

Лазерный рефрактометр

Тузков Ю.Ф.

Белорусский национальный технический университет

В [1] был рассмотрен лазерный активный интерферометр для измерения угловых перемещений, в котором используется пошагово-компенсационный метод измерения перемещений, предложенный в [2].

В настоящем докладе рассматривается лазерный рефрактометр, схема которого представлена на рис.1.

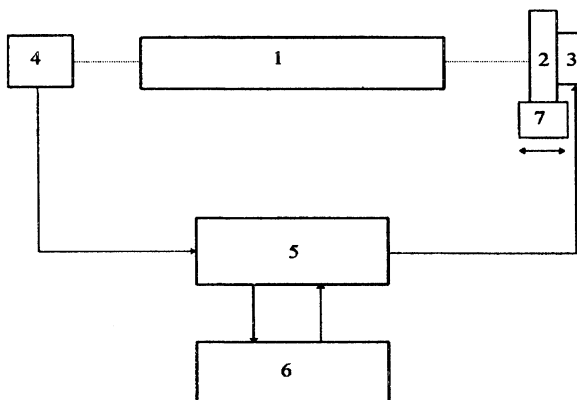


Рис.1.

Схема лазерного рефрактометра

Рефрактометр содержит лазер 1, отражатель 2, закреплённый на компенсирующем приводе 3, фотоприёмник 4, экстремальную систему регулирования (ЭСР) 5, систему обработки информации (СОИ) 6. Отражатель 2 с компенсирующим приводом 3 смонтированы на приводе 7. Зеркала лазера 1 и отражатель 2 образуют линейный трёхзеркальный резонатор. Изменение длины оптического пути за счёт перемещения отражателя приводит к модуляции интенсивности лазерного излучения, причём полный цикл модуляции происходит при изменении длины оптического пути на $\lambda/2$ [3,с.234]. Первый вход ЭСР 5 соединён с фо-

топриёмником 4, первый выход ЭСР 5 соединён с компенсирующим приводом 3, второй вход и второй выход ЭСР 5 соединены с выходом и входом СОИ 6.

Работа рефрактометра осуществляется следующим образом. С помощью ЭСР 5 отражатель 2 удерживается в положении, соответствующем сигналу минимальной интенсивности на фотоприёмнике 4. В качестве ЭСР может быть использована любая, известная в настоящее время. Отражателем может служить сферическое зеркало или уголкового отражатель. При перемещении отражателя 2 с помощью привода 7 на расстояние L ЭСР 5 компенсирует это перемещение путём изменения напряжения на компенсирующем приводе 3. В качестве компенсирующего привода обычно используется пьезокерамика. Однако диапазон перемещений пьезокерамики ограничен, поэтому необходимо использовать следующий алгоритм измерений. Когда напряжение на компенсирующем приводе 3 изменяется на ΔU , соответствующее изменению длины оптического пути на $\lambda/2$, СОИ 6 вырабатывает сигнал для ЭСР 5 для ступенчатого изменения напряжения на компенсирующем приводе 3 на величину ΔU , отражатель 2 перемещается на $\lambda/2$, ЭСР 5 автоматически “привязывается” к соседнему минимуму интенсивности излучения лазера и одновременно в СОИ 6 вырабатывается декрементный или инкрементный импульс в зависимости от знака изменения напряжения. Число импульсов соответствует изменению длины оптического пути на такое же число $\lambda/2$. Таким образом, сигнал на компенсирующем приводе 3 определяется по формуле:

$$U_x = m \cdot \Delta U + \Delta U_x, \quad (1)$$

где m - число импульсов; ΔU_x - дробная часть сигнала на компенсирующем приводе 3, принимающая значения в интервале $0 \leq U_x < \Delta U$.

Показатель преломления воздуха определяют по формуле:

$$n = (U_x / \Delta U) \cdot (1/L) \cdot \lambda/2, \quad (2)$$

где U_x - сигнал на компенсирующем приводе отражателя; ΔU - сигнал, соответствующий изменению оптической длины между лазером и отражателем на $\lambda/2$; L - геометрическая длина перемещения отражателя; λ - длина волны излучения лазера.

Абсолютная погрешность определения показателя преломления, обусловленная неточностью определения величин напряжения на компенсирующем приводе отражателя и геометрической длины перемещения отражателя, равна:

$$\delta n = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{\delta U_x}{\Delta U \cdot L} + \frac{\delta(\Delta U) \cdot U_x}{(\Delta U)^2 \cdot L} + \frac{U_x \cdot \delta L}{\Delta U \cdot L^2} \right) \approx \frac{\lambda}{2L} \left(\frac{\delta(\Delta U)}{\Delta U} + \frac{\delta L}{L} \right). \quad (3)$$

Относительные погрешности измерения постоянного напряжения и линейного расстояния согласно [4] составляют соответственно $2,5 \cdot 10^{-3} \%$ и $5 \cdot 10^{-3} \%$.

Таким образом, абсолютная погрешность определения показателя преломления равна:

$$\delta n = 7,5 \cdot 10^{-5} \lambda. \quad (4)$$

При $\lambda = 0,532 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ δn не превышает $4 \cdot 10^{-11}$.

Литература

1. Зуйков И. Е., Тузков Ю. Ф. Лазерный активный интерферометр для измерения угловых перемещений // Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности: Материалы межд. научн.–техн. конференции. – в 2-х т. –Т.1. – Мн.: УП«Технопринт», 2002. – С. 130-133.
2. Зуйков И. Е., Тузков Ю. Ф. Пошагово – компенсационный метод измерения линейных перемещений. // МНПК «Качество – 99» 10.11 – 12.11.1999г. Тезисы докладов. / ГОССТАНДАРТ. БелГИСС. – Минск, 1999. – С. 245 - 248.
3. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Митрофанов А.С. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. - Л.: Машиностроение, 1978-336с.
4. Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов / Б. Я. Авдеев, Е. М. Антонюк, Е. М. Душин и др.; Под ред. Е. М. Душина. - 6-е изд., перераб. и доп.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987.-480с.