

числена выше, имеет другой смысл — это мощность, излучаемая из резонатора наружу вследствие отражения от светоделительной пластинки или вследствие дифракции. Регистрируя эту часть мощности при помощи фотодетектора, можно получить сигнал рассогласования, используемый в некоторых системах стабилизации частоты лазера [9, 10]. Приведенные здесь выражения для $P_{пл}$ могут оказаться полезными для расчета таких систем стабилизации.

Автор выражает искреннюю благодарность Л. А. Гибиной за проведение расчетов на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

Optics, 1969, v. 8, № 7.

Поступила в редакцию 16 марта 1972 г.

УДК 621.378.3

П. Я. БЕЛОУСОВ, В. П. КОРОНКЕВИЧ, В. Н. НАГОРНЫЙ
(Новосибирск)

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИЗОТРОПНЫЙ ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫЙ ЛАЗЕР С ВНЕШНИМИ ЗЕРКАЛАМИ НА 0,63 мкм

Для ряда практических задач интерферометрии желательно использовать одночастотный изотропный по поляризации лазер. Одно из преимуществ такого лазера — возможность получения двухчастотного режима генерации путем наложения продольного магнитного поля на активную среду. Всеми этими свойствами обладает гелий-неоновый лазер с внутренними зеркалами. В то же время лазер с внутренними зеркалами имеет и ряд недостатков, к которым следует отнести: сложность технологии изготовления, связанной с предохранением диэлектрических покрытий зеркал от действия заряженных частиц и ультрафиолетового излучения, невозможность смены зеркал и внесения в резонатор оптических элементов для изменения режима работы лазера и измерения его характеристик. В связи с этим представляет интерес создание лазера с внешними зеркалами с достаточной для получения двухчастотного режима изотропностью по направлению поляризации. При создании такого лазера нами было использовано «самопросветление» герметизирующей

пластины вследствие интерференции пучков света, отраженных от ее поверхностей [1].

Использование плоскопараллельных кварцевых пластин толщиной 1 мм для герметизации трубки малогабаритного лазера на 0,6328 мкм не дало удовлетворительных результатов. Как выяснилось, это связано со значительным температурным изменением оптической толщины, приводящим к появлению больших потерь на отражение. Температура пластин меняется по мере прогрева лазерной трубки в процессе работы и зависит от конструкции резонатора и условий окружающей среды. Удачным оказалось решение использовать очень тонкие герметизирующие пластинки из плавленного кварца. Этому способствовал тот факт, что в малогабаритных гелий-неоновых лазерах можно использовать трубки с малым внутренним диаметром.

Были изготовлены трубки длиной 140 мм при длине активного промежутка 80—90 мм и внутреннем диаметре 1,2 мм с герметизирующими окнами толщиной 0,17 мм, наклеенными на расширенной по краям до 2 мм капилляр. Окна наклеивались под углом 1—2° к плоскости, перпендикулярной к оси трубки. Трубки наполнялись смесью гелия и неона при отношении 1/9 и общем давлении 3 мм рт. ст. В лазере использовались зеркала с радиусом кривизны 500 мм и пропускаемым на 0,63 мкм по 0,3% каждое. Расстояние между зеркалами 200 мм. При этом с каждой стороны лазера снималась мощность 0,2 мВт при запасе по усилению 1,6%.

Получение двухчастотного режима генерации обеспечивалось пропусканием постоянного тока в катушке, намотанной на лазерную трубку. При токе 1 А создавалось продольное магнитное поле напряженностью 80 Ое. Подобно [2], при отсутствии магнитного поля сканирование длины резонатора приводило к переходу линейно-поляризованного типа колебаний с азимутом ϕ к ортогональной линейной поляризации с азимутом $\phi + \pi/2$ (рис. 1, а). Иногда скачок наблюдался в точке, соответствующей появлению второй продольной моды лазера (см. рис. 1, б).

