

НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ
ПО ОБРАЗОВАНИЮ НИТИ САМОФОКУСИРОВКИ
ИЗ ФОКУСА ЛУЧА У ПОВЕРХНОСТИ СРЕДЫ

Г. А. Аскарьян, Х. А. Дилянов, М. Мухамаджанов

Одна из разновидностей самофокусировки [1 – 4] – образование филаментов из фокуса лазерного излучения в среде, было наблюдано впервые в [5], однако условия, механизм образования, природа и их свойства до сих пор оставались не исследованными, несмотря на заманчивые перспективы получения узкого концентрированного луча при фокусировке широкого.

В данной работе описываются новые результаты по образованию филаментов из фокуса лазерного луча в жидкости, которые показывают существенную роль близости фокуса к поверхности среды в образовании филаментов.

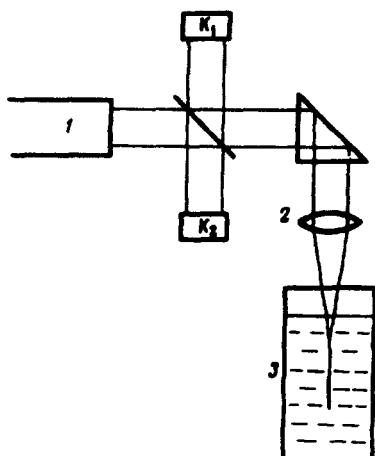


Рис. 1. Схема установки

Схема использованной установки дана на рис. 1. Луч рубинового лазера (1) с модулированной добротностью с мощностью $20 \pm 30 \text{ Мвт}$ фокусировался линзой (2) внутрь специальной вертикально поставленной кюветы (3), заполненной нитробензолом. Кювета была большого диаметра (6 см) и была обложена изнутри матированным изогнутым листом тефлона для исключения ложных изображений на оси от зеркального отражения от стеклянных стенок кюветы света, рассеянного и излученного из области близи фокуса. Между краями тефлонового листа оставалась открытой полоса для бокового наблюдения и съемки. Неполное заполнение вертикально поставленной кюветы позволило помешать фокус очень близко к поверхности жидкости без опасения разрушения торцевого окна кюветы. (Такие эксперименты невозможны для горизонтальных кювет, которые использовались ранее другими авторами). При исследовании была обнаружена существенная роль близости фокуса к поверхности среды в образовании филаментов.

На рис. 2 (а, б, в, г, д) даны снимки сбоку кюветы при последовательном смещении влево линзы с фокусным расстоянием 5 см. При смещении фокус линзы проходил через поверхность жидкости. Видно, что наиболее эффективен процесс протягивания — когда фокус находится на расстоянии ~ 5 мм у поверхности жидкости (г).



Рис. 2. Фотографии луча сбоку кюветы. На рисунке показано влияние сдвига фокуса луча на образование филаментов; мощность лазера 6 – 7 Мвт в луче диаметра 5 мм. Линза сдвигалась вверх; расстояние в мм от фокуса до поверхности (ФП) и от линзы до поверхности (ЛП): а – (ФП) = 40, (ЛП) = 25; б – (ФП) = 23; (ЛП) = 35; в – (ФП) = 15, (ЛП) = 40; г – (ФП) = 5; (ЛП) = 47; наиболее оптимальное положение. Длина филамента = 10 см, д – (ФП) = -3; (ЛП) = 53. Положение фокуса отмечено указателем

Диаметр нитей составляет 100 – 150 мкм (определен из сравнения с эталонной проволочкой, помещенной на оси заполненной кюветы). Диаметр волноводных нитей превосходила 10 см, т. е. были наблюдены нити, у которых расходимость в 10 раз меньше дифракционной.

Использование близости фокуса к поверхности позволяет стабильно получать длинные филаменты с помощью линз с различными фокусами расстояниями (при обычных условиях филаменты получались лишь для короткофокусных линз и не для всех рубинов, и даже оптимальный подбор мощности лазера не позволял получить столь длинные филаменты, какие были получены при приближении фокуса к поверхности жидкости для различных линз и различных рубинов).

Влияние близости поверхности на формирование волновода могло быть связано с рядом причин, например, уменьшение ослабления луча из-за рассеяния, деформация поверхности, особенности нелинейности вблизи поверхности и т. п. Однако, измерение отраженного назад света при погружении фокуса в жидкость в наших условиях, не дали заметного нарастания отражения, что, по-видимому, исключает возможную роль ВРМБ в ослаблении луча. Невозможность получения столь длинных филаментов подбором мощности при глубоком погружении фокуса также показывает, что причина, по-видимому, не только в уменьшении потери энергии. Полученные результаты облегчают условия формирования концентрированных мощных световых потоков и дают прямое подтверждение волноводного распространения света в нелинейной среде. (Теория этого эффекта с учетом реальной нелинейности была развита недавно в работе [6].)

Отметим, что волноводная концепция самофокусировки вовсе не предполагает волновод постоянного сечения. Действительно, самофокусировка [1] есть уменьшение расходимости (или увеличение сходимости) мощного луча из-за нелинейных эффектов (все проявления ее есть следствие этого процесса), а пространственная распределенность самофокусировки делают ее аналогичной появлению диэлектрического волновода [1]. Поскольку волноводы в общепринятом широком смысле (см., например, [7]) бывают произвольного сечения (в том числе и переменного сечения, например, с давно используемым в практике сужением для усиления поля), то волноводное описание самофокусировки достаточно широко и полно. Отметим, что при изменении мощности луча начало волновода тоже должно совершать прочерк. Кстати, эксперименты по многофокусной структуре [8, 9] могут быть объяснены и с позиций модулированного волновода.¹⁾

¹⁾ Укажем попутно, что, вопреки утверждению [10] в работе [11] не была рассмотрена самофокусировка, так как в ней рассмотрены *плоские* волны и *продольное* перераспределение поля и плазмы в направлении распространения волн, в то время как при самофокусировке происходит *поперечное* перераспределение и изменение расходимости луча в первоначально однородной среде за счет появления *поперечного градиента* нелинейного показателя преломления.

В заключение авторы выражают благодарность академику Д.В.Скорбельцыну за интерес к работе и содействие развитию исследований по самофокусировке.

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

Поступила в редакцию
2 сентября 1971 г.

Литература

- [1] Г.А.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, 1568, 1962.
 - [2] В.И.Таланов. Изв. высш. уч. зав., сер. Радиофизика, 7, 564, 1964.
 - [3] R. Y. Chiao, E. Garmire, C. H. Townes. Phys. Rev. Lett., 13, 479, 1964; 14, 1056, 1965; 16, 347, 1966.
 - [4] С.А.Ахманов, А.П.Сухоруков, Р.В.Хохлов. УФН, 93, 19, 1967.
 - [5] Н.Ф.Пилипецкий, А.Р.Рустамов. Письма в ЖЭТФ, 2, 88, 1965.
 - [6] В.Е.Захаров, В.В.Соболев, В.С.Сынах. ЖЭТФ, 60, 136, 1971.
 - [7] Физический словарь т. 1, стр. 302, 1960.
 - [8] В.В.Коробкин, А.М.Прохоров, Р.В.Серов, М.Я.Щелев. Письма в ЖЭТФ, 11, 153, 1970.
 - [9] Н.И.Липатов, А.А.Маненков, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 11, 444, 1970.
 - [10] В.Е.Елеонский, В.П.Силин. Письма в ЖЭТФ, 13, 167, 1971.
 - [11] Т.Ф.Волков. Сб. "Физика плазмы и проблема управляемой термоядерной реакции". Изд. АН СССР, 3, 36, 1958.
-