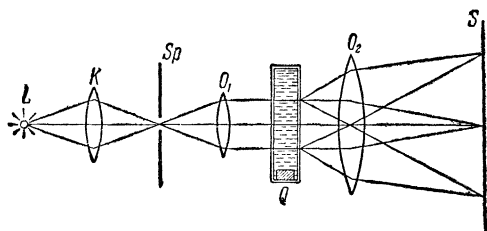


§ 32. Дифракция света на ультразвуковых волнах

Совершенно своеобразный вид дифракционных картин наблюдается при дифракции света на ультразвуковых волнах, распространяющихся в жидкостях и твердых телах. Это очень интересный случай дифракции волн одной природы (световых) на волнах другой природы (звуковых). Схема установки изображена на рис. 111. Свет от источника света L фокусируется конденсором K на узкую щель Sp , помещенную в главном фокусе линзы O_1 , дающей параллельный пучок лучей, собираемый линзой O_2 на экране S . Между линзами O_1 и O_2 в параллельном пучке помещен сосуд с жидкостью,



на дне которого находится пьезокварц Q , генерирующий ультразвуковые волны. Таким образом, ультразвуковые волны распространяются в направлении, перпендикулярном к световым волнам.

Рис. 111. Дифракция света на ультразвуковых волнах,

Ультразвуковые волны образуют периодические сжатия и разрежения жидкости, сопровождающиеся

соответствующими колебаниями показателя преломления; такая среда с периодически изменяющимся от точки к точке показателем преломления действует на световые волны как дифракционная решетка.

Чередование сжатий и разрежений соответствует чередованию прозрачных и непрозрачных участков в обычной решетке.

При пользовании белым светом на экране S по бокам центрального изображения щели Sp появляется ряд чрезвычайно ярких дифракционных спектров. При монохроматическом освещении на экране возникает ряд резких дифракционных полос. Так как расстояние между «щелями» решетки равно в данном случае длине ультразвуковой волны Δ , то с уменьшением Δ , т. е. с увеличением частоты ультразвуковых колебаний, расстояние между дифракционными максимумами возрастает.

На рис. 112 изображены дифракционные спектры, полученные в ксилоле при частотах, относящихся, как 1 : 3 : 5. Расстояние между максимумами при постоянной частоте генератора будет, очевидно, зависеть от скорости распространения ультразвуковых волн в жидкости. С увеличением скорости будет возрастать длина волны, равная произведению частоты на скорость. Измеряя расстояние между дифракционными максимумами, можно, таким образом, очень точно определять скорость распространения ультразвуковых волн в различных прозрачных веществах.

Дифракция света на скрещенных под прямым углом ультразвуковых пучках обладает всеми особенностями дифракции на пространственной решетке (рис. 113).

Совершенно ясно, что рис. 112 и 113 ни в коей мере *не являются изображениями* ультразвуковых волн (например, на рис. 112 картины *a, б и в* соответствуют у м е н ь ш а ю щ и м с я расстояниям между сжатиями).

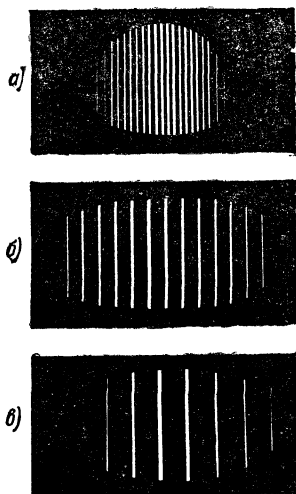


Рис. 112. Дифракционные спектры при различных частотах ультразвука в ксилоле.

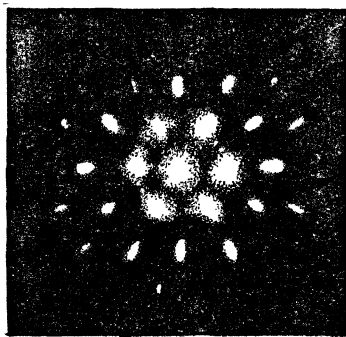


Рис. 113. Дифракция на скрещенных под прямым углом ультразвуковых пучках.

Однако небольшое изменение схемы рис. 111 приводит к возможности получать изображения самих волн. На рис. 114 изображена такая измененная схема. Вся разница заключается в том, что экран *S* уже не находится в главном фокусе линзы O_2 . Сосуд и экран *S*

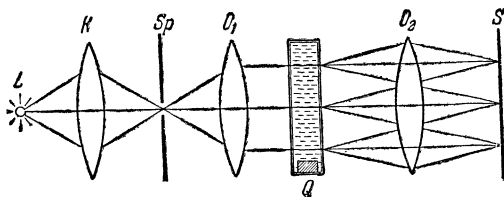


Рис. 114. Схема, поясняющая как получается изображение ультразвуковых волн (обозначения такие же, как на рис. 111).

