

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.373 : 535

ПОДАВЛЕНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ЧАСТОТЫ БИЕНИЙ  
ТРЕХМОДОВОГО ЛАЗЕРА В РЕЖИМЕ САМОСИНХРОНИЗАЦИИ

В. И. Четвериков

Экспериментальному исследованию поведения трехмодового He—Ne лазера в режиме самосинхронизации посвящены работы [1-4]. В работах [5, 6] теоретически показано, что этот режим способен оказывать сильное подавляющее воздействие на флуктуации частоты межмодовых биений (ЧМБ). В настоящем сообщении изложены результаты экспериментального исследования явления подавления флуктуаций ЧМБ, обусловленных нестабильностью длины резонатора.

Используя результаты работы [6], можно получить связь возмущений ЧМБ  $\delta\nu$  и длины резонатора  $\delta L$  на частоте  $f_m$

$$\delta\nu = \left( \frac{f_M^2 + f_L^2}{f_M^2 + f_0^2} \right)^{1/2} F_L \delta L, \quad (1)$$

где  $f_0^{-1}$  — время установления самосинхронизации,  $F_L$  — коэффициент передачи возмущений в режиме свободной генерации мод,  $f_L$  — функция расстройки, характеризующая влияние показателя преломления активной среды.

Предварительные оценки показали, что в пределах зоны захвата  $F_L$  практически не зависит от расстройки и поведение  $\delta\nu$  определяется величинами  $f_L$  и  $f_0$ . Из (1) следует, что при  $f_L=0$  должно иметь место эффективное подавление технических флуктуаций ЧМБ. Значение  $f_L=0$  может быть реализовано для симметричного трехмодового режима генерации при настройке средней моды на центр одноизотопной активной среды. В этом случае суммарное действие эффектов затягивания и выталкивания приводит к одинаковому, но противоположному по знаку смещению частот боковых мод, т. е. к установлению собственной, а не вызванной захватом, эквидистантности спектра мод. При отстройке от центра линии усиления собственная эквидистантность нарушается ( $f_L \neq 0$ ). Самосинхронизация препятствует нарушению эквидистантности [6], что сопровождается ослаблением ее подавляющего воздействия на флуктуации ЧМБ. С подходом к границе зоны захвата  $f_0$  стремится к нулю и независимо от значения  $f_L$  подавление отсутствует. Следует отметить, что в случае  $f_0 \approx 0$  нарушается условие сильной синхронизации, при котором справедлива формула (1). Поскольку  $f_L$  и  $f_0$  зависят от интенсивности мод, аналитически рассчитать их зависимость от расстройки практически невозможно. Следовательно, трудно предсказать, будет ли осуществляться эффективное подавление флуктуаций ЧМБ во всей зоне захвата, или только в ее малой части.

В эксперименте с помощью активного элемента лазера ЛГ-44 осуществлялась генерация трех продольных мод с интервалом 188 МГц на линии 633 нм. Генерация на линии 3390 нм подавлялась пропаном. Длина резонатора тщательно стабилизировалась пассивными методами, подобными использованным в работе [7], что позволило достичь нестабильности оптических частот не хуже  $10^{-8}$  за 1—30 мин (в зависимости от времени суток). В трехсантиметровом промежутке между плоским зеркалом и окном Брюстера трубки располагалась ирисовая диафрагма. Сферическое зеркало (2 м) перемещалось пьезопреобразо-

вателем КП-1, питаемым от звукового генератора ГЗ-35. Сигнал межмодовых биений с выхода ФЭУ после усиления и преобразования частоты подавался на девиометр СЗ-14 и затем на осциллограф С1-17, вход верхнего луча которого подключался непосредственно к выходу частотного дискриминатора, а нижнего — через селективный усилитель У2-8, настроенный на частоту звукового генератора.

На рис. 1 представлены осциллограммы девиации ЧМБ, полученные при медленном сканировании длины резонатора сигналом развертки осциллографа.

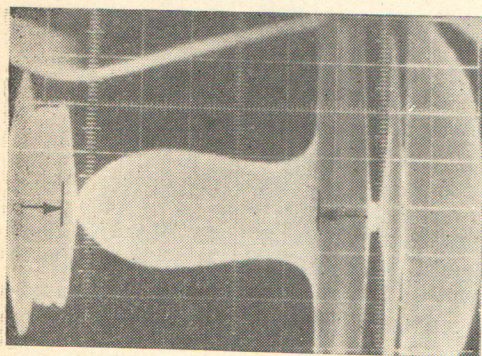


Рис. 1. Осциллограммы зависимостей частоты межмодовых биений (верхний луч) и ее девиации (нижний луч) от настройки резонатора.

Частота модуляции длины резонатора 210 Гц, скорость развертки 0.5 см/с. Стрелками указаны границы зона захвата.

Как видно, в зоне захвата шириной  $\sim 50$  МГц наблюдается монотонное изменение ЧМБ (в пределах 7.5 кГц), а девиация ЧМБ претерпевает резкий провал в узкой области настроек шириной 4–6 МГц, минимум которого расположен на расстоянии 3 МГц от точки входа в захват. В центральной области зоны захвата девиация ЧМБ слабо зависит от настройки и резко возрастает с приближением к точке выхода из захвата. Резкое возрастание девиации вне зоны захвата вызвано появлением сильной модуляции на частоте малых (вторичных) биений в диапазоне 1–150 кГц. Следует отметить, что присутствие сигнала малых биений внутри зоны захвата, вблизи ее границы (верхний луч, слева), обусловлено чередованием появлений и исчезновений этого сигнала при периодическом пере-

ходе настройки резонатора через границу зоны захвата с частотой модуляции длины. Момент входа (выхода) в захват точно фиксировался при выключенной модуляции по скачкообразному изменению спектра сигнала межмодовых биений на экране спектроанализатора С4-27, сопровождаемому одновременным исчезновением (появлением) сигнала малых биений.

