

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано в угломерах, датчиках давления, температуры и т.п.

Известен способ измерения малых перемещений (Патент Японии №51 - 17062, кл. G01B11/02, G01B11/26, 1976), заключающийся в воздействии коллимированного светового пучка на оптическую систему с многократным отражением и регистрации выходящего из нее светового пучка.

В известном способе оптическая система выполнена в виде двух плоских зеркал. Поворот одного из них на угол δ приводит к изменению угла выхода светового пучка на $(2\delta)^k$, где k - количество отражений. Отсчет результата измерения производится по смещению светового пятна на экране.

Однако, известный способ обеспечивает высокую точность изменения, т.к. сложно определить точно координаты центров светящихся пятен на экране и точно измерить расстояние между ними до и после поворота подвижного зеркала. Преобразование же расстояния между светящимися пятнами в электрический сигнал для упрощения процесса измерения дополнительно снижает точность измерения.

Кроме того, известный способ обладает низкой чувствительностью, поскольку для повышения чувствительности необходимо удлинять оптический путь светового пучка и удалять для этого отсчетный экран, что увеличивает габариты устройства, реализующего способ.

В основу изобретения поставлена задача создания такого способа измерения малых перемещений, в котором изменение угла падения светового пучка, направленного на оптическую систему с многократным отражением, позволит увеличить чувствительность и точность измерения, а также упростить процесс измерения.

Поставленная задача решается тем, что в способе измерения малых перемещений, заключающемся в воздействии коллимированного светового пучка на оптическую систему с многократным отражением и регистрации выходящего из нее светового пучка, согласно изобретению, регистрируют интенсивность выходящего из оптической системы светового пучка, затем изменяют угол падения светового пучка, направленного на оптическую систему, и по изменению измеряемой интенсивности судят о величине перемещения, причем углы падения светового пучка выбирают не превышающими угла полного внутреннего отражения.

В предлагаемом способе измеряется интенсивность многократно отраженного светового пучка, направленного на оптическую систему (ОС) под углом близким, но не превышающим угла полного внутреннего отражения (ПВО). Это обеспечивает высокую чувствительность и точность измерений, т.к. в области углов близких к предельному углу ПВО коэффициент отражения ОС сильно зависит от угла падения светового пучка.

Известно, что при падении световой волны на границу двух сред коэффициент отражения R определяется (Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. - М.: Наука, 1977)

$$R = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\varphi - \psi)}{\sin^2(\varphi + \psi)} + \frac{\operatorname{tg}^2(\varphi - \psi)}{\operatorname{tg}^2(\varphi + \psi)} \right], \quad (1)$$

где φ - угол падения,

ψ - угол преломления.

Учитывая, что

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = n_{21} \text{ и } \sin \psi = \frac{\sin \varphi}{n_{21}} = n_{12} \sin \varphi,$$

где n_{21} и n_{12} - относительные показатели преломления, получим

$$\psi = \arcsin n_{12} \sin \varphi. \quad (2)$$

Таким образом, формулу (1) с учетом (2) можно записать

$$R = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\varphi - \arcsin n_{12} \sin \varphi)}{\sin^2(\varphi + \arcsin n_{12} \sin \varphi)} + \frac{\operatorname{tg}^2(\varphi - \arcsin n_{12} \sin \varphi)}{\operatorname{tg}^2(\varphi + \arcsin n_{12} \sin \varphi)} \right]. \quad (3)$$

В случае попадания светового пучка на границу стекло-воздух (коэффициент преломления стекла $n_{ст} = 1,56$, воздуха $n_{в} = 1$), получим значение предельного угла ПВО для стекла $\varphi_{пред} = 40^\circ$, учитывая, что $R = 1$.

