

О ВОЗМОЖНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ СВЕРХКОРОТКИХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ В ЛАЗЕРАХ С МАЛОЙ ШИРИНОЙ ЛИНИИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ВЕЩЕСТВА

В. Н. Луговой, А. М. Прохоров

В работах [1 – 3] развита теория вынужденного комбинационного излучения (ВКИ) в оптическом резонаторе, возбуждаемом внешним продольным монохроматическим световым лучом. При этом, в частности, выяснено, что в случае жидкого или твердого заполнения резонатора фазы колебаний различных компонент ВКИ произвольны, т.е. не связаны между собой. Проведенное далее в работе [4] теоретическое исследование случая газообразного заполнения показало, что фазы компонент ВКИ связаны между собой, и выходное излучение представляет последовательность сверхкоротких импульсов с шириной спектра, определяемой числом генерируемых компонент. Проведенное также в работе [5] исследование стационарного режима вынужденного излучения Мандельштама – Бриллюэна (ВИМБ) в подобных условиях показало, что фазы различных компонент ВИМБ оказываются тоже связанными между собой, если в резонаторе одновременно с активным в спектре Мандельштама – Бриллюэна веществом присутствует широкополосный нелинейный поглотитель. Однако практическая реализация рассмотренных режимов ВКИ и ВИМБ затруднена тем, что возбуждение резонатора внешним лучом (от отдельного лазера) требует совпадения с высокой точностью его собственной частоты с частотой луча.

В настоящем сообщении предлагается связанная система (лазер-резонатор), в которой частоты генерации лазера автоматически выбираются близкими к собственным частотам рассматриваемого резонатора. Предлагаемая система состоит из общего (кольцевого или осевого) резонатора R_0 , внутри которого находится селектор поперечных типов колебаний; активное лазерное вещество; вещество, активное в спектре ВКИ (или в спектре ВИМБ и широкополосный нелинейный поглотитель), и плоскостепенный резонатор R_1 . Для того, чтобы устранить генерацию за счет отражений от резонатора R_1 , можно использовать фарадеевские ячейки, либо установить резонатор R_1 с наклоном по отношению к направлению луча в лазере¹⁾. В этом случае наибольшей добротностью обладают те типы колебаний резонатора R_0 , для которых коэффициент прохождения через резонатор R_1 максимален. В свою очередь, коэффициент прохождения через резонатор R_1 имеет резкие максимумы, отвечающие его собственным частотам

¹⁾ Отметим кстати, что наклон резонаторов обычно используется в целях настройки.

(значения коэффициента прохождения в максимумах близки к единице). Поэтому ясно, что резонатор R_1 одновременно выполняет роль высокоэффективного селектора аксиальных (продольных) типов колебаний в резонаторе R_0 и выбирает частоты генерации олизкие к его собственным частотам.

Ниже рассмотрим два случая: 1) активное в спектре ВКИ вещество находится в резонаторе R_1 ; в общем резонаторе R_0 находится лишь активное лазерное вещество (нелинейный поглотитель вообще отсутствует); 2) активное в спектре ВИМБ вещество и нелинейный поглотитель, также как и активное лазерное вещество, находятся в общем резонаторе R_0 ; резонатор R_1 заполнен линейной средой.

1 случай.

В этом случае времена установления колебаний на лазерной и стоксовых частотах определяются добротностями используемых резонаторов. Параметры системы должны быть выбраны так, чтобы за характерное время изменения интенсивности (либо частоты) лазерной генерации успевал устанавливаться квазистационарный режим генерации стоксовых компонент. Зеркала резонатора R_0 на стоксовых частотах должны практически не отражать для того, чтобы генерация стоксовых компонент определялась только резонатором R_1 . В этом случае аналогично [4] возможна синхронизация компонент ВКИ и генерация сверхкоротких импульсов с шириной спектра, определяемой числом этих компонент, т.е. вообще намного превышающей ширину линии люминесценции лазерного вещества. Необходимо отметить, что в данной системе возможно снижение КПД лазера, поскольку согласно [3] при ВКИ коэффициент отражения от резонатора R_1 на его собственной частоте может стать близким к единице, что приведет к поглощению световой энергии в фарадеевских ячейках.

2 случай.

Во втором случае роль резонатора R_1 сводится лишь к селекции аксиальных типов колебаний резонатора R_0 , причем благодаря большой эффективности данного селектора его параметры можно выбрать так, чтобы в каждой компоненте ВИМБ возбуждался лишь один аксиальный тип колебаний резонатора R_0 ¹⁾. Хотя результаты работы [5] для процесса ВИМБ в данном случае непосредственно неприменимы, однако ясно, что в рассматриваемых условиях аналогично [5] тоже возможна синхронизация компонент ВИМБ, поскольку основным исходным положением в этой работе является то, что в каждой компоненте ВИМБ возбужден лишь один тип колебаний резонатора (при возбуждении большего числа типов колебаний с различными частотами между ними возможно внутреннее параметрическое взаимодействие [2, 3] и картина явления может существенно усложниться). Таким образом, в рассматриваемом случае тоже возможна генерация сверхкоротких импульсов с шириной спектра, превышающей

¹⁾ В частности, интервал между соседними собственными частотами резонатора R_1 должен совпадать со сдвигом Манделъштама – Бриллюэна в веществе.

ширину линии люминесценции активного лазерного вещества, и по-видимому, без снижения КПД лазера, поскольку отражательные свойства резонатора R_1 в процессе генерации остаются неизменными.

Подобным образом можно избежать и снижения КПД лазера при ВКИ, если например, использовать систему, состоящую из кольцевого резонатора R_0 (с активным лазерным веществом) и осевого резонатора R_1 для стокосовых компонент, охватывающего секцию резонатора R_0 (вместе с зеркалами), в которой находятся вещество, активное в спектре ВКИ, и полый резонатор R_1 .

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

Поступила в редакцию
25 ноября 1971 г.

Литература

- [1] В.Н.Луговой. ЖЭТФ, 56, 683, 1969.
 - [2] В.Н.Луговой. Оптика и спектроскопия, 27, 649, 1969.
 - [3] В.Н.Луговой. Оптика и спектроскопия, 27, 828, 1969.
 - [4] В.Н.Луговой, А.М.Прохоров, В.Н.Стрельцов. Письма в ЖЭТФ, 10, 564, 1969.
 - [5] В.Н.Луговой, В.М.Стрельцов. В печати.
-