

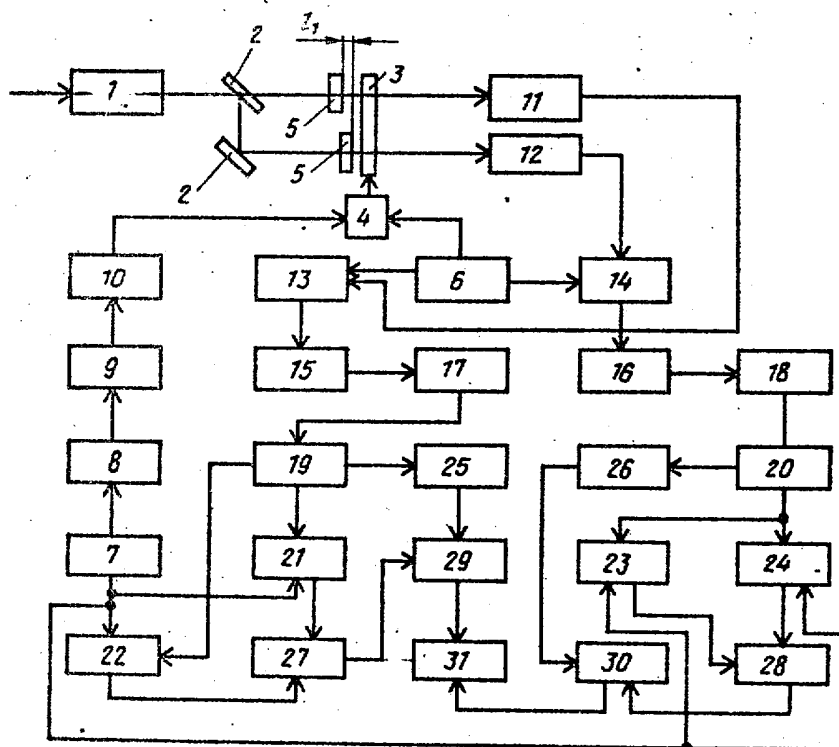


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4284384/24-28
(22) 15.05.87
(46) 30.11.88. Бюл. № 44
(71) Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии
(72) Л.Я. Густырь
(53) 531.7(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1052851, кл. G 01 B 9/02, 1983.
(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИН ВОЛН
(57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения длин волн лазерного излучения. Цель изобре-

ния - повышение точности - достигается за счет устранения погрешностей, связанных с нестабильностью положения зеркал. Работа измерителя заключается в определении дробных частей порядка интерференции для всех интерферометров и последующем определении разности дробных частей для каждой пары смежных интерферометров. Излучение после коллиматора 1 и зеркал 2 поступает на вход сканирующих интерферометров Фабри-Перо, образованных полупрозрачными зеркалами 3, 5, и на их выходе регистрируется блоком фотоэлектрической регистрации, 1 ял.



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для контроля и измерения длин волн лазерного излучения.

Цель изобретения - повышение точности за счет исключения погрешностей, связанных с нестабильностью положения зеркал интерферометров путем использования общего неподвижного зеркала.

На чертеже представлена структурная схема предложенного измерителя, состоящая из двух интерферометров Фабри-Перо.

Устройство содержит оптическую систему, цифроаналоговую систему сканирования и модуляции зеркал интерферометров, входящих в оптическую систему, и блок фотоэлектрической обработки информации и индикации на выходе оптической системы.

В оптическую систему входит коллиматор 1, расположенные после него поворотные зеркала 2, неподвижные зеркала 5 интерферометров и общее для двух интерферометров сканирующее зеркало 3, жестко связанное с пьезоприводом 4.

Система модуляции содержит генератор 6.

Цифроаналоговая система сканирования состоит из последовательно связанных между собой генератора 7 тактовых импульсов, реверсивного счетчика 8, преобразователя 9 код - напряжение, управляемого источника 10 питания, представляющих собой в совокупности генератор линейно изменяющегося напряжения, управляющий работой пьезопривода 4. При этом один из выходов генератора 7 подключен к счетчику 8, выход счетчика подключен к преобразователю 9, выход преобразователя 9 подключен к источнику 10 питания, выход источника 10 питания подключен к пьезоприводу 4. Генератор 6, подключен к пьезоприводу 4.

