

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА "ПАМЯТИ" He – Ne-ЛАЗЕРА

И.М.Белюсова, О.Б.Данилов, А.Ф.Запрягаев

В работе [1] было показано, что воздействием на He – Ne-лазер обратным излучением, направленным в резонатор от движущегося отражателя, в лазере при определенных условиях возможно возбуждение вынужденных колебаний с частотами $\nu_0 \pm p\nu_D$. Здесь ν_0 – частота зондирующего сигнала, ν_D – доплеровская частота, p – целое число. В работе [2] была теоретически показана область устойчивости вынужденных колебаний на двух частотах, соответствующих одной продольной моде. Таким образом, нами было установлено, что газовый лазер обладает "памятью". Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию объема "памяти" He – Ne-лазера.

Экспериментальная установка

Эксперименты проводились на установке, которая была описана в [1, 2]. He – Ne-лазер генерировал на двух длинах волн – $\lambda_1 = 0,63$ мк и $\lambda_2 = 3,39$ мк. Длина разряда в трубке лазера ~ 60 см. Давление в трубке составляло ~ 1 мм рт. ст. Парциальные давления He : Ne = 6 : 1. Длина резонатора $L = 1$ м. Лазер работал в режиме TEM_{00q} колебаний на нескольких продольных модах. Излучение, вышедшее через одно из зеркал резонатора, падало на движущийся отражатель. Величина энергии на

длине волны λ_1 в обратном луче, ограниченном в плоскости зеркала резонатора диаметром сечения равным диаметру выходящего луча, составляла $10^{-2} - 10^{-1}$ вышедшей из лазера. Возвращенный в резонатор сигнал со сдвигом частоты вызывал модуляцию излучения на частоте сдвига. Выходное излучение многократно проходило расстояние между зеркалами резонатора и движущимся внешним отражателем. Через второе зеркало резонатора луч лазера падал на ФЭУ. Спектр сигналов низкочастотных биений регистрировался с экрана анализатора спектра.

Результаты экспериментов

1. В первой серии экспериментов было установлено, что после прекращения воздействия на лазер обратных сигналов на длинах волн λ_1 и λ_2 вынужденная генерация одновременно на частотах $\nu_0 \pm p\nu'_D$ и $\nu_0 \pm p\nu''_D$ наблюдалась (по сигналам биений) в течение времени не более 3 мин. Здесь ν'_D и ν''_D — доплеровские частоты на длинах волн λ_1 и λ_2 . Затем в спектре биений наблюдались сигналы, соответствующие одной длине волны. Срыв генерации на второй длине волны, однако, не происходил. Через несколько минут амплитуда сигнала биений вновь достигала величины достаточной для его наблюдения на прежней частоте. На переходе с λ_1 биения наблюдались на ν'_D и $2\nu'_D$. На переходе с λ_2 биения в ряде экспериментов возникали одновременно на ν''_D , $2\nu''_D$ и $3\nu''_D$ (или $4\nu''_D$).

2. После возбуждения в лазере вынужденных колебаний луч лазера вновь направлялся на отражатель. Последний перемещался теперь с другой постоянной скоростью V_2 . В спектре биений, зарегистрированных после остановки и экранирования отражателя, присутствовали сигналы, которые свидетельствовали о генерации колебаний, возбужденных при перемещении отражателя со скоростями V_1 и V_2 . Вынужденные колебания на этих частотах продолжали генерировать и после нового воздействия на лазер излучения при скорости отражателя V_3 . Дальнейшее увеличение числа вынужденных колебаний невозможно было осуществить, так как изменение длины резонатора приводило к срыву вынужденной генерации.

