

Перспективы ПЗС-устройств

Три года назад, в марте 1970 г., сотрудник фирмы Bell Labs Бойл сделал на Международной конференции ИИЭР перед немногочисленной аудиторией первое сообщение о создании приборов с зарядовой связью (ПЗС). Бойл, который изобрел эти новые приборы вместе со Смитом, привел краткое описание структуры ПЗС и обрисовал основные перспективы их применения в устройствах формирования сигналов изображения, запоминающих устройствах и устройствах задержки аналоговых сигналов. Так как со стороны присутствовавших никаких вопросов не последовало, то докладчик воздержался от дальнейших разъяснений и заседание двинулось дальше своим чередом.

Но если собравшиеся на конференции и не прислушивались к словам Бойла, то к ним внимательно прислушались его коллеги из крупных исследовательских лабораторий, которые должным образом оценили его сообщение: им стало очевидно, что технология новых приборов оказалась не намного сложнее МОП-технологии и принципиально проще технологий, которые применялись в то время для создания перечисленных Бойлом трех типов устройств. Стало ясно, что в отличие от ЗУ на магнитных доменах ПЗС можно изготавливать с помощью тех же процессов полупроводниковой технологии, которые были давно освоены во всех этих лабораториях, из тех же материалов (кремния и двуокиси кремния) и с помощью тех же методов и приемов. Однако новые приборы являются принципиально более простыми в том смысле, что функциональные операции передачи и хранения информации выполняются в них с помощью неосновных носителей, тогда как в обычных приборах информация хранится неосновными носителями, а передается с помощью основных, и для перевода ее из одного состояния в другое необходимы диффузионные области. Кроме того, принципиально более простая ПЗС-технология должна позволить создавать приборы, отличающиеся меньшими размерами, большим быстродействием и потенциально меньшей стоимостью по сравнению с возможностями МОП-технологии.

Такая оценка была дана ПЗС-технологии три года назад. К настоящему времени исследования, проведенные рядом лабораторий, убедительно ее подтвердили. ПЗС-устройства действительно должны оказать значительное влияние на направление развития полупроводниковой техники, причем именно в предсказанных областях: формирователи сигналов

изображения, ЗУ и аналоговые линии задержки. Однако это влияние будет в трех названных областях далеко не одинаковым.

В области формирования сигналов изображения влияние ПЗС-устройств будет незамедлительным и весьма значительным в основном потому, что практически отсутствуют конкурирующие полупроводниковые технологии создания устройств формирования сигналов изображения, а ПЗС-устройства вполне удовлетворяют требованиям к полупроводниковым формирователям, так как матрицы ПЗС-элементов могут функционировать без помощи устройств развертки электронного луча и высоковольтных вакуумных трубок, используемых в обычных видеоканалах.

В ПЗС-формирователях картина, проецируемая на поверхность матрицы светочувствительных элементов, преобразуется в распределение зарядовых пакетов, соответствующих деталям изображения. Для их считывания на матрицу подаются серии импульсов, которые сдвигают накопленные в каждом элементе зарядовые пакеты к краю кристалла, в результате чего формируется выходной видеосигнал. Такой способ может быть использован как в линейных, так и в матричных устройствах, что дает возможность создавать полупроводниковые устройства считывания документации, фототелеграфные передающие устройства и самые разнообразные видеоприборы — от информационных приборов типа видеотелефона и устройств считывания для терминалов ЭВМ до промышленных цветных телевизионных камер с высоким качеством изображения.

В области обработки аналоговых сигналов ПЗС также должны оказать в скором времени существенное влияние, заменив современные методы, основанные на применении пьезоэлектрических стержней, кварцевых кристаллов и коаксиальных кабелей. В таких устройствах сигнал вводится в ПЗС с помощью обычной диффузионной входной структуры и затем передается вдоль прибора со скоростью, задаваемой простой схемой формирования тактовых импульсов. При этом можно получать задержки величиной от нескольких микросекунд до нескольких миллисекунд. Впервые появилась возможность выполнить весь тракт обработки аналоговых сигналов с помощью интегральной технологии, что представляет собой значительное достижение, так как устройства обработки аналоговых сигналов исключительно широко применяются в связных и радиолокационных системах. Линии задержки используются в телевизионных

приемниках, трансверсальные фильтры на линиях задержки — в телефонии для коррекции характеристик телефонных каналов, согласованные фильтры — в радиолокационных установках для кодирования и декодирования сигналов и т. д.

В области ЗУ, однако, складывается несколько иное положение. Со временем ПЗС-устройства смогут оказать здесь еще большее воздействие, чем в двух предыдущих областях, однако этого придется ждать значительно дольше, что в основном объясняется наличием существующих высокоразвитых технологических методов создания полупроводниковых ЗУ. Тем не менее уже ведутся разработки ПЗУ ЗУ последовательного типа, которые в будущем могут привести к созданию малогабаритных накопителей (аналогичных дисковым ЗУ) емкостью в десятки миллионов бит с малым потреблением мощности, которые не будут содержать движущихся частей и будут обладать на несколько порядков большим быстродействием и меньшей стоимостью по сравнению с современными ЗУ на магнитных дисках.

Действительно, уже созданы экспериментальные образцы сдвиговых регистров, ориентированных на применение в ЗУ. Несколько таких p -канальных приборов с частотой 1 МГц и количеством разрядов от 16 до 128 было реализовано фирмой Bell Labs, причем на один бит информации в них приходится площадь всего 2000 мкм², что значительно меньше, чем у элементов обычных регистров. Эти элементы созданы на базе технологии с минимальным размером линий 10 мкм, однако плотность ионнолегированных приборов при сокращении минимальной ширины линий до 5 мкм может быть увеличена в четыре и более раз. Это позволит почти на порядок уменьшить размеры запоминающих элементов по сравнению с элементами современных полупроводниковых ЗУ. Подобное уменьшение размеров и переход к n -канальным структурам должны незамедлительно обеспечить получение желаемых характеристик приборов для ПЗС ЗУ.

Предлагаемая читателю статья написана сотрудниками фирмы Bell Labs, где впервые были разработаны эти устройства и их технология. В статье описаны принципы построения ПЗС-устройств формирования сигналов изображения и основные методы их разработки, затронуты проблемы, которые пришлось решать при создании этих устройств, и подробно описаны возможные области их применения.

Альтман