

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВКР С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРОВ
НА КРАСИТЕЛЯХ*Н. Н. Беляева и М. А. Новиков*

Предложен простой способ непосредственного измерения частотной зависимости коэффициента усиления ВКР.

В последнее время в нелинейной оптике широко используются лазеры на органических красителях, чему способствуют их некоторые специфические свойства. Широкий спектр излучения красителей и возможность плавной перестройки частот генерации в достаточно широких пределах дает возможность снимать дисперсионные характеристики различных коэффициентов нелинейностей в резонансных условиях, например коэффициентов двухквантового поглощения, дисперсию константы Керра и др.

Данная работа посвящена исследованию частотной зависимости вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) в органических жидкостях (бензол, толуол) в пределах полосы усиления. Существующие методы по измерению коэффициентов усиления ВКР весьма сложны и ненадежны [1-3]. Коэффициент усиления измеряется на одной частоте, чаще в центре полосы усиления.

Метод исследования дисперсии усиления ВКР, который предлагается в данной работе, основан на изменении спектра излучения красителя при прохождении его через исследуемую жидкость, находящуюся в режиме усиления ВКР, т. е. ниже порога генерации. В работах [4, 9] рассматривалось рамановское усиление излучения лазера на красителе без измерения коэффициента усиления и ширины полосы, так как наблюдения велись в режиме генерации ВКР.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Источник когерентного излучения — квантовый генератор на рубине, резонатор которого образован отражателями 1 и 4, работал в режиме «гигантских» импульсов, создаваемых с помощью фототропного затвора (2). Им служил раствор фталоцианина хлористого галлия в нитробензоле. Мощность излучения лазера порядка 10 Мвт. Часть этого излучения использовалась для возбуждения генерации красителя, другая с помощью призмы Глана—Фуко и системы прямоугольных призм отводилась в сторону и далее пространственно совмещалась с излучением красителя. Распределение энергии генератора между этими потоками регулировалось с помощью кристаллической пластинки (5), вращающейся в плоскости, перпендикулярной направлению распространения луча. Поляризация этих потоков, прошедших через призму Глана—Фуко, оказывалась взаимно-перпендикулярной и при желании плоскость поляризации одного из них могла быть повернута на 90° с помощью пластинки кристаллического кварца (7).

Резонатор красителя образован зеркалами 8 и 9. Во избежание линейчатой структуры в спектре излучения красителя в резонаторе использовались клинообразные стекла для зеркал и окон кюветы с краси-

телем. Пространственная регулировка излучения красителя осуществлялась с помощью стеклянного клина 11, на зеркале 12 происходило пространственное совмещение двух излучений. Линза L_2 ($f=30$ см) фокусировала излучение в кювету ($l=80$ см) с исследуемой жидкостью (13), светофильтры Φ_2 задерживали излучение лазера. В качестве спектрографа использовалась фотокамера УФ-85 с решеткой типа «ЭШЕЛЕ» (75 штр./мм, угол блеска $\alpha=59^\circ$, дисперсия прибора $1.5 \text{ \AA}/\text{мм}$). С целью равномерного освещения щели спектрографа излучение фокусировалось системой цилиндрических и сферических линз L_3 . Контроль энергии рубинового лазера осуществлялся с помощью калориметра W, на который падала часть энергии, прошедшая через зеркало 12. Изменение этой энергии осуществлялось сменой стеклянных светофильтров Φ_1 при неизменной энергии накачки красителя.

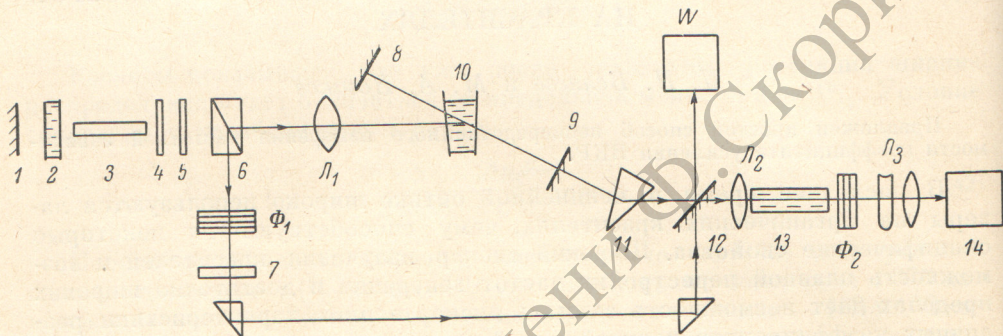


Рис. 1.

