

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЭКСПОЗИЦИИ КАДРА В ЭОП БИПЛАНАРНОГО ТИПА

В.К. Беляев, В.В. Лудиков, В.А. Подвизников, В.К. Чевокин

Предложен и реализован метод измерения времени экспозиции кадра в ЭОП бипланарного типа, основанный на использовании волоконно-оптического жгута.

Важнейшим параметром электронно-оптических камер (ЭОК), работающих в режиме кадрового фотографирования, является время экспозиции кадра, регистрируемого прибором. В кадровых ЭОК, работающих с наносекундными и субнаносекундными временами экспозиции и использующих ЭОП кроссоверного типа, время экспозиции кадра определяется методом линейной развертки фотозлектронного импульса на экране ЭОП. При этом предполагается, что длительность фотозлектронного импульса соответствует длительности кадра, а создается такой импульс путем подачи электрического импульса к промежутку фотокатод-сетка /1/ либо на затворные пластины компенсированного типа /2/. Этот метод в принципе применим для измерения времени экспозиции кадра в ЭОП диссекторного типа. В этом случае подсветка фотокатода осуществляется путем лазерных импульсов с известным временным интервалом между импульсами /3/. Кроме того, время экспозиции можно оценить теоретически, измерив предварительно скорости нарастания электрических импульсов на отклоняющих и компенсирующих пластинах /4, 5/.

В последние годы для целей кадрового фотографирования широкое распространение получили ЭОП бипланарного типа /6, 7/. Для них из-за отсутствия отклоняющих пластин перечисленные ранее методы измерения времени экспозиции неприменимы. К тому же при наносекундных и тем более субнаносекундных временах экспозиции в ЭОП бипланарного типа возникают нелинейные эффекты, вследствие которых длительность кадра не соответствует длительности приложенного электрического импульса /8/. Поэтому разработка метода измерения времени экспозиции кадра в ЭОП бипланарного типа является актуальной.

В /9/ предложен метод измерения времени экспозиции кадра, основанный на фотографировании импульса лазера, проходящего через рассеивающую среду /9/. При этом время экспозиции определялось по длине светящегося трека, зарегистрированного на фотопленку.

Нами для измерения времени экспозиции кадра был применен волоконно-оптический разветвитель, обеспечивающий измерения в диапазоне $1 - 20$ нс с точностью ± 1 нс.

Волоконно-оптический разветвитель представляет собой набор оптических волокон, длина каждого из которых $l = l_0 + k\Delta$, где l_0 — базовая длина первого волокна, определяющая начальную задержку светового импульса; Δ — шаг изменения длины волокна, определяющий точность измерения. В данном случае $\Delta = 20$ см, и при показателе преломления материала жилы волокна $n = 1,5$ время задержки $t = \Delta/n$, где $u = c/n$, c — скорость света. Отсюда $t = 1$ нс. Для типа волокна, примененного нами в эксперименте, уширение импульса за счет межмодовой дисперсии на длине волны $0,53$ мкм и для длительности импульса 50 пс составляет не более 5 пс/м, чем в данном случае можно пренебречь.

С одного конца волокна укладывались в ряд и приклеивались торцами к плоской подложке. Каждое следующее волокно было длиннее предыдущего на величину Δ . С противоположного конца волокна были собраны в лучок произвольно, но торцы их лежали в одной плоскости. Освещение входного конца волокон жгута осуществлялось второй гармоникой ИАГ лазера, работающего в режиме самосинхронизации мод. Одиночный пичок выделялся схемой на кристалле KDP, управляемой вакуумным разрядником. Второй конец жгута с помощью объектива проецировался на фотокатод ЭОП бипланарного типа.

При одновременной засветке входного конца жгута волокон лазерным импульсом по каждому волокну по направлению к выходному концу двигался оптический импульс, который достигал выхода с задерж-

кой, определяемой длиной волокна. ЭОП, используемый в эксперименте, открывался схемой управления на лавинных транзисторах и металлокерамических лампах. Отрицательное импульсное напряжение отпираания составляло 200 В и прикладывалось к промежутку фотокатод — вход микроканальной пластины. Запуск схемы управления осуществлялся от лавинного фотодиода.

