

учитывать потерю полуволны, происходящую в данном случае на обеих границах. Наилучшие результаты дают пленки с показателем преломления, близким к корню квадратному из показателя преломления стекла линзы. Тогда амплитуды лучей, отраженных от обеих поверхностей пленки, равны между собой.

И. В. Гребенщиков разработал простые химические методы просветления оптики путем выщелачивания поверхности стекла растворами кислот. В результате образуется поверхностный слой стекла с пониженным коэффициентом преломления. Затем были разработаны физические методы нанесения пленок фторидов при испарении в вакууме.

Если на просветленную оптику падает белый свет, представляющий смесь колебаний с различными длинами волн, то без отражения, строго говоря, проходит только одно колебание с длиной волны, в 4 раза превышающей толщину пленки. Остальные колебания будут испытывать тем большее отражение, чем сильнее их длины волн отличаются от указанной величины. Для устранения этого недостатка применяются многослойные пленки. Любопытно отметить, что, как часто бывает в технике, такие же многослойные пленки, но с другим подбором толщин применяются для получения стекол с высоким коэффициентом отражения. В сочетании с полупрозрачным слоем германия (германий очень прозрачен для инфракрасных лучей) многослойные пленки используются в последнее время для создания так называемых *холодных зеркал*. Холодные зеркала в результате интерференции обладают в видимой части спектра коэффициентом отражения, близким к единице, и вместе с тем почти прозрачны для инфракрасных лучей, сильно нагревающих в прожекторах и кинопроекторах обычные посеребренные зеркала.

## § 20. Интерферометры

Интерференционная картина чрезвычайно чувствительна к величине разности хода интерферирующих колебаний. Достаточно измениться этой разности хода на весьма малую величину, порядка доли световой волны, чтобы можно было заметить существенное изменение интерференционной картины (перемещение полос). Майкельсон применил это свойство для весьма точного измерения длин.

Устройство, предложенное Майкельсоном (*интерферометр Майкельсона*), описано выше и изображено на рис. 62. Свет от источника  $S$  падает на стеклянную пластинку  $P$ , покрытую полупрозрачным слоем серебра. Лучи одновременно отражаются к зеркалу 2 и проходят насквозь к зеркалу 1. После отражения от обоих зеркал свет возвращается к пластинке  $P$ , причем луч, идущий от зеркала 2, попадает в глаз  $E$ , пройдя сквозь пластинку, а луч от зеркала 1 — отразившись от нее. В результате интерференции появляются

темные полосы. Достаточно сдвинуть одно из зеркал в направлении луча, например, на полволны, чтобы интерференционная картина на экране сдвинулась на целую полосу. Оказывается возможным регистрировать смещение зеркал даже на десятые доли длины волны, что составляет примерно  $\frac{1}{20\,000}$  мм. Продвигая зеркало  $I$  вдоль измеряемого объекта и считая полосы, проходящие в поле зрения прибора, можно измерять длины в долях световой волны. Произведенные таким образом измерения международного эталона метра показали, что он равен 1650763,73 длины волны оранжевой

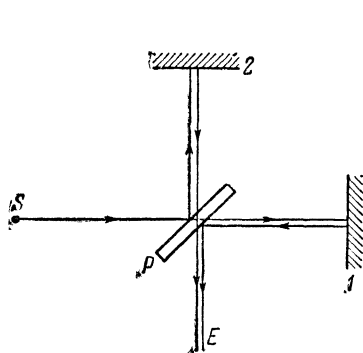


Рис. 62. Интерферометр Майкельсона.

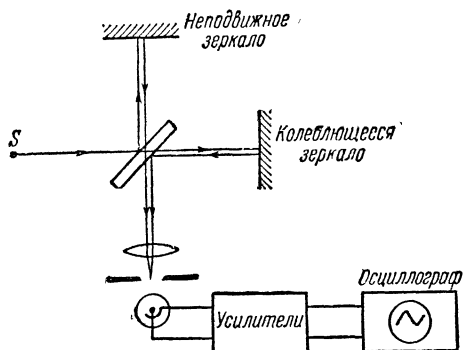


Рис. 63. Схема опыта Горелика.

линии криптона. Следует отметить, что точность таких измерений чрезвычайно велика: она составляет  $\frac{1}{2\,000\,000}$  измеряемой величины.

Интерферометр может быть использован для исследования колебаний мембран или пластин. Для этого надо изучаемую пластинку сделать отражающей свет и поместить в интерферометр вместо одного из зеркал. Тогда интерференционные полосы будут колебаться в такт с колебаниями тела. Г. С. Горелик в 1952 г. применил принципиально новый, обладающий поразительной чувствительностью метод для регистрации этих колебаний.

