

Ф. А. КОРОЛЕВ, А. И. АКИМОВ, Е. В. ЛАЗАРЕВА, Н. В. ГУРЬЕВА

**СРАВНЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СИЛЫ МНОГОЛУЧЕВОГО
ИНТЕРФЕРОМЕТРА В РЕЖИМАХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ
И КЛИНООБРАЗНОЙ ПЛАСТИНКИ**

Сравниваются разрешающие способности двух разновидностей многолучевого интерферометра с плоскопараллельными зеркалами, расположенными в виде клина.

В работе проведено сравнение двух разновидностей многолучевого интерферометра, работающего в режиме плоскопараллельной пластинки Фабри—Перо или в режиме клинообразной пластинки. В последнем случае интерференционная картина представляет систему полос равной толщины. Так как характер образования интерференционных картин в этих интерферометрах различен, то различно и влияние погрешностей зеркальных поверхностей на эффективное число интерферирующих лучей и соответственно на разрешающую способность. Показано, что в отношении разрешающей способности клиновой интерферометр заметно превосходит интерферометр Фабри—Перо.

В связи с развитием физики и техники когерентной генерации света возникает проблема исследования излучений с очень малой спектральной шириной. Для этого необходима аппаратура с пределом разрешения, значительно меньшим того, который достигается в настоящее время с многолучевыми интерферометрами, при одновременном сохранении величины области дисперсии. Возможности существующих многолучевых интерферометров также часто оказываются недостаточными при некоторых спектроскопических исследованиях структуры и формы ширины отдельных спектральных линий, создаваемых обычными источниками света.

Предел разрешения интерферометра Фабри—Перо, работающего в режиме плоскопараллельной пластинки, дается соотношением

$$\delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2h} \frac{1-R}{\pi\sqrt{R}} = \frac{\Delta\lambda}{N_E} \quad (1)$$

и определяется при фиксированном расстоянии h между зеркалами только величиной коэффициента отражения R или эффективным числом

интерferирующих лучей N_e . Через $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{N_e}$ здесь обозначена область дисперсии.

На практике, как известно, это предельное значение не достигается, в частности, из-за непостоянства в величине h , вызванного неточностью обработки поверхностей зеркал, несущих отражающие покрытия. Допустимая величина вариаций расстояния h , при которой смещение интерференционных колец не превышает монохроматическую ширину линии, равна

$$\delta h \leq \frac{\lambda}{2N_e} \quad (2)$$

что составляет $\delta h \leq \frac{\lambda}{200}$ при $R=0,97$ и $\delta h \leq \frac{\lambda}{600}$ при $R=0,99$. Подобная точность обработки поверхностей зеркал, особенно в последнем случае, на практике недостижима. Превышение величины δh по сравнению с предельным значением, определяемым отношением (2), ведет к уменьшению эффективного числа интерferирующих лучей, а это в свою очередь — к увеличению монохроматической ширины интерференционных колец, к уменьшению разрешающей силы интерферометра. Отмеченное выше обстоятельство не имеет места в интерферометре, работающем в режиме клинообразной пластинки [1].

Поскольку мы имеем дело с полосами равной толщины, локальные изменения величины расстояния h между зеркалами сказываются лишь на форме интерференционных полос и не влияют на предел разрешения, который согласно [1] определяется тем же соотношением (1), что и для плоскопараллельной пластинки. Число эффективных интерferирующих лучей здесь не ограничивается погрешностями зеркальных поверхностей. Таким образом, разрешающая сила клинового интерферометра должна быть значительно больше, чем у интерферометра, работающего в режиме плоскопараллельной пластинки.

Принципиальная схема экспериментальной установки для наблюдения полос равной толщины в клиновом интерферометре приведена на рис. 1.

Интерферометр Фабри—Перо вначале юстируется обычным способом до получения достаточно хорошей картины колец равного наклона. Точечная диафрагма $б$ устанавливается в фокусе объектива 5 так, чтобы отверстие диафрагмы диаметром $0,5 \div 1$ мм оказалось в центре системы колец. Затем с помощью одного из юстировочных винтов, регулирующих расстояние между зеркалами 4 , производится разъюстировка интерферометра; между зеркалами создается клин. Полосы равной толщины наблюдаются визуально через диафрагму $б$. С помощью юстировочных винтов легко изменять угол и ориентацию ребра клина и тем самым изменять расстояние между полосами, число их в поле зрения интерферометра и ориентацию. Окончательная юстировка, при которой

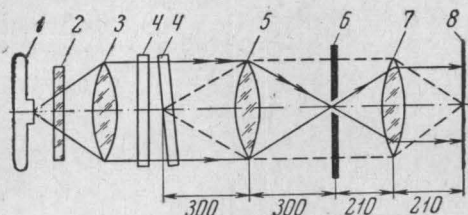


Рис. 1. Оптическая схема экспериментальной установки для наблюдения полос равной толщины в клиновом интерферометре. 1 — ртутная лампа низкого давления, 2 — светофильтр, 3 — конденсорная линза, 4 — зеркала интерферометра с многослойными диэлектрическими покрытиями, 5 — объектив $f=300$ мм, 6 — диафрагма с точечным отверстием, 7 — объектив $f=210$ см, 8 — фотопластинка

интерференционные полосы являются наиболее четкими по всему полю зрения, достигалась путем поворота всего интерферометра в небольших пределах в горизонтальном и вертикальном направлениях, перпендикулярных оптической оси, либо путем таких же перемещений диафрагмы. Фотографирование интерференционной картины осуществлялось с помощью объектива 7, который проектировал поверхность зеркала 4 на фотопластинку.

