

ции фикоциана (максимум флуоресценции находится при $610 \text{ м}\mu$). Весьма вероятно, что практически весь ультрафиолетовый квант переносится на хромофор, в котором и происходит конверсия в красный квант. С другой стороны, также возможно, что до хромофора доходит лишь часть энергии ультрафиолетового кванта. Представляет большой интерес выяснить, какая из этих возможностей имеет место. Однако этот вопрос не может быть решён на основании данных, получаемых в рассматриваемом опыте.

Л. Б.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Теренин, УФН 43, 347 (1951).
2. F. Kubowitz, E. Haas, Biochem. Zeits. 257, 337 (1932).
3. O. Warburg, Angew. Chem. 45, 1 (1932).
4. T. Bücher, J. Kaspers, Biochim. et Biophys. Acta 1, 21 (1947).
5. А. Н. Теренин, А. А. Красновский, УФН 37, 65 (1949).
6. T. Bannister, Arch. Biochim. and Biophys. 49, № 1, 222 (1954).

«АКСИКОНОВАЯ» ОПТИКА

Термином «аксиконы» объединяется широкий класс оптических элементов, имеющих осевую симметрию и дающих множественные изображения точечного источника, располагающиеся вдоль оси элемента. Теория такого

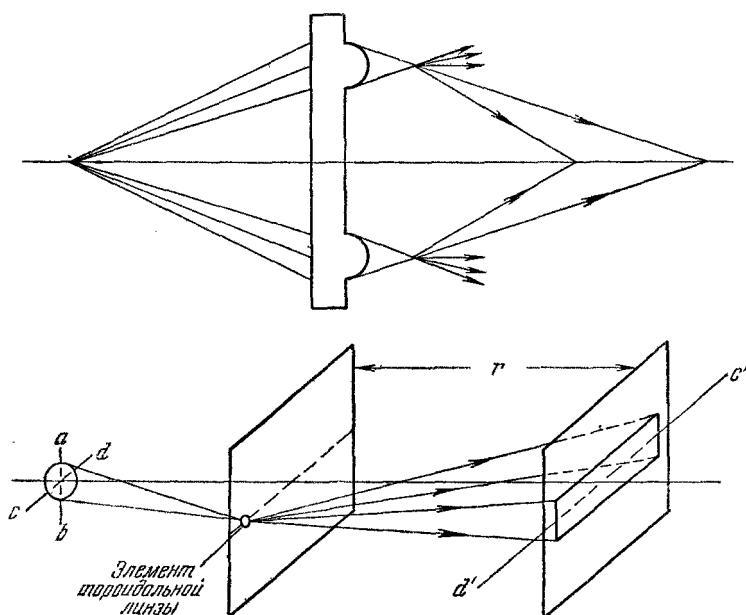


Рис. 1.

рода устройств ещё совершенно не разработана, за исключением некоторых частных случаев — скажем, зональной решётки. Вместе с тем они неоднократно применялись на практике. В реферируемой статье делает-

ся попытка выяснять некоторые общие свойства устройств этого типа и наметить пути их применения*). Однако автор, по существу, ограничивается только «грубыми» аксиконами, в которых интерференционные явления не имеют значения, оставляя в стороне вопросы, связанные с аксиконами типа зональной решётки. Тем не менее статья представляет очевидный интерес, ибо направляет исследовательскую мысль в новое, ещё не изведанное русло.

Аксиконовая оптика представляет собой преломляющие или отражающие поверхности, образованные вращением вокруг оси некоторой, вообще говоря произвольной, кривой. Простейшим аксиконом является кольцевая диафрагма, нашедшая себе широкое применение как в фазовой микроскопии, так и в ряде других устройств. Набор таких кольцевых аксиконов образует, как известно, фазовую пластинку. Действие такого рода аксиконов существенно связано с дифракционными явлениями. Однако, как нетрудно видеть, наличие последних не является необходимым. В частности, циркулярное отверстие может быть заменено тороидальной линзой или тороидальной выемкой в прозрачной пластине. В этом случае действие аксикона будет обусловлено не дифракцией, а преломлением. Точно так же, если на стеклянный диск нанести циркулярные царапины (скажем, при помощи наждачной бумаги), то получится некоторый аналог зональной пластинки, но дифракция будет заменена здесь рассеянием на царапинах.

