

Счет темных колец начинается с $k=0$, т. е. от самого центра интерференционной картины. Счет светлых колец начинается с $k=1$. Радиусы колец растут пропорционально корню квадратному из их номера k , т. е. чем дальше от центра, тем эти кольца располагаются гуще, как показано на рис. 1.59,б.

При освещении прибора белым светом светлые кольца становятся соответственно окрашенными.

Измеряя радиусы колец r_k , можно (зная радиус кривизны линзы R) определить длину волны освещавшего прибор света λ_0 и обратно — по известной λ_0 найти радиус кривизны линзы R .

§ 12. Практические применения интерференции. Интерферометры

Как видно из рассмотренных в предыдущем параграфе примеров, интерференционные явления обусловлены волновой природой света и их количественные закономерности зависят от длины волны λ . Измеряя расстояния между полосами в опыте с бипризмой Френеля или радиусы колец Ньютона, можно определить длины волн световых лучей. Такова первая группа применений интерференционных явлений, имеющая принципиальное значение, — доказательство волновой природы света и измерение длин волн.

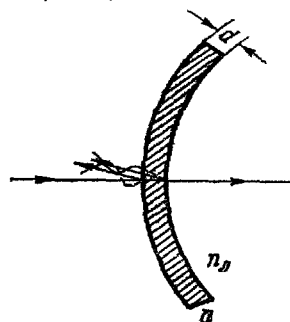


Рис. 1.60.

Вторым практическим применением интерференции является так называемое «просветление оптики». Дело в том, что не весь световой поток, падающий на линзу или призму, проходит внутрь последней, а часть его отражается обратно. Современные точные оптические приборы содержат большое количество линз, и частичное отражение света на многочисленных поверхностях раздела заметно снижает интенсивность света, доходящего до глаза наблюдателя или регистрирующего прибора.

Помимо уменьшения яркости окончательного изображения, отражение света от входного объектива наблюдательного прибора в военном деле является причиной еще одной неприятности. Отраженный от объектива свет («блик») возвращается к противнику, демаскируя положение наблюдательного прибора.

Для уменьшения отражения света И. В. Гребенщиковым с сотрудниками была разработана технология покрытия наружных поверхностей линзы специальными тонкими пленками. Идея метода понятна из схемы рис. 1.60. Передняя поверхность линзы покрыта специальной прозрачной пленкой. При наличии пленки

падающий свет отражается дважды: от границы воздух — пленка и от границы пленка — линза. Показатель преломления и толщина пленки d подбираются так, чтобы оба отраженных луча были в противоположной фазе и гасили друг друга. При этом полностью исчезают блики. Поскольку же при интерференции энергия света не исчезает, а лишь перераспределяется в пространстве, то гашение отраженного луча сопровождается соответственным увеличением интенсивности преломленного луча, проходящего внутрь оптической системы.

Для того чтобы условия отражения (потеря полволны) на обеих границах раздела были одинаковы, показатель преломления пленки n должен быть промежуточным между единицей и показателем преломления линзы n_1 . Для взаимного гашения отраженных лучей их оптическая разность хода $2dn$ должна быть равна половине длины волны $\frac{\lambda_0}{2}$. Следовательно, толщина пленки определится из условия

$$d = \frac{\lambda_0}{4n} = \frac{\lambda}{4}, \quad (12.1)$$

где $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ есть длина волны света в веществе пленки.

Расчет показывает, что наиболее полное гашение будет при условии, что

$$n = \sqrt{n_1}. \quad (12.2)$$

Формула (12.1) показывает, что нельзя добиться одновременного гашения для всех длин волн видимого спектра. Поэтому условие гашения (12.1) должно быть выполнено, во всяком случае, для наиболее воспринимаемой человеческим глазом длины волны $\lambda_0 = 555$ нм (см. § 4).

Пленка, дающая, согласно (12.1) и (12.2), наилучшее «просветление оптики», наносится на поверхность линзы или образуется химическим путем за счет выщелачивания части компонент стекла на глубину, равную четверти длины волны.

