффективный коэффициент отражения за счет теплового рассеяния $R_1 \cong 7 \cdot 10^{-6}$. Поэтому измеренное усиление за двойной проход в рубине $G_1 = 2 \cdot 10^5$ достаточно для достижения порога такой свободной генерации: $G_1 \gtrsim 1/(GR_1)$. С этой точки зрения наиболее интенсивная компонента в спектре (рис.2) соответствует интегральному по времени излучению свободной генерации, а остальные линии – компоненты последовательно возбуждаемого излучения ВРМБ в процессе развития гигантского импульса.

2. Во второй схеме был реализован режим, когда возбуждается только свободная генерация. В этом случае фокусировка в сосуд с ацетоном отсутствовала и использовались два рубиновых стержня. Усиление за двойной проход в активных элементах было $G_2 = 2 \cdot 10^8$ и при коэффициенте отражения от рассеивающего объема $R_2 \sim 10^{-8}$ возникала свободная генерация $G_2 > 1/(R_2 r)$. При энергии накачки около 14 КДж и длительностью по полувысоте 250 мкс (рис.1, *г*).

В случае, если рассеивающее вещество в кювете отсутствовало, при той же энергии накачки регистрировалось излучение суперлюминесценции рубиновых стержней со следующими параметрами: энергия до 1 Дж, длительность по полувысоте 800 мкс, спектральная ширина $\Delta \omega = 1,9 \text{ см}^{-1}$. Такая величина сужения спектра суперлюминесценции $\Delta \omega = \Delta \omega_0 \sqrt{\ln 2 / \ln G_2}$

где $\Delta\omega_0 = 11 \text{ см}^{-1}$ — полуширина линии люминесценции, хорошо согласуется с измеренным нами усилением за двойной проход в активных элементах.

Сравнение этих данных показывает, что регистрируемое нами излучение — это моноимпульс свободной генерации, его мощность 20 — 30 КВт приблизительно в 30 раз превосходит мощность суперлюминесценции. Моноимпульсный характер генерации связан, по-видимому, с нерезонансным характером обратной связи².

Реализованный в настоящей работе безрезонаторный тип обратной связи может быть использован в схемах с большим усилением для получения как моноимпульсов свободной генерации, так и гигантских импульсов излучения.

Авторы выражают благодарность В.С.Старунову и И.Л.Фабелинскому за многочисленные полезные обсуждения.

Литература

1. Pohl D. Phys. Lett. A., 1967, 24, 239.
2. Амбарцумян Р.В., Басов Н.Г., Крюков П.Г., Летохов В.С. Письма в ЖЭТФ, 1966, 3, 261.

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

Поступила в редакцию
4 ноября 1982 г.