Для того чтобы выяснить принцип действия аксиконов, рассмотрим элемент длины тороидальной линзы, на оси которой располагается малый светящийся диск $abcd$ (рис. 1). Элементарная цилиндрическая линза проектирует этот диск на экран в виде светлой полосы $c'd'$, размеры которой определяются размерами источника $abcd$, свойствами линзы и расстоянием до экрана. Однако такая светлая полоса пересекает ось линзы в некотором интервале расстояний r от $r_{\min}$ до $r_{\max}$. Различные элементы тороидальной линзы будут образовывать полосы, имеющие различные направления, но также пересекающие ось в том же интервале расстояний r . Совокупное действие всех элементов сведётся к взаимному наложению светлых полос, т. е. их взаимному усилению в окрестности оси. В результате вдоль оси на участке от $r_{\min}$ до $r_{\max}$ получится ярко освещённая область (столб) — изображение источника, окружённое значительно слабее освещённой областью полутени. Поперечные размеры изображения определяются шириной полосы, даваемой одним элементом длины линзы, т. е. прямым проектированием размера ab на экран относительно элемента линзы как точечного отверстия.

Аналогичным будет действие и аксиконов других типов, показанных на рис. 2. Таким образом, наиболее существенным для действия аксиконов является то, что они представляют собой фигуры вращения.

Отметим, что освещённость полосы, создаваемой одним элементом аксикона, меняется по её ширине пропорционально длине соответствующего сечения источника. Поэтому яркость изображения убывает от центра к периферии.

Особенностью аксикона является то, что, одновременно с набором действительных изображений источника на оси, он образует кольцеобразное мнимое изображение источника, причём положение и размеры этого кольцеобразного изображения зависят от формы аксиконной поверхности. Нетрудно убедиться, что освещённость на оси, в некоторой точке P (рис. 3), пропорциональна $2\pi RTB$, где B — яркость источника, R — угловой радиус его кольцеобразного изображения и T — угловая ширина этого изображения, если оно рассматривается из точки P . Отсюда следует, что освещённость изображения на оси (в точке P) убывает обратно пропорцио-

* J. H. McLeod, JOSA 44, № 8, 592 (1954).

нально расстоянию точки P от кольцеобразного изображения источника. Вместе с тем освещённость возрастает по мере возрастания углового увеличения кольцевого изображения источника.

Если размеры изображения источника превышают размеры дифракционного кружка, то угловая ширина T кольцевого изображения, а следовательно, и освещённость изображения в P , пропорциональна диаметру источника. Этот вывод, как утверждает автор, проверен экспериментально.

