

УДК 535.34

## ВЫТЕСНЕНИЕ ГИПЕРЗВУКА ИЗ ФОКАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВРМБ В РЕЖИМЕ НАСЫЩЕНИЯ

А. И. Ерохин, А. А. Никульчин

*Экспериментально определено изменение мощности гиперзвука на длине кюветы. Показано, что максимум ее достигается на значительном удалении от перетяжки каустики при превышении порога ВРМБ.*

Рассмотрение процессов оптоакустического взаимодействия при вынужденном рассеянии Мандельштама–Бриллюэна (ВРМБ) до недавнего времени основывалось на представлениях линейной теории из-за ее простоты и наглядности [1]. Так, например, считалось [2], что в сфокусированных лазерных пучках процесс перекачки лазерного излучения в стоксову волну (а также генерация гиперзвука, определяющая эффективность процесса) локализован вблизи фокуса линзы. Точнее, по этой теории гиперзвук (ГЗ) возникает в области перед фокусом линзы, ближе к источнику накачки при превышении порога ВРМБ. Эта область распространяется в сторону источника, но недалеко, т.к. интенсивность быстро падает при удалении от перетяжки. За фокусом линзы ГЗ быть вообще не должно, т.к. интенсивности уже недостаточно для ВРМБ, а длина затухания ГЗ составляет несколько длин волн. Однако недавно экспериментально и теоретически было обнаружено [3], что даже при незначительном превышении над порогом ВРМБ процесс переработки лазерного излучения в стоксово происходит на значительном удалении от перетяжки каустики линзы в сторону лазера. В [3] измерялась величина эффективности перекачки  $R(z) = P_s(z)/P_L$  в различных местах перетяжки (где  $P_s, P_L$  – мощности стоксовой и лазерной волны, соответственно; ось  $z$  направлена вдоль оси перетяжки в сторону источника накачки) с помощью светоделительной пластины, находящейся в жидкости и ответвляющей часть излучения ВРМБ. Измеренная таким способом  $P_s(z)$ , также как  $R(z)$ , является интегральной по  $z$  величиной. А значит и интерпретация этих результатов, учитывая нелинейность задачи, может быть неоднозначной, поскольку мерялась именно интегральная величина.

Данное сообщение посвящено дальнейшему экспериментальному исследованию взаимодействия ГЗ и пучка накачки при ВРМБ в сфокусированных пучках. Основная цель работы состоит в том, чтобы локально по  $z$  измерить эффективность дифракции на ГЗ и определить величину мощности гиперзвука в различных местах каустики линзы.

Измерения проводились с помощью следующей оптической схемы. ВРМБ в кювете с гексаном возбуждалась основной гармоникой  $TEM_{00q}$  лазера на  $Nd$  стекле длительностью 30 нсек. Излучение лазера (диаметр пучка  $\sim 3$  мм) фокусировалось линзой  $f \sim 11$  см в середину кюветы длиной 12 см. Дифракционная длина перетяжки  $z_D$  в среде составила  $\sim 1.2$  мм. Мощность гиперзвука (аналогично [4]) определялась по эффективности  $\eta$  брэгговской дифракции излучения второй гармоники лазера на продольной гиперзвуковой волне. А поскольку из стационарной теории следует, что  $\eta \sim I_s^* I_L$ , то разумно нормировать наблюдаемую величину на мощность лазерного и стоксового излучения, получая таким образом величину  $W = \eta / (P_s^* P_L)$ . Зависимость  $W$  от положения  $z$  точки пересечения пробного луча и каустики линзы относительно фокуса для восьмикратного превышения над порогом ВРМБ показана на рисунке.

