

СБИС В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ

Американские изготовители полупроводниковых приборов, чтобы не быть застигнутыми врасплох, должны все время поглядывать за Атлантический океан — ведь в Западной Европе тоже ведутся работы в области СБИС.

В ФРГ, например, как сообщает Рюхардт, руководитель программ разработки СБИС в отделении компонентов компании Siemens AG, эта компания с штаб-квартирой в Мюнхене в настоящее время разрабатывает несколько базовых технологий СБИС. Одно из направлений работ фирмы Siemens связано с созданием сверхбыстродействующих биполярных матриц на субнаносекундных логических вентилях — устройств, которые пока что никак нельзя охарактеризовать как СБИС, но которые «станут таковыми при выполнении на схемах типа интегральной инжекционной логики», говорит он. На основе модифицированных И²Л-схем планируется также реализация комбинированных систем, содержащих цифровые и аналоговые блоки, добавляет Рюхардт. Другое технологическое направление, прорабатываемое специалистами этой фирмы, — V-МОП-технология. В настоящий момент на ее основе разрабатывается 64К-бит ЗУ с произвольной выборкой, к выпуску которого предполагается приступить уже в самом начале следующего, 1979 г.

На первом месте — n-МОП-структуры. Однако наибольшие усилия фирмы Siemens направлены в настоящее время на разработку n-канальных МОП-приборов с двойным поликремнием, изготавливаемых с помощью усовершенствованной оптической литографии в сочетании с методами плазменного травления и локального окисления. «Начав с простого уменьшения геометрических размеров элементов, мы сейчас работаем над дальнейшими усовершенствованиями в технологическом процессе, такими, как различные методы самосовмещения структур», — говорит Рюхардт. Специалисты фирмы Siemens надеются, что в следующем году с помощью этой технологии они смогут получать вентили с задержками 2 нс и производением мощность $\times$ задержка 0,2 пДж, а в 1983 г. — с задержками 0,8 нс и производением мощность $\times$ задержка 0,04 пДж. Если говорить о геометрических размерах, то в следующем году предполагается достичь плотности упаковки порядка 5000 транзисторов с 2,5-мкм каналами на 1 мм², а к 1983 г. улучшить этот показатель до 20 000 транзисторов с 1,5-мкм каналами на 1 мм².

Голландская фирма N. V. Philips Gloeilampenfabrieken (Эйндховен) также вкладывает больше всего средств в разработку технологии n-канальных МОП БИС. «Однако мы проводим еще и крупную программу по созданию СБИС на И²Л-схемах», — сообщил Хоймер, управляющий сбытом ИС в отделении компонентов и материалов фирмы Philips. Понятно, что Хоймер отказался сообщить конкретные цифры капиталовложений, однако отметил, что на разработку И²Л СБИС выделяется сумма, составляющая от 30 до 40% суммы, ассигнованной на МОП СБИС. Что касается технических характеристик, то в планы фирмы Philips входит получение МОП-приборов с длинами каналов менее 2 мкм. Фирма планирует к 1979 или 1980 г. достичь плотности упаковки порядка 6000 транзисторов на 1 мм², а к 1983 г. — удвоить ее, сообщил Хоймер. Он считает, что переход к приборам с размерами 1 мкм потребует больших и коренных усовершенствований их технологии.

Отделение Sescosem Semiconductor компании Thomson-CSF — крупнейший французский изготовитель полупроводниковых приборов — также ориентируется прежде всего на n-канальные МОП-приборы с кремниевыми затворами, во всяком случае на ближайшее время. «Они годятся для создания СБИС, содержащих до 100 тыс. транзисторов на кристалле», — утверждает Жумар, возглавляющий в фирме группу по применениям цифровых приборов. В ближайшие несколько лет Sescosem предполагает начать выпуск на продажу n-канальных МОП СБИС на вентилях с задержками менее 1 нс и величиной произведения мощность $\times$ задерж-

ка от 0,5 до 1,0 пДж. Напряжение их питания будет меньше 5 В, а может быть, даже и 3 В. Минимальные размеры элементов будут составлять 3 мкм, а плотность упаковки — от 1000 до 2000 транзисторов/мм².

Исследования арсенид-галлиевых приборов. Через некоторое время (достаточно большое) фирма Sescosem, возможно, попробует свои силы в создании СБИС на арсениде галлия. В настоящее время в центральной научно-исследовательской лаборатории головной фирмы — компании Thomson-CSF — специальная группа ведет исследования интегральных схем на обогащенных полевых транзисторах из арсенида галлия. «В этих схемах можно будет получить еще большую плотность упаковки, чем в МОП-схемах, а также намного лучшую величину произведения быстродействие $\times$ мощность — всего несколько фемтоджоулей», — предсказывает Конвер, руководитель группы компонентов в этой лаборатории. Данная работа, как подчеркивает Конвер, носит применительно к СБИС пока что сугубо экспериментальный характер, однако его группе уже удалось успешно реализовать не очень сложные ИС, содержащие около 80 транзисторов.

