

ЗЕЛЕНГРАДСКИЙ ЦЕНТР МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ: СОЗДАНИЕ, РАСЦВЕТ, ЗАКАТ...

Недавно в Нью-Йорке вышла книга Стивена Юсдина “Инженерный коммунизм: как два американца шпионили для Сталина и создали советскую кремниевую долину” [1]. В ней в очередной раз, но уже крупномасштабно, представлена фальсифицированная история создания в нашей стране микроэлектроники и ее инновационного центра в Зеленограде. Фальсификации появляются, когда нет достоверного описания. Данная статья – попытка восполнить этот пробел. Она основана на воспоминаниях непосредственных участников тех событий и документах. Подробно проанализировать книгу Юсдина мы планируем в одном из следующих номеров журнала.

ПРЕДПОСЫЛКИ

К концу 50-х годов прошлого столетия технология сборки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов исчерпала свои возможности. Мир пришел к острейшему кризису РЭА, для его преодоления требовались радикальные меры. В СССР электронная промышленность выделяется в самостоятельную отрасль (Госкомитет по электронной технике – ГКЭТ, преобразованный затем в Минэлектронпром – МЭП) во главе с министром Александром Ивановичем Шокиным.

К этому времени и в СССР, и за рубежом уже созрели предпосылки для создания полупроводниковых и гибридных интегральных схем (ИС) – были промышленно освоены интегральные технологии производства как полупроводниковых приборов, так и толстопленочных и тонкопленочных керамических плат. Вопрос был лишь в том, кого первым озарит счастливая идея использовать их для изготовления многоэлементных изделий – ИС. Первыми оказались Д.Килби из Texas Instruments (TI) и Р. Нойс из Fairchild (США). В 1958 году они изготовили макеты ИС: Килби на германии, Нойс – на кремнии.



Б.Малашевич
mbm@angstrem.ru

В 1959 году группа молодых разработчиков КБ Рижского завода полупроводниковых приборов (Карнов, Осокин, Пахомов) создала образцы германиевых ИС – логические элементы “2 ИЛИ-НЕ”. К 1963 году была разработана первая технологическая линейка для изготовления бескорпусных ИС “Р12-2”. Три-четыре таких ИС помещали в металлический модуль и заливали компаундом. В середине 60-х годов их выпуск достиг 300 тыс. штук в год. В том же 1959 году работы по созданию германиевых ИС начались и в НИИ-35 (НИИ “Пульсар”, Москва). В начале 1961 года в НИИ-35 был организован отдел ИС, который возглавил Б.В.Малин. Однако германий для ИС оказался не перспективен. Это быстро поняли и в TI, и в НИИ-35 и перешли на планарный кремний. В августе 1961 г. группу молодых специалистов НИИ-35 (Б.В.Малин, В.А.Стружинский и А.Ф.Трутко) направили на стажировку в США для изучения планарной технологии.

Примерно тогда же появились и гибридные ИС (ГИС). В СССР разработкой гибридной технологии занималось СКБ-2 ГКЭТ в Ленинграде.

В то время ИС и ГИС часто называли твердыми схемами. Причем специалисты прогнозировали, что наиболее интенсивно развиваться будут именно ГИС [2]. Особые надежды возлагались на тонкопленочную технологию: на ее основе предполагали формировать и активные элементы – тонкопленочные диоды и транзисторы. Но прогнозы не оправдались, более перспективными оказались полупроводниковые ИС.

ПЕРВОПРОХОДЦЫ

В СССР образовалось две группы первопроходцев-организаторов советской микроэлектроники – в ГКЭТ и КБ-1 (ныне – НПО “Алмаз”). Еще с первой половины пятидесятых годов в КБ-1 под руководством главного инженера Федора Викторовича Лукина велись активные работы по микроминиатюризации РЭА на имевшейся тогда элементной базе. Но к концу десятилетия стало ясно, что нужны более радикальные методы. Вот тогда-то Ф.В.Лукин и поручил А.А.Колосову [2], одному из наиболее активных, грамотных и заинтересованных в решении этой проблемы специалистов КБ-1, свободно владеющему тремя иностранными языками, досконально изучить подходы к микроминиатюризации по



иностранным и отечественным источникам. Результаты этой работы были обобщены в 1960 году в небольшой монографии А.А.Колосова “Вопросы микроэлектроники”, которая стала учебником для многих специалистов. В том же году Ф.В.Лукин решил, что пора приступить к практическим работам. По его предложению А.А.Колосов создал, возможно, первую в СССР лабораторию по микроэлектронике [3]. Лаборатория приступает к активной работе, привлекая многочисленные НИИ и вузы в качестве контрагентов. Так, Ф.В.Лукин, сам того не подозревая, начал готовить научный задел и кадры для Зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ), который через три года ему предстояло создавать.

