

температура поддерживалась автоматически в процессе записи благодаря системе термостабилизации. Движущийся носитель нерабочим слоем прижимался к полированной поверхности нагревателя. В режиме работы с неподвижным носителем процесс проявления осуществлялся с помощью прозрачного нагревательного элемента, прижимаемого в момент записи к нерабочей стороне носителя [4], или с помощью ИК-излучения CO₂-лазера [5], работающего в одномодовом режиме. Прогрев с помощью CO₂-лазера позволил проводить локальную перезапись голограмм.

В качестве регистрирующей среды использовался двух- и трехслойный ТПН на основе органических и неорганических фотополупроводников.

Исследован ряд ТПН на основе органических (ПВК+ТНФ, ПЭПК+ТеНФ) и неорганических фотополупроводников (As₂Se₃, As₂S₃): поли-N — винилкарбазол, sensibilizированный тринитрофлуореноном; поли-N — пропиленкарбазол, sensibilizированный тетрафторфлуореноном. Лучшие результаты получены с двухслойным ТПН на основе ПВК+ТНФ с толщиной ТПН $d=0,5$ мкм. Отношение сигнал/шум в восстановленном изображении 10:1, дифракционная эффективность $\sim 9\%$. Восстановленное изображение показано на рис. 2. Дифракционная эффективность голограммы на трехслойном ТПН с неорганическими фотополупроводниками составляла 1—3%. Исследуемые ТПН выдерживали до 30 циклов «запись — стирание» с ухудшением соотношения сигнал/шум до 8:1.

Результаты данной работы подтверждают возможность применения ТПН в ГЗУ первого контура ИПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee T. C. Holographic Recording on Thermoplastic Films.— Appl. Opt., 1974, vol. 13, N 4.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. Пер. с англ./Под ред. Ю. И. Островского. М.: Мир, 1973.
3. Акаев А. А., Майоров С. А. Когерентные оптические вычислительные машины. Л.: Машиностроение, 1977.
4. Комаров В. А., Сорока С. И., Ратников С. И., Зайченко О. В. Регистрация оптической информации на фототермопластический носитель с гибкой лавсановой основой.— ЖНПФФ, 1977, № 2.
5. Кузнецов П. Д., Комаров В. А., Зайченко О. В. О методах проявления записи на фототермопластическом носителе с лавсановой основой.— В кн.: Материалы Второй всесоюз. школы по оптической обработке информации. Горький, 1978.

*Поступило в редакцию 2 октября 1979 г.;
окончательный вариант — 24 марта 1980 г.*

УДК 535.22

П. Я. БЕЛОУСОВ, Е. Г. ВОЛКОВ, Ю. Н. ДУБНИЩЕВ, И. Г. ПАЛЬЧИКОВА
(Новосибирск)

ОПТИЧЕСКИЙ ДИСКРИМИНАТОР ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ

В работах [1, 2] было показано, что применение оптического дискриминатора доплеровского сдвига частоты позволяет получить аналоговый сигнал, пропорциональный скорости движения рассеивающей среды путем непосредственной обработки оптического сигнала в реальном масштабе времени. Рассматривались устройства с дискриминатором, выполненным в виде интерферометра Фабри — Перо с плоскими (ИФП) или сферическими (ИФС) зеркалами. Указывалось, что измерители такого типа могут работать с привязкой резонансной частоты контура пропускания дискриминатора к частоте информационного рассеянного движущимся объектом пучка либо к частоте опорного пучка.

В первом случае на входе дискриминатора опорный пучок должен быть стабилизирован по интенсивности. Интенсивность опорного пучка на выходе дискриминатора является квазилинейной функцией измеряемого частотного сдвига информационного пучка. Во втором случае опорный пучок не стабилизирован, а для получения информации о частоте информационного пучка необходимо определять отношение его интенсивностей на входе и выходе дискриминатора либо применять систему стабилизации интенсивности информационного рассеянного пучка. В обоих случаях должна быть учтена возможность падения амплитуды информационного светового пучка до нуля.

Существенный недостаток описанных систем в том, что для вывода рабочей точки на линейный участок дискриминационной характеристики экспериментатору необходимо иметь априорную информацию о величине средней скорости рассеивающей среды.

