

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.378.325

И. А. МИХАЛЬЦОВА
 (Новосибирск)

ИНТЕРФЕРОМЕТР С ПОСТОЯННОЙ ШИРИНОЙ ПОЛОС

При поиске новых оптических схем для измерения перемещений и ускорения силы тяжести был исследован интерферометр [1], схема которого показана на рис. 1. Параллельный пучок монохроматического света от гелий-неонового лазера падает под углом, близким к 45° , на плоскопараллельную пластинку 1, покрытую с одной стороны непрозрачным слоем алюминия или серебра, с другой — диэлектрическим слоем с коэффициентом отражения 50%. Из пластинки выходят два пучка равной интенсивности, параллельные друг другу с точностью до угла 2α (α — угол клина пластинки). Пучок I падает нормально на плоское зеркало 2, покрытое с двух сторон сплошным слоем алюминия или серебра, отражаясь, возвращается назад по тому же пути, еще раз отражается от непрозрачного покрытия пластинки, частично проходит

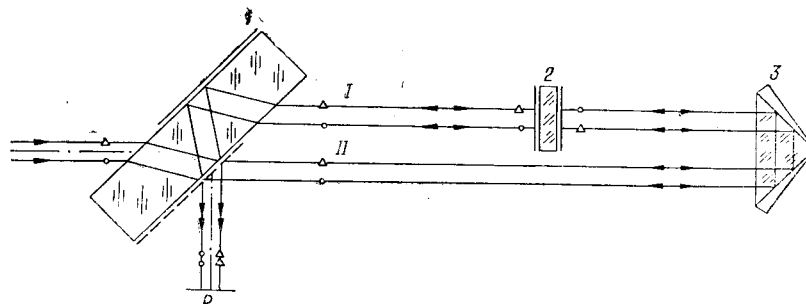


Рис. 1. Оптическая схема интерферометра.

через диэлектрический слой и попадает в точку наблюдения P . Пучок II, пройдя через трехгранную призму 3, поворачивается на 180° , падает на зеркало 2 с противоположной стороны и, отразившись сначала от зеркала, а затем от полупрозрачного слоя пластинки 1, попадает в точку наблюдения P . Две отражающие поверхности зеркала 2 играют роль двух зеркал интерферометра. Разность хода световых пучков I и II определяется взаимным положением зеркала 2 и призмы 3. Перемещение одного из этих элементов на длину L изменяет разность хода интерферирующих пучков на $4L$, т. е. чувствительность интерферометра к перемещению вдвое выше по сравнению с чувствительностью обычной схемы майкельсоновского типа.

Ширина и направление интерференционных полос задаются элементами схемы: углом и направлением клина пластинки 1 и зеркала 2, пирамидальностью призмы 3 и отклонением ее углов от 90° . При угле клина пластинки α , угле клина зеркала β , угле пирамидальности призмы γ_1 и суммарной погрешности углов призмы γ_2 угол сходимости интерферирующих пучков равен

$$2\alpha n + 2\beta + 2\gamma_1(n-1) + 2\gamma_2.$$

Так как призма 3 переворачивает пучок II по отношению к пучку I как в плоскости рис. 1, так и в перпендикулярной к ней плоскости, наклоны зеркала 2 в любой из плоскостей не приводят к изменению угла между интерферирующими пучками. На

рис. 1 соответственные точки пучков обозначены треугольниками и кружками. Геометрическое рассмотрение и наблюдения с помощью автоколлиматора показывают, что наклоны других элементов интерферометра также не изменяют угол сходимости пучков. Следовательно, существенным преимуществом рассматриваемой схемы является постоянство ширины и направления интерференционных полос. Интерферометры с постоянной шириной полос рассматривались в [2]. Во всех схемах переворачивание пучков достигалось специальным расположением нескольких дополнительных плоских зеркал. Предлагаемые схемы значительно сложнее обсуждаемого здесь интерферометра.

