



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1051430

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Волоконно-оптический датчик скорости"

Автор (авторы): Богомолов Николай Федорович, Гнатовский Александр Владимирович, Медведь Наталия Викторовна, Хотяинцев Сергей Николаевич и Яровой Леонид Константинович

Заявитель: КИЕВСКИЙ ОРЛЕНА ЛЕНИНА ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АН УССР

Заявка № 3482606

Приоритет изобретения

24 августа 1982 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

1 июля 1982 г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отде.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1051430 A

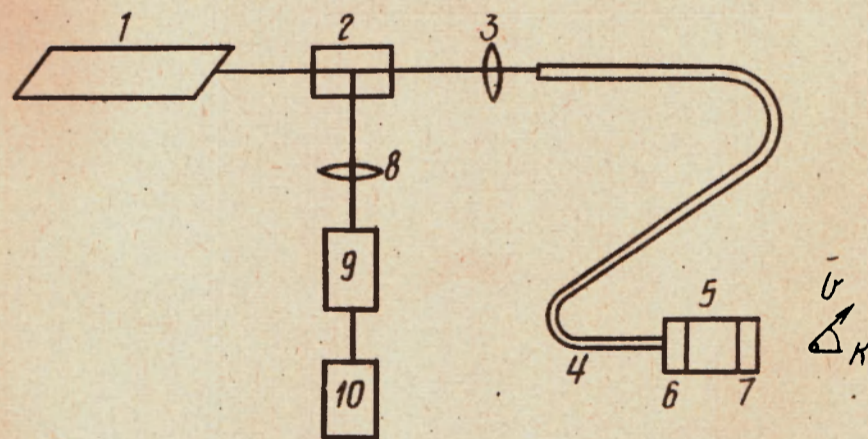
3(51) G 01 P 3/36; G 01 P 5/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3482606/18-10
(22) 24.08.82
(46) 30.10.83. Бюл. № 40
(72) Н.Ф. Богомолов, А.В. Гнатовский,
Н.В. Медведь, С.Н. Хотяинцев
и Л.К. Яровой
(71) Киевский ордена Ленина политех-
нический институт им. 50-летия Вели-
кой Октябрьской социалистической ре-
волюции и Институт физики АН Украинс-
кой ССР
(53) 532.574(088.8)
(56) 1. Патент Великобритании
№ 1087467, кл. G 1 A, 1976.
2. Патент США № 4154529,
кл. 356-28, 1979 (прототип).

(54) (57) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК
СКОРОСТИ, содержащий последовательно
расположенные, оптически согласо-
ванные лазер, направленный ответвитель,
многомодовый световод и фотоприемник,
оптически связанный с направленным
ответвителем, о т л и ч а ю щ и й -
с я тем, что, с целью повышения точ-
ности измерений, в него введен фазо-
вый корректор волнового фронта, уста-
новленный перед свободным концом мно-
гомодового световода и выполненный
в виде последовательно расположенных
направленно-рассеивающего пропускаю-
щего экрана и фазирующей голограммы.



Фиг.1

(19) SU (11) 1051430 A

Изобретение относится к измерительной технике, и может быть использовано для измерения скоростей объектов в труднодоступных местах в медицине, в нефтехимической промышленности, в металлургии, в теплоэнергетике.

Известно устройство для измерения скорости, содержащее источник когерентного излучения, оптическую систему, фотодетектор, электронный блок вычисления скорости. Определение скорости в этом устройстве основано на гетеродинном оптическом приеме рассеянного движущейся средой излучения. В качестве опорного сигнала используется часть излучения источника, не взаимодействовавшая со средой [1].

Недостатками устройства являются значительные габариты и чувствительность к вибрациям, что искажает возможность измерения скорости в труднодоступных местах и в условиях производства.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является волоконно-оптический датчик скорости, содержащий последовательно расположенные, оптически согласованные лазер, направленный ответвитель, многомодовый световод и фотоприемник, оптически связанный с направленным ответвителем.

