



(51) 4 G 01 B 9/02

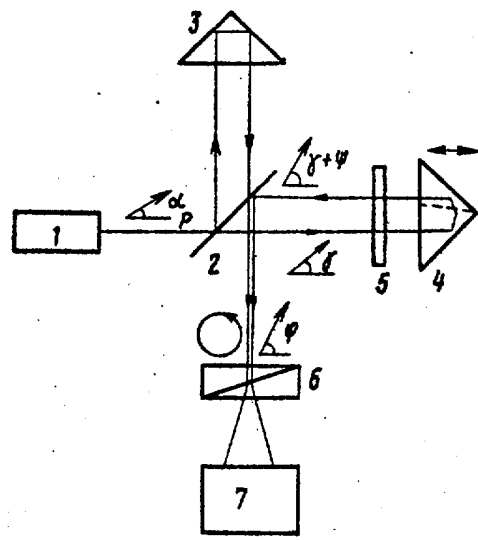
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4249559/24-28
- (22) 10.04.87
- (46) 23.11.88. Бюл. № 43
- (71) Институт физики АН ЛитССР, Институт общей физики АН СССР и Наманганский государственный педагогический институт им. Хамзы
- (72) А. А. Жиленис, С. В. Сакалаускас, Ф. В. Бункин, Э. К. Малдутис, А. С. Магаршак, И. А. Гульбинас и С. К. Балицкас
- (53) 535.854(088.8)
- (56) Применение лазеров. /Под ред. В. П. Тьчинского М.: Мир, 1974.

- (54) ИНТЕРФЕРОМЕТР ТИПА МАЙКЕЛЬСОНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ
- (57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть исполь-

зовано для измерения перемещений. Целью изобретения является повышение надежности измерений и достигается путем получения обеих интерференционных картин равной интенсивности и повышения контрастности интерференционных полос. Интерферометр снабжен отражателем 3 опорного плеча, выполненным в виде прямоугольной призмы с показателем преломления и на длине волны лазера, ослабителем 5 луча, при этом показатель преломления и пропускания T ослабителя 5 и ориентация поляризующего элемента 1 зависят от показателей отражения R_s и R_p светоделителя 2 для луча с плоскостью поляризации, перпендикулярной и параллельной плоскости падения луча на светоделитель соответственно. 1 ил.



(19) **SU** (11) **1439389** **A 1**

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения перемещений.

Цель изобретения - повышение надежности измерения путем получения обеих интерференционных картин равной интенсивности и повышения контрастности интерференционных полос.

На чертеже дана принципиальная схема интерферометра.

Интерферометр содержит лазер 1, снабженный поляризующим элементом (не обозначен), светоделитель 2, образующий опорное и измерительное плечо, отражатель 3 опорного плеча, выполненный в виде прямоугольной призмы с показателем преломления

$$n = \operatorname{ctg} \frac{\hat{\pi}}{4} \left| \sqrt{2 \cos \frac{\hat{\pi}}{2} - 1} \right|$$

по длине волны лазера, уголкового отражателя 4, установленный в измерительном плече и ориентированный таким образом, чтобы поляризация луча после отражения была линейной, ослабитель 5 луча, установленный между светоделителем и уголкового отражателем, поляризованный расщепитель 6, установленный на выходе интерферометра, и фотоэлектрическую систему 7 регистрации.

Интерферометр работает следующим образом.

Вводят координатную систему, связанную с плоскостью падения луча лазера 1 на светоделитель 2. Пусть S - ось, перпендикулярная, а P - ось, параллельная плоскости падения луча. Светоделитель 2 имеет показатели отражения R_S и R_P для лучей с плоскостью поляризации вдоль осей S и P соответственно.

Ход луча в опорном плече интерферометра следующий. Луч лазера 1 падает на светоделитель 2, отразившись от которого проходит прямоугольную призму 3 и светоделительную пластину 2.

