

токи в атмосфере, направление которых связано с направлением потоков воздушных масс, т. е. в значительной степени определяется очертаниями береговой линии. Создаваемое ими дополнительное магнитное поле будет складываться с магнитным полем морей и океанов, увеличивая аномальное магнитное поле Земли. Так как пока ещё нет достаточно надёжных сведений о воздушных потоках на высотах более 20 км и о плотности электрических зарядов в этих слоях атмосферы, то нельзя провести количественные расчёты напряжённости дополнительного аномального магнитного поля. Однако результаты произведённых С. Н. Верновым с сотрудниками измерений интенсивности первичной компоненты космических лучей в стратосфере<sup>8</sup> показывают, что напряжённость этого поля, повидимому, превосходит напряжённость аномального поля морей и океанов.

. В. Л.

### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Умов, Построение геометрического образа потенциала Гаусса как приём изыскания законов земного магнетизма, Избр. соч., Гостехиздат, 1950, стр. 311.
2. П. Н. Лебедев, Магнитометрическое исследование вращающихся тел, Первое сообщение, Избр. соч., Гостехиздат, 1949, стр. 229.
3. Р. М. S. Blackett, Nature **159**, 658 (1947); УФН **33**, 52 (1947); Е. В. Ступоченко, ДАН **62**, 477 (1948).
4. В. В. Шулейкин, ДАН **76**, 57 (1951).
5. А. Т. Миронов, Журнал геофизики **6**, в. 5 (1936).
6. Л. А. Корнева, ДАН **76**, 49 (1951).
7. В. В. Шулейкин, ДАН **71**, 1057 (1950).
8. С. Н. Вернов, Н. Л. Григоров и А. Н. Чарахчян, Изв. АН СССР, сер. физич. **14**, 51 (1950).

## МГНОВЕННАЯ ФОТОГРАФИЯ

За последнее время опубликован ряд работ, посвящённых методам фотографирования быстротекущих процессов со временем экспозиции  $10^{-6}$ — $10^{-9}$  сек.

Фотографирование с помощью оптико-механических затворов, основанных на применении вращающихся зеркал и узких щелей или решёток<sup>1</sup>, обладает рядом существенных недостатков, так как получение столь коротких экспозиций связано при этом со значительным уменьшением светосилы системы. Кроме того, длинные оптические рычаги, необходимые для достижения достаточной разрешающей способности, делают всю систему весьма громоздкой.

Широко применяемые для скоростной фотографии импульсные лампы в ряде случаев не обеспечивают достаточно короткого времени экспозиции. Несмотря на разработку специальных ламп с уменьшенной длительностью свечения, использование конденсаторов из титаната бария и применение вместо конденсаторов длинной линии, обеспечивающей прямоугольный фронт разрядного тока через лампу, длительность свечения импульсных ламп все ещё остаётся порядка одной микросекунды<sup>2</sup>. Кроме того, наиболее простой способ использования импульсных ламп — способ «открытого затвора» — связан с работой в ночное время или в затемнённом помещении, а в ряде случаев вообще не может быть применён. Так, если фотографируемый объект окружён светящейся средой, то при открытом затворе фотоаппарата фотоплёнка окажется засвеченной посторонним светом. Чтобы избавиться от этого, приходится снабжать фотоаппарат затвором, открывающимся лишь на время вспышки импульсной лампы. При этом затвор отсекает относительно слабое, но продолжительное свечение

окружающей среды, способное при более длительном воздействии засветить фотоплёнку, а импульсная лампа создаёт необходимое для фотографирования объекта освещение. В тех случаях, когда время срабатывания обычных механических затворов слишком велико, чтобы предохранить фотоплёнку от воздействия постороннего света, а также для фотографирования со временем экспозиции меньшим, чем длительность вспышки импульсной лампы, применяются электрооптические затворы.

