

падения луча, усредненной за время счета частотомера, а напряжение на выходе частотного детектора — мгновенной скорости с учетом, конечно, инерционности частотного детектора. Этот сигнал можно подать на анализатор спектра и получить таким образом спектр пульсаций скорости диска при неравномерном его движении.

К сожалению, даже при равномерном движении тела доплеровский сигнал не является монохроматическим. Его спектр, полученный нами и представленный на рис. 2, уширен. Ширина спектра сильно зависит от следующих причин: 1) диаметра сфокусированного падающего пучка на поверхности диска; 2) от углового размера падающего пучка; 3) от углового размера рассеянного пучка, который определяется полевой диафрагмой  $10$  и фокусным расстоянием объектива  $5$ . Эта инструментальная ширина доплеровского спектра ограничивает возможности прибора при измерении малых пульсаций скорости. Сужение инструментального спектра достигается повышением точности фокусировки и уменьшением угловых размеров падающего и рассеянного пучков.

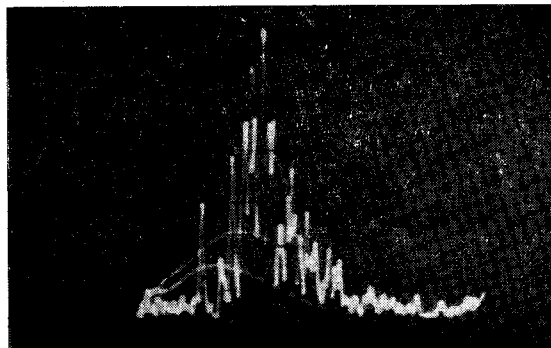


Рис. 2.

Оптическая схема и электронно-измерительный блок описанного устройства измеряют локальную среднюю линейную скорость движущегося тела с погрешностью порядка 0,2%. Прибор может найти успешное применение везде, где требуется бесконтактное, высокоточное измерение линейной скорости механического движения, например, в прокатных станах, в бумагоделательных машинах и т. п. устройствах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. K. D. Kroeger. Motion Sensing by Optical Heterodyne Doppler Detection From Diffuse Surfaces.— Proceedings of the IEEE, 1965, v. 53, № 2.
2. S. C. L. Botcherby, G. A. Bartley-Denniss. Length and Velocity Measurement by Laser.— Optics Technology, 1969, v. 1, № 2.

Поступило в редакцию  
15 августа 1970 г.

УДК 535.854+621.375.9

*Е. И. ГУРИН, В. В. ДОНЦОВА*  
(Новосибирск)

#### СПЕКТРОМЕТР С ПЕРЕМЕННОЙ ДИСПЕРСИЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Сканирующие интерферометры стали общим инструментом для изучения спектра лазерных мод. Они представляют собой спектрометры высокой разрешающей силы и используются для получения информации, касающейся структуры лазерных мод, что трудно получить с помощью какого-либо другого прибора.

Одной из наиболее важных характеристик спектрометра является дисперсия прибора, определяемая длиной интерферометра. Дисперсия указывает частотную ширину процесса, который можно анализировать с помощью прибора. Обычно спектрометры

высокого разрешения\* имеют интерферометр постоянной длины  $n$ , следовательно, постоянную дисперсию и работают на длине волны излучения  $\lambda=0,63$  мкм. Для исследования различных типов газовых лазеров необходим спектрометр, работающий в широкой области спектра и имеющий переменную дисперсию.

В Институте автоматки и электротехники СО АН СССР разработан и изготовлен универсальный спектрометр с переменной дисперсией, изменяющейся непрерывно от 1500 до 150 000 МГц. Это соответствует изменению длины резонатора интерферометра от 100 до 1 мм.

В основу прибора положен многолучевой интерферометр Фабри — Перо с плоскими зеркалами. Сканирование его осуществляется с помощью пьезокерамики. При подаче на пьезокерамические элементы переменного напряжения сканирования частотой

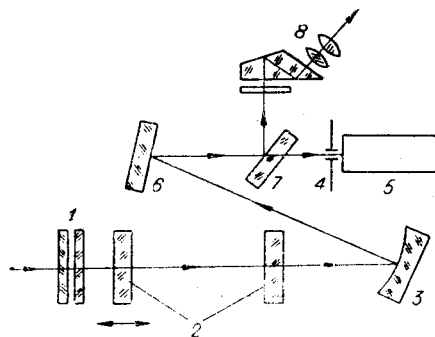


Рис. 1.

50 Гц длина интерферометра изменяется в пределах нескольких длин волн. При этом изменяется резонансная частота интерферометра, и он последовательно фиксирует излучаемые лазером частоты, лежащие в пределах доплеровского контура. Для регистрации этих частот используется фотодетектор и осциллограф, развертка которого синхронизирована напряжением сканирования. На экране осциллографа наблюдается спектр продольных видов колебаний лазера.

Оптическая схема спектрометра приведена на рис. 1. Излучение исследуемого лазера падает на оптическую развязку 1, проходит сканирующий интерферометр 2, образуя за ним систему интерференционных колец равного наклона. Отражаясь от зеркального объектива 3, интерференционная картина фокусируется в плоскости выходной

диафрагмы 4. Непосредственно за диафрагмой помещен приемник излучения 5. Зеркало 6 служит для излома оптической оси и уменьшения габаритов прибора. Зеркало 7 вводится в пучок излучения для визуального наблюдения интерференционной картины в окуляр 8 и настройки прибора.