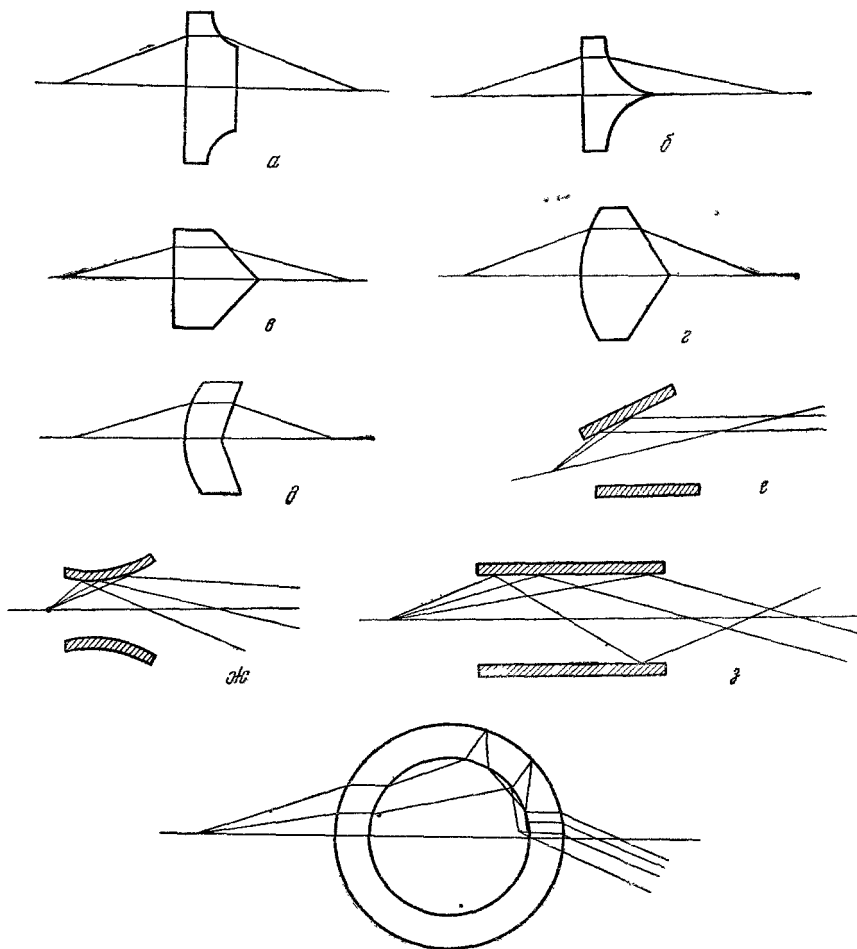


Рис. 2.

В случае, если размеры изображения меньше размеров дифракционного кружка, то, как указывает автор, следует ожидать пропорциональности освещённости в точке P третьей степени диаметра источника.

Наиболее простым с точки зрения изготовления и, по мнению автора, наиболее перспективным из аксиконов является конус с прямолинейными

образующими (см. рис. 3). Изображение, даваемое конусом, простирается от нуля до некоторого максимума, определяемого как размерами конуса, так и положением источника. Это изображение (исключая его конец) свободно от хроматической аберрации. Если источник находится в бесконечности, то освещенность изображения не зависит от положения точки P . Вместе с тем размеры изображения увеличиваются по мере удаления от конуса, в связи с чем увеличивается и полное количество энергии, собираемое в изображении.

Дифракционные явления сказываются только в том случае, если конус выполнен достаточно тщательно. При этом дифракционная картина,

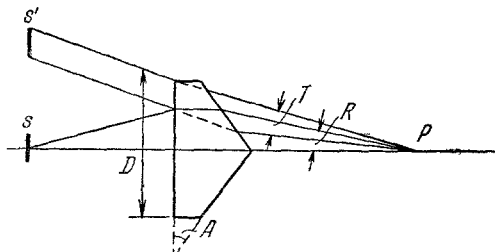


Рис. 3.

окружающая изображение, оказывается очень отчетливой и наблюдается на исключительно больших расстояниях, измеряемых многими метрами.

На рис. 4 показана оптическая схема зрительной трубы с объективом из двух конусных аксиконов и обыкновенным линзовым окуляром. Наличие второго аксикового конуса ведет к изменению углового диаметра R кольцевого изображения от β к γ , но не связано с изменением угловой толщины T этого изображения (если бы на месте второго аксикона была линза, то T изменилось бы пропорционально R). Поэтому в отличие от линзового объектива уменьшение освещенности пропорционально не квадрату, а первой степени линейного увеличения второго аксикона. Авторы сообщают, что этот вывод подтвержден экспериментально.

