

## **ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ МАНДЕЛЬШТАМА – БРИЛЛЮЭНА ВО ВНЕШНЕМ ПОПЕРЕЧНОМ РЕЗОНАТОРЕ**

*О.П.Заскалько, Ю.Н.Сердюченко, В.С.Старунов,  
И.А.Фабелинский*

Приводятся результаты экспериментального исследования спектральных и временных характеристик вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ) во внешнем поперечном резонаторе, свидетельствующие о самосинхронизации компонент ВРМБ.

В настоящей статье сообщаются результаты наших опытов, свидетельствующие о возможной самосинхронизации компонент вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ) [1] во внешнем поперечном резонаторе, который является лазером, излучающим цуги пикосекундных импульсов света.

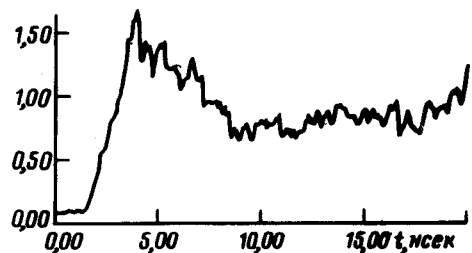
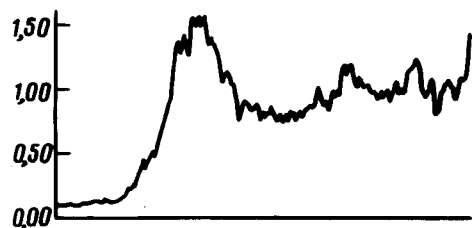
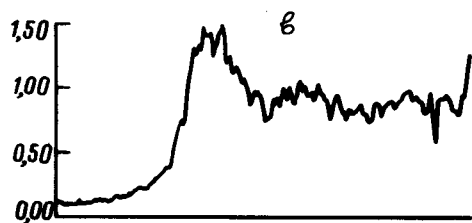


Рис. 1. Интерферограммы ВРМБ во внешнем поперечном резонаторе: *a* — интегральная по времени интерферограмма; *б* — временная развертка интерферограммы (ЭОК-2); *в* — микрофотограмма временной развертки интерферограмм первой, второй и третьей компонент ВРМБ.

1. ВРМБ возбуждалось светом рубинового лазера мощностью 100 МВт и длительностью  $\sim 30$  нсек. Сосуд из отрезка трубки с внешним диаметром 3 см и длиной 5,5 см, заполненный рассеивающей нелинейной средой, помещался внутри резонатора, образованного плоским и сферическим (радиус кривизны 15 см) зеркалами с коэффициентами отражения 100 и  $\sim 90\%$ , соответственно. В качестве рассеивающих веществ использовались ацетон и этиловый эфир. Возбуждающий свет, линейно поляризованный в плоскости, перпендикулярной плоскости рассеяния, фокусировался внутрь сосуда цилиндрической линзой ( $f \sim 6$  см); образующая линзы направлена параллельно оси резонатора. Спектр света ВРМБ, излучаемого резонатором, анализировался интерферометром Фабри — Перо с областью дисперсии  $2,5 \text{ см}^{-1}$ , а временные характеристики исследовались с помощью коаксиального фотоэлемента, подклю-

ного к осциллографу И2-7, либо электронно-оптической камерой ЭОК-2 с разрешением по времени  $\sim 10$  псек [2].

2. В описанных условиях опыта в спектре света, излучаемого ВРМБ-лазером, наблюдалось до 13 компонент ВРМБ (рис. 1, а). Временная развертка этого спектра (рис. 1, б), полученная с ЭОК-2, показывает, что каждая последующая компонента ВРМБ возникает на 1–2 нсек позже предыдущей. Интенсивность каждой из компонент ВРМБ быстро (за 0,5 нсек) нарастает до максимума, а затем несколько падает и в течение остального времени развития процесса остается приблизительно постоянной, существенно не отличающейся от интенсивности других компонент (рис. 1, в). На осциллограмме спектрально неразложенного света видна едва разрешенная эквидистантная временная структура с рассеянием между максимумами  $200 + 300$  псек. Временная развертка этого излучения на ЭОК-2 показала (рис. 2), что излучение представляет собой регулярную последовательность импульсов длительностью не более 40 псек с расстоянием между ними  $\sim 220$  псек. Это расстояние совпадает с периодом гиперзвуковой волны в ацетоне, возникающей при ВРМБ под углом  $\theta = 180^\circ$  [1].

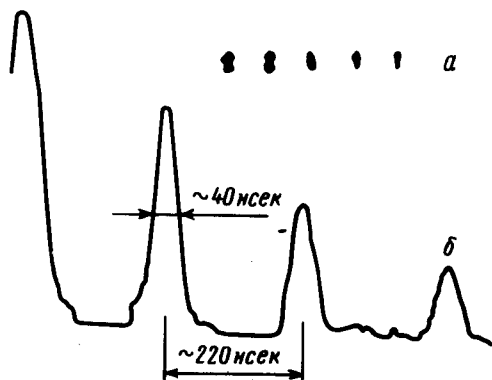


Рис. 2. а – Временная развертка излучения ВРМБ, полученная с помощью ЭОК-2 и б – ее микрофотограмма (различие интенсивностей импульсов на микрофотограмме связано с неравномерной чувствительностью экрана на ЭОК-2)

Описанные результаты наблюдались нами в многократно повторяющихся опытах. Временные и спектральные характеристики ВРМБ не менялись при изменении расстояния между зеркалами резонатора от 6 до 9,5 см. Мы полагаем, что приведенные выше результаты дают основание предположить, что наблюдается самосинхронизация компонент ВРМБ во внешнем поперечном резонаторе. В этом случае длительность  $\tau$  излучаемых импульсов должна быть  $\tau \sim 1/N\Omega_{MB}$ , где  $N$  – число синхронизованных компонент,  $\Omega_{MB}$  – смещение компонент ВРМБ.

