

БИБЛИОТЕКА
ЛЭТИС
ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

С. Я. СОКОЛОВ

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МИКРОСКОП

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 30 XI 1948)

Оптический микроскоп, изобретенный в XVII веке, постепенно развивался и в настоящее время доведен до высокого совершенства: предметы размером порядка $0,1 \mu$ могут быть еще различимы.

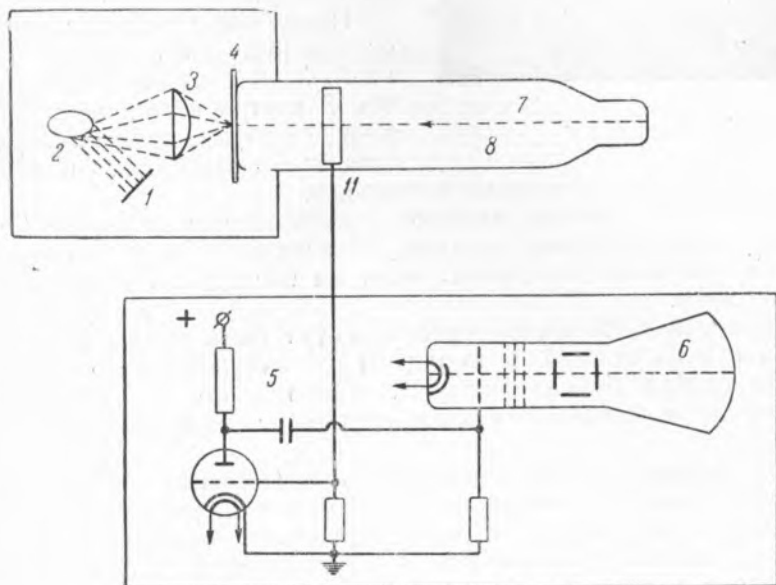


Рис. 1

Однако дальнейшее увеличение разрешающей силы ограничено длиной волны видимого света и конструктивными возможностями.

Увеличение разрешающей силы может быть достигнуто только путем уменьшения длины волны применяемого излучения. Эта задача была за последние годы блестяще решена с помощью электронного микроскопа, позволяющего различать предметы размером порядка ангстрем.

В настоящее время, в связи с успешным развитием ультразвуки, нашедшей широкое применение в различных областях физики и техники, представляется возможным создать ультразвуковой микроскоп.

С его помощью также будет возможно наблюдать мельчайшие предметы и неоднородности в любой оптически прозрачной и даже непрозрачной среде.

Настоящая статья имеет целью описать принцип действия ультразвукового микроскопа, предложенного автором еще в 1936 г. (1). С помощью ультразвукового микроскопа можно получить правильное изображение предмета малых размеров в увеличенном размере в оптически непрозрачной среде, а также изображение мелких неоднородностей и включений в изучаемой среде.

Как показывает расчет, ультразвуковой микроскоп может дать увеличение в сотни и тысячи раз. Сущность метода состоит в следующем.

Узкий пучок ультразвуковых лучей (рис. 1), излучаемых пьезоэлектрической кварцевой пластинкой 1, „освещает“ рассматриваемый предмет 2. Отраженные от предмета ультразвуковые лучи падают на акустическую собирательную линзу 3, в фокусе которой установлен приемник 4, представляющий собою пьезоэлектрическую кварцевую (или из любого другого пьезоэлектрического материала) пластинку.

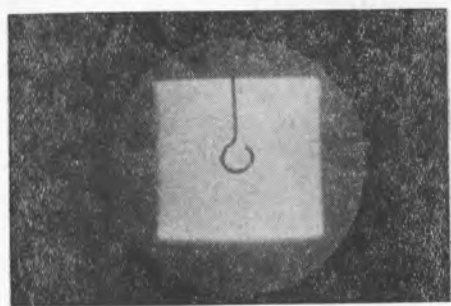


Рис. 2

Приемная пластинка является основанием (дном) катодной трубки 8. Узкий пучок катодных лучей 7 внутри катодной трубки падает на внутреннюю поверхность приемной пластинки и выбивает

с ее поверхности вторичные электроны.

Вторичная электронная эмиссия, собирающаяся на аноде 11, может изменяться под действием зарядов, образованных на внутренней поверхности приемной пластинки, если на последнюю падают ультразвуковые лучи.

Эти изменения вторичной эмиссии могут быть усилены с помощью специального усилителя и переданы на модуляционное устройство катодной трубки 6 (передающей), которое меняет интенсивность катодного луча трубки 6 в соответствии с изменением вторичной эмиссии.

Таким образом, если осуществить известными из телевидения методами синхронное движение по строкам и кадрам катодных лучей трубок 6 и 8, то распределение электрических зарядов на приемной пластинке, соответствующее форме ультразвукового поля в фокусе линзы, будет видно на экране катодной трубки 6.

Так как форма ультразвукового поля в фокусе линзы в точности соответствует контуру рассматриваемого предмета, то на экране трубки 6 мы будем видеть облучаемый предмет. Перемещение предмета будет, разумеется, вызывать перемещение его изображения на экране.

Следует отметить, что кварцевая пластинка на своей поверхности выделяет пьезоэлектрические заряды в точности в тех же точках, в которых имеет место деформация пластинки. Поэтому картина распределения пьезоэлектрических зарядов на поверхности кварцевой пластинки в точности соответствует форме ультразвукового поля, действующего на кварцевую пластинку.

Коэффициент усиления наблюдаемого на экране трубки 6 изображения предмета будет равен отношению линейных размеров кадров лучей трубок 8 и 6.

Четкость изображения зависит от площади поперечного сечения катодного луча трубки δ и от отношения длины волны к размерам рассматриваемого предмета. Для увеличения вторичной эмиссии целесообразно внутреннюю поверхность приемной пластинки покрыть специальным мозаичным слоем, обладающим большой вторичной эмиссией.

Следует заметить, что, как показывают последние работы автора, могут быть получены ультразвуковые волны с частотой порядка $3 \cdot 10^9$. Длины ультразвуковых волн при этих частотах становятся сравнимыми с длинами волн видимого света.

При очень высоких частотах ультразвуковых волн необходимость в ультразвуковой линзе Z отпадает.

Таким образом, с помощью ультразвукового микроскопа изображения мельчайших предметов и неоднородностей, находящихся в любой оптически непрозрачной среде, могут быть видимы в сильно увеличенном размере.

На рис. 2 показано изображение металлического кольца при увеличении в 10 раз. Кольцо погружено в непрозрачную жидкость (трансформаторное масло).

Рассматриваемые предметы могут быть „освещаемы“ как непрерывными ультразвуковыми лучами, так и излучениями в виде импульсов.

Поступило
13 XI 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. Я. Соколов, ЖТФ, 11, 1, 2, стр. 160, 169 (1941). ² Авторское свидетельство С. Я. Соколову № 49426 кл. 42, 31 авг. 1936 г. ³ Ам. пат. С. Я. Соколову № 2164, 185, 1937 г.