ИССЛЕДОВАНИЕ МДП-СТРУКТУР И РАЗРАБОТКА ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Н.Р. РАХИМОВ, О.К.УШАКОВ, Е.Ю. КУТЕНКОВА, С.Р. АЛИЕВ

В работе исследованы физические основы функционирования и предложены принципы конструирования МДП – фотодиодных матриц, на их основе разработан ряд многоэлементных оптоэлектронных устройств с числом ячеек 4x4, 8x8, 16x16, 32x32, 64x64, 128x128 и линеек 1x128, 1x10242, а также дана обобщенная структурная схема МДП микрофотоэлектронного преобразователя информации.

In this work physical Principe's and construction of MDS-photodiodes matrices investigated. Optoelectronic devices with volume of cells 4x4, 8x8, 16x16, 32x32, 64x64, 128x128 and volume of lines 1x128, 1x10242 also comment scheme of MDS-microelectronic information applied designed.

В начале 70-х годов был предложен [1] подход к созданию твердотелных приемников изображений, основанных на использовании кремниевой планарной технологии. Бурное развитие кремниевой технологии для создания цифровых и аналоговых интегральных схем способствовало появлению новых типов многоэлементных датчиков изображения. Особый успех получили МОП-фотодиодное и МОП-фототранзисторные интегральные устройства или МОП-фотодиодные многоэлементные оптоэлектронные устройств (МОЭУ).

Для оптоэлектронных систем обработки информации существует большое число МОЭУ на основе фототранзисторов, АФН-приемников, приборов с зарядовой инжекцией, приборов с зарядовой связью и МДП-фотодиодов в виде современных многоэлементных оптоэлектронных устройств (СМОЭУ). На наш взгляд МДП-фотодиодные матрицы, обладают, по сравнению с другими типами более широкими функциональными возможностями: произвольное считывание фотоячеек, усиление электрических сигналов, а такие динамическое и статическое хранение информации. Произвольная выборка фотоячеек дает возможность проводить ортогональные преобразования изображений, определять координаты объектов, осуществлять ассоциативную выборку информации и фильтрацию изображений по спектру пространственных частот. В МДП-фотодиодных преобразователях информации функция чувствительного устройства совмещаются с функциями управляемого транспаранта (благодаря возможности управления чувствительностью электронным путем).

В данной работе исследуются физические основы функционирования и предлагаются принципы конструирования МДП – фотодиодных матриц, на их основе разработан ряд МОЭУ с числом ячеек: 4x4, 8x8, 16x16, 32x32, 64x64, 128x128 и линеек 1x128, 1x10242. Создание этих устройств было связано с разработкой специальных технологий и конструкторских решений.

Разработана обобщенная структурная схема МДП микрофотоэлектронного преобразователя информации, представленная на рис.1.

Структурная схема многофотодиодных устройств (МФУ) (рисунок 1) состоит из решетки {Ai, j} фоточувствительных ячеек. Они содержат фотодиоды, преобразующие оптическое излучение в электрические сигналы и МДП – транзисторы, реализующие функции коммутации, усиления, динамического и статического хранения информациия. Фотоячейки регулярно расположены в планарной плоскости фотоматрицы. Электрические связи между фотоячейками осуществляются системами вертикальных {Xi}, горизонтальных {Yi} и общих {Ci} проводящих шин. Управление работой фотоячеек осуществляется блоком управления решетки (БУР), дальнейшее преобразование выходных токов фотоячеек – блоком преобразования выходных сигналов (БПВС).

В зависимости от способа организации электрических связей между фотоячейками решетки, ячейками БУР и БПВС МФЭУ (МДП – фотодиодные преобразователи – МДП МДПИ) существуют 3 типов. Фотоячейки МДП МДПИ I типа связаны с ячейками двух блоков управления БУРх и БУРу системами вертикальных {Xi} и горизонтальных {Yi} шин соответственно, а с БПВС – системой общих шин {Ci}. Время ожидания считывания информации в МДП МДПИ I типа [2]:

$$t_{сч1} = m\, n\, t_o\,, \quad (1)$$

где m – число вертикальных шин решетки;
n – число горизонтальных шин решетки;
t_o – время считывания информации для отдельной фотоячейки.