Третья группа практических применений интерференции — это прецизионные измерения, главным образом линейных размеров. Для этого служат приборы, называемые **интерферометрами**. Приведем схематическое описание некоторых основных типов интерферометров.

В **интерферометре Майкельсона**, изображенном на рис. 1.61, параллельный пучок лучей от источника S падает под углом 45° на плоскопараллельную стеклянную пластинку. Сторона пластинки, удаленная от S , посеребренная и полупрозрачная, разделяет луч на две части. Отраженный луч идет к зеркалу S_1 , отражается от него и, возвращаясь обратно, проходит

вновь через пластинку и попадает в зрительную трубу T . Второй луч идет к зеркалу S_2 , отражается от него, возвращается обратно и, отражаясь от пластинки, попадает в ту же трубу T , интерферируя с первым. Первый из лучей дважды проходит всю толщу стеклянной пластинки (туда и обратно). Поэтому для компенсации возникающей разности хода надо на пути второго луча поместить точно такую же пластинку из того же сорта стекла, показанную на рисунке пунктиром.

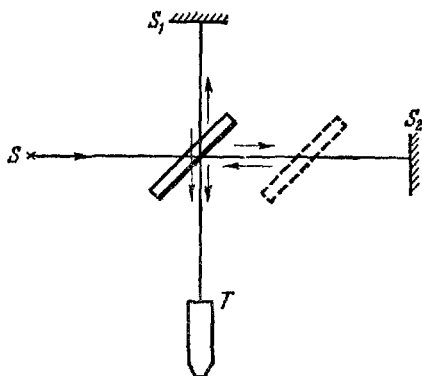


Рис. 1.61.

В зависимости от разности хода обоих лучей зрительное поле трубы T окажется светлым или темным. При перемещении зеркала S_2 на расстояние, равное $\frac{\lambda}{4}$, разность хода обоих лучей увеличится на $\frac{\lambda}{2}$ и произойдет смена освещенности зрительного поля. Более чувствительным является следующий метод. Неподвижное зеркало S_1 чуть наклоняется. Лучи, падающие на разные точки S_2 , проходят различные пути. Поэтому в окуляре будет наблюдаться уже не однородный фон, но система параллельных темных и светлых линий — «полосы равной толщины», отвечающие равноудаленным от неотклоненного положения точкам зеркала. Смещение S_2 вызовет перемещение этих полос, за которым легко следить с большой точностью. Таким путем был впервые измерен и сравнен с длиной стандартной световой волны международный эталон метра.

Возможность выполнять такие сравнения с очень высокой степенью точности привела к тому, что световую волну сделали теперь эталоном длины. В системе СИ основная единица длины метр — длина, равная 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ (см. § 51) атома криптона-86. О применении интерферометра Майкельсона для решения принципиального вопроса о существовании мирового эфира будет рассказано ниже в гл. VIII.

Для контроля за чистотой обработки металлических поверхностей высокого класса точности В. П. Линник разработал микроскоп-интерферометр, представляющий комбинацию интерферометра и микроскопа (рис. 1.62). Свет от источника S падает на разделяющий кубик, склеенный из двух призмочек. Гипотенузная грань одной из призмочек посеребрена так, что частично

пропускает, а частично отражает падающие на нее лучи. Прошедший пучок попадает на зеркало Z , отражается обратно к кубику и, отразившись от полупрозрачной грани, идет в микроскоп M . Второй луч, отразившись от полупрозрачной грани, падает на исследуемую поверхность и, отразившись от последней, проходит через кубик в микроскоп M , интерферируя с первым лучом. Зеркальце Z наклонено под небольшим углом φ так, что разность хода обоих лучей $l_2 - l_1$ вдоль поля зрения микроскопа линейно возрастает. Благодаря этому при идеальной гладкости испытуемой поверхности в поле зрения микроскопа видны светлые и темные интерференционные полосы равной толщины воздушного промежутка от кубика до зеркальца (левая часть рис. 1.62, б). Если на испытуемой поверхности есть выступы или неровности, то в этих местах изменяется ход второго луча и интерференционные полосы соответственно сдвигаются, как показано в средней и правой части рис. 1.62, б. Микронинтерферометрические методы позволяют оценить чистоту обработки поверхности с точностью порядка $0,1 \lambda$, т. е. около $0,05 \text{ мк}$.

