

НИТИ САМОФОКУСИРОВКИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ДВИЖЕНИЯ ФОКАЛЬНЫХ ТОЧЕК

В.В.Коробкин, А.М.Прохоров, Р.В.Серов, М.Я.Щелев

В последнее время в литературе ведется оживленная дискуссия о том, являются ли возникающие при самофокусировке [1,2] нити результатом движения отдельных фокальных точек, как это было предложено в [3, 4], или же они существуют стационарно, как предполагалось в [5-7].

Экспериментальная проверка правильности какой-либо из этих двух точек зрения оказалась далеко не простым делом. Первоначально в работах [8-9] было показано, что нити самофокусировки в жидкостях существуют в течение очень короткого времени $\sim 10^{-9} \div 10^{-10}$ сек. В работах [10-12] при самофокусировке наблюдалось образование нити вследствие движения отдельных точек. Однако результаты работ [10-12] нельзя интерпретировать совершенно однозначно в пользу теории фокальных точек. Трудность здесь заключается в том, что даже в случае справедливости стационарной теории большая плотность излучения внутри нити самофокусировки может приводить к сильному нагреву [9] и даже разрушению [11] вещества вследствие различных не-

линейных эффектов, образованию плазмы [13] и т.д. Эти явления будут резко менять свойства среды и приводить к быстрому развалу нити, вследствие чего ее длина в некоторый момент времени может быть очень мала. При изменении мощности лазера начало такой короткой нити самофокусировки будет смещаться в среде, создавая иллюзию движущегося фокуса. Более того, входной лазерный пучок может разбиться на отдельные поперечные области с последующей самофокусировкой каждой из этих областей [8, 13, 14]. В этом случае даже в рамках теории стационарных нитей можно объяснить одновременное существование нескольких движущихся фокусов. Однако эти фокуса в среде будут двигаться по различным траекториям, отстоящим друг от друга на расстоянии порядка размера области поперечного разбиения ($\sim 50 \div 100 \text{ мк}$ [13]).

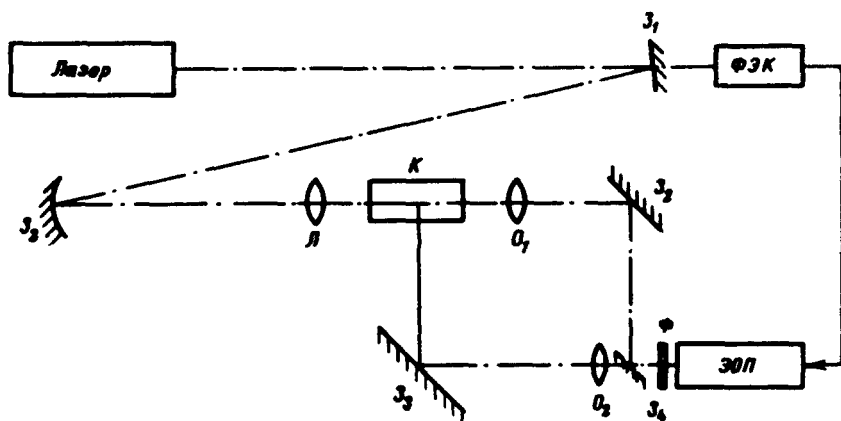


Рис.1. Схема эксперимента: ЭОП – электронно-оптический преобразователь; ФЭК – коаксиальный фотоземель для запуска ЭОП; К – кювета с исследуемым веществом; З₁ – зеркало световой задержки; З₂ и Л – телескопическая система; О₁ и О₂ – объективы; З₃ – плоское зеркало; З₄ – съемное плоское зеркало, используемое при фотографировании кюветы сзади, Ф – светофильтр на $\lambda = 6943 \text{ \AA}$

Для выяснения вопроса о справедливости той или иной теории самофокусировки авторы с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП) исследовали кинетику самофокусировки в жидкостях. Схема экспериментальной установки показана на рис.1.

Излучение одномодового (одна угловая и одна аксиальная мода) лазера проходило через кювету длиной $l = 10 \text{ см}$ с нитробензолом или

сероуглеродом. На входе в кювету излучение имело плоский фазовый фронт с приблизительно Гауссовым поперечным распределением. Диаметр входного пучка $\sim 0,25$ мм, мощность до $1,5$ Мвт при длительности импульса ~ 15 нсек. Для запуска ЭОП использовался ФЭК. Перед ЭОП помещался светофильтр, пропускающий только излучение лазера.

