

В. А. САВИН

МИКРОСКОП ДЛЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Представлено академиком В. П. Линником 15 IX 1949)

Попытка соединения микроскопа с интерферометром для наблюдения слабоконтрастных деталей прозрачного объекта представляется весьма многообещающей (1).

Ранее описанные схемы соединения микроскопа с интерферометром (2, 3) для измерения показателя преломления в мелких кристаллических зернах не позволяли применять объективы микроскопов сильных увеличений и с большой апертурой.

Описываемый ниже прибор дает возможность пойти в этом направлении значительно дальше.

Прибор представляет собой соединение микроскопа с интерферометром Саньяка (4). Схема прибора представлена на рис. 1. Изображение источника света 1 проектируется конденсорной линзой 2 и рефлектором 3 в положении 1'. Полупрозрачный зеркальный слой 4, нанесенный на поверхности одной из двух одинаковых склеенных призм, разделяет поток света, падающий на него от 1', на две равные по интенсивности части, направляемые зеркалами 5 и 9 в равные по увеличению и апертуре микрообъективы 6 и 8, предметные плоскости которых раздвинуты по оси на небольшое расстояние a .

Объектив 6 дает изображение источника света I_6'' , а объектив 8 — изображение I_8'' .

Лучи, образующие изображение I_6'' какой-либо точки источника света, пройдут через объект 7, введенный в предметную плоскость объектива 6, на весьма узком его участке, на котором разность хода, вносимая объектом по сравнению со слоем воздуха такой же толщины, будет иметь значение

$$\delta_0 = \int_0^{t_0} (n - 1) dt,$$

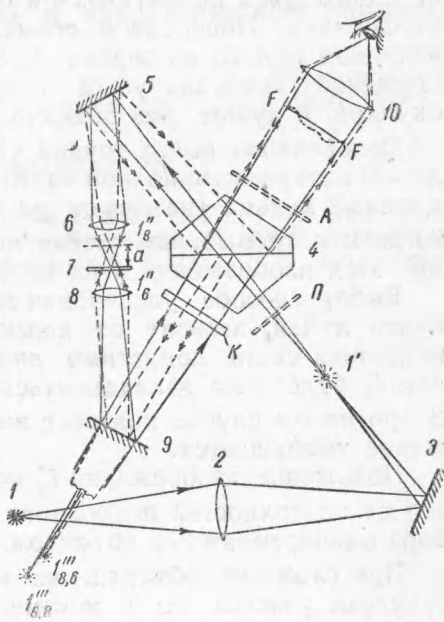


Рис. 1

где t_0 — толщина объекта на участке, покрываемом изображением I_6' источника света, а n — показатель преломления вещества объекта, неодинаковый в разных точках объекта.

Симметричное изображение I_8' той же точки источника света образуется пучком лучей, прошедшим через рассматриваемый объект на широком его участке.

Разность хода δ на других различных участках объекта будет определяться аналогичным уравнением без знака 0.

В плоскость изображения FF , рассматриваемую через окуляр 10, объектив 6 направляет искаженную местными неоднородностями объекта световую волну, обозначенную на рисунке пунктиром. Одновременно объектив 6 создает в этой плоскости изображения контуров деталей объекта. Объектив 8 направляет в плоскость FF только неискаженную волну, идущую через объект в обратном направлении и обозначенную на рисунке сплошной линией. Взаимное наложение этих когерентных волн дает в плоскости FF на фоне изображения контуров объекта интерференционную картину, цвет и освещенность которой на каждом участке объекта зависят от разности $\delta - \delta_0$.

Для наблюдения интерференционной картины в поле зрения прибора предвзвешенно должно быть выполнено совмещение изображений $I_{6,8}'''$ и $I_{8,6}'''$. По глубине совмещение достигается одновременным передвижением объективов 6 и 8 вместе с объектом вдоль оси системы микроскопа. Поперечное совмещение изображений осуществляется наклоном одного из зеркал 4, 5, 9. Первоначально совмещение изображений контролируется непосредственно глазом при вынутом окуляре, и лучше без объекта.

Дальнейшая, более точная установка производится уже по наблюдению интерференционной картины через окуляр. Мелкие интерференционные кольца указывают на несовмещение $I_{6,8}'''$ и $I_{8,6}'''$ по глубине, тогда как прямые, но частые полосы являются следствием расхождения этих изображений в их общей плоскости, параллельной FF .

Выбор способа увеличения апертурного угла, освещающего объект пучка лучей, зависит от характера объекта. Увеличение размеров источника света допустимо лишь до тех пор, пока его изображение I_6' будет еще накладываться на участок объекта с постоянной δ_0 . В противном случае контраст интерференционной картины на изображении уменьшается.

Положение изображения I_6' источника света узнается по отражению его от поверхностей покровного стекла, видимому в поле зрения прибора одновременно с объектом.

При сложном объекте, на котором не имеется достаточного по размерам участка его с неизменной δ_0 , апертуру освещения можно увеличить, уменьшая расстояние a соответственным сближением или раздвижением объективов 6 и 8. Объективы больших увеличений, $40\times$ и $90\times$, будут при этом настолько близки друг к другу, что даже тонкие объекты придется заклеивать между двумя покровными стеклами.

Рассеянный свет, происходящий от многочисленных отражений на поверхностях объективов, покровных стекол и призм 4, заметно снижает контрастность изображения. Следующее поляризационное приспособление позволяет погасить весь вредный отраженный свет. Лучи, образующие изображение I' , проходят через поляроид — поляризатор Π , ориентированный так, что пропускаемые им световые колебания на лучах будут лежать в плоскости рисунка. Между зеркалами 4 и 5 или 9 помещается пластинка K из кристаллического кварца, с правым или левым вращением, толщиной 3,75 мм. Ось кварца пер-

пендикулярна граням пластинки. Вращение плоскости поляризации для такой пластинки в желтых лучах равно 90° .

Отраженный от оптических поверхностей прибора свет приходит в плоскость изображения FF с неизменным направлением колебаний на лучах, лежащих в плоскости рисунка.

Этот свет может быть погашен поляроидом-анализатором A , помещенным где-либо между зеркалом Z и глазом.

Напротив, все полезные лучи обязательно проходят через кварцевую пластинку K и притом только один раз, вследствие чего плоскость световых колебаний на них поворачивается на 90° . Анализатор A , гасящий отраженные лучи, хорошо пропустит желтые лучи и несколько ослабит красные и синие, вращение плоскости поляризации для которых будет больше или меньше 90° .

Описанный прибор обладает той же чувствительностью, что и фазово-контрастный микроскоп Цернике⁽⁵⁾, но в отличие от последнего позволяет наблюдать оптические разрезы таких сложных объектов, которые совершенно неудовлетворительно изображаются фазово-контрастным микроскопом, вследствие его ограниченной апертуры освещения. Кроме того, в описанном приборе контрастно вырисовываются неоднородные по показателю преломления включения, независимо от их размеров и плавности изменения n , тогда как в фазово-контрастном микроскопе относительно сильнее выступают изображения самых малых по площади включений и лишь узкие края широких включений с резким изменением δ .

Поступило
2 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Линник, Изв. АН СССР, сер. физ., № 4-5, 507 (1937). ² E. Gehrcke, Handb. d. physik. Optik, 1, 453 (1927). ³ А. А. Лебедев, Тр. ГОИ, 5, 53 (1931). ⁴ E. Gehrcke, Handb. d. physik. Optik, 1, 458 (1927). ⁵ A. Köhler u. W. Loos, Naturwiss., 29, 49 (1941).