В волоконно-оптическом датчике скорости также использован гетеродинный метод приема рассеянного объектом излучения. При этом зондирующее излучение поступает в область измерения по многомодовому световоду [2].

Существенный недостаток устройства - высокая погрешность измерения скорости - вызван большой угловой расходимостью и фазовыми искажениями волнового фронта излучения, прошедшего многомодовый световод.

Цель изобретения - повышение точности измерений.

Поставленная цель достигается тем, что в волоконно-оптический датчик скорости, содержащий последовательно расположенные оптически согласованные лазер, направленный ответвитель, многомодовый световод и фотоприемник, оптически связанное с направленным ответвителем, введен фазовый корректор волнового фронта, установленный перед свободным концом многомодового световода и выполненный в виде последовательно расположенных направленно-

рассеивающего пропускающего экрана и фазирующей голограммы.

На фиг. 1 приведена схема предлагаемого датчика; на фиг. 2 - распределения амплитуды поля зондирующего излучения в различных сечениях корректора волнового фронта.

Волоконно-оптический измеритель содержит последовательно расположенные на оптической оси лазер 1, направленный ответвитель 2, собирающую линзу 3, многомодовый световод 4. Перед дальним концом световода 4 расположен фазовый корректор волнового фронта 5, состоящий из направленно-рассеивающего пропускающего экрана 6 статистического дифракционного модулятора и фазирующей голограммы 7. Направленный ответвитель 2 оптически связан с последовательно расположенным объективом 8 и фотоприемником 9, который, в свою очередь, подключен к измерителю 10 доплеровской частоты.

Волоконно-оптический датчик работает следующим образом.

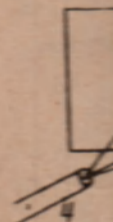
Излучение лазера 1 проходит через направленный ответвитель 2 и фокусируется линзой 3 на торец световода 4. По световоду 4 излучение направляется на объект. Фазовый корректор 5, расположенный перед дальним концом световода 4, формирует стабилизированный пучок излучения с узкой диаграммой направленности и колоколообразным распределением энергии по сечению, независимо от изменения модового состава излучения на выходе световода. Это происходит благодаря наличию в схеме корректора направленно-рассеивающего пропускающего экрана или статистического дифракционного модулятора 6. Его пропускание можно описать выражением вида

$$t(x, y) = \epsilon_j t_j(x, y), \quad (1)$$

где t_j - произвольные функции, случайным образом распределенные в плоскости модулятора (x, y) и отличные от нуля в пределах областей, площади которых меньше площади любого модового пятна в излучении световода.

Области определения функций t_j случайным образом распределены в плоскости модулятора (x, y) и отличны от нуля в окрестности точки (x_j, y_j) . Их площадь ΔS_j меньше площади ΔS любого модового пятна в излучении световода. Световое поле, продифрагировавшее на таком статистическом модуля-

торе, в дальней з
7 имеет огибающую
тенсивности, кото
да дифрагированно
ется только парак
лятора. Продифраг
стабилизированной
ности фазирующей
плоский волновой
рого определяется
записи голограмме
двух факторов на
в дальней зоне ф
пучок с уменьшен
ностью и стабили
аграммы направле
Часть попадаю
излучения отража
обратно в светов
опорного сигнала
теродирования. П
лучение рассеива
плеровский сдвиг
но захватывается
где $Q_{\text{дм}} = 2KV$
где K - вол
щеп
 V_k - про
на
 Q - угол
тор
Далее опорный
связный пучок
дается обратно
ленным ответвит
Сигнал с фотопр
на измеритель
ределения дипл



тате, в дальней зоне около голограммы 7 имеет огибающую распределения интенсивности, которая не зависит от вида дифрагируемого поля, а определяется только параметрами самого модулятора. Продифрагированному полю со стабилизированной огибающей интенсивности фазирующая голограмма 7 придает плоский волновой фронт, форма которого определяется опорным пучком при записи голограммы 7. За счет этих двух факторов на выходе корректора в дальней зоне формируется световой пучок с уменьшенной угловой расходимостью и стабилизированной формой диаграммы направленности.

