

Ф. А. КОРОЛЕВ, С. М. МАМЕДЗАДЕ

ВЫДЕЛЕНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОКГ НА РУБИНЕ С ПОМОЩЬЮ КЛИНООБРАЗНОГО МУЛЬТИПЛЕКС-ИНТЕРФЕРОМЕТРА СО «ВСТРЕЧНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ»

Клинообразный мультиплекс-интерферометр со «встречной дисперсией» был применен для выделения отдельного компонента из спектра излучения оптического квантового генератора на рубине. Были выделены компоненты из спектра излучения рубинового генератора в случаях, когда резонатор образован зеркальными торцевыми гранями самого кристалла рубина (из сплошного спектра) и когда резонатор образован зеркальными поверхностями специально изготовленных стеклянных цилиндров (из линейчатого спектра).

§ 1. Теоретические соображения

Клинообразный мультиплекс-интерферометр со «встречной дисперсией» состоит из двух простых интерферометров Фабри—Перо, работающих в клинообразном режиме [1], расположенных один за другим. Метод выделения компонента излучения такой системой схематически показан на рис. 1.

Здесь S_1, S'_1, S_2, S'_2 — полупрозрачные зеркала клинообразных интерферометров Фабри—Перо (Ф—П).

Действие клинообразного многолучевого мультиплекс-интерферометра со «встречной дисперсией» основано на следующих теоретических положениях. Пусть первый клинообразный интерферометр мультиплекса (рис. 1) имеет на расстоянии x от места наименьшей толщины h_0 интерферометра (рис. 2) толщину h . Угол между зеркалами интерферометра S_1 и S'_1 равен α . Тогда (для малых α)

$$h = h_0 + \alpha x.$$

Условие максимума интерференции в точке x (если не обращать внимание на скачки фаз на зеркалах) будет

$$2h = k\lambda,$$

где k — порядок интерференции в максимуме.

Для другого клинового интерферометра аналогично можем написать

$$2h' = k'\lambda,$$

где h' — толщина второго интерферометра в точке x , k' — порядок интерференции максимума во втором интерферометре. Для h' можно записать

$$h' = h_0 - \alpha'x,$$

где h_0 — толщина второго интерферометра для $x=0$, α' — угол клина для второго интерферометра.

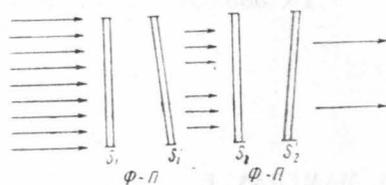


Рис. 1. Выделение компонента излучения в системе клинообразного мультиплекс-интерферометра со «встречной дисперсией»

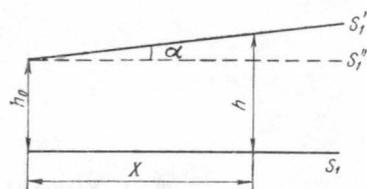


Рис. 2. Схематическое изображение клинообразного интерферометра

Если в обоих случаях в точке x имеет место максимум интерференции для излучения с длиной волны λ , то мультиплекс пропускает в этом направлении данное излучение.

Дисперсия клинообразного интерферометра определяется выражением для первого интерферометра

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{h}{\alpha\lambda}, \quad (1)$$

для второго интерферометра

$$\frac{dx}{d\lambda} = -\frac{h'}{\alpha'\lambda}, \quad (2)$$

Из (1) и (2) видно, что ход дисперсии в обоих интерферометрах направлен в противоположные стороны, т. е. спектральные компоненты смещаются в противоположных направлениях. В противоположность обычному мультиплекс-интерферометру, в данном случае при совмещении максимумов интерференции в каком-либо направлении для одной длины волны, совмещение максимумов не будет иметь места для других длин волн, т. е. они не будут пропущены мультиплекс-интерферометром. Подбором h , h' , α и α' можно добиться несовмещения других максимумов, кроме одного (для одной и той же длины волны), тем самым будет выделен один единственный максимум интерференции для одной длины волны λ .

Клинообразный мультиплекс-интерферометр со «встречной дисперсией» является весьма эффективным прибором для выделения высокомономатических излучений из сложного спектра. Нами он был использован для исследования спектра излучения рубинового оптического квантового генератора и выделения из состава этого излучения, а также излучения ртутной лампы, мономатических компонентов.

§ 2. Описание установки и юстировка клиновых интерферометров

Для того чтобы применить клинообразный мультиплекс-интерферометр со «встречной дисперсией» для исследования структуры спектральных линий оптического квантового генератора на рубине (описание

характеристики установки ОКГ на рубине см. в [2]), можно воспользоваться установкой, оптическая схема которой изображена на рис. 3.