Интенсивность компонент луча с поляризацией вдоль осей S- и P-осей после прохождения опорного плеча равны

$$I_S^{0n} = I_0 R_S (1 - R_S) \sin^2 \alpha; \quad (1)$$

$$I_P^{0n} = I_0 R_P (1 - R_P) \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

где I_0 - интенсивность луча лазера на входе интерферометра;
 α - угол между плоскостью поляризации луча лазера 1 и осью P.

После прохождения прямоугольной призмы 3 между компонентами луча с поляризацией вдоль S- и P-осей появляется разность фаз

$$\delta = \arctg \left[\frac{\cos \theta \sqrt{\sin^2 \theta - 1/n^2}}{\sin^2 \theta} \right], \quad (3)$$

где θ - угол падения луча на отражающие поверхности прямоугольной призмы и равен $\frac{\hat{\pi}}{4}$;

n - показатель преломления материала прямоугольной призмы.

На выходе интерферометра, после прохождения опорного плеча, получают циркулярно поляризованный луч, если удовлетворяются условия

$$\delta = \frac{\hat{\pi}}{2}; \quad (4)$$

$$I_S^{0n} = I_P^{0n} \quad (5)$$

После подстановки (4) в (3) и (1), (2) в (5) получают условия для показателя преломления и материала прямоугольной призмы

$$n = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\hat{\pi}}{4}}{\sqrt{2 \cos \frac{\hat{\pi}}{4} - 1}} \quad (6)$$

и угла α между оптической осью поляризующего элемента лазера и плоскостью падения луча на светоделитель

$$\alpha = \arctg \sqrt{\frac{R_P (1 - R_P)}{R_S (1 - R_S)}} \quad (7)$$

Интенсивность циркулярно поляризованного луча из (1), (2), (7) равна

$$I^{0n} = I_0 \frac{2 R_S R_P (1 - R_S) (1 - R_P)}{R_P (1 - R_P) + R_S (1 - R_S)} \quad (8)$$

Ход лучей в измерительном плече интерферометра следующий.

Луч лазера 1, прошедший светоделитель 2 и ослабитель 5, попадает на уголкового отражатель 4, отразившись от которого проходит ослабитель 5 и отражается от светоделительной пластины 2.

После прохождения светоделителя 2 интенсивность компонент луча равны

$$I'_S = I_0 (1 - R_S) \sin^2 \alpha; \quad (9)$$

$$I'_P = I_0 (1 - R_P) \cos^2 \alpha.$$

Плоскость поляризации луча теперь составляет угол γ с осью P, т.е.

$$\operatorname{tg} \gamma = \sqrt{\frac{I'_S}{I'_P}} \quad (10)$$

Подставляя значения (7) и (9) в выражение (10), получают

$$\gamma = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{R_P}{R_S}} \quad (11)$$

Интенсивность луча после прохождения светоделителя 2 равна

$$I' = I'_S + I'_P \quad (12)$$

После подстановки (9) в (12) получают

$$I' = I_0 \frac{(R_S + R_P)(1 - R_P)(1 - R_S)}{R_P(1 - R_P) + R_S(1 - R_S)} \quad (13)$$

Пройдя ослабитель 5, интенсивность луча равна

$$I'' = I' \cdot T, \quad (14)$$

где T - пропускание ослабителя.

Далее луч падает на уголкового отражатель 4. Уголкового отражатель 4 ориентируют так, чтобы поляризация излучения после отражения была линейной.

После отражения от уголкового отражателя 4 интенсивности компонент луча равны

$$\begin{aligned} I''_S &= I'' \sin^2 (\gamma + \psi); \\ I''_P &= I'' \cos^2 (\gamma + \psi), \end{aligned} \quad (15)$$

где ψ - угол поворота плоскости поляризации после отражения от уголкового отражателя.

