

Полвека отечественной транзисторной электронике

В сороковые годы в СССР так же, как и в США активно проводились исследования в области полупроводниковых устройств усиления сигнала (С.Г.Калашников, Н.А.Пенин — ЦНИИ-108 МО). К сожалению, наблюдавшийся ими эффект не получил должного объяснения и открытие не состоялось. Первый в нашей стране образец точечного германиевого транзистора создан в 1949 году. В 1953 году изготовлен первый в Союзе опытный образец плоскостного (сплавного) германиевого транзистора. В том же году в Москве открывается специализированный отраслевой НИИ полупроводниковой электроники, который сейчас носит название “Пульсар”. Первые плоскостные транзисторы, ставшие основой серийных приборов типа П1, П2, П3 и их дальнейших модификаций (П6, П13—П16), были изготовлены в НИИ “Пульсар” (тогда НИИ-35), в лаборатории А.В.Красилова. Работы этой лаборатории создали базу для дальнейшего развития транзисторной технологии в институте.

Транзисторное направление интенсивно развивалось и в лаборатории С.Г.Калашникова в ЦНИИ-108 МО. Оба института активно сотрудничали, в частности в решении проблемы повышения выходной мощности и рабочих частот транзисторов. В результате родилась идея нового технологического процесса “сплавления-диффузии”, и на ее основе были изготовлены германиевые транзисторы с выходной мощностью 10—15 Вт на низких частотах и маломощные приборы на частоты до 100—120 МГц (а впоследствии и до 400 МГц — серийные транзисторы П401—П403 и П410, П411 соответственно).

В 1957 году в старом помещении физического факультета МГУ обосновался только что созданный Институт радиотехники и электроники АН СССР. С переходом туда С.Г.Калашникова и большинства его коллег работы по полупроводниковой тематике в ЦНИИ-108 были свернуты. “Пульсар” остался практически единственной (не считая ОКБ завода «Светлана» в Ленинграде) организацией, ведущей

НИОКР в области транзисторной электроники.

До начала 60-х годов усилия разработчиков института в основном были сосредоточены на германиевых транзисторах. Возможность исследования и изучения нового электронного прибора получили десятки специалистов-энтузиастов, но результаты были малообнадешивающими. Причина этого — попытка рассматривать транзистор как аналог электровакуумного триода. Потерпев неудачу, ученые увлеклись теорией “дуального” подхода к проектированию усилительных транзисторных каскадов, считая, что переход от четырехполюсника проводимостей к четырехполюснику сопротивлений решит все проблемы. Но и этот путь не принес успеха. Вскоре стало ясно, что основная причина ненадежности и нестабильности транзисторных схем — включение прибора по схеме, приводящей к появлению “плавающего” потенциала базы. Серьезные опасения внушали и температурные характеристики транзистора: в некоторых случаях увеличение температуры окружающей среды до 40—50°С приводило к полной потере усилительных свойств. Вот почему в начале транзисторной эпохи многие ведущие конструкторы радиоаппаратуры категорически утверждали, что транзистор никогда не станет компонентной основой серьезного электронного оборудования и что он перспективен для применения разве что в слуховых аппаратах. Однако энтузиасты, в первую очередь школы А.А.Куликовского (ВВИА им. Жуковского) и И.П.Степаненко (МИФИ), продолжали изучать возможности транзистора.

В ходе исследований отрабатывалась схемотехника транзисторных устройств, решались вопросы схемотехнической компенсации температурного дрейфа характеристик, выявлялись недопустимые режимы пользования, делались первые шаги по макетированию конкретной электронной аппаратуры, например самолетного радиовысотомера. В ЦНИИ-108 был создан первый в стране образец спецаппаратуры на транзисторах (П.С.Плешаков, А.Г.Раппопорт и др.), выпускавшихся уже заводом “Свет-

лана”. Широким фронтом шли работы по созданию аппаратуры на транзисторах и в КБ-1. К 1959 году необходимость создания промышленности по крупносерийному выпуску полупроводниковых приборов уже не вызывала сомнений. Первый шаг в этом направлении — спешное преобразование ряда спичечных, макаронных, швейных фабрик, техникумов и ателье бытового обслуживания в полупроводниковые предприятия. Однако действительно серьезная работа по развертыванию отечественной полупроводниковой промышленности началась в 1961 году, когда был создан Госкомитет по электронной технике во главе с А.И.Шокиным. Эту задачу удалось выполнить менее чем за пять лет, несмотря на инертность совнархозов, эмбарго на многие виды оборудования, недостаток средств и непригодность передаваемых ГКЭТ помещений для основного производства.

