

РЕГИСТРАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПИКА РАССЕЯНИЯ СВЕТА В ЖИДКОСТЯХ ПРИ СПЕКТРАЛЬНОМ РАЗРЕШЕНИИ 10^{14}

В.П. Тычинский, В.Л. Панков

В двухкомпонентных растворах CCl_4 и H_2O при измерении методами фотосмещения и временных интервалов [1] обнаружены аномальные низкочастотные флуктуации амплитуды и фазы рассеянного света. Получены спектры флуктуаций в низкочастотной области с разрешением 1 Гц.

Спектры релеевского рассеяния света содержат информацию о кинетических процессах в среде, в том числе, о релаксации объемной вязкости, диффузии и изменении структуры [2,3]. Регистрация медленных процессов с временем корреляции $10^{-3} - 1$ сек обычными методами фотосмещения осложняется большой технической шириной линии излучения лазеров ($10^4 - 10^6$ Гц).

В настоящем сообщении излагаются предварительные результаты измерений спектра центрального пика релеевского рассеяния (ЦПРР) в жидкостях новым методом, обеспечивающим спектральное разрешение, ограниченное естественной шириной линии излучения ($0,1 - 1$ Гц для гелий-неоновых лазеров) и аппаратной функцией регистрирующих приборов F_{AP} . Применение метода временных интервалов, который был разработан для прецизионной интерферометрии [1], позволило производить независимые измерения фазы рассеянной волны с чувствительностью порядка $\langle \Delta \phi \rangle \sim 10^{-3}$.

В нашем методе влияние технических флуктуаций частоты лазера на спектр фототока устраняется благодаря использованию стабильно-го компенсированного интерферометра Майкельсона [1], а снижение вклада низкочастотных шумов — за счет модуляции опорного плеча. Сравнительно высокое пространственное разрешение ($V_{\text{зонд}} \sim 10^{-9} \text{ см}^3$) достигалось фокусировкой зондирующего луча внутри плоской кюветы с аксиальной длиной $l = 3$ мм, установленной в измерительном плече интерферометра. Спектральный состав фототока изучался с помощью анализатора спектра $F_{\text{AP}} \sim 10$ Гц или панорамным многоканальным анализатором $S G-1$ с ($F_{\text{AP}}}_{\text{min}} \sim 1$ Гц.

В слаборассеивающих жидкостях (в воде, CCl_4 , спирте, ацетоне) спектр ЦПРР имел вид, показанный на рис. 1 a,b. На крыльях этих спектров ($10 < F < 100$ Гц) уровень флуктуаций не превышал заметно уровня дробовых шумов. При более высоком разрешении обнаруживались слабые флуктуации ЦПРР в полосе $\Delta F = 1 - 10$ Гц с превышением сигнала над уровнем дробовых шумов с/ш 1,5 (см. рис. 2 a,b).

Следующая серия измерений проводилась на смеси $(\text{CCl}_4)_{1-x}(\text{H}_2\text{O})_x$ при $X = 0,007 - 0,008$ и показала аномальную зависимость мощности спектра флуктуаций от концентрации воды X . Для этой цели перемешиванием создавался раствор с концентрацией $X_{\text{max}} = 0,008$ превыша-

ющей равновесную $X_0 = 0,007$ при комнатной температуре. В течение времени $t \approx d/4D = 30$ мин происходило установление равновесия, а концентрация воды при этом монотонно изменялась в пределах от X_{\max} до X_0 . Здесь d обозначено расстояние от границы поверхности жидкости до оси зондирующего луча, D – коэффициент диффузии. Определение концентрации $X(t)$ проводилось по экспериментальной зависимости $\bar{n}(t)$ (см. рис. 3), измеренной методом временных интервалов.

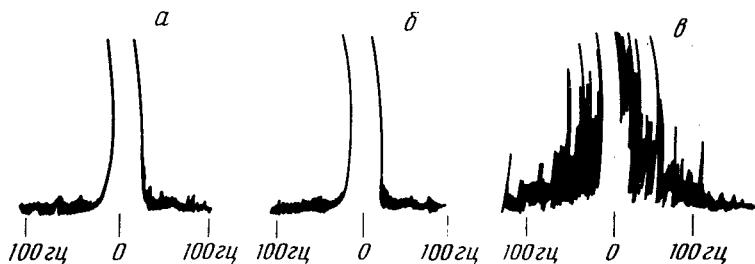


Рис. 1. Спектры ЦПРР при рассеянии света в $a - H_2O$, $b - CCl_4$, $c - (CCl_4)_{1-x}(H_2O)_x$ при $X = 0,0075$ при разрешении $F_{AP} \sim 10$ Гц