Прибор состоит из оптического блока и блока питания пьезокерамики и фотоприемника, выполненных в одном корпусе. Сканирующий интерферометр Фабри — Перо представляет собой два плоских зеркала, выставленных параллельно друг другу с большой степенью точности (рис. 2). Опоры зеркал выполнены в виде стоек, на вертикальную плоскость которых клеятся пьезокерамические цилиндры 1. К цилиндрам приклеиваются стальные кольца с хорошо обработанной поверхностью, на которые поме-

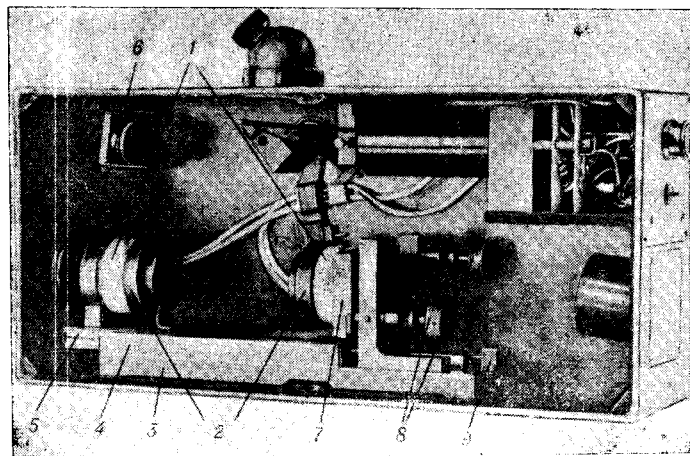


Рис. 2.

\* В. П. Коронкевич, Д. А. Соломаха, А. К. Тороров. Сканирующий интерферометр для исследования газовых лазеров.— Оптика и спектроскопия, 1967, т. XXIII.

щаются плоские зеркала. Зеркала закреплены в резьбовых оправках 2. Весь интерферометр располагается на массивном стальном основании 3. На одном конце основания расположены направляющие 4 кинематического типа, по которым движется стол 5 с оправой 6 для подвижного зеркала. На другом конце основания жестко закреплена оправа 7 с неподвижным зеркалом. Для точной настройки зеркал интерферометра параллельно друг другу и получения качественной интерференционной картины неподвижное зеркало имеет юстировку в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью микровинтов 8.

Для получения качественного спектра мод исследуемого лазера пьезокерамические элементы из титаната бария контролировались на интерферометре Кестерса. При подаче напряжения на пьезокерамику перекося элемента не превышал доли интерференционной полосы.

В интерферометре использованы кварцевые плоские зеркала  $\varnothing 40 \times 15$  мм с многослойным диэлектрическим покрытием. Коэффициент пропускания зеркал 0,3% для длины волны 0,63 мкм. Качество обработки и коэффициент пропускания зеркал определяют разрешение и остроту спектра. Это позволяет использовать спектрометр для исследования газовых лазеров, работающих в ближней инфракрасной области спектра. Размер диафрагмы, установленной перед приемником излучения, существенным образом влияет на разрешение прибора. Для получения разрешения 30 МГц используется диафрагма 0,1 мм. В качестве приемника излучения применяется фотодиод типа ФД-6К при работе в видимой области спектра. Транзисторный усилитель сигналов имеет коэффициент усиления около 70 дБ и малый уровень шумов.

Чтобы установить необходимую для измерений длину интерферометра, нужно поместить соответствующую концевую меру между подвижным столом 5 и упором 9 (см. рис. 2). Такая конструкция позволяет иметь интерферометр любой длины в пределах от 1 до 100 мм и анализировать различные типы лазеров. Для анализа излучения в широкой области спектра необходимо поставить в оправы интерферометра зеркала, имеющие покрытия на анализируемую длину волны. Для работы в инфракрасной области спектра от 1 до 3,4 мкм необходимо также сменить приемник излучения, тогда как электрическая схема остается прежней.

Спектрометр можно использовать для визуального наблюдения спектра мод лазера в окуляр 8 (см. рис. 1). Для этого перед входным отверстием прибора необходимо поместить короткофокусную линзу.

Основные технические характеристики спектрометра следующие: дисперсия 1500 МГц, острота 50, аппаратурная полуширина 30 МГц, разрешающая сила  $1,6 \cdot 10^7$ .

В качестве примера на рис. 3 приведен спектр излучения гелий-неонового лазера типа ЛГ-75, полученный на разработанном спектрометре.

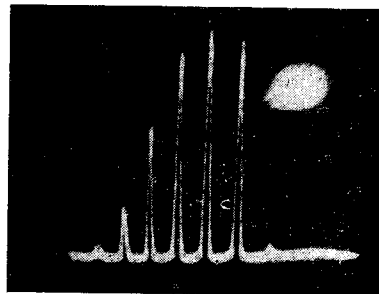


Рис. 3.

Поступило в редакцию  
24 сентября 1970 г.