Чтобы устранить влияние спонтанного комбинационного рассеяния (СКР), источник пробного излучения должен иметь цветовую температуру $T \gg \hbar\omega/k$, где k — постоянная Больцмана, $\hbar\omega$ — энергия одного кванта. Оценка дает $T \gg 10^5 \text{ K}^\circ$. Таким источником является лазер на красителе. Использовался полиметиновый краситель 3-этил-3-метилтиазазолинотрикарбоданиниодид (мощность излучения 300 квт, $\Delta\lambda = 120 \text{ \AA}$). Концентрация красителя подбиралась такой, чтобы частота рамановского рассеяния перекрывалась полосой генерации красителя. Для целей фотометрирования спектр излучения красителя фотографировался на пленку через 9-ступенчатый ослабитель. Исследования проводились при накачках ниже порога генерации ВКР. Известно, что коэффициент усиления при ВКР можно записать в виде

$$k_{\parallel, \perp} = \exp \left[4\pi \frac{\omega_s}{n_s c} \chi''_{\parallel, \perp}(\omega_s, \omega_L, -\omega_L) \int_0^l |A_L|^2 dz, \right] \quad (1)$$

χ'' — мнимая часть восприимчивости, причем $\chi''_{\perp} = \chi''_{xyxy}$, $\chi''_{\parallel} = \chi''_{xxxx}$; ω_s — частота стоксового излучения; n_s — показатель преломления вещества на стоксовой частоте, A_L — амплитуда лазерной волны. Из (1) следует, что коэффициент усиления при его малых значениях линейно зависит от мощности лазерного излучения. Этот вывод подтверждается экспериментом.

Величина коэффициента усиления зависит от взаимной ориентации поляризацій лазера и красителя. Можно легко показать, что относительные значения коэффициентов усиления при параллельных и ортогональных поляризациях связаны с коэффициентами деполаризации. Данные опыта, представленные в таблице, подтверждают это и находятся в хорошем соответствии с литературными данными.

В работе определялась спектральная ширина полосы рамановского усиления и ее зависимость от коэффициента усиления в центре полосы. За ширину полосы рамановского усиления принимаем $\Delta\omega$ на уровне половины

Вещество	$\omega_s, \text{см}^{-1}$	$\Delta\omega_s, \text{см}^{-1}$		$\alpha_{\perp}/\alpha_{\parallel}$	
		данная ра- бота	[*]	данная ра- бота	[*, *]
Бензол	992	2.4	2.15	0.062	0.065
Толуол	1004	1.8	1.9	0.12	0.1

интенсивности. Частотная зависимость восприимчивости $\chi''(\omega)$ в случае лоренцовской формы линии имеет вид

$$\chi''(\omega) = \frac{\chi''(\omega_0)}{1 + \left[\frac{2(\omega - \omega_0)}{\Delta\omega_s} \right]^2}, \quad (2)$$

где $\chi''(\omega_0)$ — рамановская восприимчивость в центре полосы усиления. Откуда ширина полосы рамановского усиления на уровне половины интен-сивности