Для сравнительной оценки разрешающей способности клинового и обычного интерферометра Фабри—Перо были получены интерферограммы СТС зеленой линии ртути при различных величинах h и R . В результате соответствующей обработки интерферограмм были определены аппаратные ширины линий для различных условий съемки. Величина разрешения оценивалась отношением $\frac{2\delta v}{\Delta v}$, где $2\delta v$ — аппаратная ширина, Δv — область дисперсии.

Фотометрирование осуществлялось с помощью микрофотометра МФ-2. Интенсивность оценивалась в относительных единицах с помощью кривой почернений.

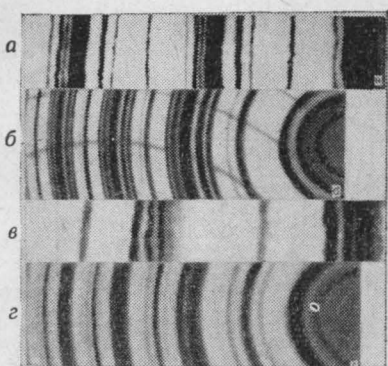


Рис. 2. Интерферограммы, полученные с помощью клинового интерферометра и интерферометра Фабри—Перо для линий ртути $\lambda = 5461 \text{ \AA}$ при различных условиях. *а* — клиновой интерферометр $R=97\%$, $h=3 \text{ мм}$; *б* — интерферометр Фабри—Перо $R=97\%$, $h=3 \text{ мм}$; *в* — клиновой интерферометр $R=97\%$, $h=10 \text{ мм}$; *г* — интерферометр Фабри—Перо $R=97\%$, $h=10 \text{ мм}$

Для построения последней использовался 9-ступенчатый ослабитель, который помещался в поле зрения интерферометра вблизи одного из зеркал или непосредственно перед фотопластинкой. Оказалось, что при сравнительно низком коэффициенте отражения зеркал $R=91\%$ и при одинаковых величинах разрешения, даваемые клиновым интерферометром и интерферометром Фабри—Перо, одинаковы. С увеличением R преимущество клинового интерферометра быстро растет и при $R=97\%$ последний дает разрешение в три раза большее, чем интерферометр Фабри—Перо с тем же расстоянием между зеркалами.

На рис. 2 приведены интерферограммы для зеленой линии ртути, иллюстрирующие возможности клинового интерферометра. Клиновой интерферометр при $h=3 \text{ мм}$ и $R=97\%$ давал возможность отчетливо различать 9 компонентов СТС (семь из них видны на рис. 2, *а*), причем центральный компонент полностью еще не разрешался. Плоскопараллельная пластинка Фабри—Перо в аналогичных условиях давала возможность наблюдать лишь семь компонентов СТС (шесть из них видны на рис. 2, *б*). При $h=10 \text{ мм}$ и $R=97\%$ центральный компонент СТС линии $\lambda=5461 \text{ \AA}$ отчетливо разделялся на 5 компонентов, хорошо видимых на рис. 2, *в*. Плоскопараллельная пластинка в аналогичных условиях практически не разрешала центр этой линии ртути. Увеличение коэффициента отражения до $R=99\%$ еще больше повышает разрешающую способность клинового интерферометра.

Из рис. 3 видно, что для полного разрешения центральной части СТС зеленой линии ртути на 5 компонентов достаточна величина $h=5 \text{ мм}$.

Неровности полос равной толщины, видимые на фотографиях, от-

ражают локальную структуру дефектов поверхностей зеркал и отражающих покрытий.

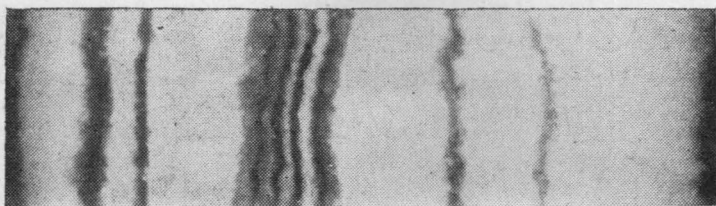


Рис. 3. Структура зеленой линии ртути $\lambda=5461 \text{ \AA}$, полученная с помощью клинового интерферометра при $h=5 \text{ мм}$, $R=99\%$

Следует отметить еще одно существенное преимущество клинового интерферометра, которое заключается в том, что его дисперсия может легко изменяться путем изменения угла клина и может быть сделана при необходимости сколь угодно большой (при угле клина $\varphi \rightarrow 0$). Последнее важно при исследованиях структур сложного строения с большим числом компонентов.

Поскольку применение точечной диафрагмы является в описанной схеме клинового интерферометра обязательным, светосила интерферометра значительно меньше, чем в обычной схеме для интерферометра Фабри—Перо. По этой причине клиновой интерферометр удобнее применять для исследования спектрального состава излучений достаточно большой интенсивности. Вопрос о светосиле, очевидно, не играет роли в случае исследования спектрального состава излучения таких источников, как оптические квантовые генераторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ф. А. «Вестн. Моск. ун-та», сер. мат., мех., астрон., физ., химии, № 8, 101, 1958.
2. Королев Ф. А. Спектроскопия высокой разрешающей силы. М., ГИТТЛ, 1953.

Поступила в редакцию
16. 6 1965 г.

Кафедра
оптики