



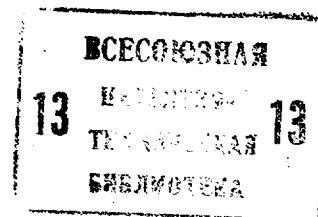
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1139261** **A**

(5D) 4 G 01 P 3/36

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3588088/24-10

(22) 05.05.83

(46) 30.03.87. Бюл. № 12

(71) Институт автоматики и электро-
метрии СО АН СССР

(72) Ю.Н.Дубнищев, В.А.Жмудь,
В.А.Павлов и А.А.Столповский

(53) 532.574(088.8)

(56) Грохальский А.Н., Землянский В.И.
Лазерный доплеровский измеритель ско-
рости широкого динамического диапа-
зона. - Сб. "Преобразовательная и из-
мерительная техника". - Киев, Наукова
Думка, 1975, с.41-45.

Yu. N. Dubuisteheva, o, optics and
Lasers Technology, 1977, 2, № 1,
31-34 (прототип).

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
СКОРОСТИ, содержащее последователь-
но расположенные источник когерент-

ного излучения и оптически согласо-
ванные с ним однополосный частотный
модулятор светового пучка, формиро-
ватель интерференционного поля, фор-
мирователь изображения интерференци-
онного поля в рассеянном свете, фото-
приемник с подключенными последова-
тельно полосовым фильтром и измерите-
лем доплеровского сдвига частоты,
отличающееся тем, что, с
целью повышения точности измерений,
формилователь интерференционного по-
ля снабжен фазовым модулятором, в
устройство введен перестраиваемый по
частоте генератор, выход которого че-
рез двухполупериодный выпрямитель
электрически связан с управляющим вхо-
дом источника когерентного излучения
и через формилователь прямоугольных
импульсов подключен к фазовому моду-
лятору.

(19) **SU** (11) **1139261** **A**

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения скоростей движения жидкостей, газов и рассеивающих свет поверхностей.

Известно устройство для измерения скорости потока жидкости или газа, содержащее кольцевой лазер, акустооптический модулятор, установленный на пути одного из двух лучей, генерируемых кольцевым лазером, и генератор, управляющий работой акустооптического модулятора, а также передающую и приемную оптические системы и фотоприемник, подключенный к измерителю доплеровской частоты и элементам обратной связи с генератором.

Недостатками известного устройства являются его сложность и громоздкость и неработоспособность в условиях, когда рассеянное частицами излучение деполяризуется.

Известно устройство, принятое за прототип, содержащее последовательно расположенные источник когерентного излучения и оптически согласованные с ним однополосный частотный модулятор светового пучка, формирователь интерференционного поля, формирователь изображения интерференционного поля в рассеянном свете, фотоприемник с подключенными последовательно полосовым фильтром и измерителем доплеровского сдвига частоты.

Измеритель доплеровского сдвига частоты в прототипе содержит смеситель и перестраиваемый по частоте генератор для преобразования частоты доплеровского сигнала в заданную промежуточную.

Недостатком известного устройства является пониженная точность измерения из-за невозможности плавной перестройки частоты несущей доплеровского сигнала в оптическом канале. Это вызывает необходимость работы фотоприемника в широкой полосе частот, определяемой высокой модулирующей частотой акустооптического модулятора (десятки мегагерц), что, в свою очередь, ведет к понижению чувствительности фотоприема и повышению уровня шумов. Другой недостаток - пониженная надежность устройства из-за наличия лучевого расщепителя, критического к юстировке и вибрациям.

Целью изобретения является повышение точности измерений скорости.

Поставленная цель достигается тем, что в известном устройстве, содержащем последовательно расположенные источник когерентного излучения и оптически согласованные с ним дополнительный однополосный частотный модулятор светового пучка, формирователь интерференционного поля, формирователь изображения интерференционного поля в рассеянном свете, фотоприемник с подключенными последовательно полосовым фильтром и измерителем доплеровского сдвига частоты, формирователь интерференционного поля снабжен фазовым модулятором и в устройство введен перестраиваемый по частоте генератор, выход которого через двухполупериодный выпрямитель электрически связан с управляющим входом источника когерентного излучения и через формирователь прямоугольных импульсов подключен к фазовому модулятору. На чертеже показана схема устройства для измерения скорости.