Если лазер обладает достаточной изотропностью, то при наложении на усиливающую среду продольного магнитного поля он начинает работать на двух противоположно направленных круговых поляризациях с разными частотами. Анизотропия лазера приводит к тому, что круговые поляризации становятся эллиптическими [3]. Форма сигнала биений при этом несинусоидальна и будет зависеть от ориентации анализатора. Минимальная частота расщепления для нашего лазера зависела от юстировки резонатора относительно оси трубки и при определенной настройке составляла 2—5 кГц. При этом форма сигнала биений была сильно искажена. Визуально неискаженный синусоидальный сигнал, форма которого не зависела от ориентации анализатора, соответствовал частоте 20—30 кГц, что обеспечивалось подачей продольного магнитного поля порядка 5 Ое.

Были измерены зависимости частоты расщепления от магнитного поля при различных потерях, которые вводились в резонатор путем изменения угла наклона пластины. Калибровка угла поворота пластины проводилась при снятом магнитном поле по потерям на отражение, возникающим при отклонении пластины от угла Брюстера. Частоту расщепления определяли на анализаторе

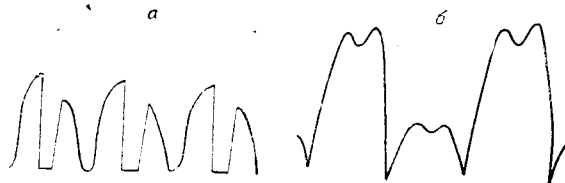


Рис. 1. Зависимость интенсивности излучения лазера от частоты:

а — анализатором выделена одна линейно-поляризованная составляющая излучения; б — анализатором выделены неравные проекции обеих ортогональных линейно-поляризованных составляющих излучения лазера ($c/2L \approx 1000$ МГц).

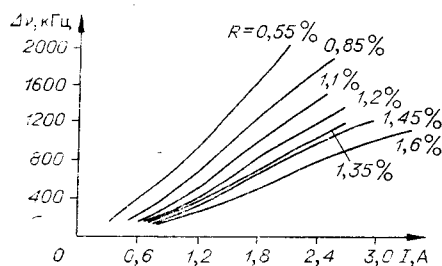


Рис. 2. Зависимость частоты расщепления лазера от напряженности магнитного поля при постоянном усилении и различных значениях запаса по усилению (R — запас по усилению в %; $c/2L \approx 750$ МГц).

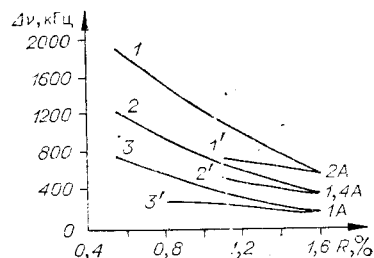


Рис. 3. Зависимость частоты расщепления от запаса по усилению:

1, 2, 3 — усиление постоянно, запас по усилению меняется вводимыми потерями; 1', 2', 3' — потери в лазере постоянны, усиление меняется током накачки ($c/2L \approx 750$ МГц).

спектра С4-8 при сканировании длины резонатора лазера. Отмечали частоту, соответствующую максимальной амплитуде биений. Результаты эксперимента приведены на рис. 2. Изменение запаса по усилению путем регулировки тока накачки при постоянных потерях внутри резонатора приводит также к изменению частоты расщепления (рис. 3).

Изучено влияние наклона герметизирующих пластин к оси трубки на анизотропию лазера. В резонатор работающего лазера с включенным продольным магнитным полем вводилась плоскопараллельная пластина толщиной 0,17 мм. При этом на анализаторе спектра наблюдалось расщепление. При наклоне пластины на 45° от нормали к оси лазера на анализаторе спектра продолжали наблюдаться биения на частоте 600—1000 кГц. Это показывает, что лазерная трубка с наклеенными тонкими герметизирующими окнами под углами до 45° к плоскости, перпендикулярной к оси трубки, обладает достаточно высокой изотропностью. Потери на пластинах под большими углами к нормали будут несколько больше, чем при перпендикулярной наклейке.

Одним из достоинств лазера является то, что в резонатор можно помещать магнитооптические элементы. Введение в резонатор длиной 250 мм плоскопараллельной кварцевой пластинки толщиной 15 мм с наложенным на нее продольным магнитным полем приводило к появлению расщепления с нижней границей около 10 кГц. При наложении поля порядка 500 Ое частота расщепления достигала 1 МГц. При этом частота расщепления изменялась в зависимости от настройки резонатора лазера в пределах 200 кГц. Для выявления степени одновременного действия налагаемого магнитного поля на усиливающую среду лазера кварцевая пластина удалялась из резонатора. При этом расщепления частот не наблюдалось.