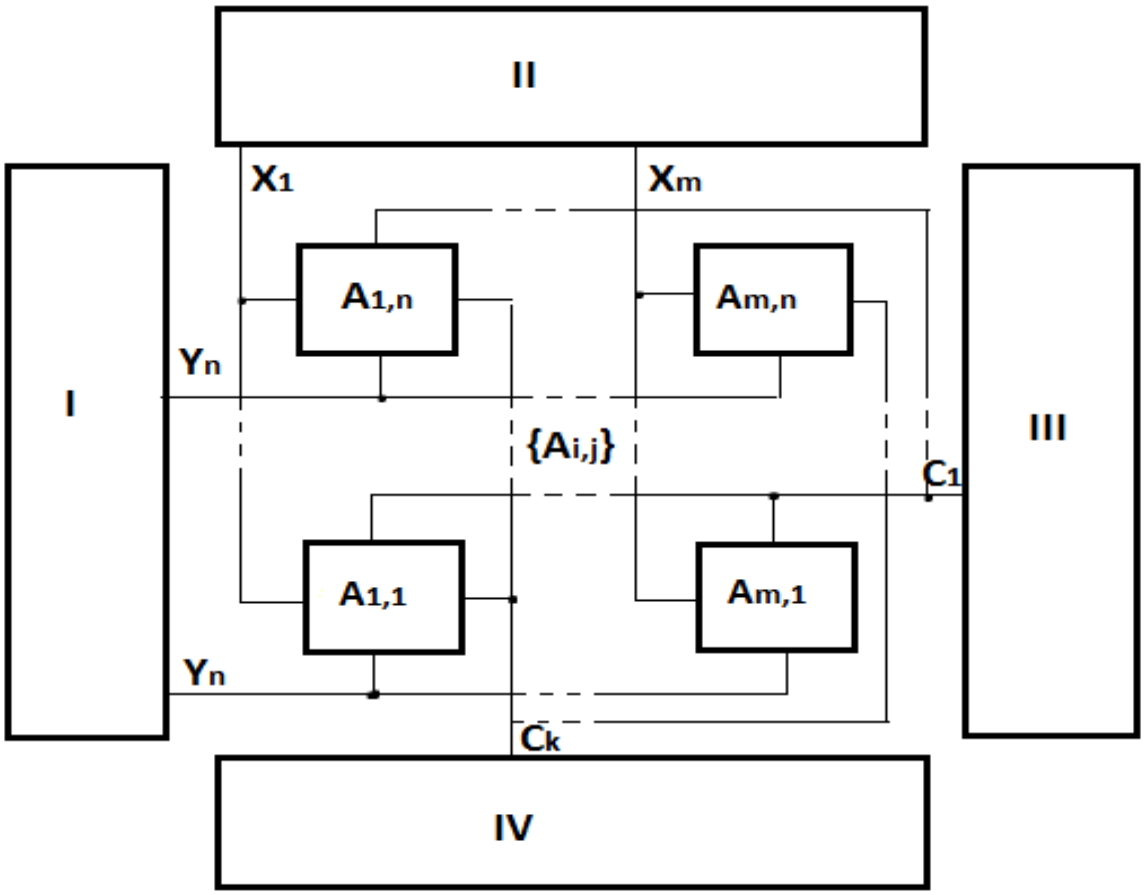

Рис.1 Обобщенная структурная схема МДП-фотодиодного СМОЭУ преобразователя информации.

МДП МДПИ I типа являются устройствами последовательного действия.

Фотоячейки МДП МДПИ II типа одной системой взаимно-ортогональных шин связаны с БУР, другой – с БПВС. Время считывания информации из МДП МДПИ II типа:

$$t_{II} = m\, t_o \quad (2)$$

Это устройство последовательно-параллельного действия.

В МДП ФДПИ III типа фотоячейки решетки обеими системами шин {Xi}, {Yi} связаны с БПВСх и БПВСу, соответственно. Время считывания информации:

$$t_{III} = t_o \quad (3)$$

Таким образом, МДП ФДПИ III типа являются устройствами параллельного действия.