3. Экспериментально синхронизация мод резонатора была обнаружена в случае вынужденного рассеяния света крыла линии Рэлея [3] и при ВРМБ в длинных световодах [4]. В обоих случаях синхронизация мод происходила в пределах полосы усиления каждого из видов рассеяния света. Теоретически возможность синхронизации компонент ВРМБ и компонент вынужденного комбинационного рассеяния света (ВКР) раньше неоднократно обсуждалась в литературе [5, 6]. В теории, развитой в [5], показано, что синхронизация компонент ВРМБ может воз-

никнуть, если внутрь резонатора поместить нелинейный поглотитель. В наших опытах впервые наблюдалась синхронизация компонент ВРМБ в чистых жидкостях в отсутствие нелинейного поглотителя и в отличие от [4], в случае, когда расстояние между модами резонатора больше ширины полосы усиления ВРМБ.

Чтобы чисто качественно пояснить при каких условиях синхронизация компонент ВРМБ не может возникнуть и при каких условиях она возможна, предположим сперва, что можно пренебречь зависимостью показателя преломления от электрического поля световой волны. В наших опытах возникают последовательные компоненты ВРМБ, отвечающие углу рассеяния  $\theta = 180^\circ$ . Из законов сохранения энергии и импульса следует, что частота  $\omega_l$  и волновой вектор  $\mathbf{k}_l$   $l$ -й компоненты связаны с частотой и волновым вектором  $(l + 1)$ -й компоненты ВРМБ соотношениями  $\omega_l = \omega_{l+1} + \Omega_l$  и  $\mathbf{k}_l = \mathbf{k}_{l+1} + \mathbf{q}_l$ , где  $\Omega_l$ ,  $\mathbf{q}_l$  — частота и волновой вектор  $l$ -й гиперзвуковой волны. Если все последовательные компоненты ВРМБ эквидистантны ( $\Omega_l = \Omega_{\text{МБ}}$ ), то учитывая предшествующие выражения получим:

$$\Delta q_e = q_l - q_{l+1} = 2\pi \Omega_{\text{МБ}}/c, \quad (1)$$

где  $c$  — скорость света. Величина  $\Delta q_l$  ( $\text{см}^{-1}$ ) существенно превышает ширину компонент Мандельштама — Бриллюэна. Отличие от нуля  $\Delta q_l$ , означает, что каждая компонента ВРМБ возникает на дебаевской тепловой волне, фаза которой никак не связана с фазами других тепловых волн, на которых рождаются другие компоненты ВРМБ. Вследствие этого, свет различных компонент ВРМБ будет иметь различные случайные фазы, они не смогут эффективно интерферировать и в этом случае не возникнет синхронизация компонент ВРМБ.

Синхронизация компонент ВРМБ, наблюдающаяся в наших опытах, вероятно означает, что существует механизм, делающий гиперзвуковую волну общей ( $\Delta q_l = 0$ ) для всех компонент ВРМБ. Единственный механизм, который мог бы в нашем случае привести к условию  $\Delta q_l = 0$  и, следовательно  $k_l = k_{l+2}$  это нелинейная зависимость показателя преломления среды от электрического поля световой волны, в частности, вследствие электрострикции.

Если это так, то можно ожидать, что в случае ВКР в диспергирующей нелинейной среде возможно когерентное каскадное рождение компонент на одной волне молекулярных колебаний. В последнем случае в результате синхронизации компонент ВКР могут возникнуть световые импульсы длительностью менее  $10^{-13}$  сек.

В заключение авторы выражают благодарность М.Я.Щелеву за обсуждение результатов и помощь в работе, М.Р.Маликову за помощь при выполнении эксперимента и В.П.Дегтяревой за помощь при обработке результатов.

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

Поступила в редакцию  
22 ноября 1979 г.

### Литература

[1] В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. УФН, 98, 441, 1969; I.L.Fabelins-

kii. Stimulated Mandelstam – Brillouin. Process. Книга: A Treatise in Quantum Electronics, vol 1, part A, AP, 1975.

- [2] V.I. Lozovoi, V.E. Postovalov, A.M. Prokhorov, Yu. N. Serduchenko, M. Ya. Schelev. Proceedings of the 13-th International Congress on High Speed Photography and Photonics, p. 436, Tokyo, 1978.
- [3] О.П. Заскалько, В.С. Старунов. Письма в ЖЭТФ, 26, 145, 1977.
- [4] B.S. Kawasaki, D.C. Johnson, Y. Fujii, K.O. Hill. Appl. Phys. Lett., 32, 429, 1978.
- [5] В.Н. Луговой, А.М. Прохоров, В.Н. Стрельцов. Письма в ЖЭТФ, 10, 564, 1969.
- [6] В.Н. Луговой, В.Н. Стрельцов. ЖЭТФ, 62, 1312, 1972.
-