

БИЕНИЯ ЧАСТОТ МЕЖДУ ОРТОГОНАЛЬНЫМИ ПОЛЯРИЗАЦИЯМИ В ЛАЗЕРЕ НА ПАРАХ ВОДЫ

В.В.Завьялов, Г.Д.Богомолов

В лазере на парах воды с выводом излучения через тонкую сетку обнаружена генерация двух ортогональных линейных поляризаций, принадлежащих к одному типу колебаний резонатора и отличающихся по частоте на несколько десятков килогерц. Показано, что различие частот обусловлено анизотропией сетки.

При широко распространенном способе вывода излучения из ИК и ДИК лазеров – через небольшое отверстие в зеркале – неизбежна значительная расходимость луча. Для уменьшения расходимости ДИК лазера на парах воды мы использовали в качестве выходного зеркала никелевую сетку с квадратными ячейками периодом 30 мкм и толщиной около 20 мкм с диаметром рабочей части 4,5 см. Эта сетка и сферически-вогнутое стеклянное зеркало с алюминиевым покрытием радиусом кривизны 7 м образовывали резонатор лазера длиной 340 см. В лазере возбуждался разряд постоянного тока (до 1 а) в смеси газов $H_2O + H_2$ (0,1 + 0,5 тор) или $D_2O + D_2$ (0,1 + 0,5 тор) при падении напряжения на разрядном столбе не более 2000 в. Излучение детектировалось охлаждаемыми до низких температур фотоприемниками из Ge: В и InSb. Лазер генерировал излучение на длинах волн: 118,6, 220,2 мкм (H_2O) и 107,7, 171,7 мкм (D_2O).

Поляризация излучения исследовалась с помощью вращающегося проволочного поляризатора шагом 60 мкм, помещаемого перед детектором. При измерениях оказалось, что регистрируемое детектором излучение лазера на всех указанных выше длинах волн почти синусоидально промодулировано по амплитуде с частотой Ω порядка нескольких десятков килогерц (см. таблицу). Измеренная зависимость сигнала с детектора P от угла поворота θ поляризатора имела вид

$$P = P_0 (1 - \cos \Omega t \cos 2\theta).$$

В сигнале с детектора присутствовали также гармоники с частотами 2Ω , 3Ω и т. д. гораздо меньшей амплитуды, причем амплитуда четных гармоник слабо зависела от угла θ . Четные гармоники отчетливо наблюдались при $\cos \theta = 0$, а также без поляризатора.

Частоты биений Ω на различных длинах волн λ лазера для одной и той же сетки. Резонатор лазера настраивался на середину зоны генерации.

λ , мкм	220,2	171,7	118,6	107,7
Ω , кГц	15	25,2	38	50,6

Из этих опытов был сделан вывод, что излучение лазера представляет собой две взаимно перпендикулярные линейно поляризованные волны с частотами, несколько отличающимися друг от друга. Будучи

ортогонально поляризованными, эти волны почти не интерферируют на детекторе, а при наличии поляризатора на детекторе выделяются биения с разностной частотой.

Заметим, что ранее в работе [1] были описаны эксперименты с He — Ne лазером, где также наблюдался сдвиг различных поляризаций по частоте на несколько десятков килогерц, однако подробного изучения этого явления не проводилось.

Мы предположили, что в нашем случае сдвиг частоты обусловлен небольшой геометрической анизотропией сетки по отношению к волнам различной поляризации. Действительно, если ячейки сетки не строго квадратны, то волны различной поляризации отражаются от сетки с несколько отличными фазами, что должно приводить к относительному сдвигу их резонансных частот.

Для проверки этого предположения в качестве выходного зеркала лазера была использована сетка с регулируемой степенью анизотропии. Сетка натягивалась и приклеивалась к толстой квадратной стальной рамке, углы которой были срезаны так, что она легко деформировалась микрометрическим винтом, принимая ромбическую форму, и растягивала сетку в направлении, параллельном стороне квадратной ячейки. Для сохранения плоскостности сетки при растяжении к ней прижималось легкое плоское кольцо на пружинах.