Все эти годы не прекращались интенсивные работы в области полупроводниковой электроники. В 1958 году научный коллектив “Пульсара” в составе В.А.Стружинского, Ю.П.Докучаева и Г.Э.Корнильева разработал так называемые конверсионные германиевые транзисторы с выходной мощностью 5 Вт на частотах 30—50 МГц. В то время это был рекордный результат на мировом уровне. В начале 60-х годов коллектив стал развивать идеи “элионики” — использования в одной рабочей камере электронных и ионных пучков для изготовления полупроводниковых приборов.

В 1956—1963 годах начинаются исследовательские работы в области кремниевых сплавных, диффузионных и планарных транзисторов. Их результатом стало создание маломощных приборов на частоту порядка 300 МГц и транзисторов с выходной мощностью 20 Вт на частоте около 10 МГц. В ходе дальнейших работ были достигнуты частоты порядка 10—12 ГГц (1980 год) и выходные мощности до 2—5 Вт на частотах 7—10 ГГц.

В НИИ “Пульсар” разработаны и первые в стране электронные наручные часы, сначала камертонные на одном микроминиатюрном транзисторе

(ГТ-109), а затем на интегральных схемах с ЖК- и СИД-индикаторами. В институте изготовлена и первая отечественная планарная “твердая схема” на 20 элементов (ИС—100). Здесь же в 1965—1966 годах запущен первый в стране экспериментальный цех по производству планарных ИС. В 1966 году за создание технологии и оборудования, обеспечивших серийный выпуск полупроводниковых приборов, коллектив специалистов отрасли был удостоен Ленинской премии. Тогда же началось интенсивное строительство Зеленограда, который называют отечественной Кремниевой долиной.

К тому времени в ходе разработки кремниевых микромиттерных мощных высокочастотных транзисторов

(2Т904, аналог американского 2N3375) были сформулированы требования к прецизионному оптико-механическому оборудованию, необходимому для развития не только техники СВЧ-транзисторов, но и микроэлектроники в целом. Отсутствие такого оборудования мешало нам двигаться вперед, а потому оно, естественно, попадало под торговое эмбарго западных стран. Отечественные же специалисты (ГОИ, ЛОМО) под любыми предложениями отказывались от разработки нужных систем, в частности фотоштанпов и установок совмещения. Коллектив “Пульсара” приложил немало усилий, чтобы привлечь к этим работам широко известную фирму “Карл Цейс Йена” (ГДР). В результате создаваемая бук-

вально на пустом месте отечественная полупроводниковая промышленность к 1973 году получила остро необходимые ей автоматические координатнографы, установки совмещения и экспонирования, координатометры и микроскопы марок “НУ” и “Интерфако”. И сейчас почти половину парка оптико-механического оборудования нашей электронной промышленности составляет продукция фирмы “Карл Цейс Йена”. К сожалению, сегодня такой фирмы больше не существует, в немалой степени и из-за того, что мы отказались оплатить выполненный заказ на установки последовательного шагового экспонирования. Но это, как говорил Р. Киплинг, “уже совсем другая история”.

Philips объединила две дюжины дискретных приборов на одном кристалле

С помощью технологии нанесения двойных поликремниевых слоев специалистам фирмы Philips удалось объединить на одном кремниевом кристалле более 20 дискретных компонентов, в том числе элементы индуктивности, конденсаторы и резисторы. Благодаря двойной поликремниевой технологии рабочая частота схем увеличена до 23 против 10 ГГц в современных биполярных устройствах. Сейчас схемы на такие высокие частоты изготавливаются на более дорогом арсениде галлия. Фирма намерена в середине 1998 года выпустить шесть монолитных ИС: три ВЧ-усилителя и три смесителя для аналоговых и цифровых сотовых телефонов, детекторов РЛС и тюнеров систем спутникового телевидения. Применение новых схем позволит сократить число компонентов сотового телефона с 30 до шести.

