

(5) обращается в тождество при следующем соотношении между  $\Delta U_3$ ,  $\Delta U$  и  $\Delta U_1$ :

$$\Delta U_3 = \Delta U - (kT/q) \ln(\Delta U_3/\Delta U_1). \quad (14)$$

Анализ (14) показывает: если выбрать  $\Delta U_1$  равным  $kT/q$ , то величина  $\Delta U_3$  близка к  $\Delta U$  практически во всей области возможных значений  $\Delta U$ , причем близость  $\Delta U$  и  $\Delta U_3$  сохраняется и при уровнях разряда емкости порядка десятков милливольт, что позволяет рассматривать считывание информации импульсами вида (13) как способ увеличения чувствительности диод-диодной схемы.

Таким образом, в диод-диодных фото- и электронно-приемных матрицах при использовании импульсов специального вида может быть достигнута весьма высокая скорость считывания информации с сохранением удовлетворительного отношения сигнал/шум (так, из (12) следует, что при времени опроса строки 10 нс и параметре ключевых диодов  $\tau$ , равном 40 нс, отношение светового сигнала к темновому приблизительно равно двум).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tull R. G., Choisser J. P., Snow E. H. Self-scanned digicon: a digital image tube for astronomical spectroscopy.— "Appl. Opt.", 1975, vol. 14, N 5, p. 1182—1189.
2. Mende S. B., Chaffee F. H. Single electron counting by self-scanning diode array in a kron-camera.— "Appl. Opt.", 1977, vol. 16, N 10, p. 2698—2702.
3. Бударных В. И., Домахин И. Г., Краснов В. Ф., Ли И. И., Ситникова И. И., Туровский Л. А., Цукерман В. Г. Электронно-усиливающая матрица для гибридного фотоэлектрического преобразователя.— «Автометрия», 1976, № 5, с. 21.
4. Берковский А. Г., Зайдель И. Н., Краснов В. Ф., Нестерихин Ю. Е., Туровский Л. А., Филимонова Т. А., Цукерман В. Г., Шувалов Л. Р. Быстродействующие гибридные фоторегистрирующие приборы.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1977, с. 61.
5. Бударных В. И., Краснов В. Ф., Туровский Л. А. Анализ характеристик коммутирующего диода ячейки фотоприемной матрицы.— «Автометрия», 1976, № 4, с. 109.
6. Двайт Г. В. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М., «Наука», 1964.

*Поступила в редакцию 25 июля 1977 г.;  
окончательный вариант — 12 мая 1978 г.*

УДК 621.383.292 : 681.327.68.778.38

А. М. МЕЧЕТИН, В. И. МИЛЮТИН, В. Ю. ФЕДОРОВ

(Москва)

#### ВАКУУМНЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭВМ

Большое внимание в последнее время уделяется развитию оптоэлектронных и, в частности, голографических запоминающих устройств (ЗУ) благодаря их преимуществам перед другими типами ЗУ, обладающих большой емкостью информации, более высоким быстродействием при считывании, более высокой надежностью хранения информации.

Один из важных элементов оптоэлектронного ЗУ — многоканальный фотоприемник, который преобразует записанную оптическую информацию в систему электрических сигналов, передаваемых затем на

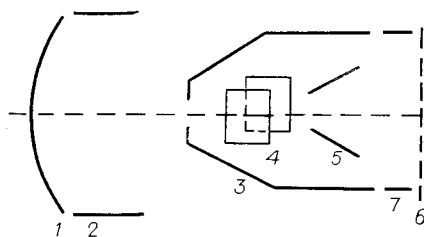


Рис. 1. Принципиальная конструкция многоканального вакуумного фотоприемника (ВФП):

1 — фотокатод, 2 — фокусирующий электрод, 3 — анод, 4, 5 — отклоняющие пластины, 6 — детектор электронов, 7 — электрод для коррекции дисторсии.

ЭВМ. Каждый элемент фотоприемника должен обладать высокими чувствительностью и быстродействием.

В качестве многоканального фотоприемника до настоящего времени, как правило, применяются твердотельные матрицы (например, матрица фотодиодов) с числом фоточувствительных площадок, равным числу элементов считываемой информации.

Однако твердотельные матрицы обладают рядом существенных недостатков, не позволяющих в полной мере реализовать преимущества оптоэлектронных ЗУ. К ним относятся разброс чувствительности между элементами матрицы, высокий уровень шумов, низкое быстродействие и др. Энергетическая чувствительность твердотельных матриц составляет величину порядка  $10^{-13}$  Дж/бит [1], теоретический предел, определяемый флуктуацией фотонов, равен  $10^{-16}$  Дж/бит [2].

Вакуумные фотоприемники с внешним фотоэффектом и внутренним усилением являются более перспективными для оптических ЗУ большой емкости как по пороговой чувствительности и быстродействию, так и по коммутационным возможностям при выборке оптической информации [3].

Многоканальный вакуумный фотоприемник (ВФП) можно реализовать по схеме, приведенной на рис. 1. Основные его элементы — фотокатод, фокусирующая и отклоняющая системы и детектор электронов [3]. Низкий темновой ток фотокатода и внутреннее усиление энергии фотоэлектронов дают возможность получить пороговую энергетическую чувствительность порядка  $10^{-15}$ — $10^{-16}$  Дж/бит, т. е. близкую к теоретически возможной. Высокое разрешение электронной оптики, малоинерционная система отклонения позволяют осуществить прием многоэлементного оптического изображения ( $\sim 10^4$  бит) и произвольную высокоскоростную выборку нужной группы информации для последующей ее передачи на регистрирующие элементы прибора.

