

## КОНТАКТНЫЙ ПЕРЕНОС ИЗОБРАЖЕНИЯ С ЭКРАНА ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ФОТОЭМУЛЬСИЮ

*Л. В. Гвягямен, В. С. Рылов, Т. А. Скосырская*

На основе многолетнего опыта применения метода контактного переноса изображения дано описание конструкции последнего варианта фотоприставки, осуществляющей контактный перенос и используемой в настоящее время при наблюдениях с ЭОП на 6-метровом телескопе. В работе дается также обоснование и рассмотрены требования к контактному переносу.

On the basis of many years experience in application of the contact transfer method to image tubes the design of the last version of a contact transfer unit and its operating conditions are discussed. The unit is used now with a two camera image tube UMK-91v in observations on the 6-meter telescope.

В период разработки астрономических электронно-оптических преобразователей (ЭОП), который начался в 1972 г., было отдано предпочтение конструкции, имеющей на выходе волоконно-оптический диск (ВОД), позволяющий снимать изображение методом контактного переноса, т. е. путем прижима фотоэмульсии или фотопластинки к плоской поверхности ВОД.

В астрономических наблюдениях ЭОП используется как средство, которое существенно сокращает время экспонирования фотоматериала и тем самым повышает эффективность использования наблюдательного времени телескопов. Однако с помощью ЭОП нельзя получить фотографию объекта по качеству лучше, чем без ЭОП, так как ЭОП вносит в снимок определенную долю собственных шумов и геометрических искажений, которые принято характеризовать уменьшением отношения сигнала к шуму (ОСШ) и разрешающей способности. Зависимость ОСШ от параметров ЭОП была рассмотрена в работах [1—3], из которых следует, что на величину ОСШ оказывают влияние:

- 1) светочувствительность (квантовый выход) входного фотокатода;
- 2) коэффициент каскадного усиления в многокамерных ЭОП;
- 3) доля света, переносимая с экрана ЭОП на фотоматериал.

Наибольшее уменьшение ОСШ происходит при преобразовании оптического излучения в поток электронов на входном фотокатоде. Поскольку ОСШ потока оптического излучения, состоящего из  $n$  фотонов, равно  $\sqrt{n}$ , то после преобразования ОСШ потока электронов будет  $\sqrt{n\gamma}$ , т. е. в  $1/\sqrt{\gamma}$  раз меньше, где  $\gamma$  — квантовый выход фотокатода. Современные ЭОП с числом камер более одной имеют каскады усиления тока электронов. Обычно коэффициент каскадного усиления лежит в интервале 30—50, и в этом случае, как показано в [1] и [2], на каскаде усиления ОСШ не уменьшается. Однако в практике применения в астрономических наблюдениях ЭОП типа УМ-92 часто используется режим, при котором на первой камере устанавливают напряжение 6—7 кВ, что сводится к уменьшению усиления на первом каскаде в 20—30 раз. При таком режиме заметно возрастают флуктуации коэффициента усиления на первом каскаде, которые проявляются на экране в виде флуктуаций яркости, уменьшающих значение ОСШ. То же самое имеет место, если осуществлять перенос изображения с экрана на фотоматериал несветосильной оптикой: достигнутое

на выходе ЭОП ОСШ как бы «съедается» оптикой. ЭОП, как всякий сложный прибор, требует знания и оптимизации всех его характеристик.

Что касается оптического переноса, то разумно считать с точки зрения сохранения ОСШ, чтобы коэффициент переноса был не менее 20 %. При этом, если окажется, что каждый фотоэлектрон после усиления в ЭОП засвечивает в фотоэмульсии более одного зерна, то логичнее использовать менее чувствительную, но более мелкозернистую фотоэмульсию. В таблице даны значения коэффициентов переноса линзовых объективов, работающих в паре, и волоконной оптики (ВОД). Потери света на отражение на плоскопараллельном стекле экрана, которые обычно равны 8 %, и пропускание спаренных объективов не учитываются.