Погрешности измерения перемещений будут зависеть от того, какой из элементов прибора связывают с измеряемым объектом.

Если подвижным элементом схемы является призма, то погрешности изготовления углов призмы и пирамидальность, вызывающие отклонение отраженного от призмы луча от направления падающего на угол $\gamma_1(n-1) + \gamma_2$, приводят к появлению ошибки в измерении длины, пропорциональной квадрату этого угла. Соответствующим поворотом зеркала 2 можно вернуть отраженный от него луч по направлению падающего, уменьшив тем самым погрешность в 2 раза.

Для средней по качеству призмы угол пирамидальности порядка $1'$, а ошибки прямых углов призмы не более $5''$, поэтому погрешность измерения перемещения определится углом пирамидальности и составит $\frac{1}{2}L[\gamma_1(n-1)]^2$, где L — длина перемещения. Для угла пирамидальности $1'$ относительная погрешность приблизительно равна 10^{-8} .

Погрешность выставления сигнального пучка параллельно направлению перемещения, как и во всех интерференционных схемах, равна $L\frac{\varphi^2}{2}$, где φ — угол между направлением пучка и направлением перемещения. Средняя величина угла φ при длине измерительного плеча 1 м и совмещении пучков с точностью до 0,2 мм составит около $20''$. Для такого угла относительная величина погрешности измерения перемещения будет не более $5 \cdot 10^{-9}$.

В отличие от интерферометра, описанного в [3], поперечные смещения призмы не вызывают смещения сигнального пучка относительно референтного.

В результате всего сказанного очевидно, что погрешности рассматриваемой схемы, если перемещается призма, будут не более 10^{-8} .

В некоторых применениях может оказаться более удобным перемещать плоское зеркало. В этом случае погрешности прибора резко возрастают. Так как оба луча являются измерительными, их непараллельность из-за клина пластинки и зеркала даст погрешности, пропорциональные соответственно $(\alpha n)^2$ и $(\beta)^2$. При этом погрешности от призмы и погрешности выставления сохраняются. Кроме того, в процессе перемещения зеркало может наклониться на некоторый угол. На рис. 2 построено изображение отражающих поверхностей зеркала в полупрозрачном и плотном слоях параллельной пластины до начала перемещения и после перемещения на длину L и наклона на угол θ . Абсолютная величина погрешности, возникающей из-за наклона плоского зеркала, равна $S\frac{\theta^2}{2}$, где S — расстояние между зеркалами интерферометра по ходу падающих лучей при конечном положении зеркала 2, равное O_1O_2 в обозначениях рис. 2. Если интерферометр использовать для измерения перемещений в одном направлении, например для измерения ускорения силы тяжести, величину этой погрешности можно уменьшить, расположив элементы схемы так, чтобы при конечном положении зеркала 2 S было наименьшим.

Погрешности от клина пластинки, зеркала и пирамидальности призмы можно уменьшить, изготовив эти детали с отклонением от параллельности и с углом пирамидальности не более $10''$ и $20''$ соответственно. Если во время экспериментов произвести определение угла поворота плоского зеркала, ошибку, обусловленную этим углом, можно рассчитать и внести поправку в измерения.

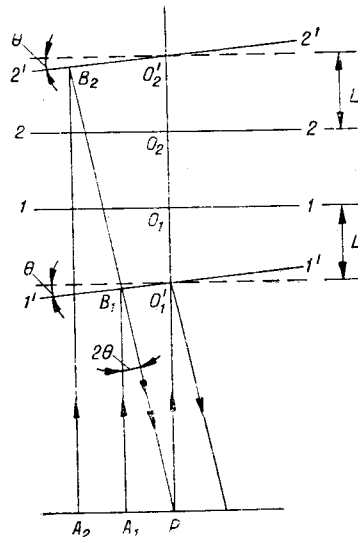


Рис. 2. Ход лучей в развернутой схеме интерферометра при наклоне плоского зеркала на угол θ : 1-1 и 2-2 — начальное положение зеркал интерферометра; 1'-1' и 2'-2' — положение зеркал интерферометра после перемещения на длину L с одновременным поворотом на угол θ ; PO_1, PO_2, PO_1', PO_2' — лучи, приходящие в точку наблюдения P при отсутствии поворота зеркала; A_1B_1P и A_2B_2P — лучи, приходящие в точку P при повороте зеркала на угол θ .