На рис. 2 приведены частотные зависимости девиации ЧМБ  $\delta\nu$ , нормированной на значение  $\delta\nu_0$ , принимаемое ею при выходе из зоны захвата, где подавляющее влияние самосинхронизации отсутствует. Как видно из рис. 1 и 2, режим

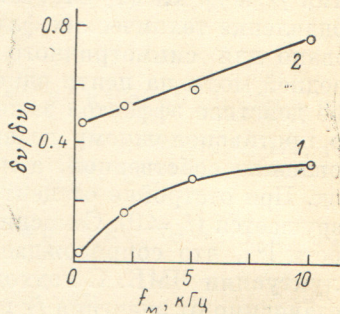


Рис. 2. Зависимости девиации частоты межмодовых биений от частоты модуляции длины резонатора, снятые в минимуме провала (1) и в центре зоны захвата (2).

самосинхронизации оказывает подавляющее воздействие на возмущения ЧМБ практически во всей зоне захвата. Однако наиболее сильное подавление имеет место лишь в узкой области провала (рис. 1). Несимметричное поведение девиации ЧМБ относительно центра зоны захвата обусловлено, по-видимому, тем, что даже при использовании одноизотопной активной среды поведение интенсивности мод при перестройке резонатора в пределах зоны захвата может быть весьма несимметричным относительно центра области генерации [1]. В нашем случае асимметрия могла быть связана также с использованием естественной смеси изотопов неона и наличием диафрагмы в резонаторе [8].

Качественное соответствие кривой 1 на рис. 2 и формулы (1) при  $f_L=0$  позволяет считать, что форма провала и его ширина определяются в основном зависимостью  $f_L$  от настройки, т. е. связаны с изменениями показателя преломления среды. Авторами работы [3] была замечена связь резонансной особенности

в сигнале, являющемся результатом двойного нелинейного преобразования излучения трехмодового лазера, с резким изменением интенсивности боковой моды, вызванным быстрым ростом добавки в нее интенсивности комбинационного тона при изменении настройки в весьма узкой области. В нашем случае резкие изменения интенсивности мод через нелинейную часть показателя преломления активной среды могут приводить к резкому установлению собственной эквидистантности спектра мод в узкой области настроек, что соответствует наиболее сильному подавлению флуктуаций ЧМБ ( $f_L=0$ ). Этим, по-видимому, и определяется крутизна склонов, а следовательно, и ширина области эффективного подавления девиации ЧМБ.

Автор благодарен В. В. Тучину за стимулирование интереса к работе.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] В. М. Геликонов, Ю. И. Зайцев, П. А. Хандохин. Квант. электрон., 2, 2255, 1975.
- [2] С. А. Гончуков, О. Е. Породников, Е. Д. Проценко, В. А. Семчишен. Письма ЖЭТФ, 14, 235, 1974.
- [3] С. А. Гончуков, В. М. Ермаченко, Е. Д. Проценко. ЖЭТФ, 65, 487, 1973.
- [4] Т. Б. Толчинская, Е. А. Тиунов, Э. Е. Фрадкин. Квант. электрон., 4, 362, 1977.
- [5] А. А. Мальцев. Радиотехника и электроника, 18, 572, 1973.
- [6] В. В. Тучин, В. И. Четвериков. В сб.: Лазерные пучки, 106. Хабар. политехн. инст., Хабаровск, 1979.
- [7] В. П. Капралов. Измерит. техн., 2, 22, 1974.
- [8] Ю. В. Троицкий. Опт. и спектр., 31, 158, 1974.

Поступило в Редакцию 12 ноября 1980 г.

УДК 535.37-32

### ВАКУУМНАЯ УФ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ $Al_2O_3$

*А. И. Кузнецов, Т. Э. Пыссаар, Б. Р. Намозов, Т. В. Уйбо*

Исследование люминесценции неактивированных (чистых) кристаллов окислов металлов третьей группы представляет принципиальный интерес в аспекте поиска автолокализации электронных возбуждений в этих кристаллических системах. Вопрос об автолокализации в окислах металлов вообще является очень малоисследованным.

К настоящему времени данные об автолокализации в окислах металлов третьей группы получены для окиси иттрия  $Y_2O_3$  [1] и окиси галлия  $\beta-Ga_2O_3$  [2].

Окись алюминия  $\alpha-Al_2O_3$  (корунд или лейкосапфир) характеризуется коротковолновой люминесценцией в вакуумной УФ (ВУФ) области спектра ( $\lambda < 200$  нм или  $E > 6.0$  эВ) с максимумом интенсивности при 7.5 эВ (165 нм). Ранее эта люминесценция наблюдалась при возбуждении рентгеновскими лучами [3] и электронами [4]. В последнем случае было установлено, что ВУФ люминесценция  $Al_2O_3$  является типичной и может быть возбуждена при 80—295 К в кристаллах различной чистоты, в порошках и керамике. Имеющиеся данные позволяют предполагать, что люминесценция 7.5 эВ в  $Al_2O_3$  является собственной и принадлежит, например, автолокализованным экситонам (АЛЭ). Однако для доказательства этой гипотезы нужны дополнительные данные, в особенности данные по спектрам фотолюминесценции, полученные при прямом оптическом создании экситонов.

В данной работе впервые были измерены спектр ВУФ фотолюминесценции  $Al_2O_3$ , а также спектр возбуждения этой люминесценции. Для измерения спектров ВУФ фотолюминесценции был изготовлен специальный вакуумный монохроматор со средней светосилой (относительное отверстие 1 : 8) и со средней дис-