3. При одновременной генерации на нескольких вынужденных частотах амплитуды колебаний с $\nu_0 \pm p\nu'_D$ оставались постоянными в течение времени не более 1 мин. Уменьшение амплитуды на одной частоте (или частотах) сопровождалось увеличением амплитуды колебаний на других частотах. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Спектрограммы на рис. 1 *а* с сигналами биений на ν_D'' , $2\nu_D''$, ν_D' и на рис. 1, *б* с сигналами на ν_D'' , $2\nu_D''$ и $3\nu_D''$ были зарегистрированы при движении внешнего отражателя со скоростью $V_1 \approx 20$ см/мин. Этой скорости соответствует сдвиг $\nu_D'' \approx 2,8$ кГц. Спектрограммы на рис. 1, *в* и 1, *г* иллюстрируют изменение амплитуд сигналов биений в лазере, вызванное, по-видимому, конкурентной борьбой вынужденных колебаний с частотами $\nu_0 \pm \nu_D''$, $\nu_0 \pm 2\nu_D''$, $\nu_0 \pm 3\nu_D''$, $\nu_0 \pm 4\nu_D''$, $\nu_0 \pm \nu_D'$.

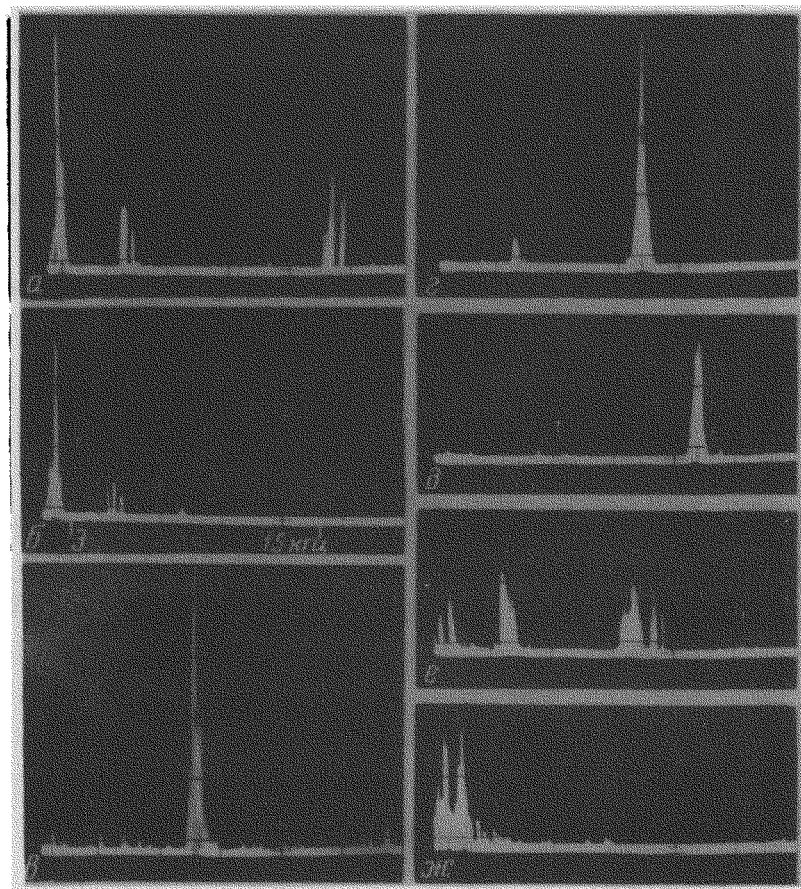


Рис. 1. Сигналы биений в резонаторе лазера: *а* – на частотах $\nu_D' = 2,8$ кГц, $2\nu_D'$ и $\nu_D' \approx 15$ кГц при обратном сигнале; *б* – на частотах ν_D'' , $2\nu_D''$ и $3\nu_D''$ при обратном сигнале; *в* – на частоте $3\nu_D''$ при вынужденной генерации; *г* – на $2\nu_D''$ и $4\nu_D''$ при вынужденной генерации; *д* – на ν_D'' при вынужденной генерации; *е* – на ν_D' , $2\nu_D'$ и $4\nu_D'$ при вынужденной генерации; *ж* – на частотах $\nu_D' \approx 2,8$ кГц и 4 кГц при вынужденной генерации

Последние четыре спектрограммы были зарегистрированы после остановки и экранирования внешнего отражателя в течение ~ 5 мин. На рис. 1, *ж* видны сигналы биений при генерации вынужденных колебаний,

которые были возбуждены при движении внешнего отражателя со скоростями V_1 и $V_2 \approx 32$ см/мин ($\nu_D'' \approx 3,1$ кГц). В процессе генерации вынужденных колебаний возможно изменение расстояния между частотами ν_0 и $\nu_0 \pm p\nu_D$. Относительная нестабильность частоты сигнала биений $\Delta\nu_D / \nu_D$ достигала в экспериментах $\sim 0,2$. Максимальное время генерации вынужденных колебаний составляло ~ 40 мин. Расщепление биений на рис. 1, *e* объясняется, по-видимому, нарушением эквидистантности либо продольных мод, либо вынужденных колебаний.