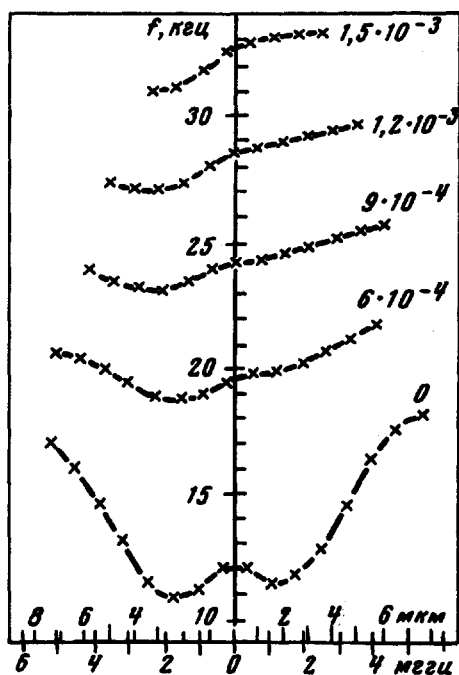


Рис. 1. Зависимость частоты биений при $\lambda = 118,6 \text{ мкм}$, от перестройки длины резонатора (в мкм и мм) для растягиваемой в одном направлении сетки (указаны относительные величины деформации ячейки сетки). Первоначально недеформированная сетка уже являлась анизотропной

Предварительные результаты этих опытов приведены на рис. 1 и 2. Для резонатора, настроенного точно на центр зоны генерации, частота биений оказалась пропорциональной изменению периода сетки с коэффициентом пропорциональности $0,1 \text{ мГц/мкм}$. При большой деформации сетки сигнал биений практически синусоидален, а частота биений зависит как от перекаса зеркал, так и от изменения длины резонато-

ра. При малых деформациях зависимость частоты биений от перестройки резонатора резко усиливается и, при достижении частоты биений около 5 кгц , амплитуда биений резко падает до нуля. По мере приближения к этому срыву биения перестают быть синусоидальными, а непосредственно перед срывом сигнал с детектора представляет собой последовательность импульсов. При любой деформации сетки амплитуда основной гармоники биений зависит от угла поворота поляризатора согласно соотношению (1), причем она максимальна при расположении проволочек поляризатора параллельно диагоналям ячеек сетки.

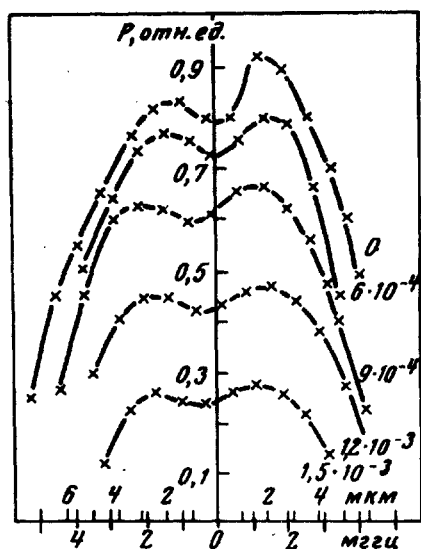


Рис. 2. Зависимость амплитуды биений при $\lambda = 118,6 \text{ мкм}$ от перестройки длины резонатора (см. подпись к рис. 1). Поляризатор перед детектором поставлен таким образом, чтобы получить максимальный, полностью промодулированный сигнал

Следует заметить, что замеченное явление представляет интерес для понимания процессов, происходящих в лазере, поскольку из формы биений и их частоты можно получить информацию о свойствах резонатора и активной среды. С другой стороны, при использовании лазера как источника для активной ДИК спектроскопии наличие амплитудной модуляции позволяет существенно повысить чувствительность и точность измерений, тем более, что создание быстродействующего модулятора в ДИК области представляет собой достаточно сложную задачу. Описанный в этой статье лазер успешно применялся в опытах по диагностике плотной плазмы шнурового разряда [2].

В заключение авторы приносят глубокую благодарность П.Л.Капиче за неизменное внимание и поддержку работы.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 июля 1974 г.

Литература

- [1] A. Javan, E. A. Balik, W. L. Bond. Русск. перевод в сб. "Лазеры" М., ИИЛ, 1963, стр. 185.
[2] В.Г.Зацепин. Кандидатская диссертация. ИФП АН СССР, Москва 1974 г.