

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ВЫНУЖДЕННОГО РАССЕЯНИЯ МАНДЕЛЬШТАМА – БРЮЛЛЮЭНА В СЖАТОМ ВОДОРОДЕ

Н.В.Кравцов, Н.И.Наумкин

Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

119899 Москва, Россия

Поступила в редакцию 4 июля 1994 г.

После переработки 18 ноября 1994 г.

Показано, что наложение статического электрического поля на ВРМБ – активную среду приводит к повышению эффективности вынужденного рассеяния.

1. Механизм возбуждения вынужденного рассеяния Мандельштама–Брюллюэна (ВРМБ) обусловлен электрострикционными силами, приводящими к пространственно-временной модуляции плотности (а, следовательно, и диэлектрической проницаемости) ВРМБ – активной среды на гиперзвуковых частотах. Для процесса ВРМБ характерна большая величина инкремента усиления стоксовой волны ($E_s = E_{s0} \exp G|E_L(r)|^2 z$) и сильная пространственная неоднородность локального усиления ($g = G|E_L(r)|^2$), обусловленная пространственной неоднородностью накачки $E_L(r)$ и обеспечивающая возможность обращения волнового фронта (ОВФ) при ВРМБ.

Очевидно, что даже малое изменение инкремента усиления $\Delta g/g$ может привести к радикальным изменениям при возбуждении ВРМБ [1]. Поэтому есть основания ожидать, что наложение внешнего электрического поля может повлиять на характеристики ВРМБ.

2. В настоящей работе исследовалось влияние внешнего постоянного электрического поля на процесс ВРМБ в сжатом водороде. Несмотря на большое значение инкремента усиления, возбуждение ВРМБ в сжатых газах затруднено ввиду их малой плотности и необходимости использования интенсивных источников накачки [2–5]. Поэтому нами процесс ВРМБ исследовался при помещении ВРМБ – активной среды непосредственно в резонатор возбуждающего лазера. Достоинством такой схемы исследования было и то, что одновременно имелась возможность контролировать процесс ВРМБ по возникающему в кювете со сжатым водородом ОВФ-зеркалу. Экспериментальная установка (см. рис. 1) представляла собой линейный рубиновый лазер с телескопической системой (фокусные расстояния линз 150 мм) в резонаторе, внутри которой размещалась камера со сжатым водородом. Лазер работал в режиме модуляции добротности с помощью нелинейного фильтра (раствор криптоцианина в этиловом спирте с начальным пропусканием $\sim 37\%$). Внутри камеры находилась система электродов, создающая пространственно-периодическое статическое электрическое поле, напряженностью до 50 кВ/см. Система электродов содержала 10 металлических колец (внешний диаметр 15 мм, внутренний 5 мм) толщиной 0,5 мм, между которыми располагались изолирующие тефлоновые прокладки толщиной 5 мм.

В эксперименте регистрировались интенсивности, временные и спектральные характеристики излучения лазера в обоих направлениях как на длинах

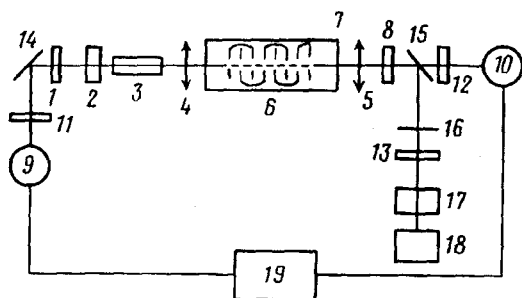


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки 1 - глухое зеркало резонатора, 2 - просветляющий фильтр, 3 - кристалл рубина, 4, 5 - линзы телескопической системы, 6 - камера со сжатым водородом, 7 - электроды, 8 - выходное зеркало резонатора, 9, 10 - фотоприемники, 11, 12, 13 - светофильтры, 14, 15 - светоделительные пластины, 16 - линза, 17 - интерферометр Фабри-Перо, 18 - фотокамера, 19 - осциллограф

волн вблизи $\lambda = 0,69 \mu\text{м}$, так и вблизи $\lambda = 0,53 \mu\text{м}$ (первая антистоксова компонента вынужденного комбинационного рассеяния в водороде). Конструкция лазера позволяла перемещать перетяжку каустики телескопической системы, то есть области, где возникали вынужденные процессы, относительно системы электродов. Генерация происходила на основной моде, длительность импульса излучения при спущенной камере составляла $\sim 30 \text{ нс}$, а его энергия около $0,1 \text{ Дж}$.

3. Проводились исследования зависимости спектральных и временных характеристик излучения от давления, величины напряженности продольного электрического поля и его положения относительно места зарождения вынужденного излучения (перетяжки каустики телескопической системы). Исследования проводились при фиксированном уровне накачки, равном 900 Дж .

