

## ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВРМБ ДЕПОЛЯРИЗОВАННОЙ НАКАЧКИ

*Н.Г.Басов, В.Ф.Ефимков, И.Г.Зубарев  
А.В.Котов, С.И.Михайлов, М.Г.Смирнов*

Экспериментально установлено, что деполаризация инициирующего излучения приводит к нарушению режима обращения волнового фронта при ВРМБ в светопроводе. Предложена и реализована схема, позволяющая получить обращение волнового фронта деполаризованного излучения.

1. Использование эффекта обращения волнового фронта (ОВФ) [1] при ВРМБ для компенсации фазовых искажений сигнала в каскадах мощных оптических усилителей привлекает в настоящее время широкое внимание исследователей [2, 3]. Между тем, при переходе к реальным схемам возникает необходимость изучить влияние новых физических эффектов, способных нарушить режим ОВФ. Эти эффекты обусловлены использованием другого режима работы и активной среды мощных усилителей, в частности неодимового стекла, по сравнению с теми исследованиями, где изучалось ОВФ. К указанным эффектам, в первую очередь, необходимо отнести деполаризацию излучения при усилении [4] (во всех проведенных до сих пор экспериментах по ОВФ излучение накачки было поляризованным) и существенную нестационарность используемого для ОВФ процесса рассеяния, поскольку длительность лазерного импульса в мощных установках  $\tau \sim 1$  нсек меньше или сравнима с характерными временами установления ВРМБ.

Экспериментально давно известен и широко используется для создания поляризационных развязок тот факт, что при ВРМБ излучения с круговой поляризацией стоксова компонента имеет противоположное состояние поляризации: если накачка правокруговая, то стоксова компонента — левокруговая и наоборот. Уже этот факт показывает, что поляризационное состояние (за исключением линейной поляризации) при ВРМБ не восстанавливается. Этот вывод является следствием векторного характера полей, поскольку комплексно сопряженные волны с круговыми поляризациями взаимно ортогональны и не взаимодействуют.

Теоретически влияние поляризационного состояния возбуждающего излучения на режим ОВФ исследовано в работе [5]. Там показано, что пространственно-неоднородная деполаризация накачки ухудшает ОВФ по сравнению со случаем неоднородной поляризации. В настоящей работе экспериментально исследовано влияние деполаризации накачки на ОВФ, а также предложена и реализована схема, позволяющая наблюдать режим ОВФ излучения с произвольным состоянием поляризации.

2. Упрощенная блок-схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Сформированное задающим генератором и системой усилителей на неодимовом стекле линейно поляризованное излучение накачки

(длительность импульса  $\tau = 25$  нсек, ширина спектра  $\Delta\nu \leq 0,005 \text{ см}^{-1}$ , энергия  $E = 0,5$  дж, расходимость  $\theta = 2 \cdot 10^{-4}$  рад при диаметре пучка  $\phi = 6$  мм), пройдя диафрагму 1 и два стеклянных клина измерительного комплекса, попадало на деполяризующий элемент 2. Клин 3, изготовленный из двоякопреломляющего материала (исландский шпат), разбивал пучок накачки на два со взаимно перпендикулярными векторами поляризации. Затем оба пучка направлялись на фазовую пластинку 6, изображение засвеченной части которой переносилось линзой с  $f = 25$  см в бриллюэновскую кювету 8 на входной торец светопровода 9 (стеклянная трубка длиной 70 см и внутренним диаметром  $\phi = 3$  мм, заполненная сероуглеродом). Измерительный комплекс позволял одновременно регистрировать диаграммы направленности возбуждающего излучения и отраженного сигнала, а также распределение интенсивности отраженного сигнала в точке, сопряженной с выходной диафрагмой 1. Калориметрически производились измерения энергии накачки и отраженного сигнала, причем отраженная энергия определялась для двух взаимно перпендикулярных направлений вектора поляризации. В качестве деполяризующего элемента использовался рубиновый стержень длиной 25 см плохого оптического качества. Фазовая пластинка представляла собой травленную в плавиковой кислоте стеклянную подложку толщиной 2 мм, которая уширяла диаграмму направленности излучения накачки до  $\theta \approx 2 \cdot 10^{-2}$  рад.