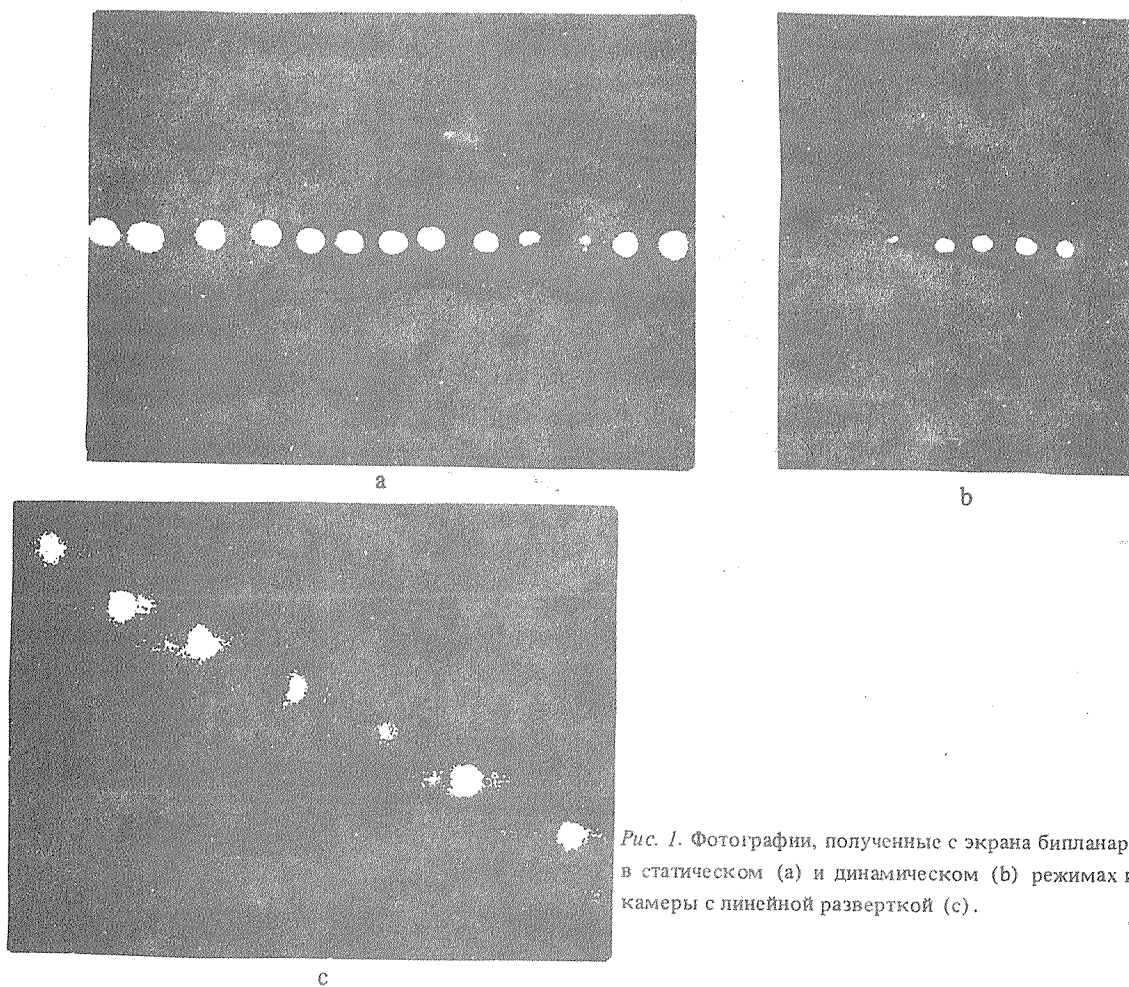


Рис. 1. Фотографии, полученные с экрана бипланарного ЭОП в статическом (а) и динамическом (б) режимах и с экрана камеры с линейной разверткой (с).

При открывании ЭОП статическим напряжением и прохождении лазерного импульса все торцы волокон выходного конца набора светятся одинаково, некоторый разброс яркости свечения определяется неравномерностью засветки входного конца волокон, а также разным качеством скола торцов волокон. При работе ЭОП в режиме кадрового фотографирования светятся только те волокна, концов которых световые импульсы достигают за время открытого состояния прибора. Таким образом, зная задержку распространения одного волокна относительно другого и пересчитав количество светящихся волокон, можно определить время экспозиции кадра. Для калибровки задержки распространения импульсов по волокнам использовалась ЭОК с линейной разверткой [4]. Выходной конец набора волокон располагался параллельно входной щели камеры. На развертке по экрану изображения светящихся торцов волокон видно, что импульсы от них поступают в разное время. Зная скорость развертки камеры и измерив расстояние между отдельными изображениями, можно измерить величину запаздывания для каждого волокна. В нашем случае измеренное время экспозиции кадра составило 4 нс при подаче на ЭОП электрического импульса длительностью 6 нс на полувысоте.

Данный метод позволяет измерять времена экспозиции кадров в ЭОП бипланарного типа в широком диапазоне длительности затворных импульсов. При использовании одномодового волокна и лазерных импульсов пикосекундной длительности данный метод позволяет измерять времена экспозиции до десятков пикосекунд, а увеличив общее количество волокон в наборе, можно расширить диапазон измеряемых величин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лудиков В.В., Прохоров А.М., Чевокин В.К. Перпринт ИОФАН № 20, М., 1988.
2. Коробкин В.В., Сердюченко Ю.Н., Щелев М.Я. Научные труды ВНИИОФИ, вып. 1, серия В, "ЭОП и их применение в науке и технике", с. 166, 1972.
3. Baggis M.R. et al. Abstracts of the 8-th Symposium on Photoelectronic Image Devices, London, 1983, p. 94.
4. Фельдман Г.Г. и др. ПТЭ, № 3, 205 (1987).
5. Kalibjan R., Thomas S. W. Rev. Sci. Instrum., 54, № 12, 1626 (1983).
6. Lundy A.S., Iverson A.E. Proc. of SPIE, 348, 178 (1982).
7. Rosier I.C., et al. Proc. of the 7-th Symposium on Photo-Electronic Image Devices, Academic Press, London, 1979, p. 369.
8. Дегтярева В.П., Дубовой И.А., Чевокин В.К. Радиотехника и электроника, вып. 10, 2079 (1986).
9. Laviro E., Delmare C. Proc. of the 9-th International Congress on High-Speed Photography, Denver, USA, SMPTE, 1970, p. 199-201.

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 12 мая 1988 г.