

Метод двух интерферометров (при толщине второго интерферометра 30 мм) дал тот же результат при несколько большей погрешности.

Для проверки воспроизводимости получаемых результатов с интервалом 1 и 6 месяцев были проведены серии измерений λ_x по λ_s , которые дали незначимые отклонения. В работе [11] опубликован результат измерений длины волны ОКГ такого же типа, с которым наш результат совпадает. Воспроизводимость значения длины волны ОКГ данного типа и данной конструкции, а также наличие средств сличения (ОКГ на ^3He - $^{22}\text{Ne}/\text{CH}_4$, интерферометр Майкельсона со счетом интерференционных полос, установка для абсолютных измерений длин волн) дают основание представить указанные ОКГ к аттестации в качестве рабочих эталонов единицы длины для спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Р. Батарчукова, Ц. И. Глозман, Л. А. Ирикова, А. И. Карташев, Е. А. Птицина. Государственный специальный эталон длины для спектроскопии в диапазоне 0,186—30 мкм.— «Измерительная техника», 1974, № 6, с. 49.
2. В. П. Коронкевич, Г. А. Ленкова. Лазерный интерферометр для измерения длины.— «Автометрия», 1971, № 1, с. 4.
3. Всесоюзный симпозиум по физике газовых лазеров. (Тезисы докладов.) Новосибирск, «Наука», 1975.
4. В. И. Бобрик, В. Г. Гольдорт, Ю. Д. Коломников, Ю. Я. Печерский. Стабилизированные по частоте ОКГ.— «Измерительная техника», 1974, № 8, с. 67.
5. С. Н. Багаев, Ю. Д. Коломников, В. П. Чеботаев. Стабилизация и воспроизводимость частоты гелий-неонового лазера на 0,63 мкм.— «Измерительная техника», 1968, № 8, с. 27.
6. Г. М. Страховский, В. М. Татаренков, А. Н. Титов. Стабилизация частоты гелий-неонового ОКГ на 0,63 мкм с внутренней поглощающей ячейкой.— «Измерительная техника», 1970, № 12, с. 25.
7. Б. Л. Буковский, Л. А. Кончухидзе, А. К. Торопов. Установка для измерения длин волн ОКГ в инфракрасной области.— Труды СНИИМ. Вып. 9. Новосибирск, 1971, с. 36.
8. Рекомендации. Консультативного комитета по определению метра (июнь 1973 г.).— «J. Terrien Metrologia», 1974, vol. 10, № 2, p. 75.
9. Д. А. Соломаха. Систематические погрешности измерения длин волн ОКГ при помощи интерферометра Фабри — Перо.— «Измерительная техника», 1973, № 8, с. 32.
10. Г. В. Розенберг. Оптика тонкослойных покрытий, М., Физматгиз, 1958. 296 с.
11. Н. А. Калинин. Абсолютные измерения длины волны 633 нм гелий-неонового лазера с внутренней поглощающей ячейкой.— «Измерительная техника», 1968, № 12, с. 27.

Поступило в редакцию 5 февраля 1976 г.

УДК 621.375.826

Н. К. БЕРГЕР, Е. Н. БОНДАРЧУК, В. В. ДЕМБОВЕЦКИЙ
(Хабаровск)

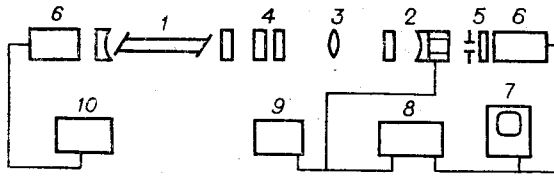
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ

Для большинства исследований, связанных с применением лазеров, необходимо знать добротность резонатора, которая определяется коэффициентом отражения зеркал. У лазеров с малым усилением этот коэффициент близок к единице. Определение коэффициента отражения обычным способом, например методом спектрофотометрирования, не дает нужной точности.

Предлагаемая методика позволяет определить коэффициент отражения, близкий к единице, с точностью порядка 0,001. Суть метода заключается в следующем.