В это же время А.И.Шокин с группой специалистов из НИИ-35 и аппарата ГКЭТ уже пришел к выводу о том, что необходима принципиально новая подотрасль – микроэлектроника. Именно подотрасль, то есть система НИИ, КБ, опытных и серийных заводов, распределенных по всей стране и решающих все специальные проблемы по созданию и тиражированию изделий микроэлектроники. С 1959 года он направлял в США специалистов для стажировки и изучения планарной кремниевой технологии [4]. И когда А.А.Колосов обратился к К.И.Мартюшову (заместитель А.И.Шокина) с предложением о формировании подотрасли, он встретил полное понимание. *“Тот идею сразу оценил и предложил организовать в Ленинграде конференцию, куда собрал всех руководителей из МЭП и кое-кого из МРП (Минрадиопром, тогда ГКРЭ). Так и получилось: я делал вводный доклад, американский грек Ф. Старос – доклад о системах памяти, а Мартюшов председательствовал. Затем нас с ним пригласили к А.И.Шокину. (Кстати, Шокин и Мартюшов – умнейшие люди, все на лету схватывали!). Обсудили проблему и поняли, что для микроэлектроники нужен единый центр”* [3]. Это было в конце 1961 года. Поддержка такой авторитетной фигуры, как А.А.Колосов, обладателя редкого в СССР звания Главного конструктора первой категории (как С.П.Королев, А.Н.Туполев, А.А.Расплетин и т.п.), была весьма кстати. Она подкрепила позиции А.И.Шокина публичным выступлением одного из авторитетнейших радиоэлектронщиков страны. Конференция прошла удачно, идея создания новой подотрасли и Центра микроэлектроники была доведена до всех нужных инстанций.

ЦМ предполагал создание локального, функционально полного комплекса НИИ с опытными заводами, решающего все специфические проблемы создания и применения ИС. В ЦМ должны разрабатываться технологические процессы, специальные материалы, технологическое и контрольно-измерительное оборудование, непосредственно ИС, а также РЭА на их основе. Все это должно отрабатываться на опытных заводах ЦМ, а затем передаваться для массового тиражирования на серийные заводы. В СССР уже умели создавать научно-производственные центры, и А.И.Шокин обладал

соответствующим опытом. Нашлось и место для ЦМ. С 1958 года у станции Крюково вблизи Москвы строили для легкой промышленности новый город Спутник (Зеленоградом он стал в 1963 г.). Строительством занимались разные ведомства, и в результате сложились явные диспропорции: массово возводилось жилье и практически ничего не было сделано в сфере промышленного строительства.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

Такие масштабные задачи, как создание научного центра, решались только на основании постановления ЦК КПСС и Совмина СССР, а для этого требовалось согласие первого секретаря ЦК КПСС и председателя Совмина Н.С.Хрущева. И Александр Иванович начал готовить проект постановления. Базой для подготовки постановления о создании ЦМ и всех сопутствующих документов, плакатов и экспонатов стал НИИ-35. В работе участвовали также специалисты СКБ-2 во главе с Ф.Г.Старосом. Курировали процесс В.Н.Малин (заведующий общим отделом ЦК КПСС, отец Б.В.Малина из НИИ-35), И.Д.Сербин (заведующий оборонным отделом ЦК КПСС) и Г.А.Титов (первый зам. председателя ВПК). В начале 1962 года А.И.Шокин добился согласия Н.С.Хрущева на проведение небольшой выставки с докладом в перерыве заседания Президиума ЦК КПСС. Мероприятие состоялось, и Хрущев

согласился рассмотреть предложение более внимательно. Причем не просто согласился, но, похоже, выделил для себя проблему микроэлектроники как важную. Уже в марте 1962 года на ежегодном просмотре архитектурных проектов в Красном зале Моссовета, после доклада о серьезных диспропорциях в строительстве Спутника, Н.С.Хрущев сказал: “Надо переговорить насчет микроэлектроники” [5]. И, по-видимому, разговор с А.И.Шокиным действительно состоялся – вскоре в Спутник на рекогносцировку приехал Ф.Г.Старос.

Под руководством А.И.Шокина и его заместителя К.И.Мартышова, при участии ученых и специалистов отрасли, в том числе из НИИ-35 (А.Ф.Трутко, Б.В.Малин, М.М.Самохвалов, Н.М.Ройзин и др.) и КБ-2 (Ф.Г.Старос, И.В.Берг) была разработана концепция организации Центра микроэлектроники. Параллельно с подготовкой постановления планомерно разворачивались работы по созданию гибридных (в СКБ-2) и планарных (в НИИ-35) технологий изготовления ИС.

Для окончательного решения нужно было продемонстрировать Н.С.Хрущеву преимущества микроэлектроники на наглядном примере. И А.И.Шокин эту задачу решил. 4 мая 1962 г. в Ленинграде планировалось совещание по проблемам судостроения с участием Хрущева. Одной из важнейших обсуждаемых проблем стала бортовая РЭА (ее массогабаритные характеристики). “А.И. [Шокин] применил весь свой организационный опыт и аппаратное искусство, задействовал старые связи с “судаками” и в ВПК, и совмещение нужных событий во времени и пространстве наконец состоялось” [6].



