

12

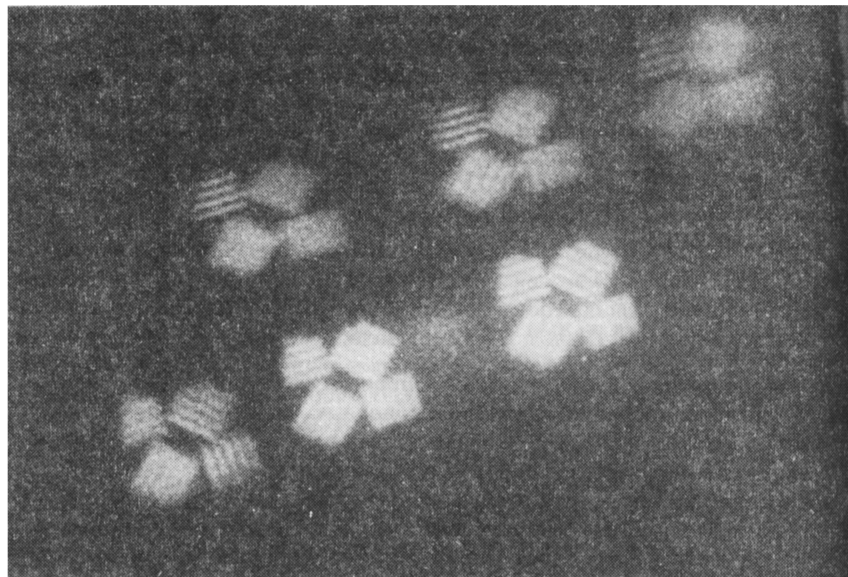
© 1990

МНОГОКАДРОВАЯ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКАЯ КАМЕРА С СУБНАНОСЕКУНДНЫМИ ВРЕМЕНАМИ ЭКСПОЗИЦИИ

В.В. Лудиков, А.М. Прохоров,
В.К. Чевокин

Метод кадровой съемки быстропротекающих процессов, основанный на использовании специализированных электронно-оптических преобразователей (ЭОП), широко используется в практике физического эксперимента [1-4]. Наиболее совершенным ЭОП, специально предназначенным для работы в кадровом режиме, является прибор, конструкция которого впервые была предложена в работе [5]. Он имеет в плоскости промежуточного изображения диафрагму с системой щелей. При подаче на пластины отклонения ЭОП линейно-нарастающего напряжения изображение движется по щелевой диафрагме, где происходит его диссектирование (расчленение). В секции восстановления находится вторая пара пластин отклонения, к которой напряжение прикладывается в противофазе. Тем самым осуществляется восстановление изображения в плоскости люминесцентного экрана. Достоинством такого прибора является возможность управлять его работой линейно нарастающим напряжением, которое существенно легче получить, чем импульсы прямоугольной формы, необходимые для работы кадровых ЭОП других типов. Однако данный прибор обладает малой светосилой, что характерно для диссекторной конструкции. Позднее сообщалось о разработке аналогичного кадрового ЭОП в нашей стране [6]. Преимуществом последнего является установка многоапертурной диафрагмы в области кроссовера, что не только повысило светосилу по сравнению с [5], но и существенно облегчило работу в статическом режиме. Разработанный прибор получил название ПИМ-107. Нами на базе ЭОП ПИМ-107 разработана кадровая электронно-оптическая камера (ЭОК) „Кадр-107” и проведены ее динамические испытания.

Основным элементом ЭОК „Кадр-107” является ЭОП ПИМ-107, состыкованный с усилителем света на микроканальной пластине (МКП). Предусмотрено импульсное питание МКП, фотографирование производится на 35-мм пленку контактным способом. Камера включает в себя также источники питания и схему управления, выполненную на лавинных транзисторах и металлокерамическом триоде.



Фотография участка мира ГОИ, полученная с экрана ЭОП ПИМ-107 в шестикадровом режиме.

Формирование двуполярного импульсного напряжения пилообразной формы осуществляется с помощью кабельного трансформатора. Длительность фронта нарастающего управляющего импульса изменяется ступенчато путем переключения соответствующих интеграторов, при этом меняется как время экспозиции кадра, так и временной интервал между кадрами. Количество кадров в камере „Кадр-107” определяется числом диафрагм, которое в ЭОП ПИМ-107 равно трем.