Устройство содержит полупроводниковый лазер 1 с выводом излучения с противоположных торцов резонатора и размещенные последовательно на пути световых пучков поворотные зеркала 2 и 3, однополосный частотный модулятор 4, фазовый полуволновой модулятор 5, формирующий объектив 6, приемный объектив 7 с апертурной диафрагмой 8, фотоприемник 9. К фотоприемнику последовательно подключены перестраиваемый полосовой фильтр 10 и измеритель 11 доплеровского сдвига частоты. Однополосный частотный модулятор 4 подключен к генератору 12. Перестраиваемый по частоте генератор 13 через двухполупериодный выпрямитель 14 подключен к полупроводниковому лазеру 1. Выход этого же генератора через формирователь 15 прямоугольных импульсов подключен к фазовому модулятору 5.

Устройство работает следующим образом.

Световые пучки, выходящие с противоположных торцов резонатора, направляются зеркалами 2, 3 и объективом 6 в исследуемую среду, скорость которой подлежит измерению. В области пересечения этих пучков формируется интерференционное поле, пространственное распределение интенсивности которого описывается известным выражением

$$I(x) = |E_1(x)|^2 + |E_2(x)|^2 + 2|E_1(x)| \cdot |E_2(x)| \cos \Omega t - kx, \quad (1)$$

где $E_i(x)$ — амплитуда поля i -го пучка;

Ω — частотный сдвиг светового пучка на выходе частотного модулятора 4;

$K = 2\pi/\Lambda$ — модуль вектора интерференционной решетки;

Λ — пространственный период интерференционного поля;

$\Lambda = \lambda/2\alpha$ — (размер интерференционной полосы);

2α — угол между интерферирующими световыми пучками;

λ — длина волны лазерного излучения.

Направление оси выбирается ортогональным к биссектрисе угла 2α .

Питание лазера модулируется электрическим сигналом с частотой Ω , который формируется генератором 13 и выпрямляется двухполупериодным выпрямителем 14. Поэтому интенсивность световых пучков, формирующих интерференционное поле, меняется по закону $\eta/\cos \Omega t$, где η — крутизна ватт-амперной характеристики лазера. Фазовый полуволновой модулятор 5 управляется напряжением с выхода формирователя 15 прямоугольных импульсов. Это напряжение синхронизировано с напряжением питания лазера, поскольку оба напряжения формируются из сигнала генератора 13. Фазовый полуволновой модулятор модулирует разность фаз интерферирующих пучков по закону $\varphi = \pi/2 \text{ Sign}[\cos \Omega t]$.

Следовательно, результирующее интерференционное поле (1) с учетом модуляции лазера и действия полуволнового фазового модулятора 5 можно описать выражением

$$I = \eta^2 |E_1|^2 / \cos^2 \Omega t + \eta^2 |E_2|^2 / \cos^2 \Omega t + + \eta^2 2|E_1| \cdot |E_2| / \cos \Omega t \cdot \cos [\Omega t - kx] + + \frac{\pi}{2} \text{ Sign}[\cos \Omega t]$$

или после элементарных преобразований и, принимая во внимание, что $1/\cos \Omega t = \text{Sign}(\cos \Omega t) \cdot \cos \Omega t$, имеем

$$I = I_p + I \quad (2)$$

где $I_p = \eta^2 [|E_1|^2 + |E_2|^2] \cos \Omega t$ — пьедестал интерференционного поля;

$$I = \eta^2 2|E_1| \cdot |E_2| \cos \Omega t \cdot \cos [\Omega t - kx] -$$

корреляционная компонента интерференционного поля, расположенная в направлении оси X с пространственной частотой K .

Пусть зондирующее интерференционное поле в направлении оси пересекается частицей, движущейся со скоростью V . Сформированное в рассеянном свете изображение интерференционного поля на светочувствительной поверхности фотоприемника представляется сверткой пространственного распределения интенсивности интерференционного поля (2) и функции $\varphi(x) \delta(x - vt)$, описывающей движущуюся частицу. Здесь φ — функция, описывающая форму частицы, δ — функция, определяющая положение частицы. Ток на выходе фотоприемника пропорционален интенсивности изображения интерференционного поля в свете, рассеянном движущейся частицей. Отсюда получаем для выхода тока фотоприемника (увеличение приемной оптикой принимаем для простоты за единицу)

$$i = \rho \int_{-\infty}^{\infty} I_p \varphi(x) \delta(x - vt) dx + \rho \int_{-\infty}^{\infty} I \varphi(x) \cdot \delta(x - vt) dx, \quad (3)$$

здесь ρ — коэффициент, учитывающий чувствительность и усиление фотоприемника.

