

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.375.8

А. М. БАДАЛЯН, В. И. КОВАЛЕВСКИЙ, Э. Г. САПРЫКИН,
А. П. СЕДЕЛЬНИКОВ, Г. И. СМИРНОВ
(Новосибирск)

**БИХРОМАТИЧЕСКИЙ ЗЕЕМАНОВСКИЙ ЛАЗЕР
С НЕЛИНЕЙНЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ**

При создании прецизионной лазерной аппаратуры (измерители перемещений, углов, расстояний и т. д.) нередко используются бихроматические лазерные системы с малым частотным расщеплением между компонентами излучения. Возможным способом получения бихроматического излучения является частотное расщепление одномодовой линии генерации лазера на две зеемановские компоненты в продольном магнитном поле [1—3]. С этой целью на разные половины усиливающей среды газового лазера накладываются противоположно направленные продольные магнитные поля и получают плавно изменяемое расщепление двух зеемановских компонент излучения с ортогональной круговой поляризацией. В настоящей работе указанный метод получения бихроматического режима генерации с плавной перестройкой частот впервые реализован для лазера с нелинейным поглощением.

Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1. Резонатор He—Ne/ CH_4 -лазера, генерирующего на длине волны $\lambda = 3,39$ мкм, образован сферическим (радиус кривизны ~ 100 м) 1 и плоским 2 зеркалами. Инваровая арматура лазера размещалась на массивной виброизолированной оптической плите. Внутри резонатора длиной $L = 5$ м установлены разрядная трубка 3 с гелий-неоновой смесью и метановая поглощающая ячейка 4 длиной 3 м, разделенные кварцевой пластиной 5. Эта пластина, расположенная в юстировочном блоке, установлена перпендикулярно оси резонатора. Разрядная усиливающая трубка длиной 1,5 м и диаметром 1 см помещалась внутри двух последовательно расположенных соленоидов 6. Излучение лазера проходило через поляризатор 7 и детектировалось фотоприемником 8, электрический сигнал которого регистрировался осциллографом 9 и частотомером 10. Контроль за модовым составом излучения проводился с помощью полуконфокального интерферометра Фабри — Перо 11 и второго фотоприемника 12, сигнал с которого поступал на осциллограф 13. Перестройка частоты лазера осуществлялась изменением длины резонатора пьезокерамикой (ПК), на которую подавалось пилообразное напряжение от генератора 14.

В отсутствие магнитного поля или при равных встречных полях лазер генерировал в одномодовом режиме с линейной поляризацией излучения. Если напряженности встречных магнитных полей $H_{1,2}$ различались, то наблюдалось расщепление одной моды линейной поляризации на две ортогональные круговые компоненты с разной частотой. В результате с фотоприемника 8 на осциллограф и частотомер поступал сигнал биений с частотой, равной разности частот круговых компонент ω_{\pm} .

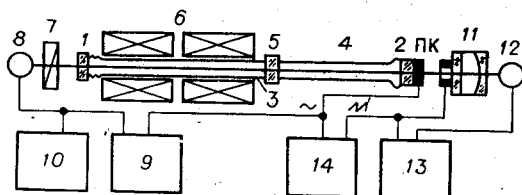
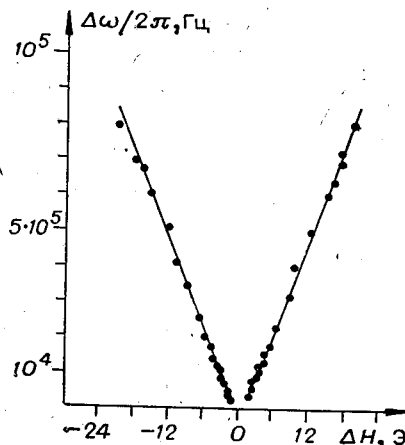


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Рис. 2. Зависимость частоты биений $\Delta\omega$ от разности напряженностей магнитного поля ΔH .