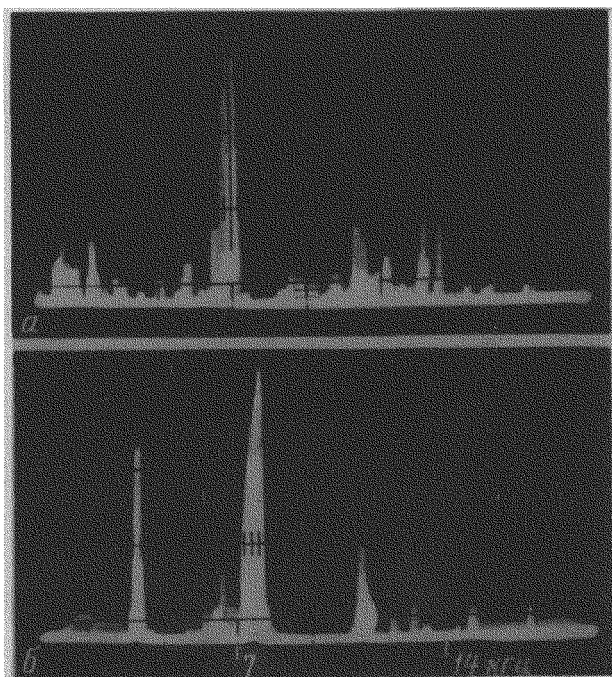


Рис. 2. Расщепление биений: *a* — при обратном сигнале со сдвигом $\nu_D' \approx 7$ кГц; *b* — при вынужденной генерации

4. Во второй серии экспериментов движущийся отражатель зондировался лучом только на длине волны λ_1 . Излучение с λ_2 гасилось после выхода из лазера пластиной из стекла К8. Методика экспериментов оставалась прежней. В этой серии также наблюдалась вынужденная генерация лазера на двух частотах, которые были возбуждены с промежуток времени несколько минут.

5. Диапазон частот доплеровских биений, в пределах которого исследовалась "память" лазера, составлял 0,5 — 100 кГц. Наблюдалась

же генерация на вынужденных частотах $\nu_0 \pm \rho\nu_D$ по сигналам биений в диапазоне 2 – 40 кГц.

В большом ряде экспериментов нами наблюдались также биения, вызванные возникновением комбинационных тонов из-за неэквидистантности продольных мод [3]. Амплитуды этих биений и биений на $\rho\nu_D$ приблизительно одного порядка. Взаимодействие колебаний с $\nu_0 \pm \rho\nu_D$ и комбинационных тонов приводило к возникновению сложной картины биений, которую можно видеть на спектрограмме, представленной на рис. 2, а. Расщепление биений наблюдалось и при вынужденной генерации после прекращения воздействия на лазер обратного сигнала (рис. 2, б).

В результате проведенных экспериментов установлено, что в лазере в полосе не менее ± 40 кГц в окрестности собственных частот оптического генератора возможно возбуждение вынужденных колебаний на любой частоте непрерывного спектра. Одновременное возбуждение двух колебаний возможно при частотном расстоянии между ними не менее 1 кГц.

Поступила в редакцию
28 ноября 1969 г.

Литература

- [1] И.М.Белоусова, О.Б.Данилов, А.Ф.Запрягаев. ЖТФ, 40, вып. 2 1970.
- [2] И.М.Белоусова, О.Б.Данилов, А.Ф.Запрягаев, Н.Н.Розанов. ЖЭТФ, 52, вып. 2, 1970.
- [3] W.E.Lamb. Phys. Rev., 134, A1429, 1964.