Выходящее из оптического генератора на рубине излучение после прохождения через телескопическую систему T параллельным пучком падает на поверхность зеркал клинообразного интерферометра, полностью освещая рабочую площадь этих зеркал. После прохождения через

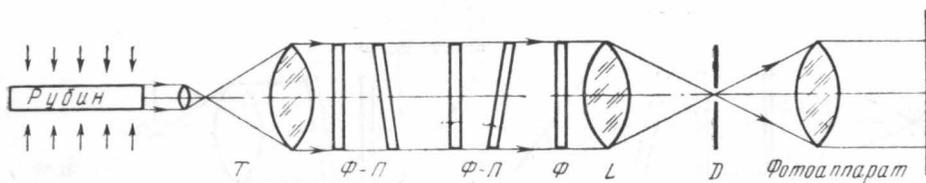


Рис. 3. Оптическая схема установки с клинообразным мультиплекс-интерферометром

первый интерферометр излучение разлагается на отдельные компоненты (частоты), что можно наблюдать через диафрагму D при отсутствии второго интерферометра. Как показано в предыдущем параграфе, при наличии второго интерферометра в клинообразном режиме с противоположно направленной дисперсией по отношению к первому имеет место пропускание лишь единственного компонента в спектре падающего излучения. Прощедшее через клинообразный мультиплекс-интерферометр излучение после ослабления его нейтральным фильтром Φ попадает на объектив L , который проецирует полосы интерференции на малое отверстие диафрагмы D . Фотографирование интерференционной картины производилось с помощью фотоаппарата «Зенит ЗМ» с телеобъективом «Юпитер-11».

Юстировка интерферометров. После совмещения оптических осей обоих интерферометров необходимо произвести одновременно хорошую их юстировку. При юстировке интерферометров мы воспользовались дополнительными зеркалами (на рис. 3 не показаны). Наглядная схема одновременной юстировки двух интерферометров, работающих в клинообразном режиме, показана отдельно на рис. 4. Здесь S — источник света, L_1, L_4 — конденсоры, Φ — желтый светофильтр ($\lambda=5780 \text{ \AA}$), Φ -П — клиновой интерферометр Фабри-Перо, 1 и 2 — поворотные зеркала, L_2 и L_3 — объективы, проецирующие полосы интерференции от поверхности зеркал интерферометра на диафрагму D . В качестве источника света S для юстировки интерферометров была использована лампа с электронным возбуждением [3], она устанавливается приблизительно в фокусе конденсора (L_1 или L_4). Юстировка интерферометров производится независимо друг от друга. Вначале юстируется один (например, в левой части рис. 4), при этом интерференционная картина отбрасывалась с помощью зеркала 1 к объективу L_2 . Диафрагма D с отверстием $0,5$ — 1 мм устанавливается в фокусе объектива L_2 . Полосы интерференции наблюдаются через диафрагму D . Юстировка проводилась как непосредственно глазом, так и с помощью зрительной трубы. После юстировки первого интерферометра ртутную лампу можно устанавливать в фокусе конденсора L_4 для юстировки второго интерферометра, которая проводится аналогичным образом. При этом использовалось зеркало 2 . Обычно для удобства юстировки вместо двух дополнительных зеркал 1 и 2 используется одно зеркало, которое при юстировке второго интерферометра нужно поворачивать на 180° .

Преимущество описанного метода юстировки заключается в том,

что при юстировке второго интерферометра первый интерферометр совершенно не затрагивается.

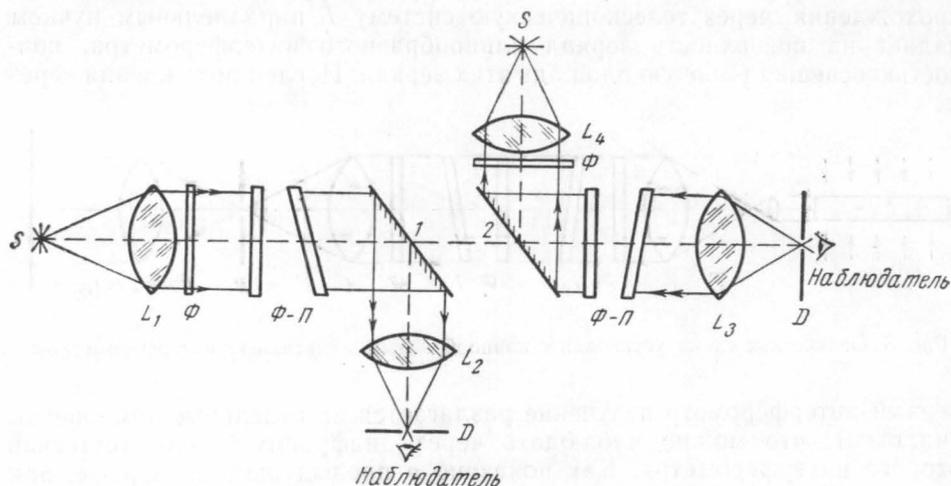


Рис. 4. Схема одновременной юстировки двух интерферометров в клинообразном режиме

