

КОМПЕНСАЦИЯ ФАЗОВЫХ ИСКАЖЕНИЙ В УСИЛИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ С ПОМОЩЬЮ "БРИЛЛЮЗНОВСКОГО ЗЕРКАЛА"

*О. Ю. Носач, В. И. Поповичев, В. В. Рагульский,
Ф. С. Файзуллоев*

В настоящее время для повышения мощности лазерного излучения широко используются оптические квантовые усилители. Однако, в усилителях наряду с ростом мощности излучения, как правило, происходит и ухудшение его направленности, вызванное статическими или динамическими (возникающими под действием накачки) неоднородностями показателя преломления в усиливающей среде [1]. В настоящей статье сообщается о методе получения высокой направленности усиленного излучения при низком оптическом качестве усилителя.

Недавно было установлено, что волновой фронт света, отраженного за счет вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ), может воспроизводить фронт возбуждающего излучения [2]. Используя этот эффект, нам удалось скомпенсировать фазовые искажения в усилителе, что привело к значительному улучшению расходимости усиленного излучения.

Экспериментальная установка схематически изображена на рис. 1. Пучок света от лазера на рубине с расходимостью близкой к дифракционной проходит через усилитель, имеющий плохое оптическое качество, и затем попадает в кювету с сероуглеродом, где развивается процесс ВРМБ. Кювета "работает" как зеркало, меняющее волновой фронт лазерного излучения на комплексносопряженный. При распространении отраженного света его волновой фронт в любой точке должен оставаться комплексносопряженным к фронту лазерного излучения¹⁾. Следовательно, отраженный свет, пройдя через усилитель, должен иметь такой же фронт как и лазерное излучение на входе в усилитель.

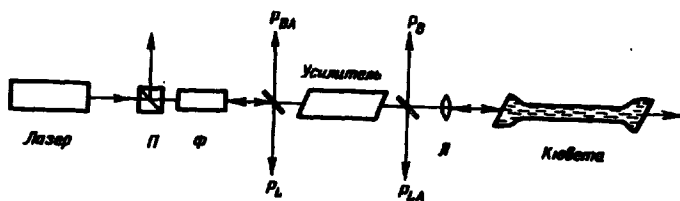


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: Π — поляризатор (призма Глана); Φ — ячейка Фарадея, поворачивающая плоскость поляризации света на 45° ; усилитель — кристалл рубина длиной 24 см, диаметром 12 мм с торцами, скошенными под углом 4° ; L — линза с фокусным расстоянием 25 см; кювета заполнена сероуглеродом и имеет диаметр 3 мм при длине 1 м, она находится на расстоянии 70 см от усилителя

В нашей схеме идущий назад свет пространственно отделяется от лазерного с помощью ячейки Фарадея и поляризатора, работающих как оптический изолятор [3]. В качестве усилителя используется кристалл рубина с коэффициентом усиления для слабого сигнала, изменяемым в пределах $5 + 19$. Лазерный свет (P_L) на входе в усилитель имеет расходимость, определенную по полувысоте, $\approx 0,13$ мрад при диаметре пучка 6 мм, ширине спектра < 20 МГц и максимальной мощности $\sim 0,1$ Вт. Зависимость мощности от времени показана на рис. 2. На той же осциллограмме (в другом масштабе) зафиксирован импульс отраженного и затем усиленного света (P_{VA}). Он немного короче лазерного импульса, что, вероятно, объясняется нелинейной зависимостью мощности отраженного света от мощности возбуждающего излучения [4].

Лазерное излучение, прошедшее через усилитель, линзой L фокусируется перед кюветой с сероуглеродом и входит в нее расходящимся

¹⁾ Это утверждение, разумеется, несправедливо, если коэффициент усиления непостоянен по поперечному сечению усилителя, т. е. если имеются амплитудные искажения фронта в усилителе.

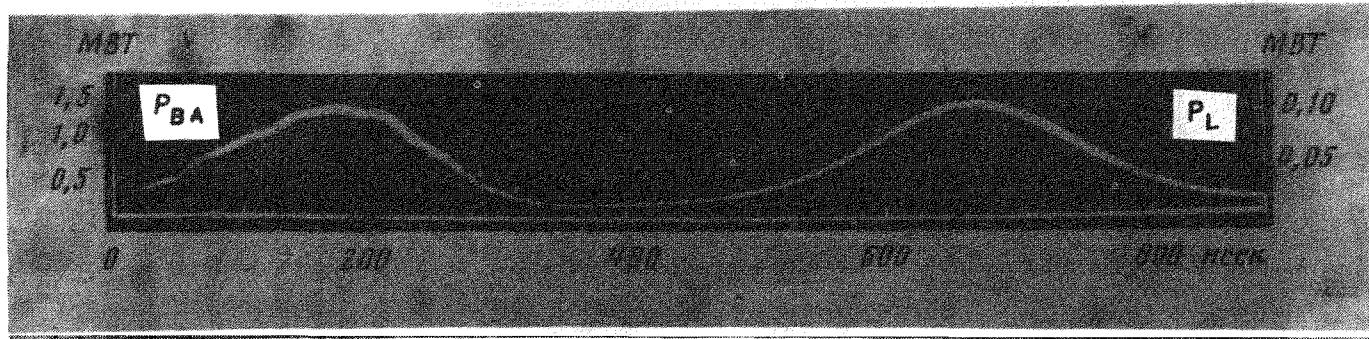


Рис. 2. Осциллограммы лазерного и отраженного света при коэффициенте усиления в рубине = 10

ся пучком. Кювета изготовлена из стекла. Поскольку показатель преломления у стекла меньше, чем у CS_2 , на границе их раздела происходит полное внутреннее отражение света и он распространяется по кювете как по волноводу с зеркальными стенками. Для предупреждения генерации концы кюветы расширены и зачернены, а ее окна скошены на угол 60° .