Коэффициенты переноса для линзовой оптики рассчитаны по данным, приведенным в работе [2], в которой исследовалась индикатриса рассеяния катод-люминофора, применяемого в ЭОП. Практическая индикатриса оказалась более заостренной вперед по сравнению с косинусным распределением, и поэтому коэффициенты переноса, приведенные в таблице, больше «косинусных».

Таким образом, контактный перенос обеспечивает наибольший сбор света при сохранении высокой разрешающей способности, достигающей 80 п. л./мм (о разрешении и пропускании ВОД см. [4]).

Относительное отверстие оптики переноса	1/0,75	1/1	1/1,2	1/1,5	1/2	1/25	1/3	ВОД
Коэффициент переноса, %	35	23	17	12	7	5	3	60

Впервые в астрономической практике контактный перенос был применен в СССР [5] на ЭОП типа ФКТ, реальное поле которого было 8 мм, а ускоряющее напряжение не более 12 кВ. Напряжение подавалось на экран (анод), с тем чтобы фотокатод был доступен для охлаждения сухих льдом. Наш опыт применения контактного переноса на ЭОП типа М9цв [6] и УМК-91 в [7] при напряжениях более 15 кВ выявил следующие особенности.

1. На фотоэмульсию, находящуюся в контакте с ВОД, натекает заряд, почему в фотоэмульсии после проявления обнаруживаются «звезды», треки и другие формы почернений.

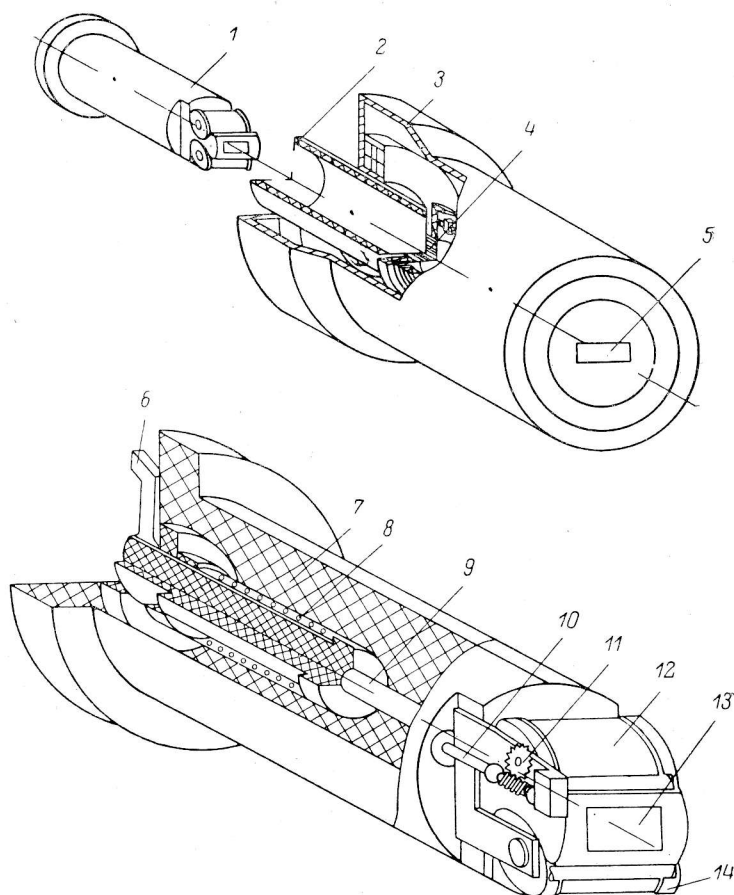
2. Число ложных сигналов увеличивается, если фотоэмульсия хранилась во влажной атмосфере и не была предварительно высушена или если в рабочем пространстве около экрана ЭОП воздух не осушен.

3. Подача ускоряющего напряжения на фотокатод вместо анода неудобна не только по условиям охлаждения, но и по условиям стыковки со светосильными оптическими камерами. Устранение натекания заряда на фотоэмульсию было достигнуто путем создания на поверхности ВОД и на подающей и принимающей фотокассетах электрического поля равного потенциала. С этой целью поверхность ВОД вне рабочего поля обклеивается алюминиевой фольгой, которая приводит в электрический контакт с металлическими кассетами. Были испытаны два варианта: 1) наружная поверхность ВОД и наклеенная на нее фольга электрически не соединены с анодом; 2) наружная поверхность ВОД находится под потенциалом анода. В обоих случаях контактный перенос дал положительный результат.