Подставляя в (3) значения I_p и I из (2) и учитывая фильтрующее свойство — функции, получаем

$$i = \rho \eta^2 \{ |E_1(t)|^2 + |E_2(t)|^2 \} \varphi(vt) \cos \Omega t + + \rho \eta^2 2|E_1(t)| \cdot |E_2(t)| \varphi(vt) \cdot \cos \Omega t \cdot \cos [\Omega - kv(t)]$$

Выполнив элементарные преобразования произведения косинусов в сумму косинусов, приходим к окончательному выражению, описывающему ток на выходе фотоприемника:

$$i = A_1 (\cos \Omega t) + A_2 \cos [(\Omega - \Omega_p - \omega_p)t] + + A_2 \cos [(\Omega + \Omega_p - \omega_p)t], \quad (4)$$

здесь $A_1 = \rho \eta^2 [|E_1(t)|^2 + |E_2(t)|^2] \varphi(vt)$;
 $A_2 = \rho \eta^2 |E_1(t)| \cdot |E_2(t)| \cdot \varphi(vt)$;
 $\omega_p = KV$.

Из (4) видно, что ток на выходе фотоприемника содержит составляющую, соответствующую пьедесталу интерференционного поля, и две компоненты с разностной и суммарной частотами несущей. Полосовой фильтр 10 настроен на

разностную частоту несущей, поэтому именно она поступает на измеритель доплеровского сдвига частоты ω_D , а остальные компоненты отфильтровываются. Компонента i_D с разностной частотой несущей на выходе фильтра 10 описывается согласно (4) выражением

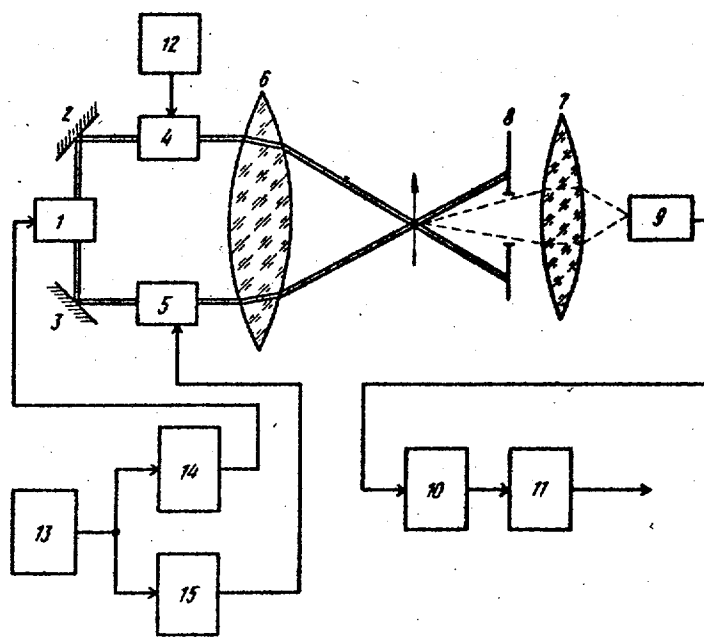
$$i_D = A_2 \cos [(\Omega - \Omega_0 - \omega_D)t]. \quad (5)$$

Отсюда следует, что изменяя частоту генератора 13, можно задавать любую частоту $(\Omega - \Omega_0)$ несущей доплеровского сигнала и переносить спектр доплеровского сигнала в область, удобную для обработки.

Повышенная точность измерений достигается тем, что преобразование частоты несущей доплеровского сигнала выполняется непосредственно в оптическом канале измерителя, поэтому исключается погрешность, связанная с необходимостью применения широкополосного высокочастотного фотоприемника, как это имеет место в известном устройстве. Широкополосный режим работы фотоприемника ведет к снижению

чувствительности и повышению уровня шумов. В устройстве перестройка частоты несущей в оптическом канале позволяет использовать узкополосной режим работы фотоприемника в области низких частот, что ведет к повышению чувствительности и увеличению отношения сигнал/шум. Преобразование в оптическом канале частоты несущей доплеровского сигнала дает возможность реализовать систему обработки на фиксированной промежуточной частоте, что повышает точность и помехоустойчивость измерений. Такая система обработки организуется по принципу следящего фильтра с включением оптического канала в контур обратной связи.

Отсутствие в устройстве оптического элемента, специально выполняющего функцию лучевого расщепителя, повышается помехоустойчивость измерения. Это связано с тем, что в известных устройствах лучевой расщепитель является узлом, наиболее чувствительным к вибрациям и юстировке.



Составитель

Редактор Т.Горькова

Техред Л.Сердюкова

Корректор А.Ильин

Заказ 1167/1

Тираж 777

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4