Часть попадающего на корректор 5 излучения отражается его элементами обратно в световод 4 и выполняет роль опорного сигнала при оптическом гетеродировании. Падающее на объект излучение рассеивается, приобретая дуплеровский сдвиг по частоте, и частично захватывается световодом 4

где $\omega_{Доп} = 2KV_k \cos \varphi$ (2)
 K - волновой вектор зондирующего излучения;
 V_k - проекция вектора скорости на волновой вектор;
 φ - угол между волновым вектором и вектором скорости.

Далее опорный (отраженный) и рассеянный пучки по световоду возвращаются обратно и отклоняются направленным ответвителем на фотоприемник 9. Сигнал с фотоприемника 9 направляется на измеритель 10 (частотомер) для определения дуплеровского сдвига.

Точность определения скорости пропорциональна отношению

$$\eta \approx \frac{\Delta\omega_{Доп}}{\omega_{Доп}}, \quad (3)$$

где $\Delta\omega_{Доп}$ - полуширина спектра дуплеровского сигнала.

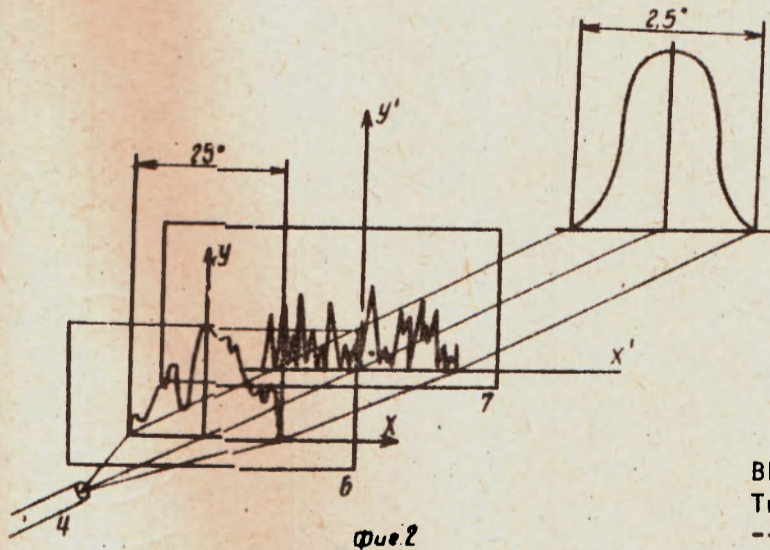
Если 2θ - расходимость зондирующего пучка, то учитывая (2) получаем

$$\eta \approx \tan \varphi \sin \theta \quad (4)$$

Характерное значение θ для излучения, прошедшего многомодовый световод, составляет $2\theta = 25^\circ$. Кроме того, как видно из фиг. 2, диаграмма направленности многомодового световода сильно искажена. Это приводит к уменьшению отношения сигнал/шум и дополнительно уширяет спектр дуплеровского сигнала. С учетом перечисленных факторов погрешность определения скорости без корректора не превышает 20% для $\varphi = 45^\circ$.

Использование фазового корректора волнового фронта позволяет устранить случайную модуляцию диаграммы направленности и снизить угловую расходимость зондирующего пучка до $2,5^\circ$. Это дает возможность измерять скорость с погрешностью не более 2%.

Таким образом, предлагаемый волоконно-оптический датчик скорости позволяет повысить точность измерений скорости на порядок по сравнению с прототипом.



Фиг. 2

ВНИИПИ Заказ 8656/43
 Тираж 873 Подписное

Филиал ППП "Патент",
 г. Ужгород, ул. Проектная, 4