

АНОМАЛЬНОЕ ОБРАТНОЕ РАССЕЯНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАССЛОЕННОМ РАСТВОРЕ

*Ф.В.Бункин, М.А.Давыдов, Н.П.Китаев, Г.А.Ляхов,
К.Ф.Шипилов, Т.А.Шмаонов*

Наблюдался эффект селективной по температуре генерации мощного импульса, инициируемой затравочным лазерным излучением. Эксперимент проводился в системе, включавшей регенеративный усилитель и кювету с раствором (вода – γ – коллидин), рассеяние в которой обеспечивало обратную связь.

1. В работе описывается эксперимент, поставленный по схеме рис.1 для исследования оптических свойств расслаивающихся жидких растворов (см. например ¹). Импульсное излучение (длительность импульса 1 мс с энергией 1 Дж рубинового лазера (РЛ)) направлялось в кювету (К) с раствором γ – коллидин – вода критической концентрации. Излучение, выходящее из кюветы, попадало в рубиновый усилитель (У) через линзу L_2 , которая отображала активный элемент внутрь кюветы. На выходе усилителя находился селектор, образованный стопой плоскопараллельных пластин. Ось усилителя была развернута относительно луча РЛ. Перед селектором находилась диафрагма (Д), исключавшая попадание прямого луча РЛ на селектор. Таким образом, инициирующее излучение не участвовало в процессе возбуждения усилителя. Спектральные, временные и энергетические параметры выходного излучения усилителя измерялись в зависимости от температуры кюветы (от $T_K = 5,7^\circ\text{C}$ до $T = 65^\circ\text{C}$, где T_K – нижняя критическая точка расслоения раствора).

2. В интервале температур $44 \div 47^\circ\text{C}$ при фокусировании излучения РЛ в γ -коллидиновый слой раствора наблюдалось самовозбуждение У и генерировался гигантский импульс длительностью 50 нс с энергией 1 Дж и гладким пространственным распределением. Спектр выходного излучения этого импульса не имел частотного сдвига по отношению к спектру инициирующего импульса РЛ, и в нем не наблюдалось дополнительных линий.

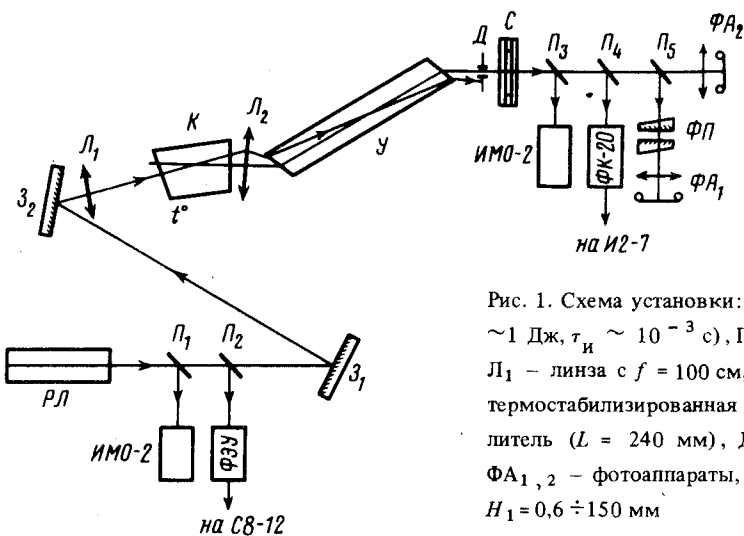


Рис. 1. Схема установки: РЛ – рубиновый лазер ($E_{\text{вых}} \sim 1$ Дж, $\tau_{\text{и}} \sim 10^{-3}$ с), $P_1 - P_5$ – делительные пластины, L_1 – линза с $f = 100$ см, L_2 – линза с $f = 10$ см, К – термостабилизированная кювета с раствором, У – усилитель ($L = 240$ мм), Д – диафрагма, С – селектор, $\Phi A_{1,2}$ – фотоаппараты, ФП – интерферометр с базами $H_1 = 0,6 \div 150$ мм

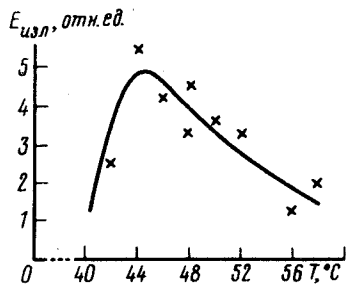


Рис. 2

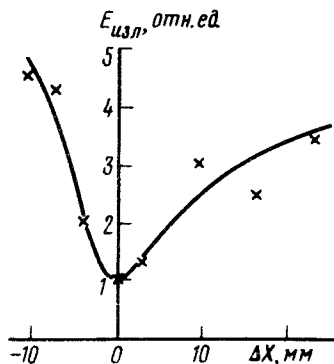


Рис. 3

Рис. 2. Температурная зависимость энергии выходного излучения У

Рис. 3. Зависимость энергии выходного излучения У от смещения кюветы

3. Установлено, что генерация гигантского импульса возникала только при одновременном достижении пороговых значений: 1. температуры (рис.2); 2. энергии импульса РЛ; 3. энергии накачки E_n усилителя; 4. расстояния от кюветы до линзы (рис.3); 5. высоты h прохождения луча над границей раздела в растворе.

Таким образом схема рис.1 имеет положительную обратную связь. В нашем эксперименте ее обеспечивает кювета с раствором. Возникновение обратной связи нельзя объяснить критической опалесценцией, поскольку отстройка по температуре от точки расслоения ($T_{\text{ген}} - T_{\text{к}}$) была велика (44°C). В контрольном эксперименте с однокомпонентной жидкостью (вода либо γ -коллидин) самовозбуждение U не возникало во всем температурном диапазоне от $T_{\text{к}}$ до 73°C . Следовательно, механизмы, не связанные с концентрационными эффектами, также исключаются.

4. Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что наблюдался эффект аномального обратного рассеяния на флуктуациях концентрации, который и обеспечивал селективную по температуре обратную связь. С определенностью можно говорить о наличии в пространственном фурье-спектре концентрационных флуктуаций компоненты с периодом $\lambda/2$, среднеквадратичная амплитуда которой имеет максимум вблизи $T \sim 49^\circ \text{C}$. Существенно, что показатели преломления воды и γ -коллидина заметно отличаются друг от друга ($\Delta n \sim 0,2$). Жесткий режим возбуждения, характерный для генераторов с распределенными зеркалами (имеющими небольшой коэффициент отражения), также объясняется возникновением этого рассеяния. Коэффициент отражения распределенного зеркала пропорционален толщине l рассеивающей среды; в эксперименте изменение l осуществлялось смещением кюветы (рис.3). Резкая зависимость от температуры (а также от h) указывает на возможный структурный переход в исследованном растворе. Переходами такого рода объясняют, например, сильно выраженные аномалии в концентрационной зависимости рассеяния света в водных растворах некоторых спиртов². В нашем эксперименте пороговый лазерный механизм позволил обнаружить тонкую структурную особенность раствора, детальное исследование которой — предмет отдельной работы. Отметим, что в данном эксперименте, кроме наблюдения собственно эффекта аномального обратного рассеяния, реализована новая схема генерации гигантских лазерных импульсов с гладким пространственным распределением.

Литература

1. Бункин Ф.В., Ляхов Г.А., Шипилов К.Ф., Шмаонов Т.А. Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, 251.
2. Вукс М.Ф. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. Л., изд. ЛГУ, 1977.