На рис. 2 приведен график зависимости величины частотного расщепления $\Delta\omega = \omega_+ - \omega_-$ от разности напряженностей встречных магнитных полей $\Delta H = H_1 - H_2$. В области малых значений ΔH ($\Delta H \lesssim 2$ Э) расщепления не происходит, и лазер генерирует в режиме одной моды с линейной поляризацией, что обусловлено наличием некоторой анизотропии резонатора. Увеличение ΔH приводит к плавному линейному росту частотного расщепления $\Delta\omega$ [1]:

$$\Delta\omega = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{\sigma}{k\bar{v}} \frac{\mu_0 g \Delta H}{\hbar}. \quad (1)$$

Здесь σ — ширина линии резонатора; $k\bar{v}$ — доплеровская ширина линий; μ_0 — магнетон Бора; g — факторы Ланде уровней (предполагаются одинаковыми).

Подставляя в (1) характерные для нашего эксперимента значения $\sigma = 1,5$ МГц, $k\bar{v} = 350$ МГц и $g = 1,2$, получаем $\Delta\omega/2\pi\Delta H = 8,1$ кГц/Э, что близко к экспериментальному результату, равному 7,4 кГц/Э. Небольшое различие экспериментального и теоретического значений величины $\Delta\omega/2\pi\Delta H$ обусловлено влиянием эффекта энергетического отталкивания. Минимальная величина расщепления, полученная в эксперименте, составила 1 кГц.

Отметим, что мода также может расщепляться на две ортогональные круговые компоненты при наложении на усиливающую среду однонаправленного магнитного поля. Однако в условиях самоселекции мод давлением и при малом межмодовом расстройке с ростом напряженности однонаправленного магнитного поля величина частотного расщепления между компонентами изменяется скачкообразно с интервалом, равным межмодовому $c/2L$.

При перестройке частоты лазера с помощью пьезокерамики регистрируется осциллограмма пика выходной мощности, обусловленного насыщением поглощения в метановой ячейке. Если лазер генерировал в бихроматическом режиме с фиксированной величиной расщепления между компонентами, то в выходной мощности излучения проявлялись два резонанса, соответствующие насыщению поглощения двумя компонентами излучения (рис. 3). По измерениям с помощью частотомера частотного расщепления компонент легко определяются ширины резонансов нелинейного поглощения в метане.

Плавная перестройка частотного расщепления σ_{\pm} -компонент путем изменения напряженности магнитного поля открывает возможность высокоэффективной стабилизации частоты излучения по узкому резонансу в спектре нелинейного поглощения. Для этого величина частотного расщепления выбирается таким образом, чтобы выполнялось равенство

$$|\omega_+ - \omega_-| = 2\Gamma/\sqrt{3}, \quad (2)$$

где Γ — полуширина нелинейного резонанса. Варьированием длины резонатора частоты двух компонент излучения устанавливаются симметрично относительно центра пика нелинейного поглощения, в результате чего интенсивности излучения в каждой из компонент оказываются равными. Указанные интенсивности будут различаться при уходе средней частоты излучения $\bar{\omega} = (\omega_+ + \omega_-)/2$ от центра пика. При детектировании излучения каждой компоненты поочередно выделяется сигнал, соответствующий положению частоты $\bar{\omega}$ относительно центра пика. Этот сигнал можно использовать в качестве контрольного для системы автоматической подстройки частоты.

Легко показать аналогично [4], что чувствительность описанного оптического дискриминатора η при слабом насыщении поглощения определяется выражением

$$\eta = -3\sqrt{3}k_0\kappa/8\Gamma, \quad (3)$$

где k_0 — коэффициент ненасыщенного поглощения, κ — параметр насыщения [5] ($\kappa \ll 1$). С другой стороны, в случае дискриминатора, основанного на девиации частоты излучения, для его чувствительности имеем [4]

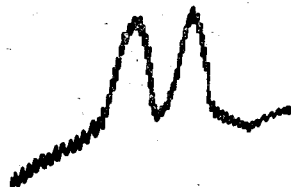
$$\eta' = -0,36k_0\kappa/\Gamma. \quad (4)$$

Следовательно, для отношения величин η и η' можно записать

$$\eta/\eta' = 1,8, \quad (5)$$

т. е. предложенный оптический дискриминатор при более простом устройстве также и более чувствителен.