С применением всех этих мер погрешность измерения перемещения плоского зеркала может быть снижена до 10^{-8} .

Таким образом, рассмотренный интерферометр при незначительных погрешностях (10^{-8}) обладает рядом достоинств (постоянство ширины полос, вдвое большая чувствительность к перемещению, нечувствительность к поперечным смещениям призмы) и поэтому заслуживает внимания как прибор для измерения перемещений и определения ускорения силы тяжести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент США, кл. G 01 в 9/02, № 3. 458. 259.
2. W. H. Steel. On Möbius-band Interferometers.— *Optica Acta*, 1964, v. 11, № 3.
3. В. П. Коронкевич, Г. А. Ленкова. Лазерный интерферометр для измерения длины.— *Автометрия*, 1971, № 1.

Поступило в редакцию
20 марта 1972 г.

УДК 621.378.525 : 532.57

А. Н. ДОМАРАЦКИЙ, М. Б. КУДРЯВЦЕВ, В. С. СОБОЛЕВ,
Н. Ф. ШМОЙЛОВ, Ю. И. ЮРЛОВ
(Новосибирск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАССЕИВАЮЩИХ ЧАСТИЦ НА ВРЕМЯ КОРРЕЛЯЦИИ ДОППЛЕРОВСКОГО СИГНАЛА ЛДИС

При измерении параметров турбулентных потоков жидкостей и газов нашли применение лазерные доплеровские измерители скорости (ЛДИС), основанные на принципе регистрации доплеровского смещения частоты лазерного излучения. Эти измерения требуют знания основных статистических характеристик доплеровского сигнала, на величину которых влияет ряд причин, например броуновское движение рассеивающих свет частиц, размеры телесных углов падающего в поток лазерного излучения [1]. Влияние концентрации рассеивающих частиц (РЧ) на статистические характеристики доплеровского сигнала еще недостаточно изучены [2].

В настоящей работе описываются экспериментальные исследования влияния концентрации рассеивающих частиц на изменение статистических характеристик доплеровского сигнала. Оценка производилась по изменению максимального времени корреляции корреляционной функции доплеровского сигнала.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В исследуемую среду, находящуюся в стеклянной трубке 1 с внутренним диаметром 8 мм, положи-

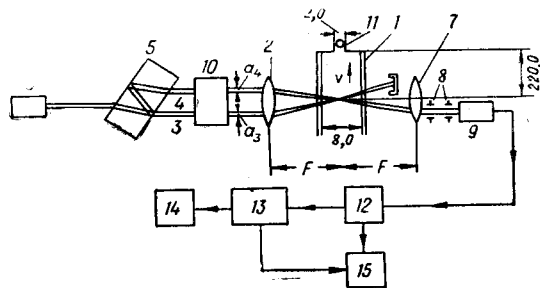


Рис. 1.

тельную линзой 2 ($F=5$ см), фокусируются два лазерных плоскополяризованных пучка 3 и 4, образованных делительной пластиной 5 из пучка света, генерируемого лазером 6 типа ЛГ-75 в режиме ТЕМ₀₀. Интенсивности пучков удовлетворяют неравенству $I_4 \ll I_3$, их диаметры соответственно равны $a_4=0,02$ см, $a_3=0,1$ см. После прохождения исследуемого потока луч 3 перекрывается заслонкой, а луч 4 и рассеянный частицами свет фокусируются линзой 7 ($F=3$ см) через диафрагмы 8 на катод ФЭУ 9. Оба пучка обладают