Из зеркал, коэффициент отражения которых нужно измерить, образуют интерферометр Фабри — Перо. Для плоских зеркал с одинаковым коэффициентом отражения r интенсивность излучения, прошедшего через резонатор, будет описываться формулой [1]

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_0 \frac{\tau_2}{(1-r)^2 + 4r \sin^2 \frac{\delta}{2}}, \quad (1)$$



Блок-схема экспериментальной установки:
 1 — ОКГ, 2 — интерферометр Фабри — Перо, 3 — согласующая линза, 4 — поляризационная развязка, 5 — приемная диафрагма, 6 — ФЭУ, 7 — осциллограф, 8, 10 — самописцы, 9 — источник питания.

между зеркалами и измеряя контрастность, можно определить величину коэффициента отражения зеркала. Точно так же можно определить коэффициенты отражения разных зеркал. В формулу (2) вместо r будет входить $(r_1 r_2)^{1/2}$.

Измерения проводились на установке, блок-схема которой показана на рисунке. Излучение He-Ne лазера, работающего в основной моде, через развязку и согласующую линзу попадает на интерферометр Фабри — Перо. Излучение, выходящее из интерферометра, попадает на ФЭУ, сигнал с которого подается на самописец. Изменение длины резонатора осуществляется при помощи пьезокерамического элемента. Напряжение с пьезокерамического элемента подается на горизонтальную развертку самописца. В связи с тем, что интерферометрическое измерение очень чувствительно к вибрациям, установка была собрана на голографическом столе СИН-1 и изолирована от воздушных потоков.

Так как r находится из измерений контрастности, то причины, приводящие к ее изменению, будут давать ошибку в определении r . К таким причинам следует отнести разъюстировку интерферометра и рассогласование параметров пучка и интерферометра. При рассогласовании происходит преобразование падающей основной гауссовой моды в моды резонатора [2]

$$\bar{\Psi}_{00} = \sum_m \sum_n C_{0n} C_{0m} \Psi_m \Psi_n, \quad (3)$$

где $\bar{\Psi}_{00}$ — поле падающего пучка; Ψ_m, Ψ_n — поле мод резонатора; C_{0n}, C_{0m} — коэффициенты связи. В этом случае интенсивность прошедшего излучения будет иметь вид

$$I_{\text{вых}} = \left[\sum_m \sum_n C_{0n} C_{0m} \tau_n \tau_m \Psi_m \Psi_n \right] \left[\sum_m \sum_n C_{0n}^* C_{0m}^* \tau_n^* \tau_m^* \Psi_m^* \Psi_n^* \right] \quad (4)$$

(τ_n, τ_m — комплексные коэффициенты пропускания интерферометра); частоты мод одинаковые; τ_n, τ_m отличаются между собой, так как моды различных индексов имеют различный фазовый набег [2]. Вследствие этого $(I_{\text{вых}})_{\text{max}}$ уменьшается, а $(I_{\text{вых}})_{\text{min}}$ увеличивается, что приводит в конечном итоге к ошибке в определении r . Точно такие же соображения применимы и в случае разъюстировки зеркал резонатора. Пользуясь результатами работ [3], можно вычислить коэффициенты разложения C_{0n}, C_{0m} для этого случая и оценить результат влияния разъюстировки на контрастность. Численные оценки погрешности в определении r представлены в таблице.

Экспериментальная проверка точности метода производилась следующим образом. Бралось пять зеркал и из них образовывались три комбинации: 1, 2, 3; 2, 4, 5; 2, 3, 4. В каждой комбинации для всех пар зеркал измерялась контрастность, а затем рассчитывался коэффициент отражения второго зеркала r_2 . С целью исключения случайной ошибки для каждой пары было выполнено десять измерений. Причем в каждом из них заново производилась настройка и юстировка установки. Так как зеркала имеют различные коэффициенты отражения и разные радиусы кривизны, то по близости значений коэффициента отражения r_2 , полученного из разных комбинаций, можно судить о точ-