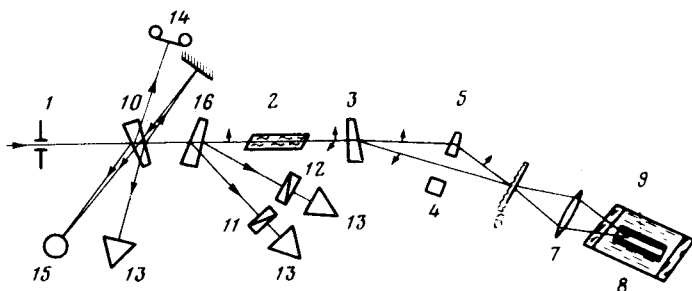


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки: 1 – выходная диафрагма излучения накачки; 2 – рубиновый стержень плохого оптического качества; 3 – двоякопреломляющий клин; 4 – пластинка, вращающая вектор поляризации излучения на  $90^\circ$ ; 5 – стеклянный клин; 6 – фазовая пластинка; 7 – линза; 8 – кювета с сероуглеродом; 9 – стеклянный светопровод; 10 – 16 – элементы системы регистрации

3. Первоначально были проведены эксперименты по ОВФ поляризованной накачки, что достигалось соответствующей ориентацией оптической оси деполяризующего элемента по отношению к вектору поляризации возбуждающей волны. Сравнение диаграмм направленности падающего и отраженного излучений показало их полную идентичность, а размеры рассеянного назад светового пучка в точке, сопряженной с выходной диафрагмой, совпадали с размерами выходящего из диафрагмы излучения

накачки (см. рис. 2, а, б). Затем рубиновый стержень поворачивался на  $45^\circ$  вокруг продольной оси. В этом случае на выходе из стержня состояние поляризации излучения было неоднородным по поперечному сечению пучка. Интегрально в каждом из двух взаимно перпендикулярных направлений вектора поляризации содержалось по 50% энергии накачки. На рис. 2, в приведена типичная фотография распределения интенсивности отраженного сигнала в случае деполяризованной накачки, а на рис. 3 —

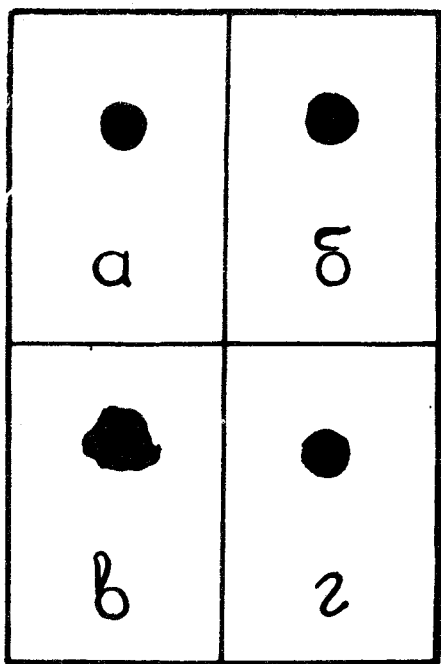


Рис. 2. Фотографии распределения интенсивности излучения в пучке накачки на выходе из диафрагмы 1 и отраженного сигнала в точке, сопряженной с выходной диафрагмой 1: а — распределение интенсивности в пучке накачки; б — распределение интенсивности в отраженном пучке в отсутствие деполяризации; в — тоже при наличии деполяризации излучения накачки; г — тоже при наличии деполяризации излучения накачки, но с введенной в схему пластинкой 4, вращающей вектор поляризации излучения на  $90^\circ$

