

И. В. СКОКОВ, Г. И. КРОМСКИЙ

К ВОПРОСУ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МНОГОЛУЧЕВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

Развитие оптической интерферометрии как средства диагностики потоков нейтральных и заряженных частиц сопровождается поиском оптимальных параметров интерференционных схем и конструкций. К числу таких параметров относится размер источника света (или размер осветительной диафрагмы, ограничивающей светящийся столб лампы).

Чувствительность измерений существенно зависит от профиля интерференционной полосы, определяемого в том числе и размером источника света (при прочих фиксированных значениях параметров интерферометра — длины волны λ , расстояния между зеркалами h , коэффициента отражения R и коэффициента пропускания зеркальных слоев ϕ).

Рассмотрим связь между размером источника и другими параметрами интерферометра, а также влияние настройки на допустимый размер источника.

Распределение интенсивности в многолучевой интерференционной картине (для проходящего света) описывается выражением [1]

$$I = I_m \frac{(1 - R)^2}{(1 - R)^2 + 4R \sin^2 \frac{\Phi}{2}}, \quad (1)$$

где I_m — максимальное значение интенсивности в интерференционной полосе, Φ — разность фаз соседних интерферирующих лучей.

Предположим, что интерферометр настроен на равномерно освещенное поле, что достигается при освещении параллельно расположенных зеркал интерферометра монохроматическим коллимированным пучком света.

В общем случае освещенность интерференционного поля составляет некоторую $1/i$ долю от максимальной освещенности: $I_m/I = i$.

В этом случае из (1) получаем

$$\frac{1}{i} = \frac{(1 - R)^2}{(1 - R)^2 + 4R \sin^2 \frac{\Phi}{2}}, \quad (2)$$

откуда

$$\sin^2 \frac{\Phi}{2} = \frac{(1 - R)^2 (i - 1)}{4R}. \quad (3)$$

Разность фаз можно выразить в виде

$$\Phi = 2k\pi + \Delta\Phi, \quad (4)$$

где k — целое число, $\Delta\Phi$ — приращение разности фаз по сравнению со значением для максимума.

Считая, что для рассматриваемого случая справедливо

$$\sin \frac{\Phi}{2} \approx \frac{\Delta\Phi}{2}, \quad \cos \frac{\Delta\Phi}{2} \approx 1,$$

получим из (3)

$$\Delta\Phi = \frac{1 - R}{\sqrt{R}} \sqrt{i - 1}. \quad (5)$$

Изменение параметров исследуемой среды (например, показателя преломления, давления, плотности и т. д.) приводит к изменению первоначальной разности фаз, что вызывает изменение освещенности в интерференционном поле.

Как показано в [3],

$$d\Phi = \frac{dI \{(1-R)^2 + R\Delta\Phi\}^2}{I_m 2R (1-R)^2 \Delta\Phi}, \quad (6)$$

или с учетом (5),

$$d\Phi = \frac{dI}{I_m} \frac{1-R}{\sqrt{R}} \frac{i^2}{2\sqrt{i-1}}. \quad (7)$$

В зависимости от углового размера источника света освещенность интерференционного поля будет изменяться, так как произойдет наложение интерференционных картин с различными фазами. В качестве допустимого следует выбирать такой размер источника, при котором суммарная освещенность поля интерференции от различных точек источника (т. е. в пределах его углового диаметра ψ) находилась в заданных пределах ($\sim 10\%$). При постоянных параметрах интерферометра разность фаз в этом случае будет являться функцией угла ψ .

Следовательно, для случая $\psi=0$ и $\psi \neq 0$ получим соответственно

$$\Phi_0 = \frac{4\pi h}{\lambda} + \delta + \delta', \quad (8)$$

$$\Phi_\psi = \frac{4\pi h}{\lambda} \cos \psi + \delta + \delta', \quad (9)$$

где δ и δ' — скачки фазы на отражающих поверхностях. Из (8) и (9) при условии $\sin \psi/2 \approx \psi/2$ получим

$$d\Phi = \frac{2\pi h}{\lambda} \psi^2. \quad (10)$$

Приравнявая (7) и (10), получим

$$\psi^2 = dn, \quad (11)$$

где

$$dn = \frac{\lambda (1-R) i^2}{2h\pi \sqrt{R} (i-1)^2} \cdot \frac{1}{d}.$$

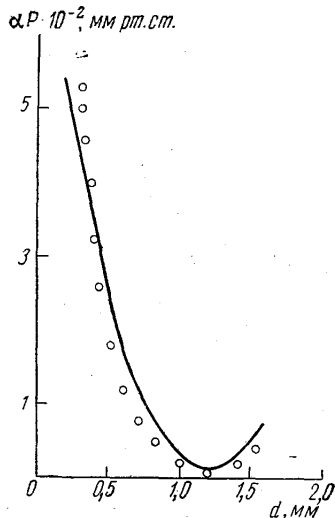


Рис. 1

Таким образом, чувствительность интерферометра находится в квадратичной зависимости от размера источника. Этот факт был установлен ранее [2], где получена экспериментальная зависимость чувствительности измерения давления dP от размера диафрагмы источника света. На рис. 1 показаны экспериментальные точки, полученные при $h=40$ мм, $R=95\%$, $\lambda=5780$ Å; приведенная на графике кривая представляет собой теоретическую зависимость, рассчитанную для указанных выше параметров (принималось, что $dn \approx 4 \cdot 10^{-7} dP$). Сравнение теоретических данных и эксперимента показывает достаточно хорошее совпадение результатов. Отметим, что при других значениях R и h характер зависимости сохраняется и также наблюдается хорошее совпадение расчетных и экспериментальных результатов.

Полученная зависимость приводит к выводу, что для получения максимальной чувствительности не обязательно работать с минимальным размером источника, так как это не приводит к повышению чувствительности, а вызывает лишь значительные световые потери. Для каждого конкретного случая необходимо выбирать оптимальный размер источника, обеспечивающий расчетную чувствительность при максимальной светосиле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ф. А. Спектроскопия высокой разрешающей силы. М., ГИТТЛ, 1953.
2. Королев Ф. А., Кромский Г. И., Скоков И. В. «Изв. вузов», физика, № 5, 61, 1963.
3. Скоков И. В. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 2, 82, 1962.

Поступила в редакцию
12. 1 1967 г.

Кафедра оптики