Рис. 1. Визит Н.С.Хрущева в СКБ-2. В центре слева направо: Ф.Г.Старос, А.И.Шокин, Г.А.Титов, Н. С. Хрущев, Е.И.Жуков

В СКБ-2 Ф.Г.Староса были подготовлены макеты управляющей ЭВМ “УМ1-НХ” и миниатюрного радиоприемника. Они были изготовлены на основе миниатюрных и бескорпусных элементов. Их размеры были настолько малы, что это не могло не произвести впечатления на “больших начальников”. Визит был хорошо организован. Почти месяц продолжалась энергичная подготовка. Дочь Г.А.Титова (И.Г. Титова) вспоминает, что ее отец и А.И.Шокин неоднократно обсуждали ход

подготовки визита. Накануне А.И.Шокин провел в СКБ-2 генеральную репетицию. И встреча была удачной (рис.1): УМ1-НХ и радиоприемник произвели на главу страны нужное впечатление. Там же А.И.Шокин представил проект постановления о создании ЦМ в Спутнике, который был в целом одобрен. После множества согласований 8 августа 1962 года постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано.

Это было концептуальное постановление – первое в череде за ним последовавших. В нем узаконивалось, что Центр микроэлектроники будет создан в Спутнике, и отныне проблема построения и развития отечественной микроэлектроники стала национальной задачей. Были обозначены общие принципы построения ЦМ, в том числе:

- определен комплексный характер ЦМ с организацией всех основных необходимых НИИ и опытных заводов для разработки и производства ИС;
- ЦМ придан статус головной организации по микроэлектронике в стране;
- определено локальное размещение ЦМ в Спутнике, где ЦМ становился градообразующей системой.

“Определялись главные задачи ЦМ как головной организации в стране по микроэлектронике:

- обеспечение разработок и опытного производства ИС на мировом техническом уровне (догнать Америку) в интересах обороны страны и народного хозяйства;
- обеспечение перспективного научного задела;
- разработка принципов конструирования радиоэлектронной аппаратуры и ЭВМ на основе микроэлектроники, организация их производства, передача этого опыта соответствующим организациям страны;
- унификация ИС, условий их применения в аппаратуре на предприятиях страны;
- подготовка кадров, в том числе специалистов высшей квалификации” [4].

Постановление определяло первоначальный состав предприятий ЦМ – пять новых НИИ с тремя опытными заводами: НИИ теоретических основ микроэлектроники, НИИ микросхемотехники, НИИ технологии микроэлектроники, НИИ машиностроения, НИИ специальных материалов.

Необходимо подчеркнуть, что создание ЦМ было не обособленной акцией, а частью масштабной программы построения новой подотрасли – микроэлектроники, инициатором и организатором которой был А.И.Шокин. В Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Воронеже, Риге, Вильнюсе, Новосибирске, Баку и других регионах начиналось репрофилирование имеющихся или создание новых НИИ с опытными заводами и серийных заводов с КБ. Первые должны были разрабатывать, а вторые массово производить ИС, специальные материалы и специализированное технологическое и контрольно-измерительное оборудование. ЦМ был всего лишь частью огромного айсберга, его вершиной.



Рис.2. Создатели зеленоградского ЦМ у входа в НИИ ТТ и завод "Ангстрем": Л.С.Гарба (директор завода "Элма"), Б.В.Тарабрин (директор ЦБ ПИМС), К.А.Валиев (директор НИИ МЭ), А.Ю.Малинин (директор НИИ МВ), В.Ф.Лукин (директор НЦ), Д.И.Юдицкий (директор СВЦ), А.К.Катман (гл. инженер НИИ ТТ), В.В.Савин (директор НИИ ТМ), Г.В.Бечин (директор завода "Ангстрем"), В.С.Сергеев (директор НИИ ТТ)

НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Сразу после выхода постановления команда А.И.Шокина приступила к созданию ЦМ (позже – Научный центр, НЦ). Постановление давало ЦМ право принимать на работу специалистов из любой точки СССР. Строительный задел в Спутнике позволял сразу выделять жилье сотрудникам. Это привлекало в ЦМ высококлассные кадры, и из них можно было отбирать лучших специалистов.

Начали создаваться НИИ с опытными заводами:

1962 год – НИИ микроприборов (НИИМП) с заводом "Компонент" и НИИ точного машиностроения (НИИТМ) с "Элионом";

1963 год – НИИ точной технологии (НИИТТ) с "Ангстремом" и НИИ материаловедения (НИИМВ) с "Элмой";

1964 год – НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) с "Микроном" и НИИ физических проблем (НИИФП);

1965 год – Московский институт электронной техники (МИЭТ) с опытным заводом "Протон" (1972);

1968 год – Центральное бюро по применению интегральных микросхем (ЦБПИМС);

1969 год – Специализированный вычислительный центр (СВЦ) с заводом "Логика" (1975).

К началу 1971 года в НЦ работало 12,8 тыс. человек. В 1976 году на его базе было создано НПО "Научный центр" – 39 предприятий в разных городах страны с персоналом численностью в общей сложности около 80 тыс. человек [7].

Поначалу в ЦМ не было единой организации, его предприятия подчинялись Четвертому главку ГКЭТ [8]. Работы первых НИИМП и НИИТМ (директора – И.Н.Букреев и Е.Х.Иванов) велись на временных площадях в трех школьных зданиях.