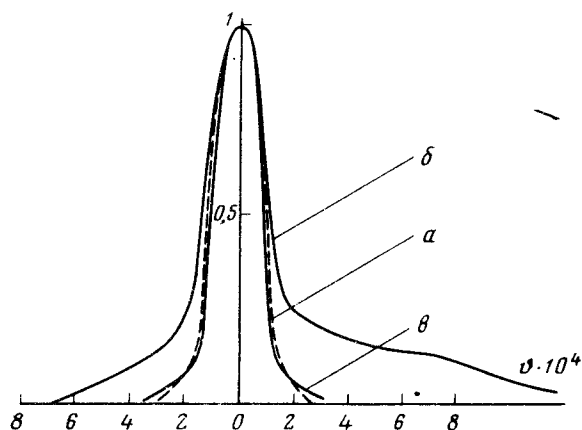


Рис. 3. Диаграммы направленности излучения накачки и отраженного сигнала: а — диаграмма направленности излучения накачки; б — диаграмма направленности отраженного сигнала в случае деполяризованной накачки; в — тоже, но с введенной в схему пластинкой 4, вращающей вектор поляризации излучения на  $90^\circ$ .

соответствующая диаграмма направленности. Хорошо видно, что размеры отраженного пучка не совпадают с размерами пучка возбужденного излучения, а диаграмма направленности отраженного сигнала уширена по сравнению с диаграммой направленности накачки. Данные калори-

метрических измерений показывают, что отраженный сигнал при обратном прохождении через рубиновый стержень остается деполаризованным (50% отраженной энергии имело направление вектора поляризации ортогональное к вектору поляризации накачки). Полученные экспериментальные данные говорят о том, что отраженная волна в случае деполаризованной накачки не является обращенной по отношению к падающей в кювету волне, т. е. не выполняется соотношение  $E^{OTP} = \text{const} \cdot E^*_{\text{пад}}$ .

4. Если в один из пучков накачки, поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях (см. рис. 1), после двоякопреломляющего клина 3 ввести пластинку 4, поворачивающую вектор поляризации на  $90^\circ$  (в данных экспериментах была использована пластинка из левовращающего кварца толщиной 14 мм), то данная оптическая схема позволяет получить эффект ОВФ деполаризованного излучения. Легко видеть, что теперь независимо от состояния поляризации исходного излучения в бриллюэновскую кювету попадает линейно поляризованная накачка и выполняются условия ОВФ. Поскольку при ОВФ амплитуда рассеянной назад стоксовой компоненты удовлетворяет условию  $E^{OTP} = \text{const} \cdot E^*_{\text{пад}}$ , то в выходящем из кюветы излучении после обратного прохождения неоднородной пластинки и деполаризующего элемента будут скомпенсированы все фазовые и поляризационные искажения, т. е. идущая в обратном направлении рассеянная волна будет иметь не только плоский фронт, но и такое же состояние поляризации, как и возбуждающее излучение.

Экспериментальные результаты полностью подтвердили эти выводы. По данным калориметрических измерений до 90 – 100% всей энергии стоксовой компоненты ВРМБ на выходе деполаризующего элемента сохранилось в поляризации, совпадающей с накачкой. Диаграмма направленности этого излучения практически совпадала с соответствующей характеристикой возбуждающей волны, рис. 3. Диаметр отраженного пучка в сопряженной с выходной диафрагмой точке (рис. 2, 2) воспроизводил ее размеры. Аналогичные результаты были получены с пластинкой  $\lambda/4$  вместо деполаризующего рубинового элемента.

5. Проведенные эксперименты позволяют сделать следующий вывод: деполаризация возбуждающего излучения существенно ухудшает режим ОВФ по сравнению со случаем поляризованной накачки; однако, применение специальных схем позволяет получать режим ОВФ деполаризованного излучения.

Авторы благодарят И.М.Бельдюгина и Б.Я.Зельдовича за полезное обсуждение теоретического аспекта проблемы.

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

Поступила в редакцию  
29 июня 1978 г.

### Литература

[1] Б.Я.Зельдович, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзуллов.

Письма в ЖЭТФ, 15, 160, 1972.

[2] V. Wang, C.R.Giuliano. Opt. Lett., 2, 4, 1978.

[ 3 ] Ю.И.Кружилин. КЭ, 5, 625, 1978.

[ 4 ] Н.Г.Басов, П.Г.Крюков, Ю.В.Сенатский, С.В.Чекалин. ЖЭТФ, 57, 1175, 1969.

[ 5 ] Б.Я.Зельдович, В.В.Шкунов. Препринт ФИАН №1, 1978; ЖЭТФ, 75, 428, 1978.