

СТОЯЧАЯ КАРТИНА ТОЧЕК САМОФОКУСИРОВКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СТЕКЛЕ

Н.И.Липатов, А.А.Маненков, А.М.Прохоров

К настоящему времени опубликовано большое число экспериментальных и теоретических работ (см. обзоры [1]), посвященных изучению явления самофокусировки в различных средах. Наиболее изучена самофокусировка в жидкостях, для которых в последнее время получены интересные результаты [2–3], позволившие сделать определенные заключения о многофокусной модели [4] этого явления. Однако для твердых прозрачных диэлектриков, несмотря на большое число работ, механизмы и процессы самофокусировки остаются не выясненными.

В данной работе мы исследовали самофокусировку лазерного излучения в стеклах и наблюдали принципиально новую картину явления — стоячую картину фокальных точек. Это было получено при использовании в эксперименте прямоугольного светового импульса, что позволило наиболее просто производить сравнение экспериментальных результатов с теоретическими моделями самофокусировки. Во всех предыдущих работах по самофокусировке эксперименты проводились с колоколообразным импульсом, мощность которого плавно изменяется во времени, что вызывало определенные трудности однозначной трактовки результатов на основе той или иной теоретической модели этого явления. Так наблюдавшиеся рядом авторов нитевидные разрушения в прозрачных диэлектриках под действием лазерного излучения объяснялись либо волноводным характером распространения мощного излучения в нелинейной среде [6], либо движением областей самофокусировки в процессе изменения во времени мощности лазерного импульса [7].

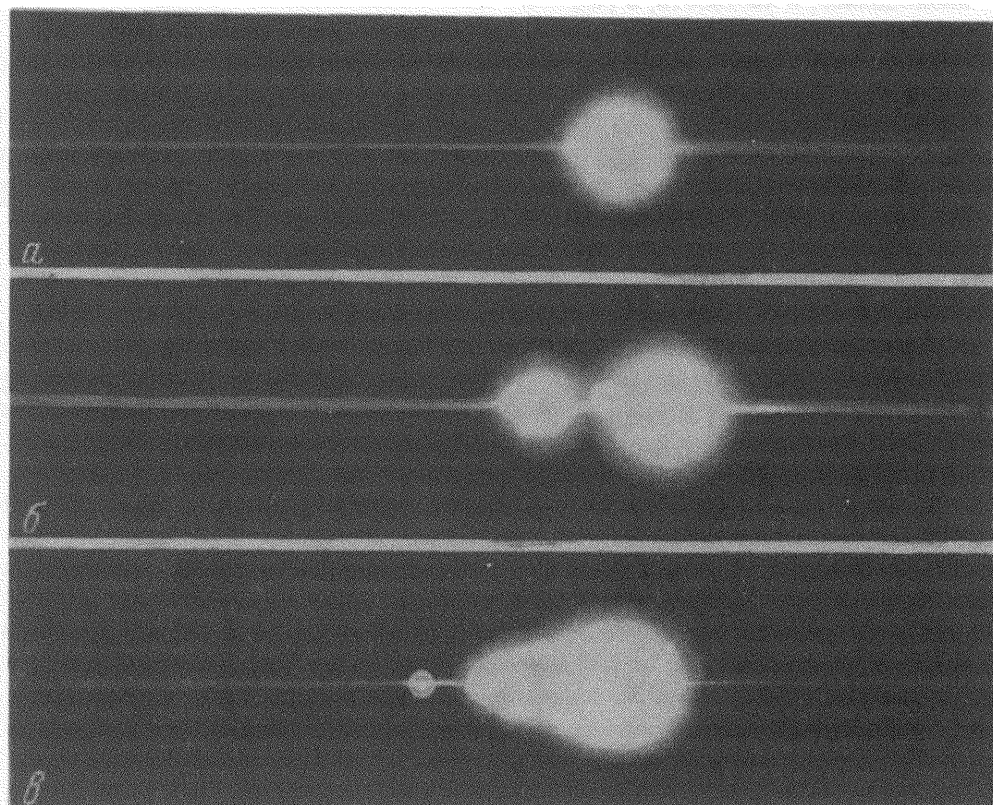
Области самофокусировки могут иметь различную структуру (волновод, ряд фокальных точек на оси пучка и т. п.), разрешить которую, и таким образом подтвердить справедливость той или иной модели самофокусировки, можно наблюдая стационарную картину самофокусировки при постоянной во времени мощности падающего на нелинейную среду излучения. Именно такие условия были реализованы в нашем эксперименте, в котором использовались световые импульсы прямоугольной формы.