При работе с ЭОП типа УМК, электронное изображение в которых фокусируется магнитным полем, необходимо избегать применения ферромагнитных материалов в конструкции оснастки ЭОП вблизи экрана.

На рисунке дано схематическое изображение конструкции фотоприставки 1 для контактного переноса с ВОД 4 экрана двухкамерного ЭОП УМК-91в с прямоугольным фотокатодом 5. Фотоприставка 1, за исключением пружины 8, изготовлена из оргстекла или немагнитного металла. Кассеты 12, 14 сделаны из фосфористой бронзы. В корпус 7 фотоприставки вставляется четыре дюймовых патрона с гранулами силикагеля для осушки. Для прогревания силикагеля при 150—200 °С патроны легко извлекаются из фотоприставки. Фотоприставка вставляется в шлюз 2 корпуса магнитопровода 3 и герметически закрепляется в строго фиксированном положении. Ручка 6 в первом крайнем положении отводит прижим 13 при помощи штока 9 от поверхности ВОД на рас-

стояние 1.5 мм, достаточное для перемотки пленки, а во втором крайнем положении прижимает пленку к ВОД 4. Другая ручка, не показанная на рисунке, служит для перемотки пленки, и может вращаться, когда ручка 6 находится в первом положении. Объем фотопленки в кассете позволяет сделать до 80 кадров. Применяется пленка шириной 35 мм с перфорацией. При этом рабочее поле составляло  $20 \times 24$  мм. Можно применять пленку без перфорации, и тогда рабочее поле увеличится до  $20 \times 34$  мм.



Устройство фотоприставки для контактного переноса изображения на фотоэмульсию и ее размещение в оснастке ЭОП.

Для контроля за качеством изображения имеется микроскоп, при помощи которого можно рассматривать изображение на экране ЭОП с увеличением в 10 раз. Корпус микроскопа изготовлен из эбонита. Микроскоп крепится в шлюзе 2 и имеет установочную подвижку вдоль оси.

Фотоприставка проста в эксплуатации, и для перехода на следующий кадр требуется 3—5 с, для смены фотокассет — 1—2 мин. Благодаря близкому расположению фотокассет к экрану ЭОП непроизводительный расход пленки очень мал.

Фотоконтактный перенос успешно применяется с 1974 г. на ЭОП М-9щв и с 1980 г. на УМК-91в [6, 7]. Применение контактного переноса не требует светосильных объективов, делает проще оснастку ЭОП и позволяет с минимальными потерями использовать усиление ЭОП.

### Литература

1. Гуревич С. Б. Эффективность и чувствительность телевизионных систем. М; Л.: Энергия, 1964. 344 с.
2. Stouvenheimer R. G. Image intensifier developments in the RCA electron division. — Adv. in Electronics and Electron Physics. London: Acad. Press, 1960, 12, p. 41—57.
3. Рылов В. С. О проникающей способности спектральной аппаратуры, предназначенной для регистрации спектров звезд на фотоэмульсии. Основной звездный спектрограф Большого телескопа. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1970, 2, с. 121—134.
4. Берковский А. Г., Гаванин В. А., Зайдель И. Н. Вакуумные фотоэлектронные приборы. М.: Энергия, 1976. 343 с.
5. Щеглов П. В. Электронная телескопия. М.: Физматгиз, 1963. 195 с.
6. Электронно-оптический преобразователь для 6-метрового телескопа / М. М. Бутслов, А. Н. Буренков, Л. В. Гявпянен и др. — Астрофизика, 1980, 16, № 1, с. 179—186.
7. Двухкамерный ЭОП для Большого телескопа / Г. И. Брюхевич, Л. В. Гявпянен, Э. И. Зак и др. — Астрофизика, 1984, 21, № 2, с. 379—386.

Поступила в редакцию 19.11.84