



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

ПАТЕНТ

№ 2097685

на **ИЗОБРЕТЕНИЕ**
"Измеритель абсолютных перемещений"

Патентообладатель (ли): Новосибирский государственный
технический университет

Автор (авторы): Гужов Владимир Иванович и Нечаев Виктор
Георгиевич

Приоритет изобретения 13 мая 1996г.

Дата поступления заявки в Роспатент 13 мая 1996г.

Заявка № 96109642

Зарегистрирован в Государственном
реестре изобретений 27 ноября 1997г.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР



Измеритель абсолютных перемещений

Классификация по МПК: [G01B](#)

Патентная информация

Патент на изобретение №:2097685

Автор:Гужов В.И., Нечаев В.Г.

Патентообладатель:Новосибирский государственный технический университет

Дата публикации:27 Ноября, 1997

Адрес для переписки:подача заявки13.05.1996 публикация патента27.11.1997

Файлы и изображения



Изображения:

Использование: контрольно-измерительная техника. Сущность изобретения: измеритель абсолютных перемещений содержит осветитель 3, измерительный растр 1 и расположенный в непосредственной близости от него параллельный ему индикаторный растр 2 и фотоприемник 4, оптически связанные между собой, блок индикации перемещения 7, а также аналогоцифровой преобразователь 5, выход которого связан с входом блока целочисленной обработки 6, выход которого соединен с входом блока индикации перемещений 7, вход аналогоцифрового преобразователя 5 связан с выходом фотоприемника 4. 1 ил.

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения линейных размеров, величины перемещений, углов поворота изделий.

Известно устройство измерения перемещения объекта, содержащее лазерный интерферометр, состоящий из зеркала, связанного с перемещаемым объектом, и неподвижного зеркала. Выход интерферометра оптически связан с входом фотоприемника, выход которого электрически связан со счетчиком импульсов, отображающим число пробежавших через плоскость фотоприемника интерференционных полос. Величина перемещения определяется по формуле

$$X = n \lambda / 2 \quad (1)$$

где n число пробежавших полос;

λ - длина волны излучения лазера.

Недостатком данного устройства является невозможность определения абсолютных значений перемещений объектов [1]

Известно устройство для измерения линейных или угловых величин [2] содержащее несколько измерительных линеек с различной ценой деления, а также считывающее устройство с соответствующим числом устройств считывания, равным числу линеек. На базе

сигналов от считывающего устройства образуется кодовая таблица выходных сигналов, соответствующих абсолютному перемещению объекта. Устройство отличается тем, что длина первой линейки равна $P_1 T_1$, а обратные величины T_n других линеек, за исключением обратной величины $1/P_1$ образуют конечный геометрический ряд вплоть до $n - 1$ членов для N линеек. Недостатком устройства является сложность конструкции.

Кроме того, известно устройство измерителя перемещений, являющееся прототипом предлагаемого изобретения и содержащее измерительный растр и параллельный ему расположенный в непосредственной близости индикаторный растр, блок осветителя, оптически последовательно связанный с индикаторным и измерительным растром и блоком фотоприемника, выход которого соединен с блоком синусно-косинусного преобразователя, выход которого соединен с входом индикатора перемещения объекта [4]. Точность измерения перемещения определяется точностью изготовления растра и количеством самих растров.

Так, для определения с точностью 1 мкм расстояния в 1 м необходимо применение как минимум 20 растровых шкал, изготовленных с точностью 0,5 мкм. Недостатком данного измерителя является большое количество растров и сложность конструкции.

Анализ приведенного уровня техники свидетельствует о том, что задачей изобретения является создание измерителя абсолютных перемещений с более простой конструкцией за счет уменьшения количества растровых шкал.

Это достигается тем, что в известное устройство измерителя абсолютных перемещений, содержащее осветитель, измерительный растр и расположенный в непосредственной близости от него параллельный ему индикаторный растр и фотоприемник, последовательно оптически связанные между собой, блок индикации перемещения, введен аналогово-цифровой преобразователь, выход которого связан с входом блока целочисленной обработки, выход которого соединен с входом блока индикации перемещений, вход цифро-аналогового преобразователя связан с выходом фотоприемника.

На чертеже представлена схема предлагаемого измерителя перемещений.

Измеритель содержит: 1 измерительный растр, 2 индикаторный растр, 3 - осветитель, 4 фотоприемник, 5 аналого-цифровой преобразователь (АЦП), 6 - блок целочисленной обработки, 7 блок индикации.

Осветитель 3 оптически последовательно связан с измерительным 1 и индикаторным 2 растром и фотоприемником 4. Выход фотоприемника 4 электрически связан с входом АЦП 5, а его выход соединен с входом блока целочисленной обработки 6, выход которого соединен с входом блока индикации 7.

Устройство работает следующим образом.

Свет, излучаемый осветителем 3, проходит через измерительный 1 и индикаторный 2 растры, расположенные в непосредственной близости. Модулированный по амплитуде световой поток поступает на фотоприемник 4, который вырабатывает пропорциональный по освещенности фототок. Фототок поступает на вход АЦП 5, где преобразуется в цифровой код, который поступает в блок целочисленной обработки 6, где производится расчет перемещения и выдача результатов в блок индикации 7.