На этом этапе образования ЦМ активное участие принимает Ф.Г.Старос. Вспоминает И.Н.Букреев: "Старос активно помогал мне. Специалисты НИИМП стажировались у него

в Ленинграде. Кроме того, в 1963 году он передал нам четыре спроектированные его КБ вакуумные установки для напыления тонких пленок (первые в стране). Мы сразу же стали осваивать технологию, и благодаря этому к 1964 году появились первые микроэлектронные изделия. А если бы ждали, пока построят наш институт машиностроения, потеряли бы года 2–3" [9]. Старос делился с ЦМ своими идеями и заделом. Так, в НИИМП была заново реализована идея микроприемника уже на основе микроэлектронной технологии; завод "Ангстрем" выпускал разработанный ленинградцами блок памяти "Куб-2" на многоотверстных ферритовых пластинах. Были и другие примеры.

29 января 1963 года один из первопроходцев отечественной микроэлектроники, доктор технических наук, профессор, крупный ученый и разработчик сложных систем, трижды лауреат государственных премий, талантливый организатор Ф.В.Лукин был назначен заместителем Председателя ГКЭТ, а 8 февраля – директором ЦМ. Его заместителем по науке стал Ф.Г.Старос, остававшийся начальником ленинградского СКБ-2, которое в состав ЦМ никогда не входило. До этого момента из директоров предприятий ГКЭТ Ф.Г.Старос был наиболее активным участником команды по созданию ЦМ и надеялся стать его директором. Когда же был назначен "варяг" (Ф.В.Лукин перед назначением был директором НИИ-37 ГРЭ, позже НИИДАР), Старос обиделся и фактически самоустранился от выполнения обязанностей заместителя директора. Во вред себе и тому делу, на организацию которого положил немало сил.

На начальном этапе Лукин сосредоточился на подборе научных и руководящих кадров, формировании коллективов и промышленном строительстве. Он непосредственно участвовал в работе архитектурно-планировочных и строительных организаций, вносил изменения в проекты, иногда доказывая обоснованность своих решений расчетами. Лукин напрямую участвует в формировании тематики новых предприятий, вникает в проводимые разработки, оказывает оперативную помощь в их реализации. "Руководители бурно развивающейся отрасли пропадали на работе только что не круглыми сутками, их водители, не выдерживающие такого режима труда, менялись с пугающей частотой. ... В это по-настоящему горячее время Старос бывает в Зеленограде только наездами ... То есть говоря другими словами, не участвует в повседневной работе по созданию электронной промышленности, которая требовала не только знаний, но и самоотверженности. В результате в 1964 году появляется приказ о неявке Староса на рабочее место и его даже формальная связь с Зеленоградом обрывается" [10].

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ЦМ сразу приступил к созданию принципиально новой продукции. Уже в мае 1963 года в НИИТМ были разработаны пер-

вые образцы вакуумного напылительного оборудования. Во второй половине 1963 года в НИИМП уже были получены первые результаты по тонкопленочной технологии. Необходимо было проверить их на реальном изделии и публично продемонстрировать возможности микроэлектроники. Решили использовать уже опробованную Старосом идею – сделать микроприемник. Вспоминает И.Н.Букреев: “Первая модель – „Микро“ – был приемник прямого усиления, а второй, чуть больше по размерам, уже супергетеродинный. У него была очень острая настройка и, так как в СССР радиостанций было тогда на средних и длинных волнах совсем мало, это казалось недостатком. Но когда я в 1964 году привез этот приемник в США на съезд радиоинженеров, он произвел там мировую сенсацию! Статьи в газетах, фотографии: как СССР смог нас обогнать? ... в Нью-Йорке, где было около 30 местных радиостанций, острая настройка нашего приемника пришлась в самый раз. „Микро“ продавали потом за валюту также во Франции, Англии, и везде там за ним в 60-е годы очереди стояли. В общем, „Микро“ стал первой сенсацией для руководства. Хрущев брал их с собой за границу как сувениры, дарил Г. Насеру, королеве Елизавете...” [9].

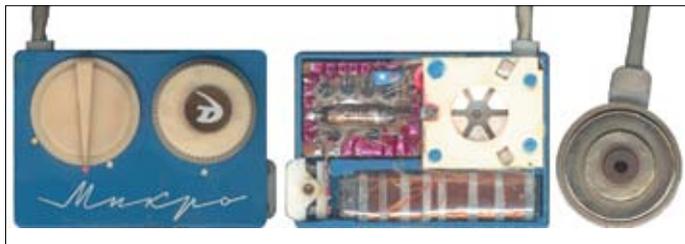


Рис.3. Радиоприемник “Микро” (фотография приемника в натуральную величину)

Радиоприемник “Микро” (рис.3), выполненный по тонкопленочной технологии, стал первым в стране серийным изделием микроэлектроники. Он был разработан во второй половине 1963 года в НИИМП. А в 1964 г. его производство освоил “Ангстрем”, выпустив около 80 тыс. штук, после чего передал заводу МРП в Минске. До середины семидесятых годов этот микроприемник можно было купить в магазинах СССР и Франции.