Изображение одной из интерференционных полос падает на узкую щель, за которой помещается фотоэлемент. Величина фототока, очевидно, зависит от расположения полосы по отношению к щели (рис. 63), максимуму яркости соответствует максимум тока. При колебаниях полосы возникают колебания тока. Чем меньше амплитуда колебаний пластинки, тем меньше амплитуда колебаний тока. При очень малых амплитудах начинают вредно сказываться случайные колебания яркости источника света. Г. С. Горелик обошел это затруднение, применив для усиления фототоков узкополосный усилитель, настроенный на частоту колебаний исследуемого тела. Усилитель отфильтровывает случайные колебания фототока, и в резуль-

тате удается уверенно регистрировать колебания мембраны с амплитудой, равной  $1 \text{ \AA}$ .

Майкельсон применил свой интерферометр для знаменитого опыта по определению эфирного «ветра». В этом опыте, как указывалось выше (§ 4), зеркала были неподвижны и по смещению полос можно было судить о соотношении скоростей света на пути до зеркала  $1$  и до зеркала  $2$  (рис. 62).

В. П. Линник чрезвычайно остроумно видоизменил интерферометр Майкельсона, приспособив его для микроскопического исследования поверхностей. На рис. 64 изображен разрез микроинтерферометра Линника. Нетрудно видеть, что это упрощенный интерферометр Майкельсона, чрезвычайно уменьшенный и помещающийся в объективе микроскопа. Луч от источника света входит в окно  $D$  и попадает в стеклянный куб  $PP_1$ , заменяющий полупосеребренную пластинку Майкельсона. Этот куб по диагонали склеен и имеет полупосеребренную прокладку. От прокладки часть света отражается вниз, через объектив  $O_1$  попадает на исследуемую поверхность  $M$  и, опять пройдя прокладку, идет вверх к окуляру микроскопа. Другая часть луча, прошедшая сразу сквозь прокладку к линзе  $O_2$ , отражается от зеркала  $S$ , возвращается обратно, частично отражается от прокладки и тоже идет вверх к окуляру.

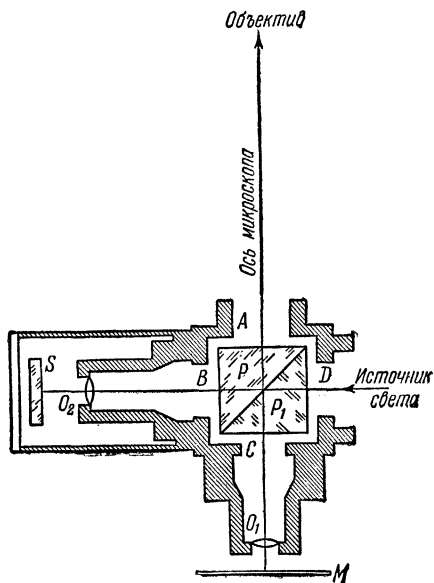


Рис. 64. Микроинтерферометр Линника.

Таким образом, зеркало  $S$  и поверхность  $M$  соответствуют зеркалам  $1$  и  $2$  в интерферометре Майкельсона. В окуляре микроскопа мы наблюдаем интерференцию двух пришедших колебаний. Всякое смещение поверхности  $M$  сказывается на интерференционной картине. В частности, наличие каких-либо борозд сейчас же даст искривление интерференционных полос. При этом форма интерференционной полосы даст сечение борозды и тем самым позволяет определить ее глубину (рис. 65).

Если на пути одного из интерферирующих лучей поставить стеклянную пластинку, то интерференционная картина существенно меняется, хотя геометрический путь лучей остается прежним. Это происходит потому, что для интерференции важна, как мы уже говорили,

не геометрическая разность хода лучей  $\delta_0$ , а оптическая разность хода  $\delta = \delta_0 n$ , где  $n$  — показатель преломления среды. В связи с этим явление интерференции может быть использовано для измерения показателей преломления, весьма близких к единице. Для таких

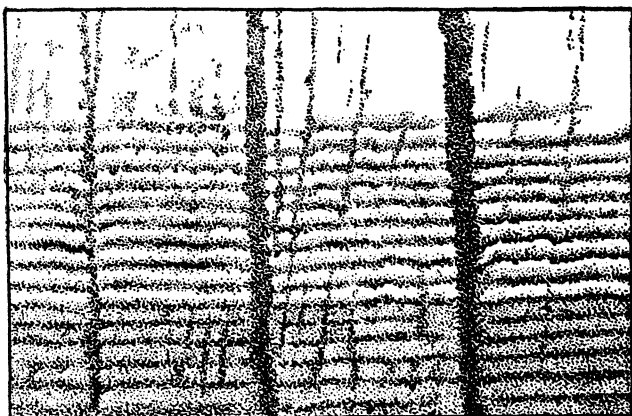


Рис. 65. Вид поверхности металла.