Динамические испытания ЭОК „Кадр-107” состояли в определении минимального времени экспозиции кадра, частоты съемки и пространственного разрешения в динамическом режиме. Измерение минимального времени экспозиции производилось путем облучения фотокатода пикосекундными лазерными импульсами с известным временным интервалом между ними. Формирование таких импульсов осуществлялось с помощью волоконно-оптического жгута, состоящего из волокон различной длины [7]. Временной интервал между импульсами составлял 100 пс, а длительность импульса, измеренная по двухфотонной методике, была не более 5 пс. Генерирование лазерных импульсов осуществлялось лазером с активным элементом из стекла КНФС, а преобразование во вторую гармонику ($\lambda = 0.53$ мкм) производилось с помощью кристалла *KDP*. С

экрана ЭОК производилось фотографирование торцов волоконного жгута и по числу зарегистрированных волокон определялось время экспозиции кадра. Точность измерения составляла 100 пс. Минимальная длительность кадра получилась около 300 пс. Эта величина хорошо совпадает с теоретически вычисленной, согласно [1], по формуле $t = 2d/ek$, где $d = 0.6$ мм – диаметр луча в плоскости многоапертурной диафрагмы, $e = 4.8 \times 10^{-3}$ мм/В чувствительность пластин отклонения электронного луча относительно плоскости многоапертурной диафрагмы, k – скорость нарастания пилообразного напряжения. В нашем случае $k = 10^{12}$ В/с. Измерение длительности фронта нарастания управляющего напряжения производилось на скоростном осциллографе. После подстановки в формулу данных величин получаем $t = 270$ пс, что хорошо совпадает с экспериментально измеренной длительностью кадра.

Частота съемки составил 2×10^9 кадров/с.

Измерения пространственного разрешения показали, что при длительности кадра 300 пс оно составляет величину не хуже 10 пар. лин./мм.

Наличие у ЭОП ПИМ-107 пластин затвора позволяет использовать их для формирования большего числа кадров. Однако прикладывать к пластинам отклонения парафазное напряжение нежелательно, т.к. в этом случае формирование вторых трех кадров будет происходить на заднем фронте импульса, который имеет меньшую крутизну, чем передний. Поэтому в схему управления были введены дополнительный каскад усиления и отдельная схема для формирования импульса отклонения, который прикладывался к пластинам затвора (В ЭОК „Кадр-107“ к ним прикладывался один из импульсов отклонения).

Поскольку формирование последних трех кадров происходит на „полке“ затворного импульса, которая имеет неравномерность вершины, приходится принимать дополнительные меры для получения высокого пространственного разрешения. Следует учитывать, что размытие изображения происходит не только из-за неравномерности „полки“ импульса, но и из-за того, что за время пролета электронов от пластин диссекции к пластинам восстановления меняется напряжение на пластинах затвора и нарушается процесс разложения-восстановления изображения. На рисунке приведена фотография участка миры ГОИ, полученная при работе ПИМ-107 в шестикадровом режиме. Верхние три кадра получены при обратном ходе луча, т.е. на „полке“ импульса. Время экспозиции кадров в данном случае равно трехкадровому варианту, а временной интервал между первыми и вторыми тремя кадрами составляет 10 нс и может изменяться от 5 до 50 нс.

В заключение затворы считают своим долгом поблагодарить Г.Г. Фельдмана за полезные консультации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- 1] S i b b e t W., B a g g s M.R., N i u H. // SPIE. 1982. V. 348. P. 267-270.
- 2] F l e u r o t N., G e x J.P., R o s t a i n g M., S a u r e u f R. // SPIE. 1982.V. 348. P. 772-776.
- 3] F i n n N., H a l l T.A., M c G o l d r i c k E. // Appl. Phys. Lett. 1985.V.46. N 8. P. 731-733.
- 4] Лудиков В.В., Прохоров А.М., Чевочкин В.К. // ПТЭ. 1989. № 1. С. 212-215.
- 5] K a l i b j i a n R. // SPIE. 1976. V. 97. P. 267-274.
- 6] Фельдман Г.Г., Брюхневич Г.И. и др. // ПТЭ. 1987. № 3. С. 205-208.
- 7] Беляев В.К., Лудиков В.В. и др. // КСФ. 1988. № 9. С. 12-15.

Институт общей физики АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
31 марта 1990 г.