

Коссинский Юрий Иванович

Измерение отрезков длины с высокой точностью на базе He-Ne лазера

Концевая мера длины (КМД, меры концевые плоскопараллельные, плитки Иогансона) — образцовая мера длины (эталон) от 0,5 до 1000 мм, выполненная в форме прямоугольного параллелепипеда или круглого цилиндра, с нормируемым размером между измерительными плоскостями.

С помощью концевой меры длины в статье “Измерение скорости света на базе He-Ne лазера” была измерена скорость света в воздухе с высокой точностью до шестого знака. При этом на установке, описанной в статье, отрезки длины (имеются в виду концевые меры длиной до 400мм) можно измерять с высокой точностью, зная значение скорости света в воздухе. ..

В нашем случае система уравнений запишется так:

$$\Delta v_1 = \frac{C_{\dot{a}}}{2L} \quad , \quad (1)$$

$$\Delta v_k = \frac{C_{\dot{a}}}{2(L + Km)} \quad , \quad (2)$$

где Δv_1 и Δv_k - известные (измеряемые) частоты межмодовых биений лазера в случае пустого резонатора и ,соответственно, при наличии в резонаторе концевой меры.

$C_{\dot{a}}$ - известное значение скорости света в воздухе.

L и Km - неизвестные величины длины пустого резонатора и ,соответственно, длинны измеряемой концевой меры.

Длина пустого резонатора находится сразу из первого уравнения:

$$2L = \frac{C_{\dot{a}}}{\Delta v_1} \quad (3)$$

Второе уравнение запишем в таком виде: $(2L + 2Km) = \frac{C_{\dot{a}}}{\Delta v_k}$ (4)

Подставив третье соотношение в четвертое уравнение, окончательно получим:

$$Km = \frac{C_{\dot{a}}}{2} \left(\frac{1}{\Delta v_k} - \frac{1}{\Delta v_1} \right) \quad (5)$$

Известно , что скорость света в вакууме равна

$$C=299792.45 \text{ км/сек} \quad (6)$$

Показатель преломления воздуха равен

$$n_B = 1.000292 . \quad (7)$$

При этих значениях известная величина скорости света в воздухе равна:

$$C_B = \frac{299792}{1.000292} = 299705 \text{ км/сек} . \quad (8)$$

В качестве эксперимента для измерения был взят стальной стержень длиной приблизительно 0.4 м. При этом измеренные межмодовые биения в (5) равны:

$$\Delta v_1 = 138645000 \text{Гц}, \quad \Delta v_k = 101245000 \text{Гц}. \quad (9)$$

Подстановкой (8) и (9) в (5) получим результат измерения концевой меры длины Km :

$$Km = 0.399262 \text{ м}. \quad (10)$$

При известной длине концевой меры Km из формулы (5) можно получить значение скорости света в воздухе:

$$C_{\hat{a}} = 2Km \frac{\Delta v_1 \cdot \Delta v_k}{\Delta v_1 - \Delta v_k}, \quad (11)$$

что и было сделано в статье “Измерение скорости света на базе He-Ne лазера”.