В 1964 году НИИТТ приступил к созданию серии толстопленочных ГИС “Тропа” (рис.4) (главный конструктор (ГК) – А.К.Катман), а затем и тонкопленочных ГИС “Посол”. Первый директор НИИТТ В.С.Сергеев вспоминает: “Никаких технических материалов и литературы по этому направлению не было, мы имели только фотографию микросхем, выпускаемых фирмой IBM. ...

Особенно в большом секрете за рубежом держалась технология изготовления резистивных, проводниковых и изоляционных паст. Вся работу мы начали с нуля: разработку конструкции, материалов, технологии и оборудования... Уже с первых дней существования предприятия, помимо работ непосредственно по технологии ГИС, велись значительные

работы по созданию и применению стекла, керамики, полимеров, клеев, изоляционных материалов, гальванических процессов, сварки, пайки, получению прецизионного инструмента (штампов, пресс-форм) химической фрезеровки, многослойных полимерных и керамических плат и многим другим процессам, необходимым в перспективах развития техники ...” [11].



Рис.4. Первые серии ИС в СССР: а) “Тропа”, б) “Посол”

Некоторые вспоминают фразу А.Эйнштейна: “Самый большой секрет атомной бомбы состоит в том, что ее можно сделать”, – намекая тем самым, что ничего сложного в создании “Тропы” не было. Но не случайно в мире популярно понятие “know how” (“знаю, как”), а не “know what” (“знаю, что”). Главная проблема современных технологий именно в “как”, и ее НИИТТ пришлось решать самостоятельно. В частности, в НИИТТ впервые в мире для подгонки параметров резисторов был применен лазер, в то время как зарубежные фирмы применяли пескоструйную технологию.

В 1965 году “Микрон” начал выпуск первой в Зеленограде полупроводниковой ИС “Иртыш” (рис.5) (ГК – А. П. Голубев). ИС была разработана в НИИМЭ на основе планарной технологии, созданной в НИИ-35 и поставленной на “Микроне”.

В 1966 году “Элма” выпускает уже 15 видов разработанных в НИИМВ специальных материалов, а “Элион” – 20 типов созданного в НИИТМ технологического и контрольно-измерительного оборудования. В 1969 году “Ангстрем” и “Микрон” производят более 200 типов ИС, а к 1975 году в НЦ было разработано 1020 типов ИС. Все разработки передавались на серийные заводы подотрасли. И это было только начало...

В 1970 году правительственная комиссия провела комплексную проверку работы НЦ, включающего на тот момент 9 научно-исследовательских организаций, 5 опытных заводов, вуз и др. По состоянию на 1 июня 1970 года в институтах и КБ Центра работало 12 924 человека, в том числе 9 докторов наук и 214 кандидатов. На заводах трудилось 16 154 человека. Для размещения предприятий Центра было построено 240 тыс. м² промышленных площадей. Комиссия положительно оценила результаты деятельности НЦ и отметила его огромную роль в развитии отечественной микроэлектроники. Были указаны и недостатки. За достигнутые успехи в деле создания отечественной микроэлектроники НЦ был награжден орденом



Ленина, а его директор Ф.В.Лукин – орденом Октябрьской Революции.

За восемь лет работы в Центре микроэлектроники Ф.В.Лукин был в отпуске только два раза. Напряженная работа сказалась на его здоровье. В октябре 1970 года он решает взять отпуск и поехать в санаторий. При прохождении медицинской комиссии врачи обнаружили тяжелую запущенную болезнь, оказавшуюся неизлечимой. 18 июля 1971 года Федор Викторович Лукин скончался.

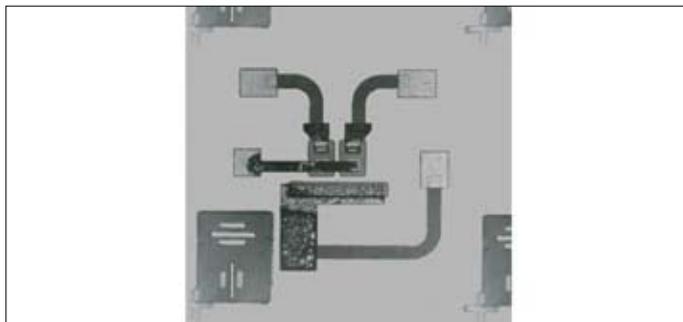


Рис.5. Первая в НЦ полупроводниковая ИС “Иртыш”

РАСЦВЕТ

Следует учитывать, что отечественная микроэлектроника создавалась и развивалась в особых условиях – практически в полной изоляции от передовых зарубежных стран. Специальный международный комитет КоКом установил систему правил, запрещающих поставку в СССР и его союзникам все передовые продукты и технологии. Конечно, спецслужбам частично удавалось пробивать окружающую нас стену КоКома и окольными путями добывать кое-какие изделия, документацию, материалы и оборудование. Но добывалось далеко не все и в крайне малых количествах. Вести разработки и тиражировать изделия в нужных объемах отечественная микроэлектроника вынуждена была самостоятельно. Иногда полученные образцы копировались, но точную копию сделать было невозможно из-за различий в материалах, технологиях, оборудовании и т.п. Иногда делали функциональные аналоги, иногда – целиком собственные разработки. Но всегда разрабатывали и тиражировали сами.