При идеальном согласовании и юстировке	Рассогласование $\Delta L = 5$ мм	Разъюстировка сферического зеркала			Разъюстировка плоского зеркала
		$\delta = 20''$	$\delta = 40''$	$\delta = 60''$	$\delta = 60''$
R	ΔR	ΔR	ΔR	ΔR	ΔR
0,95	0,001	0,0003	0,0013	0,001	0,0003
0,99	0,0001	0,00008	0,0001	0,00017	0,00003
0,997	0,00008	0,00001	0,00003	0,00005	0,00002

ности метода. В результате измерений получены следующие значения r^2 : $0,98628 \pm \pm 0,00004$; $0,98644 \pm \pm 0,00004$; $0,98623 \pm \pm 0,00004$. Средний разброс в пределах комбинаций получился $0,0004$, между комбинациями $-0,00008$. Ясно, что реальная ошибка измерений может быть, вообще говоря, больше. Как видно из таблицы, для коэффициента отражения $0,99$ возможное в эксперименте рассогласование дает ошибку порядка 10^{-4} . Такую же ошибку даст возможная разъюстировка интерферометра. Если считать, что погрешность измерительной схемы (ФЭУ, самописца и других) составляет 3% , то это даст ошибку $3 \cdot 10^{-4}$. Таким образом, суммарная ошибка составляет $5 \cdot 10^{-4}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М. «Наука», 1970. 855 с.
2. Х. Когельник. Коэффициенты связи и коэффициенты преобразования волн в оптических системах.— В кн.: Квазиоптика. (Избранные доклады на международном симпозиуме.) М., «Мир», 1966, с. 210—225.
3. П. В. Короленко. Возбуждение собственных типов колебаний резонатора Фабри — Перо внеосевой ТЕМ₀₀-волной.— «Опт. и спектр.», 1971, т. 30, вып. 3, с. 496—502.

Поступило в редакцию 20 мая 1975 г.

УДК 621.375.8

В. П. БЕССМЕЛЬЦЕВ, В. Н. БУРНАШОВ,
В. В. ВОРОБЬЕВ, В. А. ХАНОВ
(Новосибирск)

ФАЗОВАЯ АВТОПОДСТРОЙКА РАЗНОСТИ ЧАСТОТ ДВУХ ОКГ

Для ряда применений требуется поддерживать постоянной или перестраивать по определенному закону разность частот излучения двух оптических квантовых генераторов (ОКГ). Обычно это осуществляется с помощью схем автоподстройки с частотными детекторами [1—3]. Однако в случае перестройки разности частот по определенному закону желательно иметь систему автоподстройки с фазовым детектором (ФАПЧ), так как перестройка частотного детектора сопряжена с определенными трудностями. В работе [3] указано, что инерционность исполнительного устройства (пьезокерамики) и широкий спектр частот сигнала рассогласования в случае применения в системе АПЧ обычных фазовых детекторов приводит к возбуждению системы. В [4] дано краткое описание системы ФАПЧ (данных по фазовому детектору не приводится), кроме того, эта система имеет малый диапазон перестройки частоты регулируемого лазера.

В предлагаемом сообщении описывается система ФАПЧ с диапазоном перестройки частоты регулируемого лазера более 400 МГц, что необходимо при подстройке частоты бнения лазеров типа ЛГ-32 без специальных мер акусто- и виброзащиты. В системе использован фазовый детектор, подобный описанному в работе [5].

Блок-схема системы ФАПЧ представлена на рис. 1, где 1, 2 — опорный и подстраиваемый лазеры; 3 — система зеркал, совмещающих излучения лазеров на поверхности

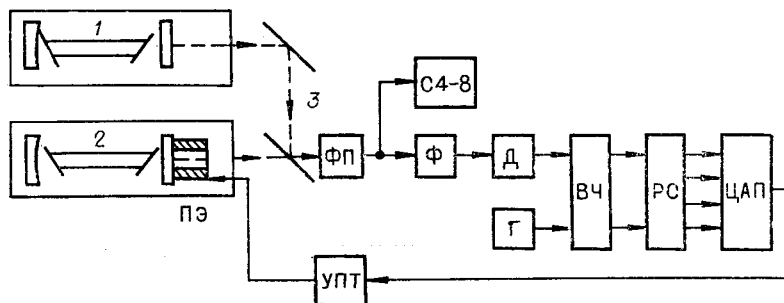


Рис. 1.