

Резюмируя можно утверждать, что найден эффективный метод преодоления основного недостатка диффракционной микроскопии — синфазности голограммы — ведущего к искажению изображения. Таким образом, осуществление диффракционного микроскопа становится уже делом его технического усовершенствования, что при современном состоянии экспериментальной техники представляется сравнительно не трудным. Вряд ли представит трудности и использование его в электронной микроскопии. Значительно сложнее дело обстоит с рентгено-оптическим микроскопом, ибо не вполне пока ясно, каким путём может быть получена антиголограмма. Во всяком случае перед диффракционной микроскопией открывается широкое будущее, и можно ожидать, что в ближайшее время она займёт значительное место в микроскопических исследованиях.

Г. Р.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. УФН **35**, 595 (1948).
2. УФН **43**, 144 (1951).
3. W. L. Bragg a. G. L. Rogers, *Nature* **167**, 190 (1951).
4. G. L. Rogers, *Nature* **166**, 237 (1950).
5. W. L. Bragg, *Nature* **166**, 399 (1950).
6. D. Gabor, *Proc. Roy. Soc. A* **197**, 454 (1949).
7. M. F. Haine a. J. Dyson, *Nature* **166**, 315 (1950).
8. M. J. Buerger, *J. Appl. Phys.* **21**, 909 (1950). См.²

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ МИКРОСКОП

За последнее время в микроскопии получил широкое распространение метод фазового контраста, позволяющий получать контрастные изображения прозрачных объектов. Свообразным видоизменением этого метода является интерференционный микроскоп, предложенный автором реферруемой работы *). Идея метода заключается в предварительном получении интерференционного изображения объекта в натуральную величину с последующим рассматриванием его в обыкновенный микроскоп.

Принцип действия устройства ясен из рисунка. Освещающий конус лучей из конденсора (не изображён на рисунке), отображающего источник света на объект, падает на плоскопараллельную пластинку, верхняя поверхность которой покрыта полупрозрачным слоем серебра. На нижней поверхности пластинки нанесено непрозрачное отражающее серебряное «пятно», размеры которого несколько больше поля зрения микроскопа.

Луч света, упавший на верхнюю полупрозрачную грань пластинки, частично проходит через неё, попадая на объект, частично же отражается на «пятно». Затем обе части луча попадают на вторую плоскопараллельную (идентичную с первой) пластинку, обе грани которой покрыты полупрозрачными слоями серебра; луч, отражённый от «пятна», частично проходит через неё, луч же, прошедший через объект, частично проходит через неё, испытав предварительно два отражения. В результате лучи воссоединяются и следуют далее по общему направлению. (Таким образом, эта часть устройства действует аналогично интерферометру Жамена). Выйдя из верхней плоскопараллельной пластинки, объединённые лучи попадают на сферическую отражающую поверхность (центр сферы совпадает с центром «пятна»; верхняя грань верхней плоскопараллельной пластинки делит радиус сферы пополам). Испытав отражение от сферической поверхности,

*) J. Dyson, *Proc. Roy. Soc. A* **204**, 107 (1950).

лучи возвращаются, испытывают частичное отражение на верхней грани верхней плоскопараллельной пластинки и собираются в небольшом «окне», проделанном в отражающем серебряном слое, покрывающем сферу.

Таким образом, на «окне» получаются два когерентных действительных изображения источника света: одно — создаваемое лучами, прошедшими через объект, другое — минувшими его лучами, отразившимися от «пятна». Вследствие интерференции в плоскости «окна» получается интерференционное изображение объекта, рассматриваемое затем с помощью обыкновенного микроскопа.

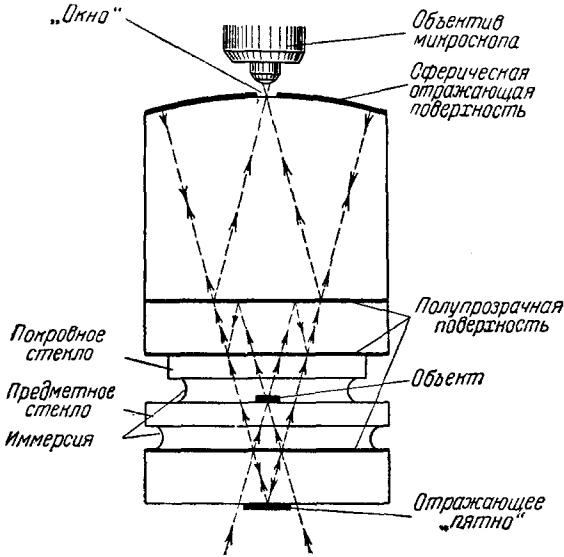


Схема интерферометра для интерференционного микроскопа.

Поскольку конус «лучей сравнения», отразившихся от «пятна», лишён центральной части (задержанной «пятном» при начальном падении на систему) и имеет в плоскости объекта диаметр несколько миллиметров, постольку наличие объекта не вносит в него сколько-нибудь заметных искажений. В отсутствие объекта разность фаз интерферирующих лучей возникает только в результате фазовых скачков при отражениях. Наличие объекта вносит дополнительную разность фаз, что и ведёт к образованию интерференционного изображения объекта, — фазовая модуляция одного из лучей преобразуется при этом в амплитудную модуляцию.

Так как размеры «окна» лишь немногим превышают размеры поля зрения микроскопа, а все многочисленные побочные отражения дают побочные изображения на расстоянии нескольких миллиметров от центра «окна» (т. е. не попадают в объектив микроскопа), то наличие побочных отражений не ведёт к искажению изображения и сказывается только на уменьшении его интенсивности. Автор указывает, что отчётливое интерференционное изображение объекта получается не только в монохроматическом, но и в белом свете.

