

длины резонатора, свойств заполняющего его вещества и длины световой волны, управляя параметрами вещества и интенсивностью падающего света, можно регулировать пропускание интерферометра. Зависимость интенсивности прошедшего пучка от интенсивности падающего имеет вид петли гистерезиса (рис. 6, б), где области 1 и 3 являются областями стабильности ЭП [6].

Мин. размер оптич. ЭП определяется минимально необходимым числом атомов ансамбля, для к-рого устойчиво наблюдается оптич. бистабильность. Это число составляет  $\sim 10^3$  двухуровневых атомов (полная энергия системы  $\approx 0,25$  фДж для фотонов с энергией 1,5 эВ). Такая ситуация имеет место в оптич. ЭП на базе GaAs при темп-ре 10 К, переключаемых энергией 15 фДж, распределенной на площади диаметра 0,25 мкм. Времена переключения ограничиваются временем установления поля в резонаторе, временем отклика среды и динамич. эффектами резонатора и могут достигать долей пс (рис. 5). Важными особенностями оптич. ЭП являются их высокая помехозащищенность от эл.-магн. шумов и высокая надёжность (кол-во переключений неограниченно).

**Перспективные элементы памяти.** Среди перспективных П. у. можно выделить голографические, используемые для записи, хранения и восстановления изображений ЭП, основанные на принципах голографии. В этом случае мы имеем дело с аналоговыми ЭП, поскольку оптич. плотность носителя информации (напр., эмульсионного слоя фотопластики) изменяется непрерывно. Интенсивно развивающийся цифровой синтез голограмм позволяет сопрягать между собой голографич. ЭП и цифровые системы [7].

Среди перспективных полупроводниковых П. у. можно выделить устройства на одноэлектронных джоузефовских ЭП (см. *Джоузефсона эффект*) и на одноэлектронных ЭП (туннелирование одиночных электронов в туннельных переходах сверхмалых размеров) [5]. Мин. размер одноэлектронных джоузефовских ЭП ограничен снизу величиной порядка глубины проникновения  $\lambda \approx 0,1$  мкм, обеспечивающей плотность записи информации  $10^4 - 10^6$  бит/мм<sup>2</sup>. Времена переключения таких ЭП при темп-ре жидкого азота составляют  $\sim 10^{-11}$  с. В одноэлектронных ЭП их мин. размер ограничен толщиной туннельной прослойки ( $\geq 3-4$  нм). В перспективе такие ЭП позволяют создать П. у. с плотностью записи информации  $10^8$  бит/мм<sup>2</sup> и временем переключения  $\sim 1$  нс [5].

Наряду с разработкой новых полупроводниковых ЭП интенсивно ведутся работы по созданию ЭП на молекулярном уровне (молекулярные ЭП) [8]. Для их реализации необходимы наличие в молекулярной системе не менее двух различных стабильных состояний системы, достаточно большое время их жизни и возможность избирательно переводить систему в каждое из этих состояний. Оценка плотности записи информации в молекулярном П. у. составляет  $\sim 10^6$  бит/мм<sup>2</sup>. При использовании частотно-селективной записи (т. н. спектральная память) её можно увеличить до значения  $\sim 10^8$  бит/мм<sup>2</sup> [8]. Путь уменьшения размера ЭП приводит вслед за разработкой молекулярных ЭП к атомным ЭП, в к-рых в качестве носителя информации может выступать одиночный атом. Действительно, двухуровневый атом представляет собой бистабильный логич. элемент, переключение к-рого осуществляется при переходе атома из одного энергетич. состояния в другое под действием внеш. поля.

**Иерархия П. у.** Наряду с делением П. у. по физ. принципам работы ЭП исторически сложилось деление П. у., используемых в ЭВМ, на внешние П. у., характеризующиеся большой ёмкостью информации (до 100 Гбайт) и относительно большим временем доступа к информации ( $\geq 10^{-3}$  с); оперативные П. у., характеризующиеся ср. параметрами по быстродействию ( $\approx 100$  нс) и ёмкости (1-10 Мбайт); кеш-П. у. (от англ. cache — тайник) с ёмкостью от 100 байт до десятков кбайт и быстродействием  $\approx 10$  нс; регист-

ры в ы е П. у. ёмкостью в неск. десятков байт и быстродействием  $\approx 0,5 - 1$  нс.