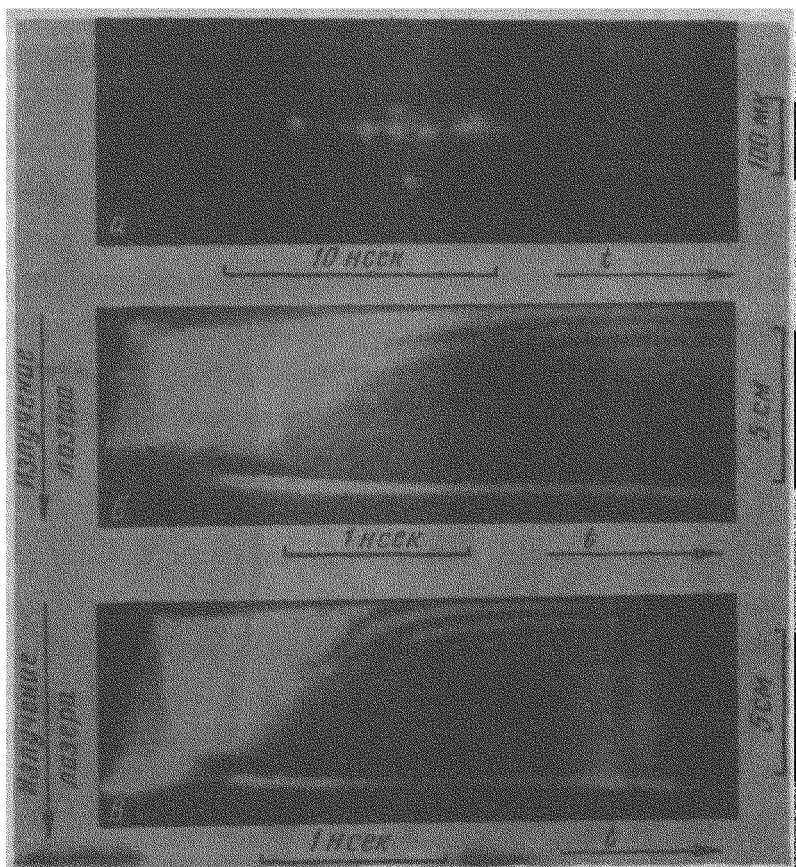


Рис.2. а – развертка картины самофокусировки в сероуглероде на выходном торце кюветы, б, в – развертка картины самофокусировки в сероуглероде сбоку кюветы

Типичная фотография временной развертки торца кюветы приведена на рис.2,а. Видно, что на выходе кюветы диаметр пятна самофокусировки ~ 5 мк, что примерно соответствует разрешающей способности системы регистрации. Пятно самофокусировки существует меньше $0,5$ нсек затем оно исчезает, а через $1 \div 2$ нсек на том же самом месте (с точностью до 5 мк) появляется следующее. Иногда, как это видно из рис.2,а, на расстоянии ~ 50 мк возникает другое пятно самофокусировки, но это наблюдается очень редко.

Развертки самофокусировки при фотографировании сбоку кюветы приведены на рис. 2, б, в. На фотографиях видно, что в самом начале импульса лазера наблюдается интенсивное свечение, связанное, по видимому, с каким-либо вынужденным рассеянием. После окончания вынужденного рассеяния отчетливо видно движение отдельных точек по направлению к входному торцу кюветы. Максимальная скорость этого движения $\sim 3 \cdot 10^9$ см/сек. По мере продвижения точек внутрь кюветы их скорость уменьшается и примерно в максимуме лазерного импульса она близка к нулю. Число движущихся точек приблизительно равно числу пятен самофокусировки, наблюдаемых на развертке выходного торца кюветы.

На снимках 2, б-в почти не видно обратное движение точек самофокусировки при уменьшении мощности входного пучка. Это может быть объяснено нарушением самофокусировки вследствие различных процессов диссипации энергии (например, нелинейное поглощение), которые наиболее существенны как раз в момент поворота.

В наших экспериментальных условиях максимальное значение $N = E/E_{кр} \approx 7$, где E — напряженность входного поля, $E_{кр} = 1/\sqrt{n_2(ka)^2}$ (k — волновое число, a — радиус входящего пучка, n_2 — нелинейный показатель преломления). Развита в [3, 4, 15] теория предсказывает для $N = 7$ и $\zeta = \ell/ka^2 = 0,5$ существование около 7 фокальных точек, что довольно близко к полученным в нашей работе экспериментальным данным. Скорость движения фокальных точек также находится в удовлетворительном согласии с вычисленной в [4].

Авторы считают, что полученные экспериментальные результаты подтверждают справедливость развитой в [3, 4, 15] теории самофокусировки.

В заключение авторы благодарят В.Н.Лугового за плодотворные дискуссии.

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

Поступила в редакцию
18 декабря 1969 г.

Литература

- [1] Г.А.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, 1567, 1962.
[2] Н.Ф.Пилипецкий, А.Р.Рустамов. Письма в ЖЭТФ, 2, 88, 1965.

- [3] А.Л.Дышко, В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 6, 655, 1967.
- [4] В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 7, 153, 1968.
- [5] R.Y.Chiao, E.Garmire, C.H.Townes. Phys. Rev. Lett., 13, 479, 1964.
- [6] P.L.Kelley. Phys. Rev. Lett., 15, 1005, 1965.
- [7] С.А.Ахманов, А.П.Сухоруков, Р.Б.Хохлов. ЖЭТФ, 50, 1527, 1966.
- [8] R.G.Breuer, J.R.Lifsitz. Phys. Lett., 23, 79, 1966.
- [9] А.В.Бутенин, В.В.Коробкин, А.А.Малютин, М.Я.Шелов. Письма в ЖЭТФ, 6, 687, 1967.
- [10] V.V.Korobkin, A.I.Alcock. Phys. Rev. Lett., 21, 1433, 1968.
- [11] M.M.T.Loy, Y.R.Shen. Phys. Rev. Lett., 22, 994, 1969.
- [12] Г.М.Зверев, Э.К.Малдутис, В.А.Пашков. Письма в ЖЭТФ, 9, 108, 1969.
- [13] В.В.Коробкин, Р.В.Серов. Письма в ЖЭТФ, 6, 642, 1967.
- [14] В.И.Беспалов, В.И.Таланов. Письма в ЖЭТФ, 3, 471, 1966.
- [15] А.А.Абрамов, В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 9, 675, 1969.
-