

ВРМБ В МНОГОПРОХОДНЫХ КЮВЕТАХ:
СНИЖЕНИЕ ПОРОГА, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОВФН.Ф. Андреев, В.С. Бутылкин,
Н.И. Стасюк, П.С. Фишер,
В.В. Хабаров

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) находит все расширяющееся применение в устройствах обращения волнового фронта (ОВФ) [1, 2]. Требование прозрачности используемых сред побуждает при работе в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах обратиться к сжатым газам. При этом (особенно в ИК диапазоне) заметно возрастает порог ВРМБ, поэтому представляется необходимым изучение возможностей его снижения. В случае вынужденного комбинационного рассеяния (во многом близкого процессу ВРМБ) для снижения порога и обеспечения эффективного преобразования в стоксовы компоненты успешно применяются многопроходные кюветы (МПК), в которых свет многократно фокусируется в нелинейную среду [3-7]. В связи с этим представляет интерес изучение ВРМБ в МПК. Заметим также, что деполяризация излучения, снижающая качество ОВФ в световодах [8] (в том числе капиллярных), в МПК не должна оказывать существенного влияния, т.к. свет отражается от зеркал МПК в направлениях, близких к нормали.

Ниже приведены результаты первых исследований зависимостей порога ВРМБ от числа проходов излучения через МПК (N), а также коэффициента отражения R при ВРМБ и параметра качества ОВФ χ от энергии накачки.

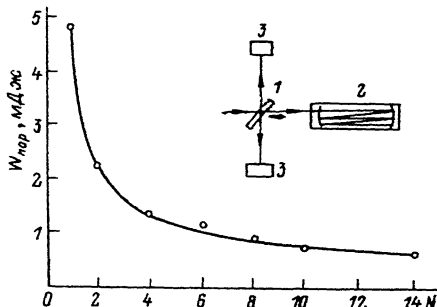
Эксперимент проводился с МПК, заполненной метаном под давлением 25 атм. Зеркала с фокусным расстоянием 12.5 см помещались внутри кюветы на расстоянии 48.5 см; потери за один проход составляли 0.015. Излучением накачки служила вторая гармоника лазера на стекле с неодимом ($\lambda = 0.53$ мкм, $\Delta\lambda = 4 \cdot 10^{-3}$ Å, длительность импульса (24 ± 2) нс, энергия до 10 мДж). Излучение накачки фокусировалось в МПК линзой с фокусным расстоянием 25 см.

На рис. 1 приведена экспериментальная зависимость пороговой энергии накачки от N . При $N = 14$ порог ВРМБ (0.7 мДж, или 30 кВт) в 6.5 раз ниже, чем при одном проходе через МПК. Дальнейшее увеличение числа проходов не приводит к снижению порога из-за того, что при $N > 14$ путь, пройденный импульсом накачки в МПК, оказывается больше длины импульса. При больших длительностях импульса число проходов в МПК и, соответственно, выигрыш по порогу ВРМБ, могут быть увеличены. В этом случае, однако, требования к коэффициенту отражения зеркал повышаются.

Пучок излучения, рассеянного в МПК, как и пучок падающего на нее излучения, был близок к гауссову. При измерении расходи-

Рис. 1. Зависимость пороговой энергии $W_{пор}$ ВРМБ в сжатом метане от числа проходов в МПК.

Схематически изображены: 1 - отклоняющая пластина, 2 - МПК с газом, 3 - измерители энергии излучения или анализаторы углового спектра.



мостей пучков в схеме, приведенной на рис. 1,

для анализа углового спектра применялась линза с фокусным расстоянием $f = 1$ м, расположенная на расстоянии $l = 50$ см от отклоняющей пластины. Радиусы пучков накачки (r_1) и отраженной волны (r_2) на уровне 0.5 по энергии определялись методом зеркального клина [9] на основе фотографирования полей в фокальной области линзы. Расходимость пучка накачки составляла $\theta_1 = (2.5 \dots 2.7) \cdot 10^{-4}$ рад., расходимость отраженного пучка (θ_2) изменялась от $3 \cdot 10^{-4}$ рад. до $4.3 \cdot 10^{-4}$ рад. в зависимости от энергии накачки. Эти данные могут быть использованы для оценки качества ОВФ, определяемого параметром [10]:

$$\chi = \left| \int E_1^* E_2 dS \right|^2 \left[\int |E_1|^2 dS \cdot \int |E_2|^2 dS \right]^{-1} \quad (1)$$

(E_1, E_2 - комплексные амплитуды волн накачки и рассеянного света). Для гауссовых пучков накачки и рассеянного излучения с радиусами r_{10} и r_{20} в месте расположения отклоняющей пластины, волновым числом k и радиусами кривизны волновых фронтов в том же месте R_{10} и R_{20} (в наших опытах $R_{10}, R_{20} \approx 10$ м, $r_{10}, r_{20} \lesssim 0.5$ мм)

$$\chi = \left[\frac{1}{4} \left(\frac{r_{10}}{r_{20}} + \frac{r_{20}}{r_{10}} \right)^2 + k^2 r_{10}^2 r_{20}^2 \left(\frac{1}{R_{10}} - \frac{1}{R_{20}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (2)$$