Следует отметить, что для отпаянной лазерной трубки может быть достигнут достаточно большой срок службы. Первые экземпляры трубок выходили из строя после 100 ч работы; при этом наблюдалось загрязнение пластин с внутренней стороны. После изменения технологии промывки трубок перед наклейкой лазер работал в течение 2 месяцев. Выходная мощность лазера при этом уменьшилась на 30%. В отпаянной лазерной трубке с вклеенным датчиком давления МТ-6 в течение 1000 ч изменения давления не наблюдалось.

В заключение отметим, что способ, представленный в данной работе, может быть использован при изготовлении аналогичных лазеров на других газах и газовых смесях с учетом лишь ограничения, накладываемого на внутренний диаметр лазерной трубки (до 2 мм). Потери на герметизирующих окнах лазера хорошо контролируются при наклейке

и могут быть сведены до минимума. Изотропная лазерная трубка может быть вставлена в любой стандартный резонатор и укреплена так же, как и обычная трубка с брюстеровскими окнами. Лазер легко юстируется и не требует подъюстировки в процессе работы. Не уступая по основным характеристикам лазерам с брюстеровскими окнами и с внутренними зеркалами и сочетая их достоинства, лазер с тонкими герметизирующими окнами может найти практическое применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Д. Коломников, Ю. В. Троицкий, В. П. Чеботаев. Плоскопараллельная стеклянная пластинка в резонаторе ОКГ.— Раднотехника и радиоэлектроника, 1965, т. X, № 2.
2. Е. Ю. Андреева, Д. К. Терехин, С. А. Фридрихов. Поляризация излучения одночастотного гелий-неонового лазера.— Оптика и спектроскопия, 1969, т. XXVII, вып. 5.
3. Walter M. Doyle, Matthew B. White. Properties of Anisotropic Fabry-Perrot Resonator.— Journal of the Optical Society of America, 1965, v. 55, № 10.

Поступила в редакцию 5 сентября 1973 г.

УДК 621.375.826

С. Н. АТУТОВ, В. П. КОРОНКЕВИЧ,
А. И. ЛОХМАТОВ, В. В. СЛАБКО, В. А. ХАНОВ
(Новосибирск)

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА С ВНУТРЕННИМИ ЗЕРКАЛАМИ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Для решения практических задач интерферометрии, голографии движущихся объектов и доплеровских измерительных систем применяют лазеры, стабилизация частоты которых осуществляется по эффекту Зеемана. Суть метода стабилизации заключается в следующем [1].

Усиливающую среду газового лазера помещают в продольное магнитное поле, тогда линия усиления расщепляется симметрично на две зеемановские компоненты δ^+ и δ^- . Выходное излучение лазера, не имеющего поляризационной анизотропии, также распадается на две компоненты левой и правой круговой поляризации, каждая из которых имеет свою линию усиления. При настройке частоты генерации на центр нерасщепленной линии усиления амплитуды этих компонент равны, при смещении от центра (вследствие, например, теплового расширения резонатора) равенство нарушается, и это можно использовать для получения сигнала ошибки, корректирующей длину резонатора.

Для сравнения амплитуд используют поляризационные переключатели, содержащие в себе обычно какой-либо электрооптический кристалл (например, КДР). Иногда применяют вращающиеся призмы Рошона или другие двулучепреломляющие призмы. Необходимо отметить, что все эти устройства зачастую очень неудобны в работе, дороги, капризны в обращении, требуют сравнительно высоких управляющих напряжений и пр. Применение же вращающихся призм нежелательно из-за низкого быстродействия и наличия вибраций.

В [2] и [3] предложено осуществлять переключение зеемановских компонент изменением направления продольного магнитного поля, приложенного к разрядной трубке.

Идея метода весьма проста. Излучение лазера, помещенного в продольное магнитное поле, проходит через оптический фильтр, состоящий