Фирма Sescosem в своих работах по созданию СБИС получает правительственную поддержку. Аналогичную поддержку получает и организация EFCIS (Société pour l'Etude et la Fabrication de Circuits Intégrés Spéciaux — Общество по исследованию и производству специальных интегральных схем), созданная совместно с французским Агентством по атомной энергии и компанией Thomson-CSF. В EFCIS главным направлением технологии СБИС будут К/МОП-схемы на сапфировых подложках. Эта технология разрабатывается сейчас для EFCIS расположенной по соседству лабораторией LETI Агентства по атомной энергии (Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Informatique — Лаборатория электроники и информационной техники), находящейся, как и организация EFCIS, в Гренобле.

Борель, руководитель группы прикладной микроэлектроники в LETI, считает, что EFCIS начнет выпускать СБИС с размерами 2 мкм в середине 1982 г., а еще через несколько лет освоит производство приборов с размерами 1,5 мкм. Лаборатория LETI уже изготовила опытные образцы таких схем — кольцевые генераторы на 500 каскадов. Плотность их упаковки составляет 2700 транзисторов на 1 мм². Эпитаксиальная пленка кремния, выращенная на поверхности сапфировой подложки, имеет толщину 0,45 мкм, а затворный окисел в транзисторах — 50 нм. Скорость распространения сигнала в таком кольцевом генераторе характеризуется задержкой 1,5 нс/каскад, а величина произведения быстродействия $\times$ мощность равна 0,14 пДж. Борель предсказывает, что с помощью технологии К/МОП-схем на сапфировых подложках можно будет создать БИС с величинами произведений мощность $\times$ быстродействие менее 0,1 пДж, например 0,05 пДж для схемы деления на три, работающей на частоте 100 МГц от источника питания напряжением 3 В.

Технология. Как фирма Sescosem, так и EFCIS собираются использовать для изготовления своих первых СБИС методы оптической литографии. Специалисты фирмы Sescosem считают, что ее предельные возможности составляют около 2 мкм. Однако мнение Бореля иное — он полагает вполне доступным создание линий с минимальной шириной 1 мкм. Специалисты LETI надеются в скором времени получить шаговый репродуктор для непосредственного формирования изображения на пластине — установку 4800 фирмы GCA Corp. Однако с помощью специального объектива, изготовленного самими французскими специалистами, ее предельные возможности, по мнению Бореля, удастся довести до 1 мкм.

По поводу практических предельных возможностей оптической литографии, составляющих 2 мкм, Хоймер из фирмы Philips заметил, что эти возможности в большей степени определяются точностью совмещения и разбросом рабочих параметров аппаратуры, чем собственно разрешением,

равным 2 мкм. «Мы уже разработали систему совмещения которая, как мы считаем, позволит нам получить размеры линий менее 2 мкм», — заявляет Хоймер, имея в виду систему SIRE¹. Он добавляет также, что выражение «менее 2 мкм» представляет собой заниженную оценку возможностей системы. Для литографии с малым зазором с переносом изображения сразу на всю пластину Рюхардт считает предельной величину разрешающей способности 2 мкм при диаметре пластины 100 мм. «Такую же разрешающую способность будут иметь даже системы рентгенолучевой литографии с зазором», — добавляет он.

Хоймер, как и многие другие специалисты, полагает, что в конечном счете решение проблемы литографии будет достигнуто методами непосредственного экспонирования пластин электронным лучом. «Мы считаем, что связанная с этим потеря производительности будет компенсирована другими преимуществами, например более высоким выходом годных, которые позволят получить менее дорогие СБИС». То же самое думают и специалисты центральной лаборатории французской компании Thomson-CSF, в ко-

торой сейчас ведется создание оборудования для электронно-лучевой литографии. Хоймер заявляет, что фирма Philips проводит сейчас программу разработки электронно-лучевого оборудования, которое будет конкурировать с аналогичными японскими системами. Электронно-лучевой генератор изображений FBPG-3 этой фирмы¹ позволяет получать линии шириной всего 0,4 мкм. Рюхардт из фирмы Siemens согласен с тем, что долгосрочные капиталовложения в исследования и разработку электронно-лучевых установок вполне целесообразны, если «под определением «долгосрочные» понимать сроки около семи лет от настоящего момента». В течение этого времени, говорит он, те факторы, которые в наибольшей степени ограничивают прогресс электронно-лучевой технологии, в частности скорость рисования лучом и производительность оборудования, не будут иметь чересчур большого значения, так как электронно-лучевая технология будет применяться в основном для изготовления фотошаблонов и производства специальных малосерийных изделий.

¹ *Электроника*, 1977, № 10, стр. 4.

¹ *Электроника*, 1978, № 23, «Электроника за рубежом».