Совместное использование импульсной лампы и затвора Керра, описанное в одной из работ<sup>3</sup>, позволило авторам сфотографировать снаряд в момент выхода из ствола орудия, когда снаряд был окружён облаком светящихся газов. Таким же способом был сфотографирован снаряд, проникающий в броневую плиту и окружённый облаком раскалённых частиц металла. Время экспозиции равнялось  $2 \cdot 10^{-6}$  сек., в то время как при фотографировании с помощью затвора Керра достаточно ярких самосветящихся объектов оно может быть снижено в 1000 раз. Затвор открывался импульсом в 36 кВ, подача которого была синхронизирована с момен-

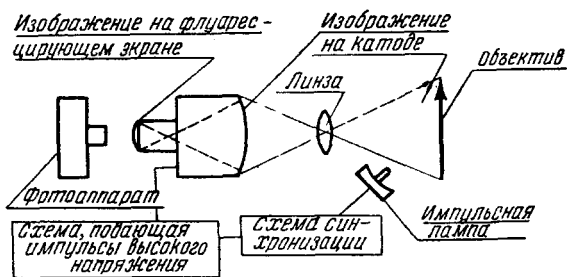


Рис. 1.

том вспышки импульсной лампы специальной электрической схемой. Схема срабатывала при замыкании вылетающим из орудия снарядом контакта, расположенного на дуле орудия.

Крупным недостатком затвора Керра является то, что при работе с ним принципиально нельзя использовать более 50% света; практически же потери составляют гораздо большую величину.

С этой точки зрения значительно лучше применять в качестве безинерционного затвора электронно-оптический преобразователь<sup>4</sup>. На рис. 1 приведена блок-схема такого затвора. Изображение фотографируемого объекта с помощью обычной линзы или объектива фокусируется на фотокатод электронно-оптического преобразователя, на электроды которого подаётся импульс высокого напряжения. Под действием приложенного напряжения освобождённые из фотокатода светом электроны ускоряются, фокусируются и, попадая на флуоресцирующий экран, создают на нём изображение объекта, фотографируемое с помощью обычного фотоаппарата. Так как изображение остаётся на экране лишь на время подачи импульса высокого напряжения (если не считать послесвечения экрана), то длительность импульса определяет время экспозиции. Чтобы устранить засвечивание фотоплёнки светом, прошедшим сквозь преобразователь, перед последним помещался фильтр, пропускавший лишь инфракрасные лучи, к которым фотоплёнка не чувствительна. Поскольку фотокатод преобразователя имеет максимум чувствительности в инфракрасной области спектра, наличие фильтра мало отражалось на яркости флуоресцирующего изображения.

Подача импульса высокого напряжения на электроды преобразователя осуществлялась с помощью ёмкостного делителя напряжения, обес-

печивающего при коротких импульсах распределение потенциалов, необходимое для правильной фокусировки электронов.

Такой затвор, как отмечает автор, принципиально отличается от затвора Керра, так как свет на его входе и выходе создаётся различными источниками. В связи с этим он может обеспечить «пропускание» света, превышающее 100%.

Описанный затвор использовался для фотографирования со временем экспозиции  $0,5-2 \cdot 10^{-6}$  сек. Дальнейшее уменьшение времени экспозиции, по мнению автора, было ограничено лишь недостаточным освещением объекта.

Если использовать в качестве схемы синхронизации мультивибратор с регулируемой частотой, то можно применять описанный затвор для целей стробоскопии (рис. 2). Частота открывания затвора может быть доведена до нескольких тысяч герц при времени открытия порядка  $10^{-6}$  сек., что выгодно отличает подобное устройство от обычных стробоскопов.

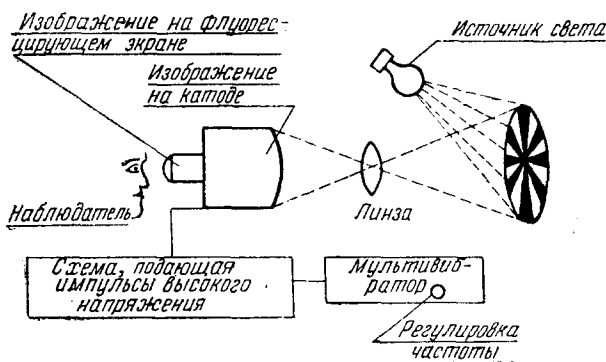


Рис. 2.

