

### ТРЕХМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ПРИ ВСТРЕЧНЫХ ВЫНУЖДЕННЫХ РАССЕЯНИЯХ

Э. Г а й ж а у с к а с, А. П и с к а р с к а с,  
К. С т а л ю н а с, В. С м и л ь г я в и ч ю с,  
Г. Ш л е к и с

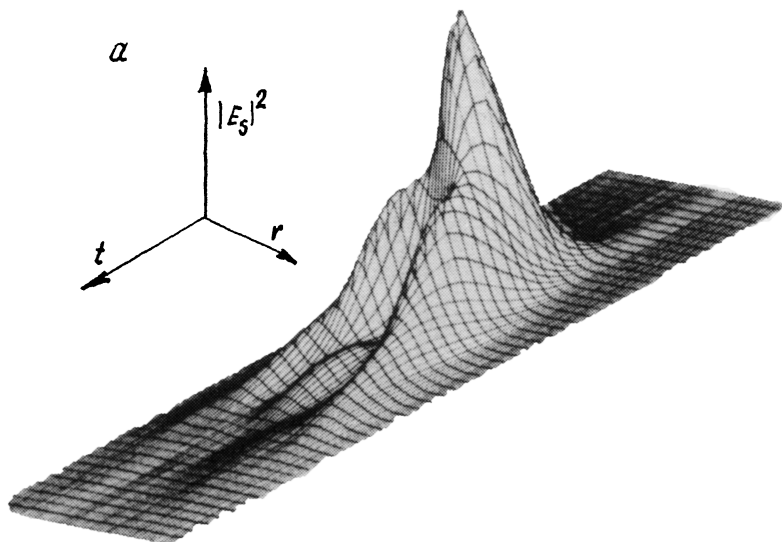
Результаты целого ряда экспериментальных и теоретических работ [1-7] свидетельствуют о перспективности формирования высококонтрастных световых импульсов наносекундного и пикосекундного диапазона (с плавно регулируемой длительностью) посредством эффективного их сжатия во времени при вынужденном рассеянии в обратном направлении. Однако в выше указанных теоретических работах не принималось во внимание распределение интенсивности взаимодействующих световых полей в поперечном сечении пучков. В то же время известно, что в большинстве практических случаев сжатие импульсов реализуется в пучках с гауссовым распределением интенсивности в поперечном сечении. В настоящей работе на примере ВРМБ численно исследована трехмерная задача сжатия светового импульса в сфокусированном пучке при вынужденном рассеянии назад, а также приведены результаты экспериментально зарегистрированной пространственно-временной структуры светового импульса, сформированного при ВРМБ-сжатии в  $CCl_4$ .

Теоретическое рассмотрение проведено на основе численного решения системы уравнений для медленно меняющихся амплитуд стоксовой  $E_S$ , лазерной  $E_L$  и гиперзвуковой  $\rho$  волны:

$$\begin{cases} \left( \frac{n}{c} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} + \frac{i}{2k} \nabla_{\perp}^2 \right) E_S = \Gamma_0 E_L \rho^* \\ \left( \frac{n}{c} \frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} - \frac{i}{2k} \nabla_{\perp}^2 \right) E_L = -\Gamma_0 E_S \rho \\ T \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho = E_L E_S^* \end{cases} \quad (1)$$

где  $k = |k_S| = |k_L|$  — волновое число,  $T$  — время релаксации гиперзвуковой волны,  $\nabla_{\perp}$  — оператор дифференцирования по поперечным координатам,  $\Gamma_0$  — нормированный коэффициент усиления стоксовой волны. В предположении об осевой симметрии рассматриваемой задачи решение системы уравнений искалось в виде разложения по высшим модам осесимметричного пучка ортонормированными функциями Гаусса-Лагера:

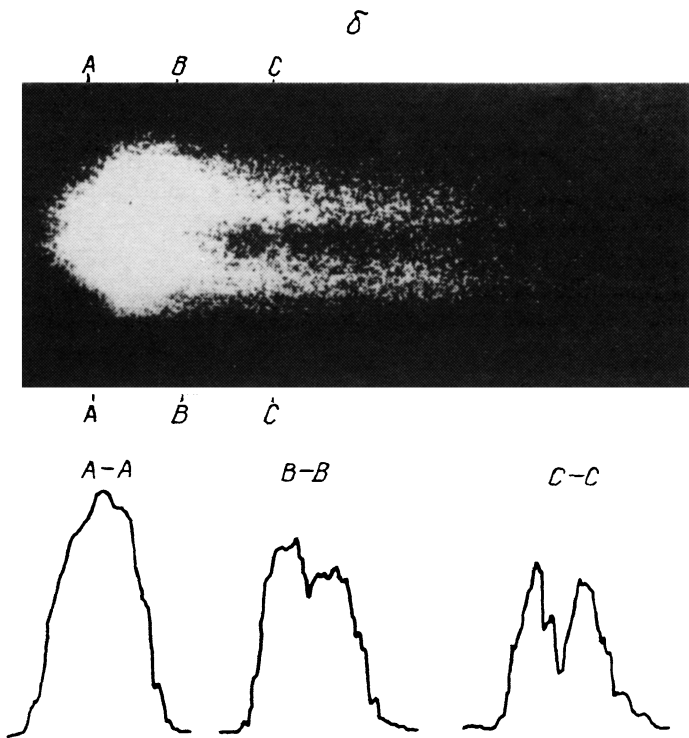
$$\begin{aligned} E_{Sj}(r, z, t) &= \sum_{q=0}^{\infty} \delta_q^{S,L}(z, t) \frac{\alpha_q(2r^2/\omega^2)}{\omega} \times \\ &\times \exp \left[ -\frac{r^2}{\omega^2} \mp \frac{ikr^2}{2R} \pm (2q+1) \cdot i \cdot \arctg \left( \frac{z}{z_0} \right) \right], \end{aligned} \quad (2)$$