При перемещении измерительного растра 1 относительно индикаторного растра 2 происходит модуляция амплитуды светового потока за счет перекрытия прозрачных и непрозрачных участков. Выбором соответствующей геометрии и размера растров можно добиться синусоидальной формы сигналов, снимаемых с фотоприемника. Для устранения неоднозначности в определении направления перемещения блок фотоприемника выполняют таким образом, чтобы выдавать сигналы, амплитуды которых равны $J_1(x) \text{Asin}\Phi(x)$ и $J_2(x) \text{Acos}\Phi(x)$, где фаза $\Phi(x)$ определяется величиной перемещения. Значение фазы определяется как

$$\Phi(x) = \arctan\{J_1(x)/J_2(x)\} \quad (2)$$

Измеряя амплитуды $J_1(x)$ и $J_2(x)$ с выхода фотоприемника и вычисляя \arctan выражения (2), можно определять величину перемещения в пределах одного периода растра. Таким образом

можно измерить перемещение с точностью до сотой доли растра [1]

Предлагается использовать метод целочисленного определения абсолютной фазы [3] позволяющий при сохранении высокой точности значительно расширить динамический диапазон. Это позволит при том же динамическом диапазоне измерения абсолютных перемещений, что и у прототипа, значительно сократить число используемых растровых шкал.

Сигнал с фотоприемника 4 поступает на вход АЦП 5. Выходной сигнал с блока АЦП представляет квантованный сигнал синусоидальной и косинусоидальной формы, период которого равен используемому растру, а число квантов определяется максимальной точностью устройства.

В блоке целочисленной обработки 6 определяется фаза, соответствующая перемещению измерительного растра по формуле (2). Фаза представляет собой линейную периодическую функцию, изменяющуюся пропорционально перемещению. Период этой функции соответствует размеру растра. При измерении фазы с несколькими различными растрами, размеры которых связаны определенными соотношениями, наборы этих значений не повторяются в некотором диапазоне [3] Использование растров с периодами, в соответствии которым поставлены взаимно простые числа, позволяет достичь диапазона, равного произведению этих чисел. В соответствии с периодом ставится целое число точек квантования, определяемых в пределах периода.

Можно составить таблицу решений, просчитать все возможные сочетания, но более удобно найти аналитическое решение. Это можно сделать, воспользовавшись теоремой об остатках, известной в теории целых чисел [4]

Ищется решение целочисленной системы сравнений.

$$\begin{aligned} OPD &\equiv OPD_1 \pmod{m_1} \\ &\dots \\ OPD &\equiv OPD_n \pmod{m_n} \end{aligned} \quad (3)$$

где знак (\equiv) обозначает сравнение, OPD_i остатки от деления значений искомого перемещения на соответствующую величину периода;

m_i целые значения, соответствующие каждому из растров. Решить систему (3), т. е. найти все решения, ей удовлетворяющие, можно, применяя следующую теорию (Гл. 4) [4].

Пусть числа M_s и M'_s определены из условий:

$$m_1 m_2 \dots m_n = M_s m_s, \quad (4)$$

$$M_s M'_s \equiv 1 \pmod{m_s}, \quad (5)$$

и пусть

$$\begin{aligned} X_0 &= M_1 M'_1 b_1 + M_2 M'_2 b_2 + \dots + \\ &+ M_n M'_n b_n. \end{aligned} \quad (6)$$

Тогда совокупность значений X , удовлетворяющая системе сравнений (3), определяется сравнением

$$X \equiv X_0 \pmod{m_1 m_2 \dots m_n}. \quad (7)$$

Допустим, что используется два растра. Первый растр имеет величину периода 5, второй 3.

Область, в которой решение единственно, определяется произведением этих чисел, и решение имеет вид

$$OPD \equiv 6OPD_1 + 10OPD_2 \pmod{15} \quad (4)$$

В пределах 15 квантованных значений перемещение будет определяться однозначно. Если использовать три шкалы с периодом раstra порядка 100 мкм и при этом в пределах периода измерять не менее 100 точек, то возможно измерение абсолютных перемещений порядка 1 м. При этом точность измерения составит 1 мкм. Точное значение периодов определяются из условий взаимной простоты и технологии изготовления растровых шкал. При использовании четырех шкал размер раstra должен быть порядка 30-40 мкм для измерения абсолютного перемещения в пределах 1 м. В качестве примера можно выбрать шкалы с размерами растров 29, 31, 37, 41. При этом точность измерения перемещений должна составить не менее 1 мкм. Диапазон измерения абсолютных перемещений составит 1,363 м.

Из вышеизложенного следует, что предлагаемое устройство позволяет в несколько раз снизить количество прецизионных измерительных растровых шкал по сравнению с прототипом при одинаковой точности и динамическом диапазоне измерений абсолютных перемещений.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Измеритель абсолютных перемещений, содержащий осветитель, измерительный растр и расположенный в непосредственной близости от него параллельный ему индикаторный растр и фотоприемник, последовательно оптически связанные между собой, блок индикации перемещения, отличающийся тем, что в него введен аналого-цифровой преобразователь, выход которого связан с входом блока целочисленной обработки, выход которого соединен с входом блока индикации перемещений, вход цифроаналогового преобразователя связан с выходом фотоприемника.