Электронно-оптический преобразователь может быть использован не только в качестве безинерционного затвора, но и как прибор, позволяющий преобразовывать временную последовательность явления в пространственную<sup>5</sup>. Для этой цели использовалась та же схема затвора (рис. 1); но преобразователь снабжался магнитной отклоняющей системой, подобной применяемой для развёртки в осциллографах. При изменении магнитного поля изображение объекта перемещалось по экрану преобразователя, позволяя получить как непрерывную запись явления, так и серию снимков, разделённых определённым промежутком времени.

Применявшийся автором электронно-оптический преобразователь обладал флуоресцирующим экраном, позволявшим разрешать 20 штрихов/мм. Таким образом, при скорости развёртки  $10^5$  м/сек разрешающая сила прибора была такова, что позволяла различать явления, разделённые промежутком времени  $10^{-9}$  сек.

Экспериментальная проверка разрешающей силы прибора была произведена с помощью установки, схематически изображённой на рис. 3. Свет, возникающий при детонации азида свинца *A*, фокусировался на щель *S*. Часть светового потока от щели фокусировалась линзами  $L_1$  и  $L_2$  непосредственно на катод преобразователя *T*, а другая часть — после отражения от призмы  $P_1$  и  $P_2$ . За время запаздывания света на пути между призмами (дополнительный путь составлял 2,62 м) электронное изображение щели на флуоресцирующем экране *F* преобразователя, создаваемое

магнитной линзой  $M$  и отклоняемое второй линзой  $D$ , успевало заметно сместиться, что и регистрировалось фотоаппаратом  $C$ .

Описанный прибор применялся для исследования взрыва азида свинца и, как отмечает автор, может быть использован для изучения искрового разряда, ударных волн, полёта ракет и снарядов, а также для исследования объекта при освещении рентгеновскими лучами.

Помимо электронно-оптического преобразователя можно использовать в качестве безинерционного затвора для скоростной фотографии иконоскоп, применяемый при обычных телепередачах. Предложение это, опубликованное в 1949 г.<sup>6</sup>, было недавно описано более подробно<sup>7</sup>. Принцип работы подобного затвора заключается в следующем.

Если в темноте заставить электронный луч пробежать по мозаике иконоскопа и затем запереть его, то мозаика приобретёт некоторый отрицательный потенциал. Если затем сфокусировать на мозаику какое-либо

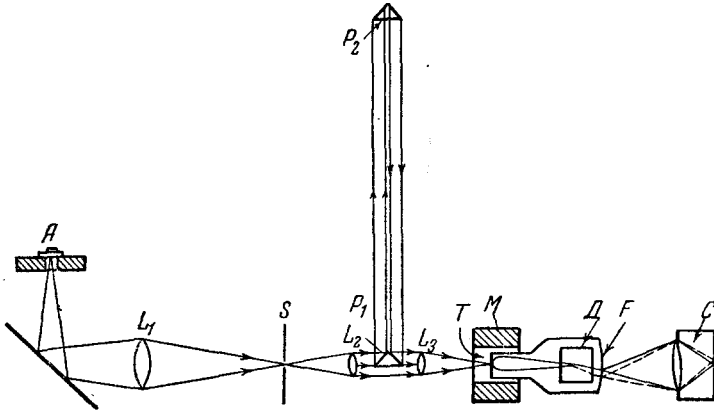


Рис. 3.

оптическое изображение, то каждый элемент мозаики благодаря фотоэмиссии приобретёт электрический заряд, величина которого зависит от яркости изображения в данной точке. Благодаря такому распределению зарядов на мозаике образуется электронное изображение, соответствующее ранее созданному оптическому. Обычно такое изображение вследствие хорошей изоляции мозаики сохраняется без искажения 10—20 сек. Заставляя электронный луч однократно пробежать всю мозаику до истечения этого промежутка времени, можно обычным способом воспроизвести изображение на флуоресцирующем экране приёмной трубки, фотографируемом с помощью простого фотоаппарата.