§ 3. Результаты эксперимента

С помощью описанного мультиплекс-интерферометра было осуществлено выделение одного компонента излучения оптического квантового генератора на рубине. Толщина клинообразной пластины для обоих интерферометров $h=4$ мм. Было исследовано излучение оптического генератора на рубине в двух случаях: 1) когда резонатором излучения являются непосредственно торцы рубинового кристалла, покрытые диэлектрическими зеркальными слоями (в этом случае при указанной толщине интерферометра имеем в интерферограммах сплошной спектр), и 2) при резонаторе, зеркалами которого служат зеркальные поверхности двух стеклянных цилиндров, весьма близко расположенные к торцам рубина (при этом в интерферограммах имеем линейчатый спектр, разрешенные компоненты являются собственными частотами резонатора, образованного поверхностями выходного цилиндрика). На рис. 5 воспроизведены фотографии, полученные при первом случае. Здесь (рис. 5, а) показана интерферограмма излучения оптического квантового генератора на рубине, полученная с помощью установки с простым клинообразным интерферометром. На рис. 5, б изображен компонент, который удалось выделить из состава сплошного спектра интерферограммы излучения рубинового генератора с помощью клинообразного мультиплекс-интерферометра со «встречной дисперсией».

Аналогичные результаты показаны на рис. 6. На рис. 6, а приведена интерферограмма излучения рубинового генератора, полученная с простым интерферометром в клинообразном режиме, когда резонаторы в генераторе образуют зеркальные поверхности стеклянных цилиндров. Как видно из этого снимка, в поле зрения клинообразного интерферометра находится один порядок интерференционной картины, которая содержит четыре четко выделенных компонента излучения. С помощью клинообразного мультиплекс-интерферометра был выделен один спектральный компонент (рис. 6, б) из этого порядка интерференции.

Проверка состава излучения выделенных компонентов (для случая выделения из сплошного спектра) с помощью скрещенного мультиплекс-интерферометра [4, 5, 6] в клинообразном режиме показала отсутствие других частот в выделенном компоненте. Толщина третьей клинообразной пластины составляла $h=10$ мм.

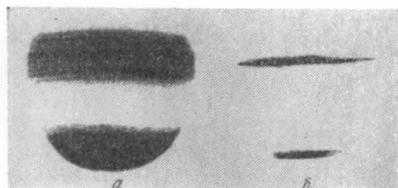


Рис. 5. Интерферограммы излучения оптического генератора на рубине, резонатором которого является непосредственно зеркальные торцы кристалла, снятые: *a* — с простым клиновым интерферометром, *б* — с клиновым мультиплекс-интерферометром со «встречной дисперсией»

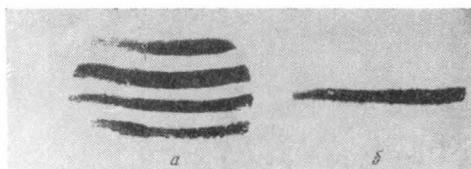


Рис. 6. Интерферограммы излучения оптического генератора на рубине с близко расположенными к торцам рубина зеркальными цилиндриками, снятые: *a* — с простым клиновым интерферометром, *б* — с клиновым мультиплекс-интерферометром со «встречной дисперсией»

Экспериментальные результаты проделанной работы дают возможность считать, что мультиплекс-интерферометр со «встречной дисперсией» может эффективно применяться для выделения монохроматических излучений как из сплошного спектра, так и при выделении какой-либо спектральной линии из состава линейчатого спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ф. А. «Вестн. Моск. ун-та», № 8, 101, 1953.
2. Мамедзаде С. М. «Изв. АН АзССР», № 3, 135, 1964.
3. Королев Ф. А. «Вестн. Моск. ун-та», № 3, 101, 1953.
4. Королев Ф. А. «Вестн. Моск. ун-та», сер. мат., мех., астрон., физ., химии, № 1, 89, 1956.
5. Королев В. А. Спектроскопия высокой разрешающей силы. М., Гостехиздат, 1953.
6. Королев Ф. А., Мамедзаде С. М. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 2, 35, 1965.

Поступила в редакцию
31. 10 1964 г.

Кафедра
оптики