Далее, пройдя ослабитель 5, интенсивности компонент луча равны

$$I'''_S = I''_S \cdot T; \quad (16)$$

$$I'''_P = I''_P \cdot T.$$

Компоненты интенсивности луча, отразившегося от светоделителя 2, т.е. прошедшие все измерительное плечо интерферометра равны

$$I^{u3M}_S = I'''_S \cdot R_S; \quad (17)$$

$$I^{u3M}_P = I'''_P \cdot R_P.$$

Интенсивность луча после прохождения всего измерительного плеча равна

$$I^{u3M} = I^{u3M}_S + I^{u3M}_P \quad (18)$$

После подстановки (14) - (17) в (18) получают

$$I^{u3M} = I' T^2 [R_S \sin^2 (\gamma + \psi) + R_P \cos^2 (\gamma + \psi)]. \quad (19)$$

Плоскость поляризации I^{u3M} составляет угол φ с осью P

$$\varphi = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{I^{u3M}_S}{I^{u3M}_P}} \quad (20)$$

или после подстановки (17) (16) (15) в (20) получают

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left[\frac{1 + \sqrt{\frac{R_S}{R_P}} \operatorname{tg} \psi}{1 - \sqrt{\frac{R_P}{R_S}} \operatorname{tg} \psi} \right]. \quad (21)$$

Таким образом, на выходе интерферометра интерферирует циркулярно поляризованный пучок от опорного плеча с линейно поляризованным пучком от измерительного плеча. После прохождения поляризационного расщепителя 6 получают две интерференционные картины, сдвинутые по фазе на $\frac{\pi}{2}$.

Максимальная контрастность интерференционных картин близка единице и равенство их интенсивностей достигается при выполнении условий

$$I^{изм} = I^{ол}; \quad (22)$$

$$T = \left[\frac{4 R_s R_p}{(R_s + R_p) [R_s + R_p + (R_p - R_s) \cos 2 (\arctg \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} + \psi)]} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Условие для ориентаций оптической оси поляризационного расщепителя равно

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \arctg \left[\frac{1 + \sqrt{\frac{R_s}{R_p}} \operatorname{tg} \psi}{1 - \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} \operatorname{tg} \psi} \right]. \quad (25)$$

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Интерферометр типа Майкельсона для измерения перемещений, содержащий лазер с поляризующим элементом на выходе, элемент для сдвига фаз, расположенный в опорном плече интерферометра, отражатель измерительного плеча выполнен в виде уголкового отражателя, поляризационный расщепитель, установленный на выходе интерферометра, и фотоэлектрическую систему регистрации интерферограмм, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения надежности измерений, поляризующий элемент в лазере установлен так, что его оптическая ось составляет с плоскостью падения луча на светоделиитель угол α , определяемый из выражения

$$T = \left[\frac{4 R_s R_p}{(R_s + R_p) [R_s + R_p + (R_p - R_s) \cos 2 (\arctg \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} + \psi)]} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

где ψ — угол поворота плоскости поляризации луча при отражении от уголкового отражателя, а поляризованный расщепитель установлен так, что его оптическая ось с плоскостью падения луча на светодели-

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \psi. \quad (23)$$

Отсюда при подстановке (8), (19), (11), (13) в (22) получают условие для пропускания Т ослабителя

$$\alpha = \arctg \sqrt{\frac{R_p (1 - R_p)}{R_s (1 - R_s)}}$$

где R_s и R_p — соответственно показатели отражения светоделиителя для луча с плоскостью поляризации, перпендикулярной и параллельной плоскости падения луча на светоделиитель,

элемент для сдвига фаз совмещен с отражателем опорного плеча, выполненным в виде прямоугольной призмы из материала с показателем преломления n , равным

$$n = \operatorname{ctg} \frac{\pi}{4} / \sqrt{2 \cos \frac{\pi}{4} - 1},$$

на рабочей длине волны лазера, и ориентирован так, что поляризация луча после отражения от него линейна, а интерферометр снабжен установленным между светоделиителем и уголковым отражателем ослабителем луча с пропусканием Т, определяемым из выражения

т е л ь с о с т а в л я е т у г о л β , определяемый из условия

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \arctg \left[\frac{1 + \sqrt{\frac{R_s}{R_p}} \operatorname{tg} \psi}{1 - \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} \operatorname{tg} \psi} \right]$$