

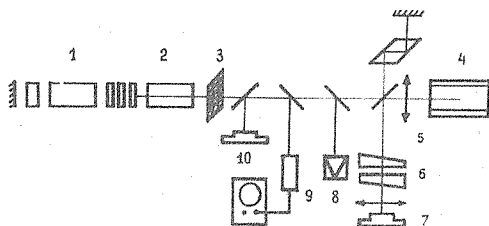
ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВРМБ ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ РАССЛАИВАНИЯ

Н. П. Андреева, В. В. Коробкин, М. Р. Маликов,
Ш. Ш. Набиев, Д. М. Полях, Х. Ш. Саидов

УДК 535.375

Зарегистрировано нарушение обращения волнового фронта (ОВФ) в ближней зоне и отклонение температуры рассеивающего объема от критического значения в растворе нитробензол-н-додекан вблизи критической точки расслаивания. Одновременно с нарушением ОВФ имеет место уширение спектра ВРМБ.

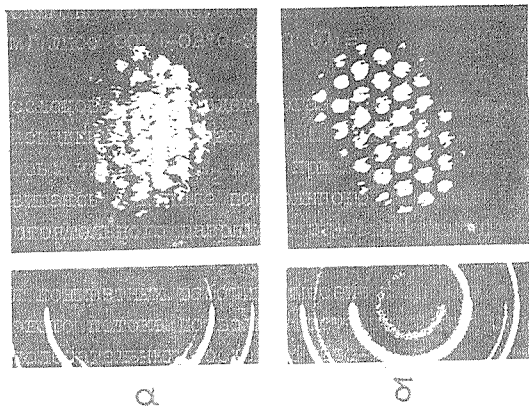
В настоящей работе приводятся экспериментальные результаты наблюдения явления ОВФ /1-3/ при ВРМБ в окрестности критической точки T_k расслаивания бинарного раствора нитробензол-н-додекан критической концентрации C_k , которая составляла $\sim 0,43$ молярной доли н-додекана при $T_k \sim 27,1$ °С. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Для возбуждения ВР использовалось излучение лазера на рубине (1) с энергией в импульсе до 0,3 Дж и длительностью ~ 20 нс в режиме генерации одной продольной и одной поперечной (TEM_{00}) моды при расходимости $\sim 3 \times 10^{-3}$ рад. После усилителя излучение направлялось на гексагональную решетку (3) с периодом 1 мм и прозрачностью 60% для амплитудной модуляции первоначального фронта волны и фокусировалось линзой (5) с $f = 10$ см (в воздухе) в термостатируемую кювету с исследуемым раствором несколько выше границы расслаивания. Точность термостатирования кюветы составляла $\pm 0,05$ °С. Спектральный состав падающего излучения и направленного назад ВРМБ регистрировался с помощью интерферометра Фабри - Перо (6) с областью дисперсии $\delta\lambda = 0,833 \text{ см}^{-1}$ и фотоаппарата (7). Одновременно в ближней зоне фотоаппаратом (10) регистрировалось распределение интенсивности в рассеянной волне. Длительность



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: 1 - генератор, 2 - усилитель, 3 - гексагональная решетка, 4 - кювета с жидкостью, 5 - линза, 6 - интерферометр Фабри - Перо, 8 - калориметр, 9 - осциллограф, 7, 10 - фотоаппарат

лазерного излучения измерялась с помощью коаксиального фотозлемента ФК-3 (9) и скоростного осциллографа С8-12, а мощность - калориметром ИКТ-ПН (8) (нестабильность $5 \pm 10\%$). Предварительно на приведенной экспериментальной установке было исследовано пространственное распределение излучения ВРМБ в чистых жидкостях: CS_2 и салоле. При этом мы наблюдали воспроизведение гексагональной решетки при не очень большом превышении порога генерации ВРМБ. При такой оптической схеме и указанных выше параметрах накачки ОВФ было стабильным. Далее был исследован эффект ОВФ в расслаивающемся растворе нитробензол-н-додекан в температурном интервале от $\Delta T \sim 5^\circ C$ до $\Delta T \sim 0,2^\circ C$ выше критической точки расслаивания. Было обнаружено, что в стоксовом излучении ОВФ наблюдается при $\Delta T \geq 0,3^\circ C$, а при $\Delta T \sim 0,2^\circ C$ изображение не восстанавливается. На рис. 2 приводится фотография восстановленного изображения решетки при $\Delta T \sim 0,2^\circ C$ (а) и $\Delta T \sim 2,8^\circ C$ (б). Внизу представлены соответствующие спектры излучения накачки и рассеянной волны.