измерений иногда применяют *интерферометр Жамена* (рис. 66), в котором два пучка пространственно разделены. Свет от источника  $S$  отражается от двух толстых стеклянных зеркал  $M_1$  и  $M_2$ . При этом лучи света раздваиваются в  $M_1$  благодаря одновременному отражению от поверхности стекла  $a_1$  и от посеребренной грани  $b_1$ . В зеркале  $M_2$  происходит аналогичное явление. В результате лучи выходят из  $M_2$  параллельными. Когерентные лучи, выходящие из зеркала  $M_2$ , интерферируют. Вставляя на пути одного из лучей испытуемое вещество  $T$ , можно по смещению интерференционных полос, измеряемых микроскопом  $O$ , определить показатель преломления  $n$  вещества  $T$ .

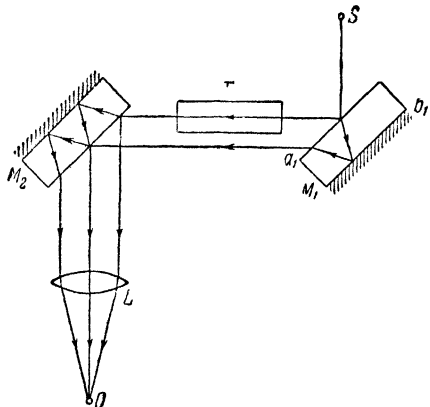


Рис. 66. Схема интерферометра Жамена.

Интерферометр Жамена нашел очень важное применение в работах Д. С. Рождественского по исследованию аномальной дисперсии (§ 43).

Интерферометры для анализа газов (рис. 67) построены по принципу Релея. Свет, проходящий через щель  $S$  и через объектив  $O$ , разделяется на два параллельных пучка щелями  $C$ . На пути лучей помещены трубки  $A$  и  $B$ , из которых одна наполнена исследуемым газом или жидкостью, другая — известным, взятым для сравнения, веществом. Различие показателей преломления веществ вызывает смещение полос, получающихся вследствие интерференции обоих световых пучков. Измерение смещения полос позволяет определять относительный показатель преломления.

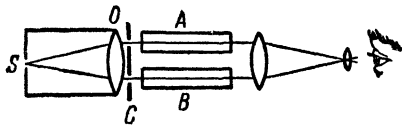


Рис. 67. Схема интерферометра Релея.

Интерференционные полосы настолько чувствительны к изменениям показателя преломления, что с помощью их можно, например, сфотографировать воздушные волны, которые возникают при полете пули. Эти волны являются местными сгущениями и разрежениями воздуха и, следовательно, обладают показателем преломления, несколько отличным от окружающей среды.

Интерференционные полосы настолько чувствительны к изменениям показателя преломления, что с помощью их можно, например, сфотографировать воздушные волны, которые возникают при полете пули. Эти волны являются местными сгущениями и разрежениями воздуха и, следовательно, обладают показателем преломления, несколько отличным от окружающей среды.

## § 21. Интерференционное измерение технических мер длины

В технике широко пользуются так называемыми *концевыми мерами*, или *плитками Иогансона*. Концевые меры — это стальные плитки, две противоположные стороны которых хорошо отполированы и сделаны строго параллельными друг другу. Расстояние между этими поверхностями называется длиной концевой меры. Если положить одну плитку на другую и слегка придавить, то потом их трудно разъединить: настолько плотно они прилегают друг к другу. В таблице приведены данные, характеризующие точность, с которой, согласно стандарту, должны быть изготовлены измерительные плитки. Данные соответствуют высшему классу точности.

Длина концевой меры в мм	0,1	10	50	100	1000
Отклонения от заданной длины в мк . . . . .	0,1	0,1	0,2	0,3	2,1

Мы видим, что концевая мера длиной в 100 мм должна быть сделана с ошибкой, значительно меньшей (0,3 мк), чем средняя длина световой волны (0,5 мк).

Ясно, что при такой степени точности изготовления измерительных плиток проверять их длину можно только интерференционным методом. Простой, но дающий большую точность интерференционный