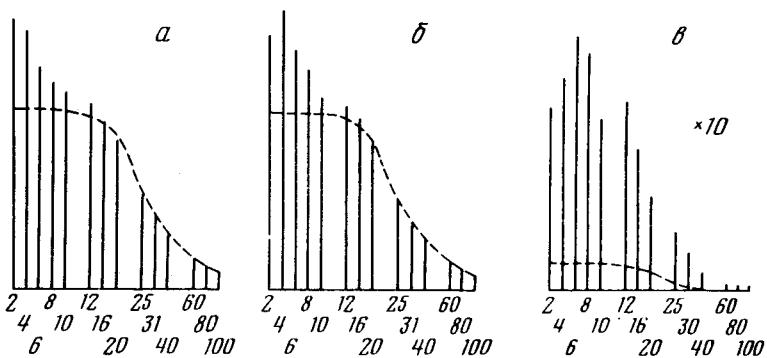


Рис. 2. Спектры ЦПРР при рассеянии света в $a - H_2O$, $b - CCl_4$, $c - (CCl_4)_{1-x}(H_2O)_x$ при $X = 0,0075$ при разрешении $F_{AP} \sim 1$ Гц

На рис. 1, c и рис. 2, c показаны типичные спектры ЦПРР при $X = X_{kp}$ при разрешении соответственно 10 и 1 гц. Одновременно с регистрацией спектров производились измерения амплитуды флюктуаций интенсивности ΔI_∞ и фазы $\Delta\phi$ рассеянной волны. Из кривых ΔI_∞ и $\Delta\phi$ на рис. 3 следует резкое увеличение амплитуды флюктуаций фазы и интен-

сивности, а также мощности спектра $P(t) = \int P(t, F) dF$ при значении $t = 2 - 3$ мин, которому соответствует $X = X_{kp}^0 = 0,0075$. Из измерений флюктуаций фазы по формуле $\Delta n = \lambda \Delta\phi / 4\pi l$ было определено абсолютное значение флюктуации показателя преломления, усредненное по объему $V_{зонд}$. При $X = X_{kp}$ значение Δn равнялось $4,2 \cdot 10^{-5}$.

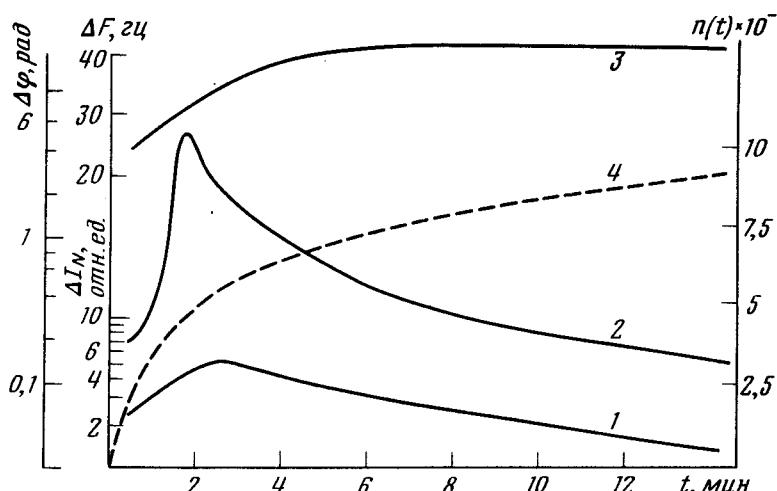


Рис. 3. 1 – флуктуации интенсивности рассеянного света ΔI_{\sim} , 2 – флуктуации фазы рассеянной волны $\Delta\phi$, 3 – ширина спектра ЦПРР ΔF , 4 – среднее значение показателя преломления $\bar{n}(t)$

Близкие результаты были получены и на других бинарных смесях вода – ацетон и вода – спирт.

Приведенные выше результаты допускают следующую интерпретацию:

1) при высоком пространственном и спектральном разрешении в ЦПРР обнаруживаются флуктуации плотности с характерными частотами 2 – 8 гц обусловленные, по-видимому, релаксационными процессами в структуре жидкости (образование кластеров).

2) В бинарных растворах вблизи точек критической концентрации происходит увеличение флуктуаций интенсивности и более резко – фазы рассеянной волны, что согласуется с известными данными по критической опалесценции в растворах [2] и предположениями о кооперативном характере процессов при флуктуации структуры [3]. Но в отличие от результатов [3] увеличение светорассеяния наблюдалось в области малых концентраций воды.

3) Большая величина относительной модуляции интенсивности и фазы рассеянной волны свидетельствует о соизмеримости объема флуктуации и зондирующего объема $V_{\text{зонд}}$, что дает значение радиуса корреляции порядка 10 мкм.

Авторы выражают свою признательность И.Л.Фабелинскому за плодотворную дискуссию и критические замечания.

Институт радиотехники,
электроники и автоматики

Литература

Поступила в редакцию
30 мая 1978 г.

- [1] Н.Н.Евтихьев, Ю.А.Снежко, В.П.Тычинский, Г.Р.Левинсон, В.П.Захаров. Квантовая электроника, 4, 69, 1977.
- [2] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. М., изд.Наука, 1965.
- [3] М.Ф. Вукс. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. Л., изд. ЛГУ, 1977.