

ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА КРЫЛА ЛИНИИ РЕЛЕЯ ВО ВНЕШНЕМ РЕЗОНАТОРЕ

21

Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский

Явление вынужденного рассеяния света крыла линии Релея (ВРК), обнаруженное в [1], исследовалось неоднократно экспериментально [1 - 5] и теоретически [1,4, 6 - 8].

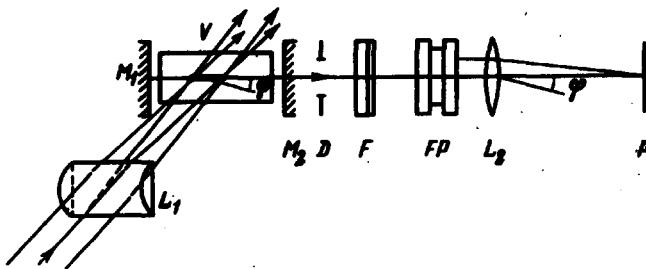


Рис.1. Схема установки: L_1 - цилиндрическая линза ($f = 5 + 7$ см), V - сосуд с изучаемой жидкостью, M_1 , M_2 - зеркала резонатора с коэффициентами отражения 100 и 50% соответственно. Расстояние между зеркалами 10 см, FP - интерферометр Фабри - Перо, ϕ - угол между осью резонатора и направлением регистрации

Здесь сообщаются первые результаты изучения генерации света ВРК во внешнем поперечном резонаторе (см. рис. 1), в который цилиндриче-

ской линзой L_1 фокусируется свет импульса рубинового лазера, поляризованный в плоскости, перпендикулярной плоскости рассеяния, мощностью ~ 100 мвт и длительностью ~ 12 нсек.

Генерация света ВРК изучалась в восьми жидкостях, причем в *л*-ксилоле, бензоле и толуоле ВРК вообще наблюдалось впервые. Если зеркало резонатора M_1 заслонялось, то спектр ВРК исчезал.

По характеру генерируемого спектра ВРК изученные жидкости условно могут быть разделены на две группы.

У жидкостей первой группы — бензальдегиде (протяженность спектра генерируемого ВРК 3 см $^{-1}$), нитробензоле ($1,5$ см $^{-1}$), хинолине ($2,5$ см $^{-1}$), о-ксилоле ($2,5$ см $^{-1}$) и *m*-ксилоле ($4,5$ см $^{-1}$) (см. рис.2, вклейка) наблюдается только стоксовое ВРК.

Вторая группа — сероуглерод, бензол и толуол. Спектр генерации ВРК в этом случае (рис. 3 см.вклейку) более сложен, чем у жидкостей, относящихся к первой группе. Под углом $\phi \sim 0,5 - 1^\circ$ относительно оси резонатора (рис. 1) спектр ВРК в этих жидкостях состоит из стоксовой и антистоксовой частей. При углах $\phi > 1^\circ$ в рассеянном свете наблюдается лишь стоксовое крыло.

Наиболее сложен спектр ВРК в сероуглероде (рис. 3). В конусе углов $\phi \sim 0,7^\circ$ в спектре ВРК CS_2 наблюдается стоксовая ($\sim 2,5$ см $^{-1}$) и антистоксовая ($\sim 1,5$ см $^{-1}$) части крыла. В области углов $\phi \sim 1 + 2^\circ$ наблюдается лишь стоксовое крыло протяженностью ~ 7 см $^{-1}$ и не имеющее видимого максимума в распределении интенсивности. Только на некоторых интерферограммах при углах $2 - 3^\circ$ в ВРК наблюдается линия, смещение которой $\Delta\nu_{max} = 2,5$ см $^{-1}$, что соответствует частоте максимума коэффициента усиления $g_1(\Omega)$ [6].

Возможное объяснение полученных результатов, состоит в следующем. В сероуглероде, бензоле и толуоле во внешнем резонаторе возникает интенсивное ВРМБ, распространяющееся вдоль оси резонатора. Интенсивность света ВРМБ так велика, что он вызывает четырехфотонное взаимодействие при ВРК под малыми углами рассеяния [3, 6, 7]. Согласно формуле (14) работы [6], коэффициент усиления $g_2(\Omega)$ при четырехфотонном взаимодействии максимален при угле рассеяния $\theta = \theta_{opt} = A^{1/2} |E_0|$, одинаков для стоксовой и антистоксовой частей крыла и имеет максимум (в отличие от $g_1(\Omega)$), когда $\theta \gg \theta_{opt}$ на частоте $\Omega = 0$.