Рис. 3. Резонансы выходной мощности излучения, обусловленные нелинейным поглощением, при бихроматическом режиме генерации.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов М. И. К теории газового лазера в слабом продольном магнитном поле.— ЖЭТФ, 1965, т. 49, с. 1169—1179.
2. Атутов С. Н., Коронкевич В. П., Лохматов А. И., Смирнов Г. И. О частотных характеристиках зеемановского лазера с анизотропным резонатором.— Квант. электроника, 1975, т. 2, с. 1092—1094.
3. Атутов С. Н., Сапрыкин Э. Г., Яковин Д. В. Самоселекция мод в лазере с внутренними зеркалами.— В кн.: Когерентно-оптические устройства: Межвуз. сб. Новосибирск: НИИГАиК, 1979, т. 6 (46).
4. Бетеров И. М. и др. Высокостабильный газовый лазер на основе нелинейного поглощения. Ч. I. Методы стабилизации частоты мощных газовых лазеров.— Автоматика, 1972, № 5.
5. Раутман С. Г., Смирнов Г. И., Шалагин А. М. Нелинейные резонансы в спектрах атомов и молекул.— Новосибирск: Наука, 1979.

Поступило в редакцию 23 августа 1983 г.

УДК 681.7.013.8 : 771.534.5

В. А. ГУСЕВ, С. И. ДЕМЕНКО, В. А. ДЕТИНЕНКО, В. К. МАЛИНОВСКИЙ
(Новосибирск)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МОДУЛЯТОР СВЕТА ТИПА ПРИЗ С ПОВЫШЕННОЙ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

Для оперативной оптической обработки информации необходимы устройства, способные пространственно модулировать световой поток в реальном времени, т. е. пространственно-временные модуляторы света (ПВМС). В [1] сформулированы основные требования к ПВМС: разрешающая способность $20 \div 200$ лин./мм, динамический диапазон $20 \div 60$ дБ, количество циклов «запись — стирание» не менее 10^7 , чувствительность $10^{-7} \div 10^{-9}$ Дж/см².

В настоящее время модуляторы света типа ПРИЗ удовлетворяют этим требованиям, за исключением чувствительности. В работе [2] сообщается, что чувствительность ПВМС типа ПРИЗ составляет $5 \cdot 10^{-6}$ Дж/см² на длине волны записываемого излучения 450 нм.

В данном сообщении представлены результаты исследований по созданию ПВМС типа ПРИЗ с повышенной фоточувствительностью к записываемому излучению ($\lambda = 400 \div 500$ нм). Исследования проводились на модуляторах, изготовленных на основе монокристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ толщиной 1 мм ориентации [111]; ПВМС представляли собой конструкцию, работающую на пропускание (рис. 1, где 1 — кристалл $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, легированный оловом, 2 — оптический клей, 3 — прозрачный электрод лампы ПРК-120 и при необходимости ослаблялось с помощью набора светофильтров. Измерение спектральной зависимости фототока проводилось на установке, состоящей из источника света (лампа КГМ-150), решеточного монохроматора (МДР-23), электрометрического вольтметра (ВК2-16), источника напряжения (Б5-24) и самописца (КПС-4).

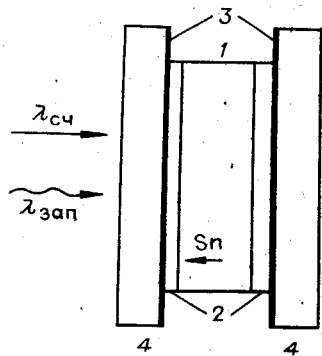


Рис. 1.

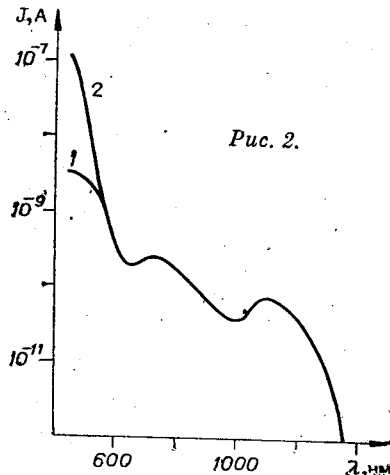


Рис. 2.