Многоканальный вакуумный фотоприемник (ВФП), собранный по схеме рис. 1, реализован нами в двух вариантах.

В первом варианте в качестве детектора электронов используется малоинерционный катодолюминесцентный экран. Изображение информации картины после соответствующей выборки с помощью отклоняющей системы и специальной маски передается с экрана на блок ФЭУ и преобразуется им в систему электрических сигналов. Быстродействие, определяемое инерционностью экрана, составляет

$1,5 \cdot 10^{-7}$  с. Пороговая чувстви-

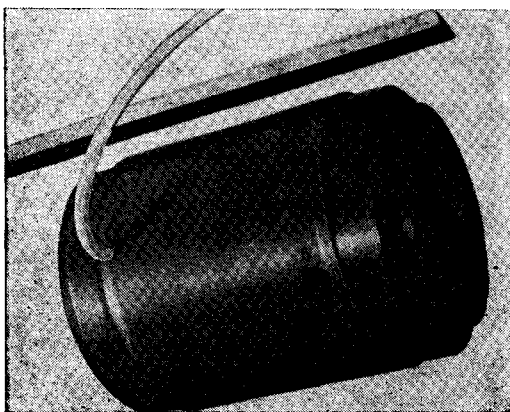
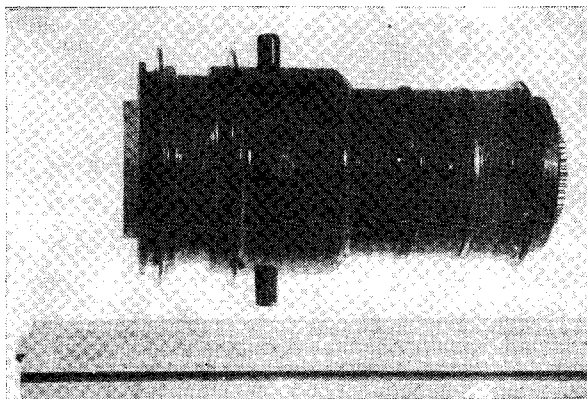


Рис. 2. Внешний вид вакуумного фотоприемника с катодолюминесцентным экраном

(ко входу 1 подключен кабель, подающий высоковольтное напряжение питания на фотокатод).

Рис. 3. Внешний вид вакуумного фотоприемника с мозаичной матрицей *pin*-диодов в качестве детектора электронов.



тельность, обусловленная чувствительностью фотокатода и быстродействием, для длины волны света 0,63 мкм порядка  $4,5 \cdot 10^{-16}$  Дж/бит.

Во втором варианте в качестве детектора

электронов используется полупроводниковая мозаичная матрица *pin*-диодов [4], которая непосредственно преобразует электронное изображение информационной картины в систему электрических сигналов. Внутреннее усиление элементов матрицы более  $10^3$ . В этом случае получаются лучшие, чем в первом варианте, значения отношения сигнал/шум, быстродействия и пороговой чувствительности. Быстродействие составляет  $4,0 \cdot 10^{-8}$  с, а пороговая чувствительность —  $1,2 \cdot 10^{-16}$  Дж/бит.

Оба типа ВФП при сравнительно небольшом количестве регистрирующих элементов (в первом варианте — 36 ФЭУ, во втором — 36 пар *pin*-диодов) позволяют считывать  $96 \times 96$  элементов информации при 256 позициях отклонения. Мозаичную матрицу с небольшим числом элементов легче сделать более однородной по своим параметрам (разброс параметров диодов в матрице не превышает 15%).

Применение сферических катода и экрана и специального корректирующего электрода даст возможность получить изображение информационной картины на выходе с малыми искажениями, что позволяет считывать большой объем информации. На рис. 2 показаны ВФП с экраном в герметизированном исполнении, на рис. 3 — ВФП с полупроводниковой мозаичной матрицей.

Оба прибора представляют собой металло-стеклянную конструкцию с применением волоконно-оптических элементов. Рабочее напряжение 10 кВ. Напряжение на отклоняющих пластинах до 250 В. В настоящее время приборы внедряются в серийное производство.

В заключение следует отметить, что описанные вакуумные фотоприемники могут найти широкое применение для регистрации, преобразования и усиления энергии слабосветящихся объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акаев А. С., Майоров С. А., Смирнов Н. А. Голографические оперативные ЗУ — состояние и перспективы их развития, ч. II. — «Зарубеж. радиоэлектроника», 1975, № 6, с. 80—100.
2. Росс М. Лазерные приемники. М., «Мир», 1969.
3. Адамович М. Ф., Милютин В. И., Новиков А. А., Федоров В. Б., Фример А. И., Шилов И. А., Ревкина Э. И., Мамонова Л. М. Устройство для считывания оптического изображения. — Авт. свид-во № 356664, БИ, 1972, № 32.
4. Абрамова Н. Н., Зорин Е. И., Смирнова В. Л., Федоров В. Б., Цветков В. В., Шилов И. А. Усиление электронных потоков полупроводниковыми диодами, изготовленными методами ионной имплантации. — «Электрон. техника», 1971, сер. 2, № 3, с. 68.

Поступила в редакцию 20 февраля 1978 г.