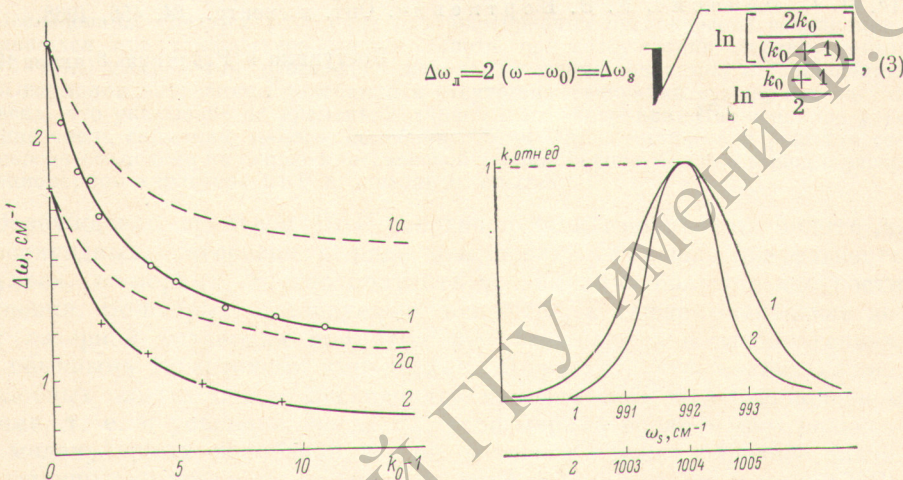


Рис. 2. Зависимость ширины полосы усиления от коэффициента усиления для бензола (1, 1a) и толуола (2, 2a).

Штриховой линией — для гауссовской формы линии, сплошной — для лоренцовской. Крестиками и кружками обозначены экспериментальные точки.

$$\Delta\omega_{\pm} = 2(\omega - \omega_0) = \Delta\omega_s \sqrt{\frac{\ln \left[\frac{2k_0}{(k_0 + 1)} \right]}{\ln \frac{k_0 + 1}{2}}}, \quad (3)$$

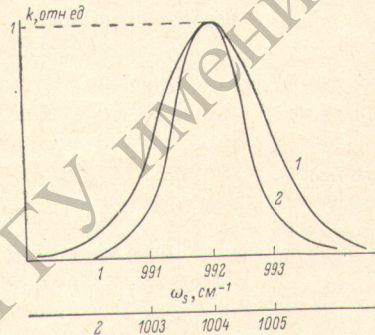


Рис. 3. Спектральный ход коэффициента усиления для бензола (1) и толуола (2).

где $K_0 = \exp[\chi''(\omega_0) I_L L_{\text{эфф}}]$ вычисляется по почернению пленки методом фотометрирования. В случае гауссовской формы линии

$$\chi''(\omega) = \chi''(\omega_0) e^{-\frac{4 \ln 2 (\omega - \omega_0)^2}{\Delta\omega_s^2}}, \quad (4)$$

$$\Delta\omega_{\Gamma} = 2(\omega - \omega_0) = \frac{1}{\sqrt{\ln 2}} \Delta\omega_s \sqrt{\ln \left[\frac{\ln \frac{k_0 + 1}{2}}{\ln k_0} \right]}. \quad (5)$$

На рис. 2 представлены зависимости ширины полосы усиления от коэффициента усиления, вычисленные по (3) и (5), и экспериментальные точки. Как видно из рисунка, данные эксперимента указывают на лоренцовскую форму линии усиления. Спектральный ход коэффициента усиления для бензола и толуола показаны на рис. 3.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что применение лазера на красителе, генерирующего широкий квазинепрерывный спектр, дает простой способ для непосредственного измерения частотной зави-

симости коэффициента усиления ВКР. Этот метод может оказаться перспективным для исследования дисперсии и других нелинейных коэффициентов, например, в процессах двухквантового поглощения, смешения оптических частот и т. д.

В заключение авторы выражают свою благодарность И. И. Левкоу и А. Ф. Вомпе за любезно предоставленные красители и Л. Козьминых за помощь в эксперименте.

Литература

- [1] G. Bret. *Ann. radioelectr.*, 22, 236, 1967.
- [2] S. Dumartin, B. Oksengorn, B. Vodar. *Compt. Rend.*, 261, 3765, 1965.
- [3] G. Bret, G. Mauger. *Compt. Rend.*, 258, 3265, 1964.
- [4] Л. Д. Дергачева, А. И. Соколовская. *Опт. и спектр.*, 25, 447, 1968.
- [5] Н. Бломберген. *УФН*, 97, 307, 1969.
- [6] S. Porto. *J. Opt. Soc. Am.*, 56, 1585, 1966.
- [7] Г. С. Ландсберг, П. А. Бажулин, М. М. Сушинский. Основные параметры спектров комбинационного рассеяния углеводов, М., АН СССР, 1956.
- [8] W. Clements, B. Stoicheff. *Appl. Phys. Lett.*, 12, 246, 1968.
- [9] Я. С. Бобович, А. В. Борткевич. *Опт. и спектр.*, 24, 456, 1968.

Поступило в Редакцию 8 июня 1970 г.