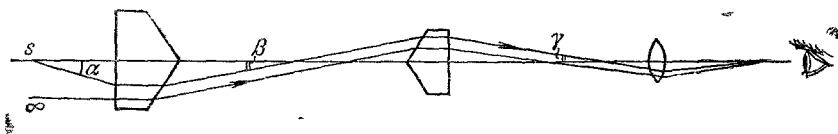


Рис. 4.

Если оба аксикона одинаковые, то угловое увеличение, даваемое такой системой двух аксиконов, всегда равно единице независимо ни от расстояния до объекта, ни от расстояния до точки наблюдения — входящие и выходящие лучи параллельны друг другу. Однако при слишком больших расстояниях до источника (в одном из случаев около 6 м) изображение вырождается вследствие влияния вершины конуса. Поле зрения при всех расстояниях от объекта составляет около 2 мм.

Особенностью зрительной трубы с коническим аксиконом вместо объектива является возможность одновременного видения нескольких источников, находящихся на оси на различных расстояниях.

Конический аксикон может быть использован также в качестве проектора. Для этого источник света следует поместить близ наибольшего

фокусного расстояния аксиконового объектива. При этом будет получаться изображение в виде тонкого столба, тянущегося в бесконечность. Если использовать один аксикон, то изображение будет иметь вблизи очень малое сечение, постепенно увеличивающееся с расстоянием. При двух одинаковых аксиконах сечение изображения не будет меняться с расстоянием, но будет вырождаться при расстояниях, превышающих некоторый предел. Однако если два конических аксикона мало отличаются друг от друга, причём аксикон, расположенный ближе к источнику, имеет больший угол при вершине, то луч может простираться на большие расстояния, лишь слабо возрастая в сечении.

Если коническая или плоская поверхность стеклянного конического аксикона металлизированы, то источник и его изображение могут быть совмещены при помощи полупрозрачного зеркала или зеркала с отверстием (рис. 5) при любых расстояниях от аксикона. При этом размеры

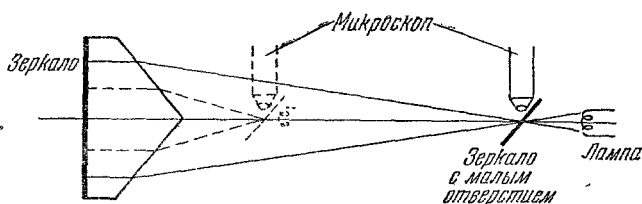


Рис. 5.

дифракционной картины также не зависят от расстояния. Освещённость изображения обратно пропорциональна первой степени расстояния вследствие того, что угловой диаметр кольцевого изображения остаётся постоянным и от расстояния зависит только его угловая толщина. Изображение, получаемое при помощи конического отражательного аксикона диаметром 8,75 см с максимальным фокусным расстоянием 18 м могло во всём этом интервале расстояний быть локализовано с точностью до 1—2 длин волн. Подобно обычному автоколлиматору такое устройство можно использовать для фиксирования перпендикулярности зеркала к направлению луча.

Как явствует из сказанного, аксиконовая оптика обладает рядом интересных особенностей, заслуживающих внимания и могущих оказаться полезными при решении некоторых оптических задач. Вместе с тем очевидно, что прежде чем она сможет найти себе применение, необходимы обширные исследования и создание отсутствующей пока полноценной теории. Теоретические же соображения, развиваемые автором, носят исключительно примитивный и грубо качественный характер. Следует отметить, что автор обходит молчанием целый ряд важнейших применений аксиконовой оптики, в частности, например, отражательных полых конусов и сфер типа показанных на рис. 2, *е, ж, з, и*, отражательных конусов для рассматривания внутренних сферических поверхностей и, главное, всех устройств типа зональной пластинки.

Без рассмотрения всех этих разнообразных устройств с единой точки зрения вряд ли можно ожидать серьёзных успехов. Однако уже сам факт пробуждения интереса к устройствам подобного типа заслуживает внимания.

Р. Г.