Изоляция наблюдалась и внутри страны. Профильные ведомства (Минрадиопром, Минприбор, Минмаш, Минстанкопром, Минхимпром и прочие) требовали от Минэлектронпрома продукцию микроэлектроники. Однако сами всячески уклонялись от своего вклада – от поставок соответствующих требованиям микроэлектроники приборов, оборудования и материалов. Необходимо отметить и финансовую составляющую. Финансировали МЭП, как и все оборонные отрасли, по советским нормам хорошо. Но капиталовложения в отечественную микроэлектронику не шли ни в какое сравнение с вложениями в США или Японии. В таких условиях единый инновационный центр микроэлектроники позволял максимально сконцентрировать имеющиеся ресур-

сы, что являлось единственной возможностью добиться успехов. Результаты не заставили себя ждать.

Благодаря такой концентрации ресурсов результаты Минэлектронпрома, и в первую очередь его НЦ, многие годы неплохо смотрелись на уровне мировой микроэлектроники. Уже первое изделие – радиоприемник “Микро” – не имело равных в мире. Первые гибридные ИС соответствовали мировому уровню [11]. Кстати, первыми в мире ИС, облетевшими Луну (в 1969 г.) и вернувшимися обратно, были ангстремовские “Тропы” (рис.6). В 1972 г. в НИИПТ было освоено новое направление – многослойные ИС “Талисман”. Технология создания этих ИС тогда не имела мировых аналогов. Она резко снижала габариты, повышала быстродействие и надежность ИС. В полупроводниковых ИС мы сначала заметно отставали, но вскоре догнали мировых лидеров. В 1970-е годы наиболее преуспевающей полупроводниковой компанией была Intel. По сравнению с ней НИИПТ и “Ангстрем” на ведущих направлениях сначала имели некоторое отставание. Например, динамическое ОЗУ емкостью 4 Кбит Intel выпустила в 1974 г. – “Ангстрем” в 1975-м, 16 Кбит – соответственно в 1977-м и начале 1978 г., а 64 Кбит обе фирмы представили на рынок практически одновременно в 1979 году [12].

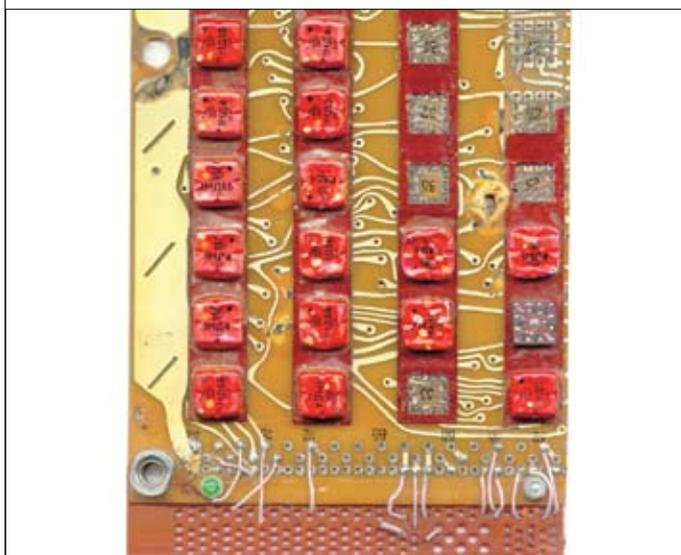


Рис.6. Фрагмент платы ЭВМ “Аргон” с ИС “Тропа” после облета Луны. Часть ИС демонтировано для исследования результатов длительного влияния на них открытого космоса

Аналогичная ситуация имела место и в НИИМЭ с заводом “Микрон”. В начале 1970-х годов директор НИИМЭ К.А.Валиев, находясь в США в компании Motorola, показал ИС серии 500 (аналог MC10000 Motorola). Исследовав образцы, специалисты фирмы констатировали: «Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с MC10000, у вас хорошая технология» [13].

“В начале пятилетки [1976] американцы писали, что в микроэлектронике мы отстаем от них на 8 лет. И, надо думать, радовались этому. Однако к концу 70-х годов радости у них, видимо, поубавилось. Изучив в 1979 году несколько образцов

наших схем, американцы оценили это отставание в 2–2,5 года. Переданные образцы были взяты из серийного выпуска. В январском номере американского журнала “Электроникс”, а он очень авторитетен в этой области, уже отмечается, цитирую: “Технологическая база и квалификация технологов позволяют Советскому Союзу изготавливать интегральные схемы почти такого же качества, что и в США”. И далее резюме: «Вероятно, полученные схемы не отражают наивысший технический уровень Советского Союза в этой области. Интегральные схемы, применяемые в СССР для собственных нужд, могут быть технически более совершенны» [8]. В последнем они оказались правы: были проанализированы ИС микропроцессора серии K587 (разработка 1975 г.) и ОЗУ 16 Кбит (начало 1978 года).