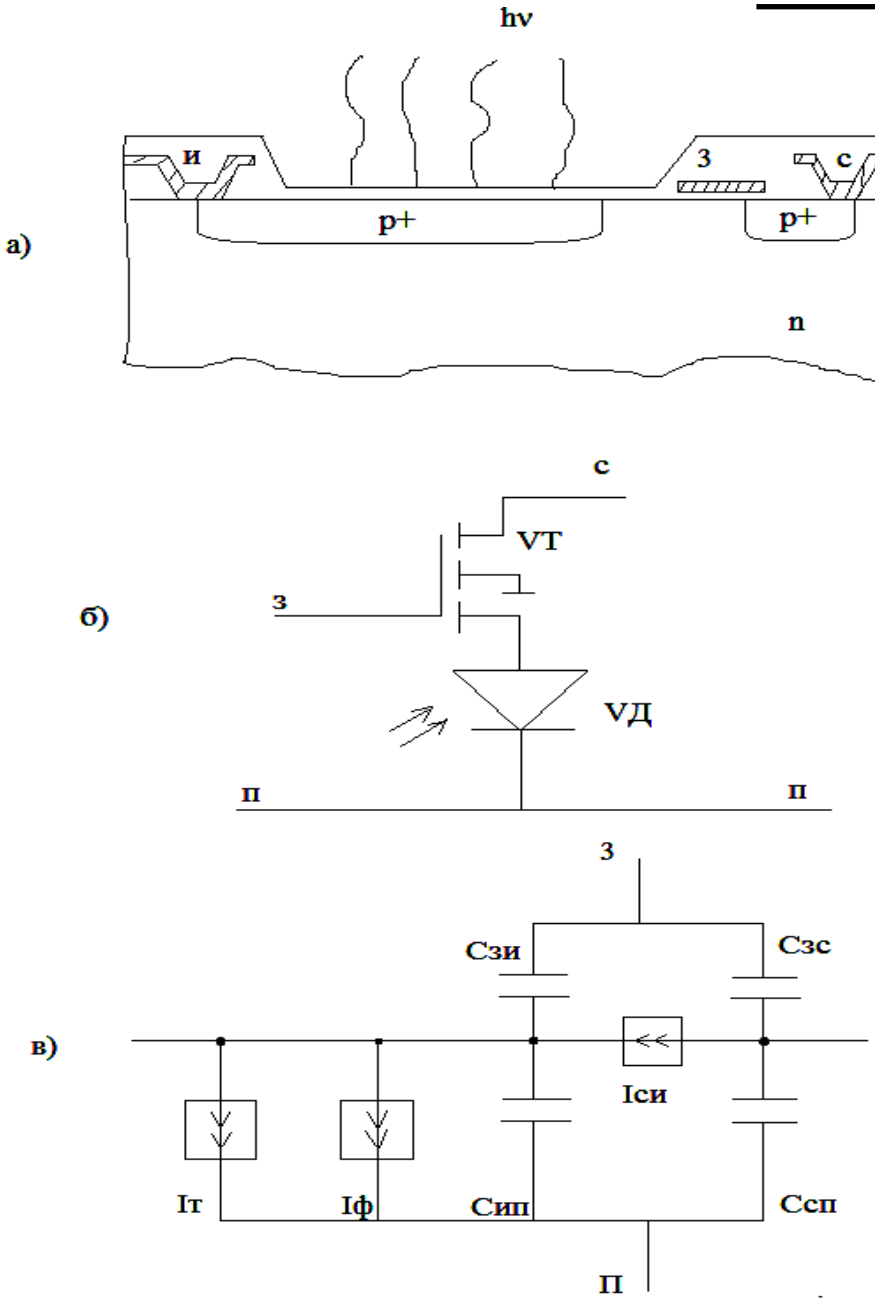

Рис.2 МДП-фотодиод; а - структура; б - принципиальная схема; в - эквивалентная схема.

В полупроводниковой подложке (рис. 2), например, n – типа формируют области p+ - типа проводимости. Между p+ - областями располагается примыкающая к ним под затворная область, в которой расположены под затворный диэлектрик и электрод затвора. Структура снабжается проводящими шинами, электрически связанными с p+ - областями. Принцип преобразования оптического излучения в электрический ток состоит в следующем. Один из p+n – переходов структуры используется в качестве фотодиода. Анод фотодиода одновременно является истоком МДП – транзистора.

Базовый элемент представляет собой единую интегральную структуру, поэтому называется МДП-фотодиодом. Поток фотонов, падающий на p+n-переход фотодиода, вызывает генерацию в подложке электронно-дырочных пар. Разделяясь полем p+n-перехода, электронно-дырочные пары задают фототок, величина которого пропорциональна мощности оптического излучения.