При относительно больших углах θ (угол рассеяния больше θ_{opt}) четырехфотонное взаимодействие не реализуется и возникает обычное

стоксовое ВРК за счет интенсивности ВРМБ или за счет интенсивности возбуждающего излучения (угол рассеяния $\theta = 90^\circ$), имеющее характер либо сплошного спектра, либо линии на частоте $\Omega = 1/\tau$ (рис. 3).

В жидкостях, отнесенных к первой группе, коэффициент поглощения гиперзвука больше, следовательно, интенсивность ВРМБ мала. В этом случае явление ВРК возникает за счет интенсивности возбуждающего света с углом рассеяния $\theta = 90^\circ$ и поэтому имеет только стоксовую часть.

Почему в этих и прежних [1, 2] опытах, за редким исключением, в спектре ВРК наблюдается сплошной спектр, а не линия, оставалось не ясным.

Одно из возможных объяснений этого было высказано нами [2] и затем подробно разрабатывалось в работе [8] и состоит в том, что в обычных условиях опыта не выполняется критерий $[(\alpha_1 - \alpha_2)/kT]|E_0|^2 \ll 1$. Для сероуглерода нарушение указанного критерия происходит при полях $|E_0| > 10^7$ в/см. При таких полях возникает насыщение в ориентации молекул и максимум в спектре ВРК может исчезать. Однако в опытах, о которых сообщается здесь, $|E_0| \sim 10^6$ в/см или меньше и поэтому приведенное объяснение в этом случае не пригодно.

Рассмотрение процессов, происходящих при вынужденном рассеянии, привело нас к выводу, что при ВРК могут возникать сверхкороткие импульсы, а наблюдающийся обычно сплошной широкий спектр света ВРК (вместо ожидаемой линии) можно объяснить образованием таких сверхкоротких импульсов рассеянного света. Образование пикосекундных импульсов уже наблюдалось в вынужденном комбинационном рассеянии [9].

Механизм образования таких сверхкоротких импульсов при вынужденном рассеянии аналогичен уже описанному ранее [10] механизму сужения лазерного импульса, распространяющегося в среде с инверсной заселенностью.

Действие этого механизма укорочения импульса рассеянного света ясно из рассмотрения рассеяния назад ($\theta = 180^\circ$). При большом усилении передний фронт импульса рассеянного света, возникающего, например, в области фокуса и распространяющегося навстречу возбуждающему свету, будет отбирать из него значительную часть энергии, при этом крутизна переднего фронта будет расти, а задний фронт усиливаться практически не будет. В результате импульс рассеянного света может иметь длительность t_s , значительно меньшую общей длительно-

сти возбуждающего света t_0 . За время t_0 можно ожидать несколько таких коротких импульсов рассеянного света, а их предельная длительность ограничивается временем релаксации анизотропии $(t_0)_{\text{пред}} \sim \tau$ и, следовательно, может достигать величины $\sim 10^{-12}$ сек. Эта оценка предельной длительности импульса при ВРК согласуется с наблюдающейся в эксперименте величиной уширения спектра стоксового ВРК ($\Delta\Omega \sim 1/\tau$). Рассмотренный механизм образования сверхкоротких импульсов наиболее эффективен при углах рассеяния $\theta = 180^\circ$, но может проявляться при любых $\theta \neq 0$.

Существование сверхкоротких импульсов ВРК длительностью меньшей, чем время жизни акустических фононов, дает возможность объяснить наблюдавшуюся в этих и прежних [2] опытах конкуренцию, приводящую к полному или частичному подавлению компонент ВРМБ при возникновении ВРК. По-видимому, явление ВРМБ не успевает установиться, пока возникают сверхкороткие импульсы ВРК.

Авторы благодарят В.П.Зайцева за помощь в работе.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
7 февраля 1969 г.

Литература

- [1] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С. Старунов, И.Л.Фабелинский, Письма в ЖЭТФ, 2, 41, 1965.
- [2] Г.И.Зайцев, Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский, Письма в ЖЭТФ, 6, 505, 1967.
- [3] Г.И.Зайцев, Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский, Письма в ЖЭТФ, 6, 695, 1967.
- [4] В.С.Старунов, Тр. ФИАН, 39, 151, 1967.
- [5] N. D. Foltz, C. W. Cho, D. H. Rank, T. A. Wiggins. Phys. Rev., 165, 396, 1968.
- [6] В.С.Старунов, ДАН СССР, 179, 65, 1968.
- [7] R. Chiao, P. Kelly, Garmire. Phys. Rev. Lett., 17, 1158, 1966.
- [8] R. M. Herman. Phys. Rev., 164, 200, 1967.
- [9] M. Maier, W. Kaiser. Phys. Rev. Lett., 17, 1275, 1966.
- [10] Н.Г.Басов, Р.В.Амбарцумян, В.С.Зуев, П.Г.Крюков, В.С.Летохов, ЖЭТФ, 50, 23, 1966.