Можно показать, что если $R_{10}, R_{20} \gg f, l, k r_{10}^2, k r_{20}^2$, то

$$\chi \approx 4 \left(\frac{r_1}{r_2} + \frac{r_2}{r_1} \right)^{-2} = 4 \left(\frac{\theta_1}{\theta_2} + \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{-2} \quad (3)$$

На рис. 2 приведены графики зависимостей коэффициента отражения $R = \int |E_2|^2 dS \left[\int |E_1|^2 dS \right]^{-1}$ и параметра качества ОВФ χ от энергии накачки на входе. С увеличением энергии накачки коэф-

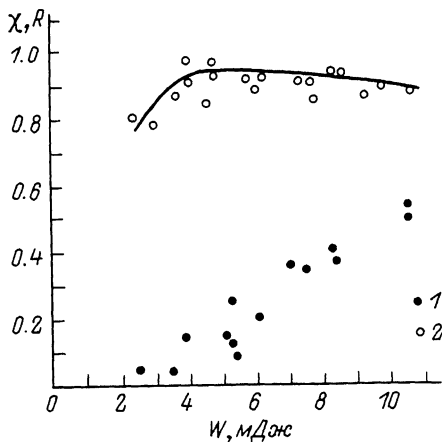


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения $R(1)$ и качества обращения $X(2)$ от входной энергии. Давление метана 25 атм.

Число проходов в МПК $N = 10$.

коэффициент отражения растет; качество ОВФ при этом остается высоким (0.8...0.95 в диапазоне изменения энергии накачки от 2 до 10 мДж).

Было выполнено также исследование порогов ВРМБ в МПК с жидкостным заполнением (ацетон марки „чда“). Кювета длиной 50 см помещалась между зеркалами (радиус кривизны 45 см, коэффициент отражения 98%), расположенными на расстоянии 64 см. Несмотря на просветление окон, эффективное число проходов в МПК не могло быть большим: из-за потерь на зеркалах и окнах, поглощения и рассеяния излучения накачки в ацетоне потери на одном проходе достигали 0.12. В этих условиях при $N = 5$ порог ВРМБ снижался в 2.7 раза по сравнению с порогом при $N = 1$. Потери в МПК с жидкостью могут быть значительно уменьшены. В $SiCl_4$ коэффициент поглощения может быть $\sim 4 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}$ [11] вместо $2 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ в использованном нами ацетоне; потери на границе двух сред устраняются, например, совмещением зеркал с окнами кюветы, а отражательная способность зеркал может быть сделана значительно ближе к 100%. Поэтому применение МПК может привести к еще большему снижению порога ВРМБ.

Таким образом, в многопроходной кювете удается существенно снизить порог ВРМБ при сохранении высокого качества ОВФ.

В заключение авторы выражают искреннюю признательность Г.А. Пасманику за полезное обсуждение работы и В.А. Евтюшкину за помощь в подготовке эксперимента.

- [1] Зельдович Б.Я., Пилипецкий Н.Ф., Шкунов В.В. Обращение волнового фронта, М.: Наука, 1985. 247 с.
- [2] Беспалов В.И., Пасманик Г.А. Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы, М.: Наука, 1986. 136 с.
- [3] Кравцов Н.В., Наумкин Н.И. - Квантовая электроника, 1976, т. 3, № 12, с. 2612-2614.
- [4] Byer R.L., Trutna W.R. - Opt. Lett., 1978, v. 4, N 4, p. 144-146.
- [5] Rabinowitz P., Stein A., Brickman R., Kaldor A. - Opt. Lett., 1978, v. 3, N 4, p. 147-148.
- [6] Бобровский А.Н., Мищенко В.А., Мельников Г.Д., Семерок А.Ф. - Квантовая электроника, 1982, т. 9, № 8, с. 1706-1707.
- [7] Бутылкин В.С., Еникеев Р.Ш., Фишер П.С., Хабаров В.В. - Квантовая электроника, 1986, т. 13, № 5, с. 1053-1055.
- [8] Зельдович Б.Я., Кривошеков В.А., Мамаев А.В., Мельников Н.А., Пилипецкий Н.Ф. - Письма в ЖЭТФ, 1986, т. 43, в. 1, с. 16-18.
- [9] Рагульский В.В., Файзуллов Ф.С. - Оптика и спектроскопия, 1969, т. 27, в. 4, с. 707-708.
- [10] Андреев Н.Ф., Беспалов В.И., Дворецкий М.А., Пасманик Г.А. - ЖЭТФ, 1983, т. 85, в. 4, с. 1182-1191.
- [11] Волынкин В.М., Гаврилов О.Д., Чертков А.А. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, в. 7, с. 409-413.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
18 апреля 1988 г.