На рис. 3 приведены фотографии изображения гексагональной решетки, полученные для двух последовательных импульсов с интервалом в несколько секунд. Перед первым импульсом система выдерживалась около 4 часов при температуре, отстоящей от критической на $\Delta T \sim 0,2^\circ C$. Качество восстановления во втором импульсе значительно выше (рис. 3б), что объясняется увеличением температуры рассеивающего объема вследствие его нагревания из-



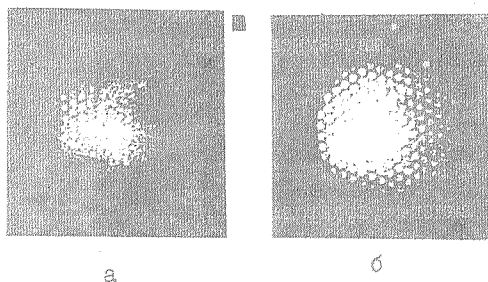
Р и с. 2. Восстановленное изображение решетки при $\Delta T \sim 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (а) и $\Delta T \sim 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (б); внизу приведены соответствующие спектрограммы излучения накачки и линии ВРМБ.

лучением накачки. Нагрев области нелинейного взаимодействия по нашим оценкам не превышал $\sim 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Как известно [3], в условиях, когда восприимчивость системы растет как

$$\epsilon^{\nu} = (\tau/\tau_k - 1)^{-\nu},$$

где ν – критический индекс $\sim 0,63$, даже малые возмущения $\Delta \epsilon \ll kT_k$ могут влиять на фазовый переход, так как вблизи критической точки сильно растет время установления равновесия τ_0 [3]. При изменении термодинамических условий равновесия концентрация компонент раствора в макроскопическом объеме устанавливается за время [3] $\tau_0 \approx \epsilon l^2/D \epsilon^{(1+\nu)}$, где l – линейные размеры возникшей неоднородности ($\sim 0,2$ см для данной геометрии), D – коэффициент взаимной диффузии $\sim 3 \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{с}$. Вблизи критической точки τ_0 достигает нескольких минут.

Наблюдаемое нарушение ОВЭ для раствора нитробензол–и–додекан сопровождается одновременным уширением спектральной линии компоненты ВРМБ. Если вдали от точки расслаивания спектральная ширина излучения ВРМБ совпадала, в пределах апаратной ширины интерферометра, со спектральной шириной накачки, то при темпе-



Р и с. 3. Изображение решетки в ближней зоне в двух последовательных импульсах, поданных с интервалом в несколько секунд

ратуре $\Delta T \sim 0,2$ °C происходит уширение компоненты ВРМБ на $0,01 \text{ см}^{-1}$. Это совпадает со значением избыточного уширения компонент ВРМБ, измеренного по тепловому рассеянию света в растворе нитробензол-н-додекан при $\Delta T \sim 0,4$ °C /4/. Согласно /4/, для раствора нитробензол-н-додекан избыточное поглощение связано с необратимым процессом выравнивания энтропии в звуковой волне между областями с разными значениями концентрации. Характерное время установления такого процесса $\tau_k = 2\pi r_c^2 / \alpha$ (где α - коэффициент температуропроводности, r_c - радиус корреляции) существенно меньше характерного времени диффузии $\tau_d = 2\pi r_c^2 / D$ и равно $\sim 3,5 \cdot 10^{-8}$ с /4/, т.е. становится сопоставимым с временем формирования пространственной стоковой компоненты ВР $\tau \approx 20 / \alpha v \approx 10^{-8}$ с, где $\alpha = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}$, $v = 1,5 \cdot 10^5 \text{ см/с}$.

В звуковой волне вблизи T_k происходят заметные флуктуации концентрации, а следовательно, и флуктуации энтропии. Одно из возможных объяснений полученных экспериментальных результатов состоит в том, что при взаимодействии этих концентрационных флуктуаций энтропии со звуком возникают фазовые искажения, которые влияют на формирование фронта волны ВРМБ. В обычной среде вдали от критической точки фазового перехода взаимодействиями различного рода флуктуаций можно пренебречь, и явление ОВФ можно считать нечувствительным к ним. В случае же среды вблизи критической точки аномально растущие флуктуации могут приводить

к сильному нарушению ОВФ, как это видно из результатов настоящего эксперимента.

Поступила в редакцию
1 декабря 1983 г.

Л и т е р а т у р а

1. Б. Я. Зельдович и др., Письма в ЖЭТФ, 15, 160 (1972).
2. Н. Ф. Андреев и др., Письма в ЖЭТФ, 30, 520 (1979).
3. М. А. Анисимов, УФН, 114, 249 (1974).
4. Я. Туракулов, Л. М. Сабиров, Т. М. Утарова, ЖЭТФ, 79, 2263 (1980).