

**Физические механизмы работы полупроводниковых устройств памяти**

Тип устройства памяти	Запоминающие заряды	Метод записи	Метод считывания	Примечание
ПЗУ	Не производится	Формирование (нарушение) перемычек при изготовлении	Неразрушающий «спрос» перемычек	—
СППЗУ	На плавающем затворе транзистора ЭП	Инжекция на плавающий затвор триггера	Считывание (без изменения) напряжения на триггере	Стирание информации при освещении УФ-излучением
ЭСППЗУ	На поверхностном состоянии плавающего затвора транзистора ЭП	Туннельная инжекция	—»—	Стирание информации при инжекции заряда другого знака
СЗУПВ	В статическом триггере ЭП	Передача сигнального заряда на информац. вход	Считывание сигнального заряда (без его изменения)	—
ДЗУПВ	На ёмкости затвора транзистора ЭП	Передача сигнального заряда на информац. вход	Считывание сигнального заряда (с его изменением)	Необходима регенерация

В ЭП ПЗУ информация записывается на этапе изготовления П. у. (наличие или отсутствие ряда проводников схемы, или перемычек). В ЭП на рис. 3, а перемычкой является цепь истока *полевого транзистора*. ЭП ПЗУ может также строиться на основе наличия или отсутствия диффузионных областей стока или истока (см. *Прибор с зарядовой связью*). Современные ПЗУ ёмкостью 1 Мбит состоят из ЭП площадью  $\approx 30 \text{ км}^2$  и с временем переключения  $\approx 80 \div 150 \text{ нс}$ .

ППЗУ представляют собой программируемые (уже после изготовления П. у.) ПЗУ, лишённые возможности стирания информации. В них используются ЭП с перемычкой (рис. 3, б), пережигаемой электр. импульсом, или *p-n*-диод, к-рый замыкается накоротко при подаче импульса, вызывающего лавинный пробой. ППЗУ выполняются по биполярной (быстродействующие ППЗУ) и др. технологиям (см. *МДП-структура, Микропроцессор, Логические схемы*). Совр. биполярные ППЗУ ёмкостью 64 кбит состоят из ЭП площадью  $\approx 160 \text{ км}^2$  и с временем переключения  $\approx 50 \text{ нс}$  [3]. ЭП ПЗУ и ППЗУ относятся по сути к ЭП на изменениях (нарушениях) структуры носителя (создание или разрушение перемычек, замыкание диодов) со считыванием информации электр. методами.

Работа ЭП СППЗУ и ЭСППЗУ основана на практически ност. удержании заряда. Заряд накапливается в проводящей области, находящейся внутри подзатворного окисла МДП-структуры, поэтому их работа определяется принципами работы МДП-приборов. Т. к. носители остаются в плавающем затворе и после отключения питания, СППЗУ и ЭСППЗУ являются энергонезависимыми П. у. [3, 4]. В ЭП СППЗУ (рис. 3, в) состояние ЭП определяется наличием или отсутствием заряда на плавающем затворе полевого транзистора (МДП - транзистора) с двойным затвором. СППЗУ ёмкостью 1 Мбит состоят из ЭП площадью 20–30 км<sup>2</sup> и имеют время переключения 80–150 нс [4]. ЭП ЭСППЗУ (рис. 3, з) содержат транзистор с плавающим затвором, отделённым от кремния слоем окисла. Запись (стирание) информации осуществляется при пропускании туннельного тока между затвором и подложкой.

ЭП СЗУПВ строятся на базе *триггеров*. При этом могут использоваться как полевые транзисторы (рис. 3, д), так и *транзисторы биполярные* (рис. 3, е). По быстродействию биполярные СЗУПВ превосходят все остальные типы полупроводниковых П. у. Типичное время переключения биполярных СЗУПВ ёмкостью

16 кбит составляет менее 4 нс, а СЗУПВ ёмкостью 256 кбит — менее 30 нс, при размере ЭП 5 мкм и 2 мкм соответственно [3, 4].

Альтернативой статическому триггеру являются динамический ЭП, в к-рых заряд хранится лишь в течение небольшого времени. Наиболее распространённый ЭП ДЗУПВ состоит из конденсатора и транзистора (рис. 3, ж). Транзистор используется лишь для досту-

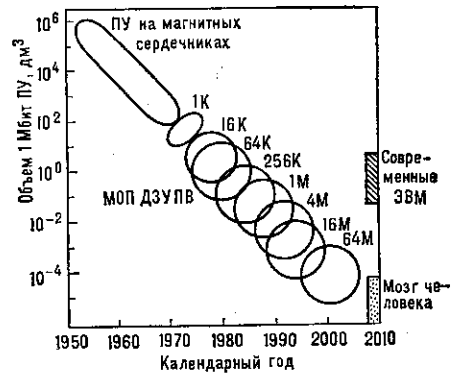


Рис. 4. Динамика увеличения плотности хранения информации для полупроводниковых устройств памяти.

па к заряду, хранящемуся в конденсаторе. Поскольку заряд постепенно уменьшается (из-за процессов генерации и рекомбинации), необходимо с периодом  $\sim 10^{-3}$  с регенерировать информацию в ЭП. Совр. ДЗУПВ имеют ёмкость в неск. Мбит. Динамика увеличения плотности размещения ЭП на носителе полупроводниковых П. у. представлена на рис. 4.

Сравнение предельных характеристик П. у. разл. типа приведено на рис. 5.



Рис. 5. Сравнение предельных характеристик устройств памяти различных типов.

**Оптические элементы памяти** [6]. В основе оптич. ЭП лежит явление *оптической бистабильности* или мультистабильности (см. также *Оптические компьютеры*). Реализация таких ЭП должна удовлетворять следующим требованиям: схема ЭП должна быть нелинейной и иметь *обратную связь*. Тогда при циклич. изменении,

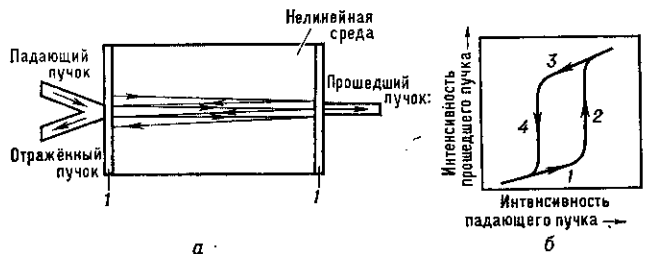


Рис. 6. Интерферометр Фабри — Перо как оптический бистабильный элемент (а) и петля гистерезиса зависимости интенсивности прошедшего лучка от интенсивности падающего лучка (б): 1 — полупрозрачные зеркала.

напр., входной интенсивности светового лучка на входе оптич. бистабильного ЭП он может функционировать обратимо. Простейшим примером бистабильного оптич. ЭП является интерферометр Фабри-Перо, заполненный средой с насыщающимся поглощением (рис. 6, а). Поскольку пропускание интерферометра зависит от