

УДК 666.11.01

А.А.Трофимов (4 курс, каф. ПФОТТ),
Г.О.Карапетян, д.х.н., проф., Т.В.Бочарова, к.ф.м.н., доц..

СПЕКТРОСКОПИЯ РЭЛЕЕВСКОГО И МАНДЕЛЬШТАМ-БРИЛЛЮЭНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОНЕОДНОРОДНОСТЕЙ СТРУКТУРЫ

ABSTRACT: Principles of Rayleigh and Mandelshtam-Brillouin scattering (RMBS) spectroscopy are discussed. It is shown, that dependencies of Landau-Placzek ratios on composition, and concentration characterize microinhomogeneities in glass. It is concluded, that RMBS spectroscopy may be used to measure elastic and elasto-optical glass constants, to evaluate optical damage threshold and to investigate shifting radiation influence.

Известно [1], что прохождение света через изотропные, однородные, среды, можно рассматривать, как индцирование в среде падающим светом когерентных вторичных волн одинаковой амплитуды. Если среда идеально однородна, то будет иметь место взаимное гашение всех вторичных волн, рассеянных под углами отличных от первоначального, «возбуждающего» света. Таким образом, однородность среды и когерентность вторичных волн среды есть условия, необходимые и достаточные для того, чтобы рассеянный свет не мог возникнуть [1]. Очевидно, что нарушение этих условий любой природы приводит к рассеянию.

Исследования светорассеяния привели к развитию теории молекулярного рассеяния. Основное уравнение теории представляет собой модифицированное уравнение Рэлея [1]:

$$I = I_0 \frac{\pi^2}{2\lambda^4 L^2} V V \overline{(\Delta\varepsilon)^2} (1 + \cos^2 \theta), \quad (1)$$

где I и I_0 - интенсивность рассеянного и падающего излучения, соответственно; V - объем флуктуации, малый по сравнению с длиной волны света, но содержащий много молекул; $\Delta\varepsilon$ - флуктуации диэлектрической проницаемости, V - рассеивающий объем; θ - угол рассеяния; L - расстояние от рассеивающего объема до точки наблюдения.

Ещё в 20-х годах прошлого века независимо Г.С.Мандельштамом и Л.Бриллюэном было предсказано явление рассеяния световой волны на акустических фонах. Среднеквадратичная флуктуация плотности будет выражаться как:

$$\overline{\Delta\varepsilon^2} = \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\rho} \right)_{C,T}^2 \overline{\Delta\rho^2} + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial C} \right)_{\rho,T}^2 \overline{\Delta C^2} + \left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial T} \right)_{C,\rho}^2 \overline{\Delta T^2}, \quad (2)$$

где ρ, C, T и $\overline{\Delta\rho^2}, \overline{\Delta C^2}, \overline{\Delta T^2}$ - плотность, концентрация, температура и их среднеквадратичские отклонения.

В выражении (2) не учитывается вклад флуктуаций анизотропии, который преимущественно проявляется в виде деполяризации рассеянного света. Флуктуации плотности можно также разделить на статистически независимые адиабатические и изобарические флуктуации плотности.

Адиабатические флуктуации плотности или флуктуации давления можно рассматривать как совокупность упругих волн, распространяющихся в среде по всевозможным направлениям и обладающих всевозможными частотами. Тогда свет, рассеянный на таких флуктуациях, можно рассматривать как результат дифракции света на упругой волне. Можно показать [1], что проявлением этого явления в спектре будет наличие двух сателлитов с частотами, симметрично расположенными по обе стороны от частоты падающего света ω_0 (на ве-

личину частоты звуковой волны Ω ; компоненту с меньшей частотой ($\omega_0 - \Omega$) называют, традиционно, стоксовой, с большей ($\omega_0 + \Omega$) - антистоксовой).

В теории рассеяния в жидкостях широко используется соотношение интенсивностей сателлитов Манделъштам – Бриллюэна и линии Рэля, называемое отношением Ландау – Плачека, которое, как показывает расчет и практика, часто значительно упрощает интерпретацию спектров.

Отношение Ландау – Плачека, для структурных исследований и исследовании микро-неоднородностей сред методами молекулярного рассеяния является ценным количественным параметром, определяющим долю тех или иных флуктуаций относительно адиабатических флуктуаций плотности и вносящим свой вклад во флуктуационную интерпретацию спектров. Таким образом, интенсивность компоненты МБР принимается в качестве внутреннего репера.

Данные спектроскопии РМБР позволяют прогнозировать оптическую прочность стекол, а также изучать воздействие смещающих излучений на структуру стекла. Спектроскопия РМБР может использоваться как метод определения локальных значений упругих и упругооптических постоянных стекол переменного состава.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г. С. Ландсберг. Оптика. Наука, М., 1976.
2. Г. О. Карапетян, Л. В. Максимов. Манделъштам - Бриллюэновская спектроскопия стекла. Физика и химия стекла, 1989, том 15, № 3, стр. 345-365.
3. Л. В. Максимов. Флуктуационные неоднородности в стеклах по данным спектроскопии рассеянного света. Физика и химия стекла, 1996, том 22, № 3, стр.222-227.