Electronic News, 1997, Dec.22, p. 1

Хотя сейчас схемы флэш-памяти в основном предназначены для хранения кода (примерно 90% общего объема памяти отгружаемых схем этого типа), интерес к использованию таких устройств для хранения данных быстро растет. В первую очередь это объясняется расширением применения флэш-памяти в цифровых фотокамерах и другой бытовой технике. Вместе с тем рост спроса на схемы этого типа в основном зависит от объемов продаж ПК, рынок которых постепенно насыщается.

Интерес к схемам флэш-памяти со стороны изготовителей бытовой техники объясняется непрерывным увеличением объема памяти и снижением их стоимости. Сегодня удельная стоимость одного мегабайта такой схемы равна 4—6 долл. против 15 долл. два года назад. По мнению президента фирмы Sandisk Эли Харари, к 2001 году цена флэш-памяти упадет до 1 долл./Мбайт. Что касается объема памяти флэш-систем, то последние разработки позволили создать систему размером с почтовую марку и емкостью более 10 Мбайт.

Проявляют интерес к флэш-памяти и поставщики сотовых телефонов. Функции сотовых радиотелефонов стремительно расширяются. Обеспечивая передачу речевой, электронной почты и даже поддержку броузеров сети Internet, они все больше напоминают ручные ПК. Для выполнения этих функций требуются изделия с памятью большой емкости и низким напряжением питания. Уже сейчас напряжение питания схем флэш-памяти, как правило, равно 3 В (на фирме AMD создано устройство на 1,8 В). В ближайшие годы могут появиться и схемы на напряжение 0,9 В. В результате к 2010 году рынок схем флэш-памяти окажется сопоставимым с современным рынком ИС ДОЗУ (около 40 млрд. долл.).

<http://sumnet.com./enews/outlook98/memory.html>

Начата программа создания ЗУ со сверхвысокой емкостью

Фирма TMS Technologies (США) по контракту с Управлением перспективных разработок Министерства обороны США (DARPA) начала трехлетнюю программу разработки технологии формирования нового поколения ЗУ со сверхвысокой плотностью записи информации. Ее цель — создание 10-Гбайт ПЗУ, плотность информации которого в 20 раз выше, чем у ПЗУ на оптических дисках. На работу планируется затратить несколько миллионов долларов. ЗУ будет изготовлено с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) и микроэлектромеханической схемы (МЭМС). Это позволит сформировать на кремниевом кристалле матрицы, содержащие несколько десятков тысяч ячеек памяти. Новая технология станет фундаментом для разработки будущих ЗУ с записью и считыванием емкостью до 10 Тбайт/см². Идея создания ЗУ с элементами, сопоставимыми по размерам с атомами, появилась около 10 лет назад в связи с изобретением СТМ. Чтобы реализовать ее, необходимо было изготовить чрезвычайно малые движущиеся детали, исполнительные механизмы, шупы и двигатели. Это стало возможным благодаря совершенствованию МЭМС-технологии. В ходе исследований фирма уже продемонстрировала возможность создания исполнительных механизмов, способных перемещать острие СТМ в трех направлениях.

Semiconductor International, 1997, v.20, N9, p.24

Ассоциация производителей электронных компонентов полагает, что европейский рынок этих изделий в 1988 году вырастет до 38,583 млрд.долл. против 35,283 млрд. в 1997-м. Наибольший рост ожидается в Великобритании (11,6%), Швеции (11%), Франции (10,6%) и Италии (9,1%).

AFX

**В Европе ожидают
оживления рынка
электронных
компонентов**

**Год больших
перспектив
для схем
флэш-памяти**

Дайджест

Дайджест