Используя МДП-фотодиод для построения фотоматриц были рассмотрены и разработаны около 19 вариантов фотоячеек.

Выбран оптимальный вариант фотоячейки, который является основой для большинства разработанных изделий (рис.3).

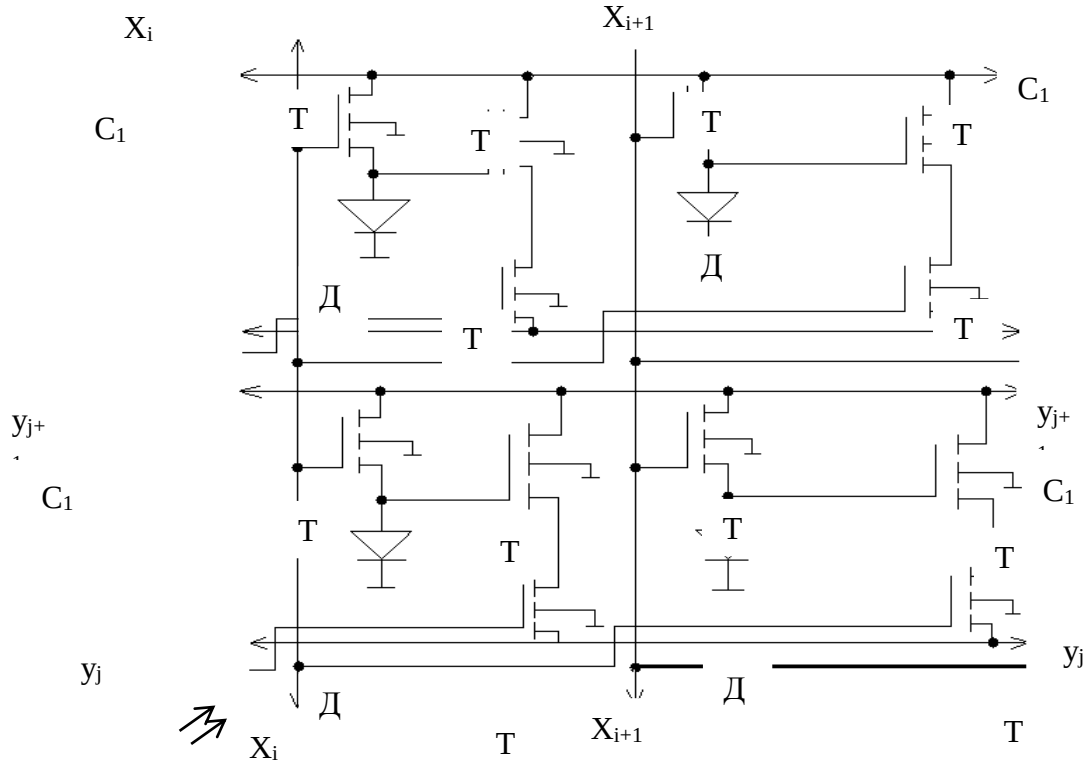

Рис.3 Фрагмент фотоматрицы СМОЭУ

Здесь T_o - МДП-фотодиод и ключевой транзистор, T_1 - усилитель, T_2 - адресный транзистор. Эта фотоячейка выполняет функции преобразования оптического сигнала, коммутации, усиления и динамического хранения.

Для выделения аналоговых полезных сигналов из коммутационных помех способом стабилизации параметров фотоячек предложено схемотехническое решение, введен дополнительный МДП-транзистор T_3, затвор и сток которого соединены с затвором усилительного транзистора T_1, а исток с общей шиной C_3. Подавление коммутационной помехи достигается путем стабилизации рабочих точек усилительных транзисторов T_1 в различных фотоячейках матрицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кругликов С.М., Логинов А.В. Многоэлементные приемники изображения. // Новосибирск «Наука» Сибирское отделение 1991 г.-96с.

2. Матиенко Б.Г., Наймарк С.И. МОП-фотодиодный элемент для полупроводниковых преобразователей «свет – код» с двухимпульсной диаграммой чтения информации. // Автометрия. Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение. 1977 г. С. 61-62

Сибирская государственная геодезическая академия,
Андижанский государственный университет
Принято 26 января 2011 года
(Рецензент: проф. Р.Алиев)