Отличие такого затвора от телепередающей камеры заключается в том, что процесс образования электронного изображения и передача его происходят в разное время. Поскольку время экспозиции определяется первым процессом, необходимо иметь возможность управлять фотоэлектронной эмиссией с мозаики, допуская её лишь в течение определённого отрезка времени, равного заданному времени экспозиции. Для этого на анод иконоскопа вместо нормального потенциала земли подаётся отрицательный потенциал 100 в, препятствующий эмиссии электронов. В нужный момент на анод поступает положительный импульс около 150 в, длительность которого и определяет время экспозиции. Затем на анод снова подаётся потенциал земли и изображение воспроизводится на экране приёмной трубки.

Теоретически время экспозиции при работе с таким затвором может быть доведено до  $10^{-8}$  сек. и ограничено лишь яркостью фотографируемого объекта. Авторы, однако, произвели исследование работы затвора в области экспозиций от нескольких секунд до  $2 \cdot 10^{-6}$  сек.

Авторы приходят к выводу, что, несмотря на высокую чувствительность и ряд других достоинств описанного затвора, он ввиду сложности схем и аппаратуры не может конкурировать с затвором Керра, если только это не диктуется дополнительными соображениями (например, если изображение должно быть передано на расстояние). Во всяком случае, как отмечают сами авторы, такой затвор уступает затвору с электронно-оптическим преобразователем.

*Л. И.*

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Sultanoff, Rev. Sci. Inst. **21**, 653 (1950).
2. J. A. Fitzpatrick, J. C. Hubbard a. W. J. Thaler, J. App. Phys. **21**, 1269 (1950).
3. H. F. Quinn, W. B. McKay, O. J. Bourque, J. App. Phys. **21**, 995 (1950).
4. A. W. Hogan, Proc. I. R. E. **39**, 268 (1951).
5. J. S. Courtney-Pratt, Proc. Roy. Soc. **204**, 27 (1950).
6. H. A. Prime a. R. C. Turnock, Rev. Sci. Inst. **20**, 830 (1949).
7. H. A. Prime a. R. C. Turnock, Proc. Inst. Elec. Eng. **97**, Part II, 793 (1950).

### НОВОЕ В ДИФФРАКЦИОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Сущность предложенного недавно нового принципа микроскопии — так называемой «диффракционной микроскопии» — и некоторые достигнутые с его помощью результаты уже освещались в нашем журнале<sup>1,2</sup>. Там же была отмечена весьма серьёзная трудность принципиального порядка, стоящая на пути реализации свойственных этому методу неопределимых преимуществ и препятствующая созданию полноценного диффракционного микроскопа. Однако за последнее время выяснились возможности эффективного преодоления этого, казалось, органического порока<sup>2, 3, 4, 5</sup> и, тем самым, возникла перспектива практического осуществления устройств, способных значительно расширить круг доступных микроскопическому исследованию объектов.

Напомним вкратце суть метода<sup>1, 2, 6</sup>. Как известно, процесс получения изображения с помощью оптической системы может быть условно расчленён на две стадии: 1) образование промежуточного диффракционного изображения объекта (преобразование Фурье) и 2) преобразование промежуточного диффракционного изображения в окончательное изображение объекта (обратное преобразование). Идея, положенная в основу диффракционной микроскопии, состоит в действительном расчленении этих двух стадий. Первоначально получается и фотографируется промежуточное диффракционное изображение. Затем диапозитив этого изображения («голограмма») помещается в установку, воспроизводящую условия его получения (но в отсутствие объекта), и получается окончательное изображение объекта, являющееся диффракционным изображением голограммы. (Разумеется, как получение голограммы, так и получение с её помощью изображения объекта должны вестись в монохроматическом излучении.) Ценность такого приёма состоит в том, что обе операции могут производиться с излучением различной длины волны (и различной природы). Это даёт возможность получать голограмму,