Блок фотоэлектрической обработки информации и индикации состоит из генератора 6, фотоприемников 11(12), расположенных на выходе интерферометров (здесь и далее позиции, помещенные в скобки, относятся к ветви, включающей второй интерферометр), усилителей 13(14), детекторов 15(16), формирователей 17(18), схем 19(20)

управления, счетчиков 21(23) импульсов дробной и счетчиков 22(24) целой части полосы, генераторов 25(26) команд, дешифраторов 27(28), трансляторов 29(30) и арифметического блока 31. При этом выходы фотоприемников 11(12) и генераторов 6 подключены к усилителям 13(14), выходы усилителей подключены к детекторам 15(16), выходы детекторов подключены к формирователям 17(18), выходы формирователей подключены к схемам 19(20) управления, выходы схем управления подключены к счетчикам 21(23) импульсов дробной и счетчиками 22(24) целой части полосы. Вторые выходы схем 19(20) управления подключены к генераторам 25(26) команд, выходы генераторов команд подключены к трансляторам 29(30), к другим входам которых подключены дешифраторы 27(28). Выходы счетчиков 21(23) и 22(24) подключены к входам дешифраторов 27(28). Выходы трансляторов 29(30) подключены к входам арифметического блока 31. Второй выход генератора 7 подключен к входам счетчиков 21(23) и 22(24).

Работа устройства заключается в определении дробных частей порядка интерференции для всех интерферометров и последующем определении разности дробных частей для каждой пары из двух смежных интерферометров. Полученные таким образом дробные части порядка соответствуют совершенно определенным отрезкам - расстоянием между плоскостями, в которых находятся неподвижные зеркала интерферометров (отрезку l_1 для первой пары интерферометров). Расстояние между плоскостями для каждой последующей пары интерферометров определяется погрешностью Δl_{i-1} определения длины волны при использовании предыдущей пары интерферометров по формуле

$$l_i \leq \frac{\lambda^2}{2\Delta l_{i-1}}.$$

Порядок интерференции $k + \delta$ связан с длиной l интерферометра типа Фабри-Перо равенством

$$\frac{2l}{\lambda} = k + \delta, \quad (\delta < 1), \quad (1)$$

где λ - длина волны излучения.

Из выражения (1) следует, что изменение длины волны λ на $\pm \Delta \lambda$ приво-

дит к изменению порядка интерференции на

$$\pm \Delta k = \pm \frac{2l}{\lambda^2} \Delta \lambda \quad (2)$$

Чтобы изменение порядка при этом не превышало единицу, длина интерферометра должна удовлетворять условию

$$l \leq \frac{\lambda^2}{2\Delta \lambda} \quad (3)$$

Следовательно, если измеряемая длина волны $\lambda_{изм}$ известна предварительно с погрешностью $\pm \lambda$, то для интерферометра с известной длиной l , удовлетворяющей неравенству (3), из равенства

$$\frac{2(1-\varepsilon)}{\lambda_{предв}} = k + \rho (\rho < 0,5) \quad (4)$$

можно найти целую часть k порядка интерференции для измеряемой длины волны. В равенстве (4) ε - измеренная дробная часть порядка интерференции в линейной мере, $\varepsilon = \delta \lambda / 2$. Если бы $\lambda_{предв}$ было точным значением определя-

мой длины волны, выражение $\frac{2(1-\varepsilon)}{\lambda_{предв}}$ было бы целым числом k (с точностью до неопределенности значения ε и длины l), однако за счет погрешности $\lambda_{предв}$ в указанном соотношении появляется дробная часть ρ . Отбросив (для выделения целой части k) дробную часть ρ в выражении (4), появившуюся за счет погрешности предварительного значения $\lambda_{предв}$ из соотношения

$$\frac{2(1-\varepsilon)}{k} = \lambda_{уточн}, \quad (5)$$

можно найти уточненное значение длины волны $\lambda_{уточн}$. Те же самые операции выполняются для второго, третьего и т.д. интерферометров, причем предварительным значением длины волны для каждого интерферометра служит уточненное значение длины волны, полученное для предыдущего интерферометра. Отношение (3) верно и при паре интерферометров с разностью длин l , тогда

$$k + \delta = \frac{2l}{\lambda} = \frac{2(l_2 - l_1)}{\lambda} = (k_2 + \delta_2) - (k_1 + \delta_1) = (k_2 - k_1) + (\delta_2 - \delta_1).$$

Соотношение (1) в этом случае определяет порядок интерференции $k + \delta$ для разности длин l двух интерферометров, соотношение (3) - допустимую разность в длинах интерферометров на каждом этапе, а соотношения (4) и (5) служат для уточнения значения длины вол-

ны по разностям наблюдаемых (измеренных) дробных частей порядков интерференции $\varepsilon = \delta_2 - \delta_1$ для двух интерферометров с известной разностью длин $l = l_2 - l_1$.

Устройство работает следующим образом.