В процессе исследования установлено, что при малых давлениях водорода ($P < 60 \text{ атм}$) в лазере излучение ВРМБ отсутствует, а имеет место только интенсивное вынужденное комбинационное излучение. При давлении, большем 60 атм , наряду с вынужденным комбинационным рассеянием возникают 1-2 компонента ВРМБ. Причем компоненты ВРМБ возникают как вблизи частоты накачки ($\lambda = 0,6943 \mu\text{м}$), так и вблизи стоксовых и антистоксовых компонент вынужденного комбинационного рассеяния, то есть в диапазонах длин волн $0,97 \mu\text{м}$ (первая стоксова компонента вынужденного комбинационного рассеяния) и $0,53 \mu\text{м}$ (первая антистоксова компонента).

Наложение статического электрического поля на комбинационно-активную среду приводит к значительному увеличению эффективности процесса ВРМБ, о чем свидетельствует увеличение числа компонент ВРМБ. При этом число компонент ВРМБ увеличивается с ростом напряженности электрического поля и при напряженности поля 50 кВ/см интегральная ширина спектра излучения в указанных диапазонах частот может достигать $1,5 \text{ см}^{-1}$. На рис. 2 показаны характерные спектрограммы излучения лазера при давлении водорода 70 атм в области частоты накачки в отсутствие электрического поля (рис.2а) и при его наложении (рис.2б).

В исследуемом лазере камера со сжатым водородом при возбуждении в ней ВРМБ играет роль ОВФ-зеркала [1]. Поэтому увеличение эффективности процесса ВРМБ при наложении электрического поля ведет к повышению коэффициента отражения ОВФ-зеркала и, следовательно, к увеличению интенсивности излучения в обратном (то есть в сторону рубина) направлении (см. рис.1). При напряженности электрического поля 50 кВ/см это увеличение составляет около 30% . Сказанное иллюстрируется осциллограммами,

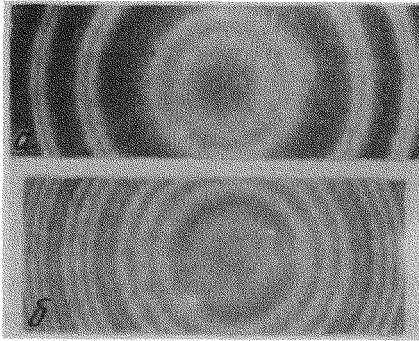


Рис.2.

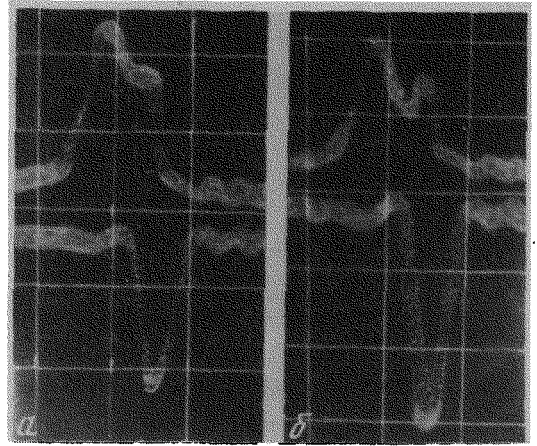


Рис.3.

Рис.2. Спектрограммы излучения лазера в отсутствие электрического поля *а* и при его включении *б*

Рис.3. Осциллограммы импульсов излучения в отсутствие электрического поля *а* и при его включении *б*. Верхние осциллограммы излучения в "прямом" направлении, нижние – в обратном

показанными на рис.3, полученными при выключенном (рис.3*а*) и включенном (рис.3*б*) электрическом поле.

Смещение системы электродов относительно центра перетяжки каустики в камере со сжатым водородом на 3-4 см приводит к исчезновению зависимости выходных характеристик излучения от электрического поля.

Таким образом, проведенные исследования позволили обнаружить влияние постоянного статического электрического поля на процесс ВРМБ и на эффективность возникающего при этом ОВФ-зеркала.

Авторы благодарны В.Т.Платоненко за полезные обсуждения.

Работа выполнена в рамках программы "Лазерная физика и лазерные системы".

-
1. Б.Я.Зельдович, Н.Ф.Пилипецкий, В.В.Шкунов, Обращение волнового фронта, М.: Наука, 1985.
 2. А.З.Грасюк, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзулов, Письма в ЖЭТФ 9, 11 (1969).
 3. В.М.Поповичев, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзулов, Квантовая электроника N 5 (11), 126 (1972).
 4. В.В.Коробкин, Д.И.Маш, В.В.Морозов и др., Письма в ЖЭТФ 5, 372 (1967).
 5. В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский, УФН 98, 441 (1969).