

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ САМОФОКУСИРОВКИ В ЖИДКОСТЯХ

А.В.Буженин, В.В.Коробкин, А.А.Малютин, М.Я.Щелев

В последнее время большое внимание уделяется самофокусировке света, впервые предсказанной Аскарьяном в работе [1]. Весьма инте-

ресные результаты, в частности, были получены авторами работ [2,3], наблюдавшими нити с поперечным размером до 2 мк , время существования которых составляло $\sim 10^{-9} \text{ сек}$. Отмечено также [4], что при нелинейном отражении света от жидкости время существования Стоксовой компоненты комбинационного рассеяния $\sim 3 \cdot 10^{-11} \text{ сек}$, что тоже, по-видимому, связано с самофокусировкой. До сих пор, однако, остается не выясненным вопрос о кинетике процесса самофокусировки и корреляции его с лазерным импульсом. Последнее важно также для понимания роли различных механизмов самофокусировки.

Нами были проведены эксперименты по исследованию кинетики самофокусировки, осуществленные с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП). В этих экспериментах была обнаружена неустойчивость канала самофокусировки. Результаты данной работы докладывались в апреле 1967 г. в г. Горьком на Всесоюзном семинаре по самофокусировке.

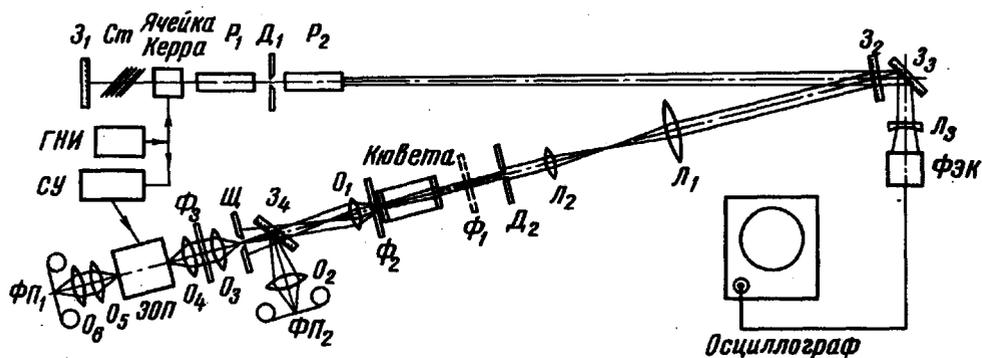


Рис.1. Схема экспериментальной установки. *СТ* – стопа Столетова, *ГНИ* – генератор наносекундных импульсов, *СУ* – схема управления, *ЭОП* – электронно-оптический преобразователь, *ФЭК* – коаксиальный фотоэлемент

Схема эксперимента показана на рис.1. В эксперименте использовался рубиновый лазер с модулированной добротностью. Диафрагма D_1 $\phi 1,5 \text{ мм}$, помещенная между двумя кристаллами рубина P_1 и P_2 , выделяла моду TEM_{00} . Излучение лазера проходило через телескопическую систему L_1 и L_2 и через диафрагму D_2 $\phi 0,5 \text{ мм}$ попадало в кювету с жидкостью. Микрообъектив O_1 отображал выходной торец кюветы на щель Ψ ЭОПа, работавшего в режиме линейной развертки. Кювета устанавливалась на расстоянии $\sim 12 \text{ см}$ от диафрагмы, т.е. за френелевским фокусом, а расстояние между лазером и кюветой ($4,5 \text{ м}$) выбиралось из условия отсутствия обратной связи из-за нелинейного отражения. С помощью зеркала Z_4 и объектива O_2 контролировалась точность попадания изображения самофокусированной нити на щель ЭОПа. Измерение мощности лазерного импульса осуществлялось с помощью прокалиброванного ФЭКа. Нейтральные фильтры Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 служили для ослабления излучения.

Максимальная мощность, входящая в кювету, составляла 500 *квт*. Полученные нами пороговые мощности для кюветы длиной 10 *см* составляют 30 ± 5 *квт* для нитробензола и 60 ± 10 *квт* для толуола, что хорошо согласуется с результатами других авторов [5]. Из временных разверток получено, что при пороговой мощности образование самофокусированной нити совпадает с максимумом генерации (рис.2, а(см. вкл.)). При увеличении мощности момент образования нити смещается к началу генерации, причем такая нить существует $< 0,5$ *нсек* для нитробензола и $2 \div 3$ *нсек* для толуола (рис.2, б, в). На развертках виден распад нити. Скорость поперечного разлета составляет $1,9 \pm 0,5 \cdot 10^5$ *см/сек* и $2,4 \pm 0,5 \cdot 10^5$ *см/сек* для нитробензола и толуола соответственно, что приблизительно в 1,5 раза превышает скорость звука. Минимальные поперечные размеры нити составляли 10 ± 7 *мк* для нитробензола и 30 ± 7 *мк* для толуола.

Тот факт, что разлет происходит со скоростями превышающими звуковые, говорит о существовании в нитях большого избыточного давления.

Возникновение такого давления можно представить себе следующим образом. При диаметрах входного пучка, удовлетворяющих условию $2v\tau < a$ (a — диаметр, v — скорость звука, τ — длительность импульса лазера), основную роль в самофокусировке будет играть оптический эффект Керра. Однако по мере схлопывания пучка вышеуказанное неравенство будет нарушаться и при диаметрах ~ 50 *мк* уже будет существенно сказываться стрикция (при диаметре ~ 2 *мк* время установления стрикции $\sim 10^{-9}$ *сек*). Равновесное стрикционное давление $P_{\text{СТР}} = (E^2/8\pi) \rho(\alpha/\partial\rho) \approx 5 \cdot 10^{-2}$ *атм* для существующей в канале напряженности $E \sim 10^5$ ед. CGSE [3]. При резком ослаблении входного излучения, вызванном нелинейным отражением или поглощением, избыточное давление в нити, связанное с изменением плотности вещества, не будет уравниваться давлением поля, и нить начнет распадаться. Дополнительное увеличение давления будет связано с повышением температуры, вызванной нелинейным поглощением. Важность этого механизма видна из того факта, что разлет происходит со скоростями, превышающими звуковые. Давление в канале можно вычислить из формулы

$$P = P_0 + \rho_0 u^2 \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right),$$

где u — скорость волны, ρ_0/ρ — относительное сжатие.

Для этого можно воспользоваться ударными адиабатами, приведенными в работе [6]. Оценки показывают, что в нашем случае давление составляет $\sim 5 \cdot 10 \cdot 10^3$ *атм*. Такое превышение, по-видимому, нельзя объяснить только стрикционным давлением.

В заключение авторы благодарят Г.А.Аскарьяна за полезное обсуждение.

Литература

- [1] Г.А.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, 1567, 1962.
- [2] R.G.Brewer, J.R.Lifsitz. Phys. Lett., 23, 79, 1966.
- [3] R.G.Brewer, C.H.Townes. Phys. Rev. Lett., 18, 196, 1967.
- [4] M.Maier, W.Kaiser, J.A.Giordmaine. Phys. Rev. Lett., 17, 1275, 1966.
- [5] E.Garmire, R.Y.Chiao, C.H.Townes, Phys. Rev. Lett., 16, 347, 1966.
- [6] J.M.Walsh, M.H.Rice. J. of Chem. Phys., 26, 815, 1957.