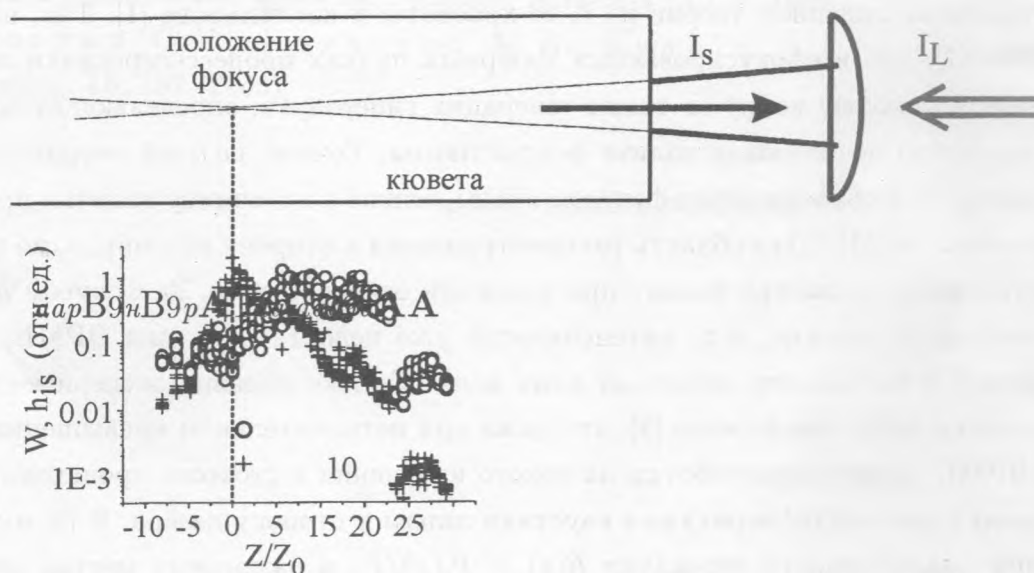


Рис. 1. Схематичное изображение каустики лазерного излучения, измеренная зависимость  $W$  от продольной координаты  $z$  (кружочки), а также вычисленная интенсивность гиперзвука  $I_{hs}$  (крестики), показанные в одном продольном масштабе.

Для того чтобы определить интенсивность гиперзвука  $I_{hs}$  на оси каустики, необходимо знать поперечное распределение  $I_{hs}(x)$ . И если оно гауссово, то

$$I_{hs} \propto \frac{W(z)}{1 + (z/z_D)^2}.$$

Определенная по этой формуле величина  $I_{hs}$  показана крестами на рисунке. Интенсивность гиперзвука, согласно рисунку, в диапазоне  $0 < z/z_D < 20$  почти квадратично падает с увеличением  $z$ , тогда как оно должно уменьшаться  $\sim (z/z_D)^{-4}$  согласно представлениям линейной теории, где  $P_L, P_S \approx \text{const}$  при  $z/z_D > 3$ .

Полученная величина  $W$  пропорциональна мощности гиперзвуковой волны. Из рис. 1 видно, что она имеет максимумы в областях, далеких от перетяжки каустики, где интенсивность лазерного излучения в сотни раз меньше, чем в фокусе.

Необходимо отметить, что существенная интенсивность ГЗ зафиксирована в области  $-10 < z/z_D < 0$ , т.е. за фокусом линзы. Поскольку за время импульса в 30 нсек ГЗ не может распространиться на почти 12 мм, то это может означать, что он генерируется накачкой с интенсивностью значительно ниже порога ВРМБ, т.к. интенсивность накачки в этой области ослаблена не только за счет расширения по выходе из перетяжки, но и за счет отражения от ВРМБ зеркала. Возможно также, что этот ГЗ возникает еще до того, как сформирована основная ГЗ волна в областях  $z/z_D > 0$ , преобразующая существенную часть мощности накачки в стоксово излучение. Наверное, возможны и иные объяснения существования ГЗ в этой области.

Таким образом в работе продемонстрирована чувствительная экспериментальная методика, позволяющая исследовать поведение гиперзвука в сфокусированном лазерном луче, в таком режиме ВРМБ, который описывается только нелинейной теорией, например, в том случае, когда гиперзвук заполняет большую часть кюветы и распространяется вдали от перетяжки. Зафиксирован ГЗ заметной интенсивности в области за фокусом линзы, где его вообще быть не должно в соответствии с представлениями линейной теории.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Зельдович Б. Я., Пилипецкий Н. Ф., Шкунов В. В. Обращение волнового фронта. М., Наука, 1985.
- [2] Рысаков В. М., Аристов Ю. В., Коротков В. И. Опт. и спектр., 47, 745 (1979).

- [3] Moore T. R., Fischer G. L., and Boyd R. W. J. Mod. Optics, **45**, 735 (1998).
- [4] Walder J. and Tang C. L. Phys. Rev. Lett., **19**, 623 (1967).

Поступила в редакцию 20 октября 2006 г.