В качестве задающего генератора использовался одномодовый рубиновый лазер с модулированной добротностью. Из выходного колоколообразного импульса этого генератора с помощью затвора Поккельса вырезался прямоугольный импульс длительностью 20 нсек, с передним и задним фронтами ~ 2 нсек и плоскостностью вершины $\sim 4\%$. После усиления этот прямоугольный импульс лазерного излучения фокусировался линзой ($F = 12$ см) внутрь образца свинцового стекла ТФ — 105 длиной 19 см.

В процессе эксперимента одновременно регистрировались на осциллографе падающий и прошедший через образец импульсы, а также производилось фотографирование образца стекла сбоку в момент прохождения через него излучения.

При мощностях лазерного излучения P_i , близких к порогу разрушения стекла P_d , в образце было обнаружено сильное нелинейное поглощение, которое наблюдалось по характерному изменению формы импульса прошедшего через образец излучения. При $P_i \geq P_d$ в образце возникали точечные разру-

нения, расположенные на оси пучка. Число этих разрушений, их относительные расположение и размер зависели от величины $\eta = P_i / P_d$. Число точек возрастало от одной до трех при увеличении η от 1 до 6 (рисунок), при этом каждое следующее разрушение возникало ближе к линзе и расстояние между ним и предыдущим уменьшалось с ростом числа точек. Из приведенных картин



Картина рассеяния лазерного излучения (импульс прямоугольной формы) в стекле ТФ-105 при различных мощностях: *a* — $\eta = P_i / P_d = 1$; *б* — $\eta \approx 3$, расстояние между центрами рассеяния ≈ 5 мм; *в* — $\eta \approx 6$. Видны яркие ореолы рассеяния на точечных разрушениях и слабый след обычного рассеяния в стекле. Направление распространения лазерного луча слева направо

разрушения, наблюдаемых по рассеянию проходящего через точечные разрушения лазерного излучения, можно сделать определенный вывод о концентрации энергии в каждой точке разрушения, а именно, чем ближе точка к линзе, тем меньше ее размер (размер первого разрушения был $\sim 0,1$ мм), а следовательно и сфокусированная в ней энергия.

Описанную картину точечных разрушений мы связываем с дискретной многофокусной моделью самофокусировки [4, 5], развивающейся под действием прямоугольного светового импульса. Для выяснения определяющей роли прямоугольности импульса при образовании стоячей картины самофокусировки был поставлен контрольный эксперимент, в котором импульс падающего на образец излучения имел существенно нестационарную (пилообразную или колоколообразную) форму. В этом случае при мощностях излучения, превышавших пороговую в образце наблюдались *нитевидные* разрушения, причем длина нитей зависела от величины $\eta = P_i / P_d$: при увеличении η развивалось от одной до нескольких дискретных нитей, расположенных на оси пучка, которые затем сливались в одно сплошное нитевидное разрушение, аналогичное тем, которые наблюдались, в частности, в [8].

Из описанных картин разрушения для различных временных форм импульсов падающего излучения можно заключить, что нитевидные разрушения, наблюдаемые в случае пилообразных и колоколообразных импульсов являются следствием движения фокальных точек самофокусировки.

Таким образом, полученные нами экспериментальные результаты находятся в качественном согласии с многофокусной моделью самофокусировки [4, 5]. Количественное сравнение экспериментальных данных с теорией производить затруднительно, поскольку в данном эксперименте фиксировался результат (разрушение стекла), а не сам процесс самофокусировки и, кроме того, нам еще не совсем ясен механизм нелинейности показателя преломления исследованных стекол.

Отметим, что применение лазерных импульсов прямоугольной формы с варьируемой длительностью позволит исследовать процесс временного развития точечной картины самофокусировки и выяснить механизм ее возникновения в различных средах.

Авторы выражают благодарность В.Н.Шкилеву за помощь в подготовке и проведении экспериментов.

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

Поступила в редакцию
13 марта 1970 г.

Литература

- [1] С.А.Ахманов, А.П.Сухоруков, Р.В.Хохлов. УФН, 93, 19, 1967; УФН, 95, 231, 1968.
- [2] В.В.Коробкин, А.М.Прохоров, Р.В.Серов, М.Л.Целев. Письма в ЖЭТФ, 11, 153, 1970.
- [3] M.T.Loy, Y.R.Shen. Phys. Rev. Lett., 22, 994, 1969.
- [4] А.Л.Дышко, В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 6, 655, 1967.
- [5] А.Л.Дышко, В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. ДАН ССР, 188, 792, 1969.

- [6] R.Y.Chiao, E.Garmire, C.H.Townes .Phys. Rev. Lett., 13, 479, 1964.
[7] В.Н.Луговой, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 7, 153, 1968.
[8] M.Hercher. J.Opt. Soc. Am., 54, 563, 1964.
-