Контролируемое излучение после коллиматора 1 и зеркал 2 поступает на вход двух сканирующих интерферометров Фабри-Перо, образованных полупрозрачными зеркалами 3, 5, и на их выходе регистрируется блоком фотоэлектрической регистрации, Модуляция и сканирование разности хода в интерферометрах осуществляется путем подачи модулирующего синусоидального напряжения от генератора 6 и линейно изменяющегося напряжения от генератора 7 на пьезопривод 4. Для формирования линейно изменяющегося напряжения тактовые импульсы подаются на реверсивный счетчик 8 и преобразователь 9 код-напряжение, где происходит формирование кода напряжения. На выходе счетчика код-напряжения считывается преобразователем, который формирует ступенчатое пилообразное напряжение треугольной формы таким образом, что определенному приращению напряжения на его выходе соответствует один импульс от генератора 7. Количество ступенек по обоим фронтам пики одинаково и равно количеству импульсов, поступающих на вход счетчика 8 за один полупериод сканирования разности хода. Мерой сдвига зеркала, соответствующего интервалу между двумя максимумами в интерференционной картине, является количество импульсов, уложившихся между этими максимумами. Для этого тактовые импульсы от генератора 7 пересчитываются счетчиками 21-24. Заполнение счетчиков 21 и 23 происходит в промежутке времени от начала сканирования до появления первых максимумов в каждом из интерферометров соответственно; их показания соответствуют дробным частям порядка интерференции для каждого из интерферометров. В промежутке времени между первым и вторым максимумами интерферометров происходит заполнение счетчиков 22 и 24, а их показания соответствуют числу импульсов, укладывающихся в одном порядке интерференции. Аналогично работают другие ветви устройства.

Распределение импульсов между счетчиками осуществляется схемами управления при условии, что на входе действует оптическое излучение. Момент прохождения через максимум полосу пропускания аппаратной функции интерферометров определяется путем дифференцирования сигнала по первой производной на частоте модуляции сигнала. Для этого с выходов синхронных детекторов 15, 16 сигналы первой производной аппаратной функции поступают на формирователи 17, 18, которые в момент перехода через нуль формируют короткие импульсы, запускающие схемы 19, 20 управления, которые управляют работой счетчиков 21, 22 и 23, 24 соответственно. Содержимое счетчиков через дешифраторы 27, 28 посредством трансляторов 29, 30 переписывается в память арифметического блока 31. Последовательность перезаписи определяется генераторами 25, 26 команд, которые запускаются от схем 19, 20 управления.

Для нахождения значения длины волны решаются уравнения:

$$\frac{2(1_1 - \varepsilon_1)}{\lambda_{np}} + 0,5 = k_1 + \delta_1 (\delta_1 < 1);$$

$$\frac{2(1_1 - \varepsilon_1)}{k_1} = \lambda_1;$$

$$\frac{2(1_2 + \varepsilon_2)}{\lambda_1} + 0,5 = k_2 + \delta_2 (\delta_2 < 1);$$

$$\frac{2(1_2 + \varepsilon_2)}{k_2} = \lambda_2,$$

где $1_{1,2}$ — расстояние между плоскостями, в которых находятся отражающие поверхности неподвижных зеркал интерферометров;

$\varepsilon_{1,2}$ — соответствующие им дробные части порядка интерферен-

ции, представляющие собой разности дробных частей, полученных для смежных интерферометров;

λ_{np} — количество импульсов между двумя соседними максимумами.

Решение указанных уравнений измерения осуществляется по программе, составленной для блока 31, и происходит автоматически по командам от генераторов 25, 26. На индикаторном табло блока 31 в цифровом виде выдается значение искомой длины волны.

Структурная схема других ветвей устройства аналогична схеме первой ветви.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Измеритель длин волн, содержащий n сканирующих интерферометров Фабри-Перо, n цифроаналоговых систем сканирования и модуляции зеркала и n блоков фотоэлектрической индикации, каждый из которых связан с выходом соответствующего интерферометра, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, подвижное зеркало и узел сканирования выполнены общими для всех интерферометров, неподвижные зеркала кинематически связаны между собой, а отражающие поверхности расположены в плоскостях, разнесенных на расстояния

$$l_i \leq \frac{\lambda^2}{24 \lambda_{i-1}},$$

где λ — нижняя граница рабочей области спектра измерителя длин волн;

$4\lambda_{i-1}$ — погрешность определения длины волны при использовании i -го интерферометра.

Составитель В. Чулков

Редактор М. Келемеш

Техред М. Ходанич

Корректор М. Шароши

Заказ 6275/42

Тираж 680

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