расположены в сопряженных по отношению к линзе O_2 плоскостях (определяемых из формулы линзы; § 9). Линза O_2 теперь дает изображение сосуда с жидкостью. При таком расположении весь свет,

расходящийся из одной точки, благодаря дифракции по разным направлениям собирается линзой O_2 в одну точку на экране S . Дифракционные спектры получаются опять в главной фокальной плоскости линзы O_2 , но теперь эта плоскость уже не совпадает с экраном S , а лежит между ним и линзой. Поэтому на экране S мы видим не сами дифракционные спектры, а картину интерференции между колебаниями, идущими от отдельных максимумов дифракционных спектров («вторичная интерференция»). В результате этой интерференции и возникает изображение ультразвуковых волн на экране (рис. 115).

При наблюдении по схеме рис. 111 линза O_2 сводит в одну точку лучи, вышедшие из разных точек, но обладающие одинаковым направлением, при наблюдении по схеме рис. 114, наоборот, линза O_2 собирает в одну точку лучи, вышедшие из одной точки сосуда, но имеющие разные направления.

Следует указать, что то же самое наблюдается при получении всякого изображения в любом оптическом приборе. В частности, такое же рассмотрение лежит в основе теории микроскопа по Аббе (§ 34).

Теорию изображения ультразвуковых волн мы изложили несколько упрощенно. На самом деле необходимо учитывать и искривление световых лучей, происходящее из-за непрерывного изменения показателя преломления в жидкости. Приведенное рассуждение строго справедливо только для обычных решеток с чередующимися прозрачными и непрозрачными местами.

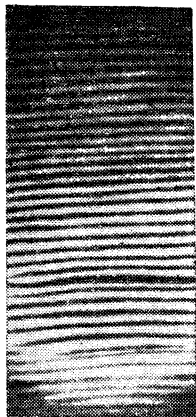


Рис. 115. Изображение ультразвуковых волн.

Дифракция света на ультразвуковых волнах уже нашла себе ряд чисто технических применений. Наиболее важным из них является пока модулирование (изменение) светового луча. Модулирование светового луча основано на росте яркости дифракционных спектров с увеличением амплитуды ультразвуковых волн. Для модулирования применяется схема, представляющая собой небольшое изменение схемы рис. 114. Вместо экрана S помещается небольшой экранчик (рис. 116), загораживающий только центральное изображение щели. Тогда за этот экранчик приходит только свет, сосредоточенный в дифракционных спектрах. Количество света, прошедшего за экранчик, будет, очевидно, тем больше,

чем больше яркость этих спектров, т. е. чем больше амплитуда ультразвуковых колебаний. За экранчиком помещают линзу O_2 , которая сводит все спектры в одно изображение щели. При этом удается получить примерно линейную зависимость между яркостью

изображения и напряжением, которое действует в генераторе ультразвуковых волн.

Очевидно, что схема рис. 114 может быть изменена на обратную. Для этого достаточно заменить экранчик, загораживающий центральное изображение, большим экраном со щелью, пропускающей только это изображение. Яркость центрального изображения, а следовательно, и количество прошедшего в этом случае света будут

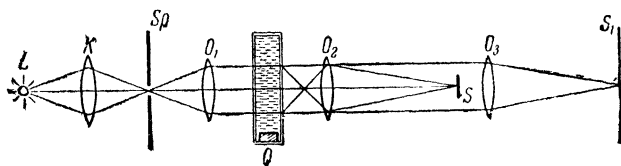


Рис. 116. Схема модулирования света.

убывать с увеличением напряжения в генераторе, так как чем выше напряжение, тем больше света рассеивается в стороны благодаря дифракции и не проходит в щель.

Напряжение генератора регулируется приходящими радиосигналами. Преимущество такого модулятора света состоит в его большой светосиле.

§ 33. Дифракция от мелких частиц

Почти во всех описанных выше дифракционных явлениях мы имели дело с препятствиями, значительно большими, чем длина волны. При этом можно было считать, что объекты, вызывающие явление дифракции, экранируют часть фронта волны, пропуская остальную неизменной. Из фронта волны вырезается кусок, так же как из большого листа бумаги вырезается ножницами кусок. На самом деле у края любого экрана происходит искривление фронта волны, так же как край вырезанного куска бумаги всегда несколько загнут, особенно если вырезать тупыми ножницами. Однако это искривление распространяется на столь малое пространство, что у объектов, превышающих длину волны в сотни раз, им можно пренебречь по сравнению с заслоняющим действием экрана.

Изменение формы волны делается существенным, когда экран сравним по размерам с длиной волны или значительно меньше ее. В этих случаях характер дифракционной картины будет уже зависеть от материала и формы краев экрана в отличие от условий опыта Френеля. Например, при распространении длинных радиоволн вдоль земной поверхности сказывается весьма сильно проводимость Земли. Здесь размер волн и препятствий очень велик (несколько километров).