Если направить световой пучок в стеклянную оптическую систему в виде плоскопараллельного световода так, чтобы он падал на отражающую грань под углом близким к предельному, например $\varphi = 39,5^\circ$, то с учетом многократных отражений, коэффициент светопередачи световода примет вид

$$\frac{I_{вых}}{I_0} = R^\gamma, \quad (4)$$

где $I_{вых}$ - интенсивность выходящего пучка, I_0 - интенсивность падающего пучка, γ - количество отражений, и будет

равен $\frac{I_{вых}}{I_0} = 0,51^{10} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ при $\gamma = 10$ и $R = 0,51$ (значение коэффициента отражения при $\varphi = 39,5^\circ$).

Отсюда видно, что незначительное изменение угла падения пучка лучей, например, $\Delta\varphi = 0,5^\circ$, при значениях его близких, но не превышающих угла ПВО приводит к значительному изменению интенсивности выходящего светового пучка, в одном случае на 3 порядка, что дает возможность обеспечить высокую чувствительность и точность измерений.

Кроме того, измерение интенсивности светового пучка непосредственно на выходе оптической системы упрощает процесс измерения.

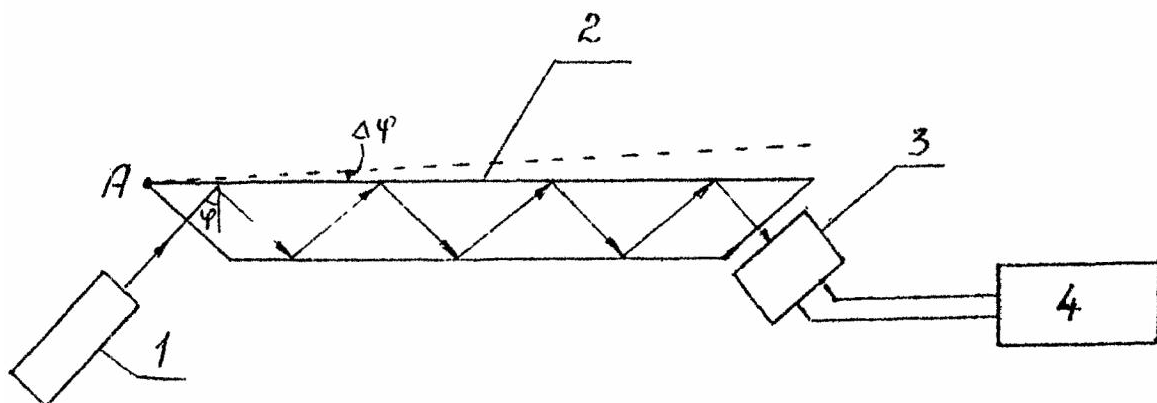
Осуществление заявляемого способа поясняется с помощью устройства, представленного на чертеже (фиг.).

Устройство для измерения малых перемещений содержит источник 1 коллимированного света, установленные по ходу светового пучка плоскопараллельный световод 2 и фотоприемник 3, расположенный непосредственно на выходе световода 2. К выходу фотоприемника 3 подключен регистрирующий прибор 4.

Коллимированный световой пучок от источника света 1 падает под углом φ , близким, но не превышающим угла полного внутреннего отражения, на плоскопараллельный световод 2, где многократно отражается и на выходе измеряется фотоприемником 3 и регистрирующим прибором 4. Изменение угла падения φ светового пучка, например, посредством поворота световода 2 вокруг оси, проходящей через т.А (точку закрепления световода 2 на

оси), приведет к изменению коэффициента светопередачи и, соответственно, интенсивности светового пучка на выходе. Фотоприемник 3 зафиксирует его изменение.

В предлагаемом устройстве, по расчетам, при изменении угла падения светового пучка от $39,5^\circ$ на $0,001^\circ$ (т.е. до $39,501^\circ$) при 10-кратном отражении пучка в световоде 2 коэффициент отражения R (3) изменяется от 0,51012 до 0,51056, что вызывает изменение коэффициента передачи световода $R^7(4)$ от $1,193 \cdot 10^{-3}$ до $1,204 \cdot 10^{-3}$. Это соответствует изменению светового потока по интенсивности на 1%, что легко фиксируется фотоприемником 3.



Фиг.