Трехмерное распределение интенсивности стоковского импульса, формируемого при ВРМБ-сжатии в сфокусированном гауссовом пучке: а - теория, б - эксперимент (внизу показаны микрофотограммы распределения интенсивности в поперечных сечениях А-А В-В С-С).

где  $\mathcal{L}_q(x)$  - полиномы Лаггера:  $\omega(z) = \sqrt{\frac{2z_0}{k} \left(1 + \frac{z^2}{z_0^2}\right)}$ ;  $R(z) = r_0 \left(\frac{z}{z_0} + \frac{z_0}{z}\right)$  - ширина и радиус кривизны пучка соответственно,  $r^2 = x^2 + y^2$ ,  $z_0 = \lambda f^2 / \pi n r_0^2$  - конфокальный параметр гауссового пучка, фокусируемого линзой с фокусным расстоянием  $f$ ,  $r_0$  - начальный радиус пучка.

Численное решение системы уравнений (1) проводилось методом суммарной аппроксимации [8], выделяя последовательно этапы нелинейного взаимодействия и дифракции волн. При этом значения параметров выбирались соответствующими условиям экспериментов [7] по ВРМБ-сжатию лазерных импульсов длительностью 6 нс в  $CCl_4$ . В результате численного интегрирования исследованы эффективность отражения и компрессии световых импульсов, а также их пространственно-временная структура. На рисунке, а представлен результат моделирования пространственно-временного распределения интенсивности стоковского импульса, формируемого при оптимальных условиях (угле фокусировки и энергии накачки, соответствующих максимальной временной компрессии и эффективному отражению). Существенным, как видно из приведенного рисунка, является значительное отличие длительности импульса в центре пучка (именно эта длительность приводится в качестве оценки предельного ВР-сжатия в теоретических исследованиях при одномерной постановке задачи) от длитель-



ности, получаемой при интегрировании распределения интенсивности в поперечном сечении пучка, т.е. длительности, обычно измеряемой в экспериментальных условиях. Заметим, что интегральная картина распределения интенсивности в поперечном сечении стокова пучка (получаемая интегрированием по времени функции  $E_3(r, t)$ ) близка к гауссовой, поэтому для экспериментального наблюдения описанной пространственно-временной структуры требуется специально поставленный эксперимент.

С этой целью в экспериментальной схеме, описанной в работе [7], где изучалось ВРМБ-сжатие наносекундных импульсов в  $CCl_4$ , перед скоростной электронно-оптической камерой „АГАТ СФ-3“ размещалась щелевая диафрагма. При этом развертка сигнала стокова импульса на экране камеры (см. рисунок, б) позволяет судить о трехмерном распределении интенсивности в импульсе. Учитывая весовой множитель ( $\sim r$ ), для точек, отстоящих на расстоянии  $r$  от оси пучка, легко убедиться, что длительность формируемого импульса света в центре пучка значительно меньше регистрируемой длительности без применения диафрагмы.

Проведенное нами теоретическое моделирование ВРМБ-сжатия в лазерных пучках показало, что наиболее эффективное сокращение длительности импульсов достигается в пучках с гипергауссовым распределением интенсивности в поперечном сечении. Однако выигрыш в величине компрессии в этом случае оказывается весьма незначительным, и длительность отраженных импульсов не достигает оценок, полученных в одномерной постановке задачи.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Н о n D.I. - Opt. Lett., 1980, v.5, p. 516.
- [2] Па пер н ы й С.Б., П е тр о в В.Ф., С т а р ц е в В.А.-  
Письма в ЖТФ, 1981, т. 7, с. 433.
- [3] D a m z e n M.J., H u i c h i n s o n M.H. - Opt.  
Lett., 1983, v. 8, p. 313.
- [4] Г о р б у н о в В.А., И в а н о в В.Б., П а п е р н ы й С.Б.,  
С т а р ц е в В.Р. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1984,  
т. 8, с. 1580.
- [5] Г о р б у н о в В.А. - Квантовая электроника, 1984, т. 11,  
с. 1581.
- [6] Б у з я л и с Р.Р., Д е м е н т ь е в А.С., К о с е н -  
к о Е.К. - Квантовая электроника, 1985, т. 12, с. 2024.
- [7] Г а й ж а у с к а с Э., К р у ш а с В., Н е д б а е в Н.Я.  
и др. - Квантовая электроника, 1986, т. 13, с. 1297.
- [8] F i s h e r R.A., B i s c h e l W.K. - J. Appl.  
Phys., 1975, t. 4921, p. 4921.

Вильнюсский государственный  
университет им. В. Капсукаса

Поступило в Редакцию  
3 июля 1987 г.