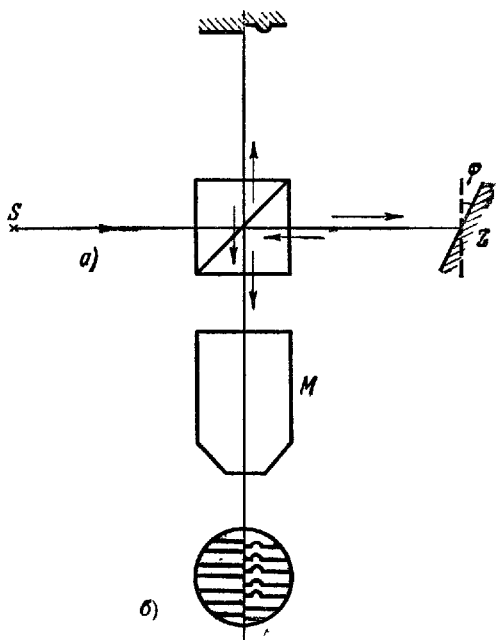


Рис. 1.62.

В газовом интерферометре, изображенном на рис. 1.63, параллельный пучок света от источника S разделяется диафрагмой D на два пучка, проходящих через две кюветы одинаковой длины l , заполняемые разными газами. Пучки вновь собираются линзой L и интерферируют друг с другом. Оптическая разность хода в этом случае равна

$$\delta = n_1 l - n l = (n_1 - n) l, \quad (12.3)$$

где n — показатель преломления эталонного, а n_1 — испытуемого газа. Интерференционная картина в виде вертикальных полос наблюдается после преломления пучков в вертикальной

цилиндрической линзе B , расположенной перпендикулярно к чертежу. Часть пучков после диафрагмы идет в воздухе над кюветами и дает интерференционные полосы в верхней части поля зрения цилиндрической линзы (рис. 1.63, б). При $n_1 \neq n$ интерференционные полосы пучков, прошедших через кювету, сдвигаются относительно эталонных полос и по величине этого сдвига можно определить разность $n_1 - n$. Таким путем можно измерять разности в показателях преломления с точностью до седьмого знака

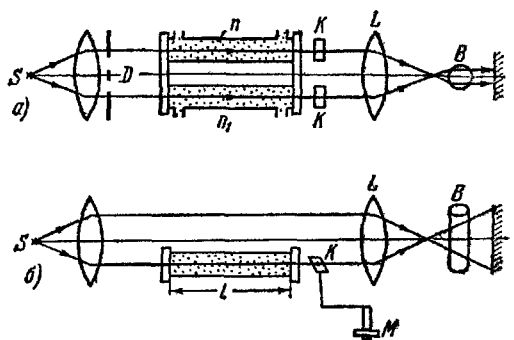


Рис. 1 63

после запятой. Поскольку показатель преломления n_1 (точнее, $n_1 - 1$) пропорционален плотности газа и зависит от его химического состава, то таким путем можно измерять небольшие концентрации примесей в газе, а также изменения его давления и температуры.

Измерения с помощью газового интерферометра можно вести и компенсационным методом. Для этого на пути лучей, проходящих через газовые кюветы, с помощью микрометрического винта вводятся стеклянные пластинки K , компенсирующие возникшую разность хода δ и возвращающие сдвинутую нижнюю систему полос до совпадения с верхней эталонной. При этом деления микрометрического винта M могут быть отградуированы непосредственно в изменениях показателя преломления $n_1 - n$ или в процентах от концентрации исследуемой примеси. Если испытуемый газ с примесью непрерывно просасывается через кювету, то таким путем можно следить за изменениями его концентрации с течением времени.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всех возможностей и многочисленных практических применений интерференции в современной технике и лишь иллюстрируют основные направления этих применений.