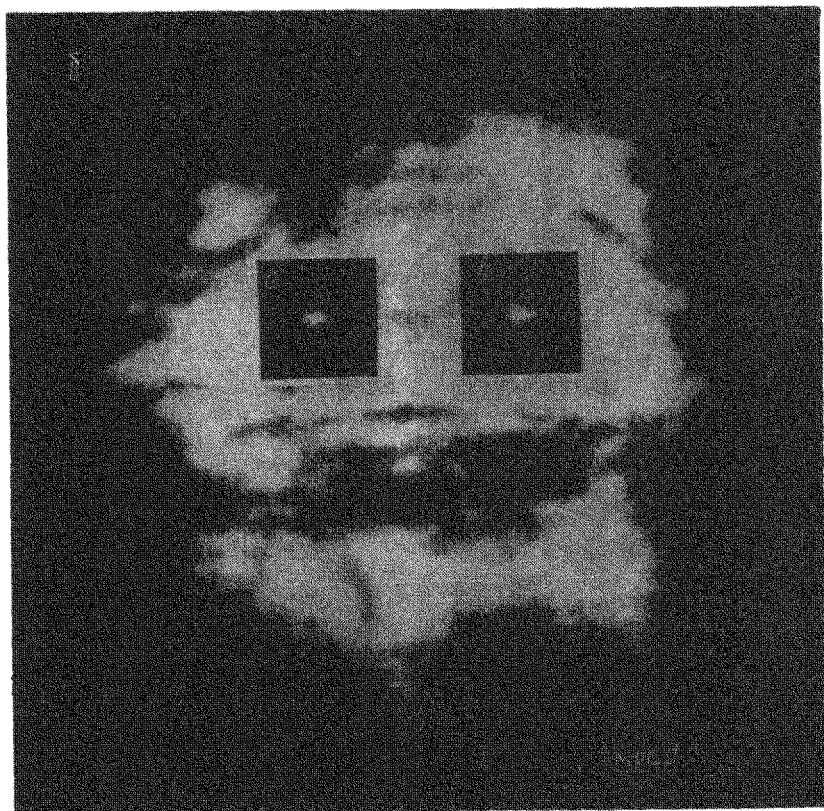


Рис. 8. Фотографии распределения в дальней зоне: *a* — лазерного излучения; *б* — усиленного лазерного излучения; *в* — отраженного света, прошедшего через усилитель

На рис. 3, *a* показано распределение в дальней зоне неусиленного лазерного излучения. В том же масштабе на рис. 3, *б* приведена фотография дальней зоны усиленного излучения (P_{LA}). Сравнение рис. 3, *б* и 3, *a* показывает, что усилитель сильно искажает фронт проходящего через него света, увеличивая расходимость от $0,13$ до $\sim 2,5$ мрад.

Значительная доля ($\sim 60\%$ по энергии) попадающего в сероуглерод излучения отражается назад за счет ВРМБ¹⁾. Распределение в дальней зоне отраженного света (P_B) в деталях повторяет рис. 3, *б*.

¹⁾ В CS_2 коэффициент усиления при ВРМБ = $0,14$ см/Мвт, а ширина линии усиления = 75 МГц [5].

После прохождения отраженного света через усилитель его расходимость существенно уменьшается и становится равной $\approx 0,15$ мрад. Как видно на рис. 3, в, распределение в дальней зоне отраженного и затем усиленного света весьма близко к распределению неусиленного лазерного излучения. Этот эффект наблюдается при работе усилителя как в линейном режиме, так и в режиме насыщения.

Таким образом, установлено, что, используя ВРМБ, можно скомпенсировать искажения в усиливающей среде и получить усиленный пучок света с расходимостью, близкой к дифракционной. Данный метод неселективен и может быть использован в лазерных системах, работающих на различных длинах волн. Малое время установления ВРМБ ($\sim 10^{-9} \div 10^{-8}$ сек) позволяет компенсировать динамические неоднородности. В качестве примера укажем на возможность компенсации таких неоднородностей в жидкостных усиливающих средах.

Авторы благодарны Н.Г.Басову за постоянный интерес к работе и поддержку, В.С.Зуеву и В.А.Катулину за внимание к работе, Б.Я.Зельдовичу за полезное обсуждение результатов.

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

Поступила в редакцию
2 ноября 1972 г.

Литература

- [1] G.D.Baldwin, E.P.Riedel. J.Appl. Phys., 38, 2720, 2726, 1967.
- [2] Б.Я.Зельдович, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзуллов. Письма в ЖЭТФ, 15, 160, 1972.
- [3] J.E.Geusik, H.E.D.Scovil. Bell. System. Techn. J., 41, 1371, 1962.
- [4] В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. УФН, 98, 441, 1969.
- [5] D.Pohl, W.Kaiser. Phys. Rev., B1, 31, 1970.