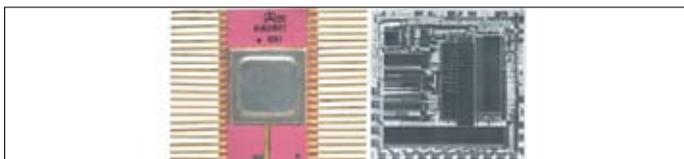


Рис.7. Однокристалльная ЭВМ K1801BE1

Кульминацией этого соревнования стал 1979 год, когда в НИИТТ была разработана однокристалльная 16-разрядная ЭВМ K1801BE1 (рис.7) с архитектурой “Электроника НЦ” (в нынешней терминологии – микроконтроллер). По заключению межведомственной госкомиссии, принимавшей разработку, такой ЭВМ за рубежом тогда еще не было. В целом в период с 1964 по 1980 год отставание разработок в НЦ по различным типам ИС по сравнению с зарубежным уровнем колебалось в пределах от нуля до трех лет. Иногда вырывались вперед. Но примерно такая же динамика была и у ведущих зарубежных фирм – они то немного отставали от конкурентов, то опережали их. Таким образом, можно утверждать, что разработки зеленоградского НЦ в те годы в целом соответствовали мировому уровню. Его выходы на международные выставки вызывали, как правило, удивление зарубежных специалистов и ужесточение ограничений КоКом. В целом же “...в 1978–1980 годах отечественная микроэлектроника, и особенно усилиями предприятий Зеленограда, была очень близка по своим возможностям и полученным результатам к уровню, имевшемуся в США” [4]. Аппаратурные разработки предприятий НЦ также в основном не уступали мировому уровню. Производительность модулярной супер-ЭВМ 5Э53, разработанной в СВЦ Д.И.Юдицкого, превосходила всё известное тогда в мире. Не уступала своим современникам и разработанная там же мини-ЭВМ “Электроника НЦ-1” То же было и в НИИМП Г.Я.Гуськова: “...разработанная ими аппаратура превосходила соответствующие американские аналоги” [4].

Необходимо отметить, что конкурентными были оригинальные разработки ИС и ЭВМ, не имеющие прямых зарубежных аналогов.

ЗАКАТ

Однако по объемам выпуска интегральных схем Минэлектронпром значительно отставал от зарубежного уровня. Не удовлетворял он и потребности страны – средств для развития производственных мощностей серийных заводов (а они в микроэлектронике очень дороги) не хватало. В результате резко возросла нагрузка на зеленоградские опытные заводы. “Создавшееся положение, когда опытные заводы НЦ в основном оказались загруженными серийным производством интегральных схем, начало пагубным образом сказываться на дальнейших перспективах развития микроэлектроники” [14]. Возможности отработки на опытных заводах новых материалов, процессов, технологических маршрутов, оборудования и изделий оказались резко ограничены.

Примерно с 1980 года началось прогрессирующее отставание. Причин тому немало, но к главным можно отнести следующие:

- навязанная заказчиками политика и практика воспроизводства зарубежных образцов, заведомо программирующая отставание;
- нежелание других отраслей народного хозяйства разрабатывать и производить материалы и спецоборудование для электронной промышленности с соответствующими характеристиками по чистоте и точности;
- нагрузка опытных заводов серийной продукцией;
- отвлечение ресурсов отрасли на разработку и массовое производство непрофильной продукции: товаров народного потребления, видеотехники, вычислительной техники.

Остановимся на последней, чисто внутренней причине – на коренном изменении специализации Минэлектронпрома, противоречащем его изначальному назначению. Об этом публично объявил министр МЭП В.Г.Колесников в конце 80-х годов на заседании расширенной Коллегии МЭП, в подготовке и проведении которой участвовал автор. Коллегия была посвящена программе развития микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ): микропроцессоры, ЭВМ, периферийные устройства и прикладные системы. Во вступительном слове министр сказал: “У Минэлектронпрома имеется три главных направления: микроэлектроника, МСВТ и видеотехника”. И это были не просто слова. Ранее, сначала в качестве первого заместителя министра, а с 1985 года уже в роли министра, В.Г.Колесников фактически взял курс на превращение МЭП в аппаратостроительную отрасль. А.И.Шокин тоже развивал машиностроение и вычислительную технику, но для нужд отрасли, не обеспечиваемых специализированными ведомствами.

Вообще-то фирмы, проектирующие ИС, особенно сложные, типа микропроцессоров, обречены на разработку устройств, в которых эти ИС применяются, например ЭВМ. Это необходимо, во-первых, для отработки и подтверждения правильности проекта ИС, во-вторых, для создания их первичного



рынка. Но для этого не требуется организации собственного массового производства аппаратуры, а постановлением о создании ЦМ такие проекты полагалось передавать на серийные заводы страны.

Но В.Г.Колесников начал конкурировать с Минрадиопротом и Минприбором на их поле – МЭП выпустил больше персональных ЭВМ, чем все другие ведомства вместе взятые, а видеомэгафоны выпускались только в МЭП. В.Г.Колесников обладал мощными организационными способностями. Этот бы талант, его бы энергию – да на развитие микроэлектроники. Но значительная часть ресурсов и министерства была направлена на создание в МЭП огромной аппаратостроительной индустрии: десятки НИИ, КБ и заводов, создававших и тиражировавших МСВТ, видеотехнику, бытовую электронную аппаратуру. А необходимые



Рис.8. Новый производственный корпус “Ангстрема” в Зеленограде

для этого интеллект, людские, материальные и финансовые ресурсы брались, естественно, за счет микроэлектроники. Ведь ресурсы министерства были ограничены, их остро не хватало для развития необходимых мощностей серийного производства микросхем.