Если пластинки не точно плоскопараллельные, а представляют собой клинья с малым углом, ориентированные навстречу друг другу, то небольшое смещение их друг относительно друга позволяет изменять разность хода интерферирующих лучей и таким образом менять как характер поля, на котором получается изображение, так и характер самого изображения (соответствующее устройство подробно описывается автором).

Анализ, проведённый автором, показывает, что в случае фазового контраста (прозрачные объекты) наилучшие результаты достигаются при затемнённом поле и равенстве интенсивностей обоих интерферирующих лучей. В случае амплитудного контраста (поглощающие, но не преломляющие объекты) контрастность изображения вдвое меньше, чем при использовании обычного микроскопа.

Для получения интерференционного изображения объекта необходимо, чтобы оба изображения источника света точно налагались друг на друга, т. е. чтобы соответственные точки обоих интерферирующих изображений совпадали, ибо различные части изображения источника света некогерентны между собой. Поэтому для получения контрастного изображения необходимо, чтобы смещение друг относительно друга двух интерферирующих изображений источника, получающихся на «окне», было мало по сравнению с пределом разрешения для числовой апертуры освещающего конуса лучей. Это накладывает жёсткие требования на взаимное расположение пластин интерферометра.

Автор подробно описывает как конструктивное выполнение интерференционного микроскопа, так и методику работы с ним. Отсылая за подробностями к оригинальной работе, укажем только, что нижняя пластина интерферометра устанавливается на столике микроскопа с помощью несложного приспособления, позволяющего легко осуществлять регулирование её положения. Верхняя часть интерферометра (вместе с покровным стеклом) жёстко прикрепляется непосредственно к объективу микроскопа. Предметное стекло с объектом располагается на нижней пластинке; зазоры между предметным стеклом и обеими пластинами интерферометра заполняются иммерсией. При грубой установке интерферометра наблюдаются полосы равной толщины, к устранению которых и сводится, в основном, его регулирование. Автор отмечает, что обращение с интерферометром не требует большого навыка.

Можно было бы ожидать, что такого рода интерферометр пригоден только для исследования весьма тонких объектов. Однако специальный расчёт, проведённый автором, показывает, что ограничения эти не столь жёстки и не ведут к серьёзным затруднениям при микроскопических исследованиях.

Серия микрофотографий различных объектов, приводимая автором, иллюстрирует возможности такого устройства. Изображения, получаемые с его помощью, весьма контрастны, не уступая в этом отношении изображениям, получаемым иными методами. Интерференционный микроскоп может быть использован также для измерений показателя преломления микроскопических объектов. Техника такого его применения также описывается автором. В частности, измерение показателя преломления цитоплазмы эпителиевых клеток языка привело его к значению $n = 1,358 \pm 0,010$, что свидетельствует о сравнительно высокой точности измерений.

К достоинствам прибора автор относит:

1. Возможность использования стандартного микроскопа без сколь угодно значительных переделок.

2. Отсутствие ограничений в апертуре осветителя.

3. Возможность регулирования характера получаемого изображения (относительным смещением пластин интерферометра), что позволяет легко добиваться оптимальных условий видимости объекта.

4. Возможность измерения оптической толщины, а следовательно и показателя преломления объекта.

5. Возможность использования белого света.

Основным недостатком устройства автор считает большие потери света (для получения микрофотографии в монохроматическом свете требуется около 0,2 сек.).

Не вызывает сомнения, что интерференционные микроскопы найдут себе после надлежащего совершенствования широкое применение.

В. Юрьев

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДАМИ МНОГОЛУЧЕВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Развитие многолучевой интерферометрии, позволившее осуществлять исследования микрорельефа поверхностей с точностью до 10 \AA , открыло также возможность исследования колебаний поверхности пьезоэлектрических кристаллов и других объектов. Среди ряда работ, посвящённых этому вопросу, наибольший интерес представляет статья Толанского и Бердсли*). Авторы подробно описывают как методику измерений, так и полученные результаты. Методика сводится, в основном, к созданию многолучевого интерферометра, одной из пластин которого является колеблющаяся поверхность. При этом возможны два типа опытов. В одном из них, предназначенном для изучения стоячих волн, измерения ведутся при непрерывном освещении.

Отчётливо наблюдаемое при этом размывание интерференционных полос выявляет местоположение пучностей, а степень размывания позволяет измерять амплитуду колебаний. Смещения и повороты интерференционных полос, легко осуществляемые с помощью изменения взаимного расположения пластин интерферометра, создают возможность детального исследования структуры стоячих волн по всей поверхности. Авторы приводят многочисленные фотографии, убедительно свидетельствующие об эффективности метода и дающие исключительно наглядную картину колебаний поверхности пьезокварца. Любопытно, что даже при частотах порядка 10^6 гц и амплитудах порядка тысяч ангстрем скорости отдельных элементов поверхности весьма малы (порядка нескольких см/сек) и влияние эффекта Доплера совершенно пренебрежимо. Столь же пренебрежимо и влияние изменений показателя преломления воздушной прослойки, разделяющей пластины интерферометра. Поэтому контуры интерференционных полос дают действительный рельеф колеблющегося кристалла.

Поскольку в отражённом свете интерференционные полосы выявляются в виде тонких тёмных линий на светлом фоне, постольку при их размывании видимость интерференционной картины оказывается значительно хуже, чем в проходящем свете. Поэтому, безусловно, следует отдать предпочтение измерениям в проходящем свете, особенно при больших амплитудах колебаний. Вообще картина колебаний поверхности получается тем нагляднее, чем меньше амплитуда колебаний и чем гуще расположение интерференционных полос.

*) S. Tolansky a. W. Bardsley, Proc. Phys. Soc. **B64**, 224 (1951).