В данной работе обсуждается возможность автоматической привязки рабочей точки к линейному участку дискриминационной характеристики.

Продифференцируем контур пропускания дискриминатора, выполненного, например, в виде интерферометра Фабри — Перо, по временным или пространственным частотам. Экстремум производной контура первого порядка будет совмещен по частоте с точкой перегиба на склоне исходного контура. На вход дискриминатора поступают пространственно совмещенные информационный и опорный пучки, источником которых является один и тот же лазер. При нулевой скорости движения рассеивающей среды частоты информационного и опорного пучков совпадают. В этом случае привязка частоты одного из пучков к локальному экстремуму первой производной контура пропускания дискриминатора с необходимостью обеспечивает совпадение частоты другого пучка с абсциссой точки перегиба на склоне исходного контура. Точка перегиба находится на линейном участке склона контура пропускания. Следовательно, рабочая точка оказывается привязанной к линейному участку дискриминационной кривой.

При малых расстройках относительно резонансной частоты нормированная аппаратная функция интерферометра Фабри — Перо описывается контуром Лоренца:

$$I = [1 + A^2(v - v_0)^2]^{-1}, \quad (1)$$

где v — частота светового пучка, v_0 — резонансная частота интерферометра, A^2 — аппаратная постоянная. Точка перегиба на склоне контура находится из условия $I'_v = 0$. Она соответствует частоте $v_s = v_0 \pm 1/(\sqrt{3} A)$. Разлагая функцию I в малой окрестности точки v_s и ограничиваясь первыми тремя членами разложения, приходим к выражению

$$I = I(v_s) + I'(v_s)\Delta + (1/3!)I'''(v_s)\Delta^3. \quad (2)$$

Здесь $\Delta = v_s - v$.

Пусть v_s контура модулируется по закону

$$v_s = v_{s0}(1 + m \cos \Omega t), \quad Av_{s0}m \ll 1. \quad (3)$$

После подстановки (3) в (2), учитывая $Av_{s0}m \ll 1$ и ограничиваясь членами первого порядка малости по $\delta = v_{s0} - v$, а также членами, частота которых не выше 2Ω , получим

$$I = I(v_{s0}) + I'(v_{s0})v_{s0}m \cos \Omega t + \frac{1}{4} \delta I'''(v_{s0})v_{s0}^2 m^2 \cos 2\Omega t. \quad (4)$$

Из (4) следует, что сигналом ошибки в системе автоподстройки рабочей точки к точке перегиба на склоне контура может служить составляющая интенсивности выходного пучка, изменяющаяся с частотой 2Ω . Амплитуда этой составляющей пропорциональна величине расстройки δ , а фаза указывает на знак отклонения. Технически привязка экстремума первой производной контура пропускания к частоте светового пучка (информационного или опорного) может быть выполнена с применением обычной системы экстремального управления, в которой частота выделяемого

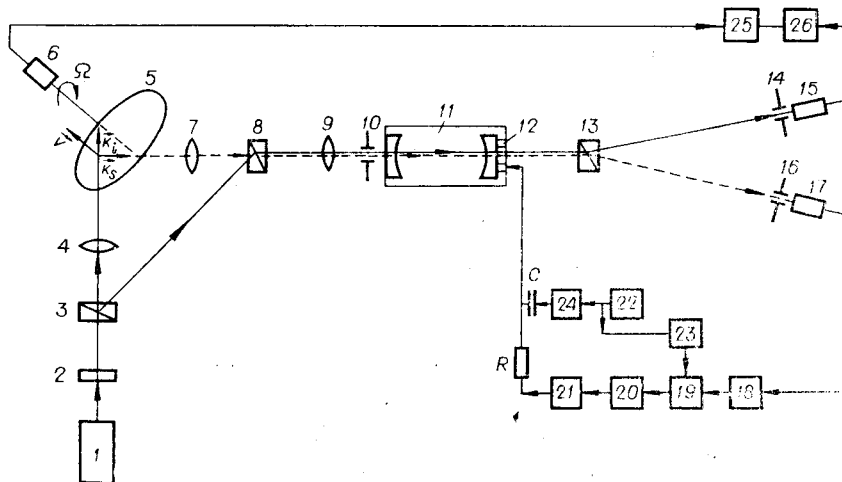


Рис. 1.