Приведем пример. В 1983 году в НИИТТ началась работа над динамическим ОЗУ емкостью 1 Мбит. По тем временам – огромный прорыв и огромный потенциальный рынок. ИС была разработана, однако выпускать ее было не на чем – для производства требовалась технология уровня 1 мкм, но имеющиеся на “Ангстреме” чистые помещения и оборудование такой точности тогда не обеспечивали. Вот как вспоминает об этом директор НИИТТ и завода “Ангстрем” в 1981–1987 годы А.Т.Яковлев: *“Возникшие в 1983 году первые опасения за темпы развития ... вылились в обращение, которое было направлено первому заместителю министра МЭП [В.Г.Колесникову]. ... Однако руководству МЭПа потребовалось пять лет, чтобы прийти к решению о строительстве нового завода. В 1988 году строительство началось. Оно затянулось на много лет”* [15].

Таким образом, на своевременно поставленный вопрос о необходимости создания принципиально нового производства с микронными и субмикронными топологическими нормами руководство министерства не отреагировало – не хватало средств. Но в это время в Зеленограде строились

непрофильные для МЭПа серийные заводы – “Квант” для персональных ЭВМ и “Элакс” – для накопителей на магнитных дисках. А средств на новые производства для “Ангстрема” и “Микрона” не нашлось. Аналогичная ситуация сложилась в Воронеже (там был построен завод ЭВМ “Процессор”) и в других регионах. В результате оптимальный момент для перевооружения отрасли был упущен, что и привело к неуклонному, все возрастающему отставанию. А начатое в 1988 году совместно с германской фирмой Meissner&Wurst строительство нового производственного корпуса, ориентированного на субмикронные технологии, затянулось – и вновь из-за дефицита средств. Между тем “немцы брались построить завод “под ключ” за три года” [15]. В конце концов, его построили и оснастили всем инженерным оборудованием, но запустить в строй помешали проходившие в стране реформы. Так и стоит, как немой укор, новый технологический модуль, готовый принять спецоборудование и приступить к серийному производству современных ИС (рис.8).

После смены в 1985 году министра в Минэлектронпроме была популярна шуточка: “Не успели оправиться от Шока, как попали под Колесо”. Но если “под Шоком” отечественная микроэлектроника создавалась, стремительно развивалась и достигла в результате мирового уровня, то “под Колесом” она от этого уровня постоянно отставала.

В данной истории еще немало «темных пятен»: многое требует проверки и уточнения, многое еще не известно... Автор будет признателен за любую достоверную информацию, касающуюся создания и развития отечественной микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steven T. Usdin. Engineering communism : how two Americans spied for Stalin and founded the Soviet Silicon Valley. – Yale University Press New Haven & London, 2005.
2. Горяинов С. А. Они были первыми. – Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника, 1998, вып. 1 (152), с. 10–31.
3. Лаврентьев А. П. “Все мы должны исполнять свой долг”. – Там же, с. 32–35.
4. Васенков А. А., Дьяков Ю. Н., Ефимов И. Е. и др. Зеленоград — город микроэлектроники. – Зеленоград в воспоминаниях. – М.: Ладомир, 1998.
5. Кабанов В. Как было выбрано место для строительства “Научного центра”. – Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника, 1998, вып. 1 (152), с. 3–4.
6. Шокин А. А. “Ну это ты врешь”, — сказал Хрущев министру, разъяснявшему ему великую суть электроники. Однако чаемые меры принял. – Зеленая ветвь Москвы. Зеленоград до 2003 г. /Очерки, воспоминания, размышления, зарисовки. – Москва-Зеленоград, 2003.

7. Васенков А. А. Марш энтузиастов. Листая страницы истории. – Газета “41”, №8 (2003).
8. Бородина Е. Мы сами с усами? – Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника, 1998, вып. 1 (152), с. 40–42.
9. Букреев И. Н. Без Шокина не было бы Зеленограда. Он запитывался идеями и претворял их в жизнь так, что ахнешь /. – Зеленая ветвь Москвы. Зеленоград до 2003 г. Очерки, воспоминания, размышления, зарисовки. – Москва-Зеленоград, 2003.
10. Куприянов С. УМ — хорошо, микроум — лучше. – www.rednews.ru.
11. Сергеев В. С. Страницы жизни. Изд. 3-е, доп. – Зеленоград: ОАО “Ангстрем”, 1998.
12. Книга истории ОАО “Ангстрем”. 1963–1998. – Зеленоград: изд-во “Ангстрем”.
13. Луканов Н. М. Некоторые малоизвестные моменты из истории отдела 22 НИИ Молекулярной электроники. – Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника, вып. 1 (152), 1998, с. 49–57.
14. Лаврентьев А. П. Становление советской “Кремниевой долины.” – Там же, с. 5–9.
15. Книга истории ОАО “Ангстрем”. 1963–2003. – Зеленоград: изд-во ОАО “Ангстрем”.