

Ю. В. ВОРОНИН, В. К. ГУСЕВ, М. Л. РОСЛОВА,  
В. К. ТОЛСТОГАНОВ, В. Б. ФЕДОРОВ, Ю. С. ХОДЮКОВ,  
И. А. ШИЛОВ

(Москва)

### МАТРИЦА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ТРИГГЕРОВ ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЗУ

Одним из основных компонентов оптоэлектронных запоминающих устройств (ОЭЗУ) с произвольной адресной выборкой является фотоприемная матрица, предназначенная для многоканального считывания изображений кодов двоичной информации. Для ОЭЗУ авторами была разработана, изготовлена и испытана фотоприемная матрица светочувствительных триггеров (ФПМ СТ), в основу работы которой положены следующие принципы: относительно большой (4 мм) шаг между фотоприемными элементами, использование режима накопления фотоэлектрического заряда, парафазное кодирование информации, применение специальных мер (диодный сброс, фиксация и др.) для уменьшения влияния кодозависимых временных и пространственных помех и повышения чувствительности ФПМ.

ФПМ не является автономным устройством, а предназначена для работы в составе ОЭЗУ.

Один из важнейших параметров многоканального фотоприемника — геометрия фотоприемного поля, которая определяется информационной емкостью [1] и конструкцией ОЭЗУ. В рассматриваемой ФПМ внешние габаритные размеры фотоприемного поля составляют  $160 \times 160$  мм<sup>2</sup>. При этом изображение кода двоичной информации представляет собой совокупность световых пятен диаметром 2 мм, расположенных в узлах координатной сетки с шагом 4 мм. Такая структура информационного поля предопределила выбор дискретного кремниевых фотодиода (диаметр корпуса 3,8 мм, диаметр входного окна 2,2 мм, емкость *p-n*-перехода 10 пФ, темновой ток 10 нА) в качестве базового светочувствительного элемента матрицы.

Применение в ФПМ режима накопления фотоэлектрического заряда приводит к существенному уменьшению объема оборудования, упрощает задачу размещения всех основных компонентов ФПМ в пределах информационного поля и позволяет обеспечить необходимую плотность упаковки фотоприемных элементов. Особое внимание при разработке ФПМ было уделено повышению чувствительности ее базового зарядочувствительного элемента и всего устройства в целом. Теоретически физический предел чувствительности элемента матрицы, определяемый флуктуационными помехами, такими, как тепловой шум элементов, дробовый шум токов и специфичный для матриц с накоплением заряда дробовый шум коммутации, составляет при соотношении сигнал/шум, равном 10,  $10^{-14}$  Дж/бит.

Однако при работе светочувствительного элемента в ОЭЗУ возникает ряд дополнительных помех, ограничивающих чувствительность. К ним относятся помехи неоднородности, связанные с разбросом фотоэлектрических характеристик компонентов матрицы; кодозависимые временные помехи (так называемые помехи предыстории), обусловленные трудностью стирания фотоэлектрического заряда, полученного накопительной емкостью в предыдущих циклах считывания информации; кодозависимые пространственные помехи, вызываемые паразитной электрической связью между элементами; внешние помехи, связанные с электромагнитными наводками, оптическими фоновыми засветками, изменением параметров окружающей среды и др.

Наиболее оптимальным способом уменьшения помех неоднородности и внешних помех является использование парафазного кодирования оптической информации. При этом для считывания одного бита выделяются два фотодиода, работающие совместно с балансной зарядочувствительной схемой в канале считывания. Дискриминация сигналов двоичных «0» и «1» в этом случае осуществляется не столько по количественному, сколько по качественному признаку, каким является знак разности потенциалов на входах балансной схемы, за счет чего повышается помехозащищенность матрицы по отношению к внешним воздействиям, появляется возможность работы ФПМ при относительно невысокой контрастности парафазного бита и сравнительно большой неоднородности освещенности информационного поля. Однако к каждой балансной зарядочувствительной схеме предъявляются требования высокой однородности характеристик элементов (компонентов).

В качестве основной зарядочувствительной схемы в ФПМ использован светочувствительный триггер на биполярных транзисторах (СТ) [2], электрическая схема которого при относительной простоте обеспечивает подавление кодозависимых помех. Для подавления помех предыстории в СТ применяется так называемый диодный сброс напряжения на накопительных емкостях [2]. Влияние кодозависимых пространственных помех уменьшается путем подачи одновременно на все СТ

импульса фиксации, который приводит к предварительному усилению (в 20—30 раз) фотоэлектрического заряда, накопленного в каждом СТ при засветке ФПМ. При этом сохраняется изоляция всех СТ от выходных шин ФПМ [2]. При дальнейшем поочередном опросе СТ происходит дополнительное усиление заряда, приводящее к подключению опрашиваемого СТ к выходным шинам и считыванию информации. Электрическая помеха, передаваемая в этом случае с опрашиваемого СТ на соседние, оказывается меньше усиленного информационного заряда, полученного на этих СТ при фиксации.

Дополнительное увеличение чувствительности ФПМ (в 2—5 раз) достигается за счет индивидуальной настройки каждого СТ на этапе наладки ФПМ. В качестве регулирующего элемента используется емкость одного из фотодиодов СТ. Ее величина при настройке задается путем подключения вывода питания фотодиода к одной из точек многоступенчатого коллективного делителя напряжения.

Указанные меры позволили получить чувствительность по энергии  $5 \cdot 10^{-13}$  Дж/бит, мощности 20 нВт/бит (для наименее чувствительного элемента ФПМ при наиболее жесткой пространственно-временной кодовой ситуации). При этом матрица обеспечивает надежное считывание информации при наличии фоновой засветки по мощности, более чем в 5 раз превышающей указанную выше цифру пороговой чувствительности СТ.

Конструкция матрицы выполнена по кассетному принципу в виде десяти взаимозаменяемых кассет, каждая из которых содержит  $40 \cdot 4 = 160$  фотодиодов, гибридные схемы с СТ и формирователи сигналов управления. Электронные схемы обрания и сопряжения ФПМ позволяют вести передачу информации в канал связи с ЭВМ со скоростью 10 Мбайт/с.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Graf P., Lang M. Geometrical Aspects of Consistent Holographic Memory Design.— Appl. Opt., 1972, vol. 11, N 6.
2. Гусев В. К., Толстогоганов В. К., Шилов И. А. Светочувствительный триггер на биполярных транзисторах — базовый элемент фотоприемных матриц большого объема для оптических ЗУ.— Автометрия, 1979, № 3.

*Поступило в редакцию 2 марта 1978 г.*