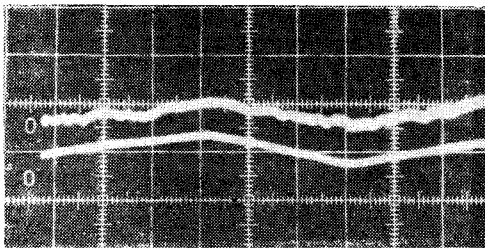


Рис. 2.

пластинки 2 направляется в двухлучевой поляризационный интерферометр, в котором призма 3 служит расщепителем, сигнальное плечо образовано объективом 4, исследуемым объектом, в качестве которого выбран, например, рассеивающий вращающийся диск 5 с тахогенератором 6 на оси, и объективом 7. Рекомбинационным элементом, пространственно совмещающим сигнальный рассеянный и опорный пучки, является призма Ротона 8. Пучки, выходящие из интерферометра, объективом 9 через апертурную диафрагму 10 направляются в конфокальный ИФПС 11, работающий в режиме дискриминатора доплеровского сдвига частоты. Одно из зеркал ИФПС закреплено на пьезокерамической шайбе 12. Сигнальный и опорный пучки после прохождения ИФПС пространственно разделяются по ортогональным поляризациям призмой Волластона 13 и направляются на соответствующие фотоприемники 15 и 17 с полевыми диафрагмами 14 и 16. При работе с трехмерными рассеивающими средами в сигнальном плече поляризационного интерферометра устанавливается фильтр низких пространственных частот.

В данном устройстве привязка дискриминационной характеристики к частоте излучения лазера осуществляется системой экстремального управления. Эта система, в основном аналогичная описанной в [1], содержит вспомогательный генератор 22, фазовращатель 23, резонансный усилитель 18, фазовый детектор 19, интегратор 20 и усилитель 21. Отличие заключается во введении дополнительного блока деления частоты 24. Делитель 24 уменьшает вдвое частоту модулирующего сигнала, поступающего с выхода генератора 22 на пьезокерамическую шайбу 12. Резонансный усилитель 18 настроен на частоту сигнала генератора 22.

На рис. 2 приведены сигналы с выхода оптического дискриминатора (вверху) и для сравнения с выхода тахогенератора (внизу) (масштаб: по оси ординат 1,56 МГц на клетку, по оси абсцисс 150 с на клетку). Фотография, сделанная с экрана двухлучевого осциллографа, иллюстрирует возможность получения информации о девиации доплеровского сдвига частоты в реальном масштабе времени. Технические параметры экспериментальной установки аналогичны параметрам устройства, описанному в [1, 2]. (Радиус кривизны зеркал конфокального ИФПС 200 мм, полоса пропускания экстремальной системы автоподстройки 400 Гц, частота сигнала с выхода генератора $22 \Omega/2\pi = 40$ кГц.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов П. Я., Дубнищев Ю. Н., Павлов В. А. Измеритель скорости с оптическим дискриминатором доплеровской частоты.— *Опт. и спектр.*, 1977, т. 43, с. 775.
2. Belousov P. Ya., Dubnistchev Yu. N. The Application of an Optical Doppler Frequency Discriminator in Laser Velocimeter.— *Opt. and Laser Techn.*, 1977, N 5, p. 229.

Поступило в редакцию 23 марта 1979 г.;
окончательный вариант — 26 января 1980 г.

УДК 621.373.826 : 621.276

В. М. МАСТИХИН, Д. В. ШЕЛОПУТ
(Новосибирск)

МОДУЛЯТОР-РАСЩЕПИТЕЛЬ НА КРС-5

Применение лазеров для измерения скоростей выделилось в самостоятельную область — лазерную доплеровскую локацию. В основе метода — определение доплеровского сдвига частоты в свете, рассеянном примесными частицами в потоке. Выделение доплеровского сдвига в рассеянном световом пучке осуществляется