

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 ТЕМ<sub>00</sub>-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

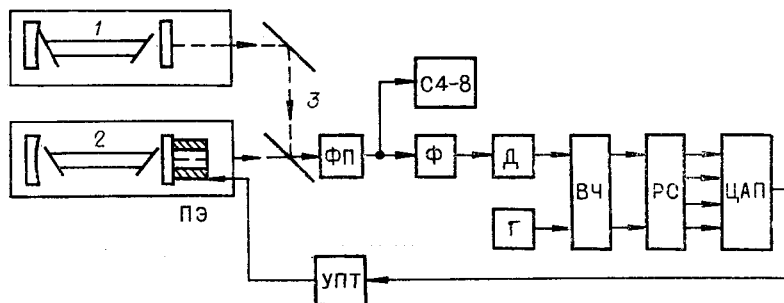


Рис. 1.

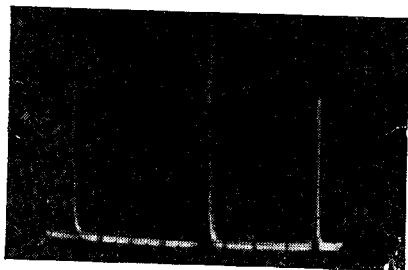


Рис. 2.

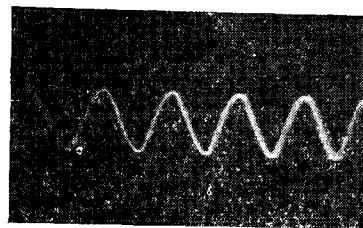


Рис. 3.

фотоприемника; ФП — фотоприемник с усилителем; Ф — формирователь импульсов из синусоидального сигнала; Д — двоичный делитель частоты с коэффициентом деления 8; ВЧ — вычитатель частот, подобный описанному в работе [6]; Г — генератор; РС — реверсивный счетчик; ЦАП — цифроаналоговый преобразователь; УПТ — усилитель постоянного тока; ПЭ — пьезоэлемент, на который подается управляющее напряжение; С4-8 — анализатор спектра.

Лазеры с зеркалами и фотоприемником были смонтированы на дюралюминиевой плите. Фотоприемник был выполнен на фотодиоде ФД-10КП и имел вместе с усилителем полосу пропускания 15 МГц при уровне сигнала на выходе около 1,5 В. Формирователь представлял собой триггер Шмитта и был выполнен на м/с 1ЛБ303. Частота сформированных импульсов делилась на два счетным триггером на двух м/с 1ЛБ303 и далее на четыре с помощью м/с 1З3ИЕ5 для обеспечения нормальной работы вычитателя частот при больших частотах сигнала. На выходе вычитателя частот получалась разность нисел импульсов, поступающих с выходов делителя и генератора. Эта разностная последовательность импульсов поступала на вход РС с соответствующим знаком. Код реверсивного счетчика преобразовывался ЦАПом в линейное напряжение, усиливался УПТ и управлял пьезокерамикой лазера. Число разрядов реверсивного счетчика и ЦАПа — 10, пределы выходного напряжения ЦАПа —  $0 \div -5$  В, что соответствовало изменению напряжения на выходе УПТ, равному 110 В. Чувствительность используемой пьезокерамики составляла 4 МГц/В. Таким образом, полоса удержания оказалась равной 440 МГц. Пределы перестройки сигнала биений составляли  $0,8 \div 12$  МГц. Девиация частоты сигнала биений, измеренная анализатором спектра, оказалась равной 300 кГц. На рис. 2 представлен сигнал анализатора спектра С4-8 (средний пик — сигнал, слева и справа — метки), где одно большое деление соответствует 1 МГц, а на рис. 3 — сигнал с выхода ФП.

В заключение следует отметить, что описанная система была использована для снятия частотных характеристик фотоприемника с усилителем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. P. Rabinowitch, J. Latowrette, G. Gould. AFC optical heterodyne detector.— "Proc. of the IEEE", 1963, vol. 51, № 5, p. 857—858.
2. Р. Тарг, В. Д. Буш. Автоматическая подстройка частоты лазерного гетеродина.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1966, № 10, с. 109—117.
3. И. П. Коршунов. Система автоматической подстройки частоты биений двух ОКГ.— «ПТЭ», 1969, № 3, с. 180—182.
4. J. T. Ruseio. Phase and amplitude measurements of coherent optical wavefronts.— "The Bell Syst. Techn. J.", 1966, vol. XLV, № 9, p. 1583—1597.
5. В. П. Бессмельцев, В. В. Воробьев, В. А. Ханов. Стабилизация разностной частоты двухчастотного лазера.— «Автометрия», 1975, № 5, с. 94—96.
6. В. П. Бессмельцев, В. Н. Бурнашов, В. В. Воробьев. Вычитатели частот на интегральных логических схемах.— «Автометрия», 1975, № 5, с. 90—91.

Поступило в редакцию 20 апреля 1976 г.