Назначение П. у. определяет тип ЭП, используемых в П. у. Напр., для кеш-П. у. применяются, как правило, биполярные схемы, для оперативного П. у. — ДЗУПВ или СЗУПВ.

**Архитектура П. у.** Под архитектурой П. у. понимается логич. организация совокупности аппаратных средств объединения ЭП. П. у. можно разделить по способам доступа к содержащейся в них информации и разрядности (числу одновременно считываемых бит информации). Существуют произвольный и последоват. метод доступа (чтения или записи) к информации в П. у. При произвольном методе доступа обращение происходит либо по заданному номеру ЭП, либо по ассоциативному признаку информации (заданному коду), определяющему номер ЭП. Простейшим примером ассоциативного доступа является поиск файла на магн. ленте по его имени (признаком является имя файла).

Кол-во одновременно записываемых (считываемых) бит определяет разрядность П. у. Увеличение разрядности П. у. приводит к снижению времени доступа к необходимой информации. Развитие архитектуры П. у. идёт по пути распараллеливания операций записи (считывания) информации (создание т. н. многопортовых П. у.), использования объёма носителя (объёмные П. у.) [4] и др.

*Лит.:* 1) Вуль В. А., Оптические дисковые запоминающие устройства, «Зарубежная радиоэлектроника», 1986, № 9; 2) Перспективы развития вычислительной техники, под ред. Ю. М. Смирнова, кн. 9: Внешние запоминающие устройства на магнитном носителе, М., 1989; 3) Полупроводниковые запоминающие устройства, под ред. Ю. И. Смирнова, М., 1989; 4) Техника и технология интегральных схем будущего, «ТИИЭР», 1986, т. 74, в. 12; 5) Лихарев К. К., Семенов В. К., Зорин А. Б., Новые возможности для сверхпроводниковой электроники, в кн.: Итоги науки и техники. Сер. Сверхпроводимость, т. 1, М., 1988; 6) Гиббс Х. М., Оптическая стабильность. Управление светом с помощью света, пер. с англ., М., 1988; 7) Новые принципы оптической обработки информации, под ред. С. А. Ахманова, М. В. Воронцова, М., 1990; 8) Рамбиди Н. Г., Замалин В. М., Молекулярная микроэлектроника: физические предпосылки и возможные пути развития, «Поверхность», 1986, № 8.

В. Н. Запов, С. А. Филлипычев.

**ПАМЯТЬ ФОРМЫ** — свойство нек-рых твёрдых тел восстанавливать исходную форму после пластич. деформации при нагреве или в процессе разгруппирования. Восстановление формы, как правило, связано с *мартенситным превращением* или с обратимым *двойникованием*. В зависимости от величины деформации и вида материала восстановление формы может быть полным или частичным. Полное восстановление формы может происходить в сплавах с термоупругим мартенситом, таких, как Cu — Al — (Fe, Ni, Co, Mn), Ni — Al, Au — Cd, Ag — Cd, Ti — Ni, In — Ti, Cu — Zn — Al, Cu — Zn — Sn, и в ряде др. двойных, тройных и многокомпонентных систем. П. ф. в этих сплавах имеет место и в тех случаях, когда восстановлению формы противодействует внеш. нагрузка. Макс. величина обратной пластич. деформации зависит от кристаллич. структуры исходной и мартенситной фаз и ограничена величиной деформации решётки при фазовом переходе или сдвигом при двойниковании. Так, при мартенситном превращении в сплавах Ti — Ni она составляет  $\sim 9\%$ . Когда возможности деформации по мартенситному механизму или за счёт обратимого передвойникования исчерпаны, дальнейшее формоизменение необратимо, т. к. оно происходит путём скопления полных дислокаций.

Накопление обратной пластич. деформации в разл. температурных интервалах для одного и того же сплава может осуществляться по разным механизмам. Под воздействием внеш. напряжений в интервале темп-р ( $M_N - M_K$ ) прямого мартенситного превращения (где индекс «N» означает начало мартенситного превращения, а «K» — конец) деформация осуществляется за счёт макроскопич. сдвига, связанного с образованием из исходной фазы преим. ориентированных кристаллов мартенсита. Из всех возможных вариантов взаим-