

ДВЕ ОШИБКИ НА ЗАРЕ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Борис Михайлович Малашевич

Ветеран микроэлектроники, Зеленоград, Москва, Российская Федерация, boris@malashevich.ru

Аннотация – Кратко рассмотрен первый в стране сравнительный анализ состояния развития микроэлектроники в СССР и за рубежом по состоянию на начало 1965 г., выполненный в НИИФП зеленоградского Центра микроэлектроники. Особое внимание обращено на два его фрагмента: о прогнозе магистральных направлений развития микроэлектроники и об источнике заблуждения о 10-летнем отставании советской микроэлектроники.

Ключевые слова – анализ, микроэлектроника, интегральная схема (ИС), технология, производство.

I. ВВЕДЕНИЕ

В архиве первого директора и основателя зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ) Фёдора Викторовича Лукина, переданном мне его сыном Владимиром Фёдоровичем, сохранился аналитический документ: «Сравнение достижений микроэлектроники в СССР и за рубежом», подводящий итоги первого этапа создания отечественной микроэлектроники к началу 1965 г. Подготовлен он был где-то до марта 1965 г. аналитиками предприятия п/я 2014 (НИИ Физических проблем – НИИФП), созданным в январе 1964 г. Это следует и из задач НИИФП, и из штампа в верхнем левом углу первой страницы, свидетельствующего, что документ 9 апреля 1965 г. разослан предприятием п/я 2014.

Это около двух лет существования (с момента подписания приказов о создании предприятий, включая начальные организационные хлопоты) НИИТМ и НИИМП, около полутора лет – НИИТТ и НИИМВ, около года – НИИМЭ и НИИФП. Следовательно, это сравнительный анализ развития зарубежной и отечественной микроэлектроники после самых первых её шагов. Очевидно, это первый зеленоградский сравнительный анализ состояния отечественной и зарубежной микроэлектроники на этот период.

В анализе достаточно широко и глубоко проанализировано сделанное и поставлены задачи на будущее, а также выделены два главных, на мой взгляд, момента:

- сравнение с мировым уровнем, поскольку ситуация в мире требовала создания в стране передовой микроэлектроники,
- выделение технологических аспектов, поскольку развитие микроэлектроники определяется в первую очередь технологией производства и самих ИС, и всего того, что для этого требуется.

В анализе немало интересного для современных историков отечественной микроэлектроники, поэтому прилагаю его факсимильную копию в приложении 1 к статье. Я же остановлюсь на двух его аспектах.

II. О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В первых же строках анализа нашло яркое отражение весьма ещё приближённое в мире представление о путях развития микроэлектроники. В этих строках объявлены два магистральных направления её развития: «Микроэлектроника твёрдых схем» – полупроводниковые интегральные схемы (ИС), в которых все элементы выполнены методами полупроводниковых технологий на основе сложных и дорогих процессов, основные из которых диффузия (вторжении специальных примесей в кристаллическую решётку полупроводника) и эпитаксия (наращивание одного кристаллического материала на другом). Это основная масса ИС.

«Микроэлектроника тонкоплёночных схем» – ИС, в которых все пассивные и активные элементы выполняются на поверхности диэлектрической подложки методами тонкоплёночной многослойной технологии последовательным избирательным нанесением тонких плёнок соответствующих материалов. Без применения сложных и дорогих процессов диффузии и эпитаксии.

Тогда в мире преобладало мнение, что тонкоплёночная технология, как принципиально более простая, разовьётся быстрее полупроводниковой. В анализе говорится, что произойдёт это «через 2-3 года», т.е. к 1967-68 годам. Эту позицию поддерживали и ряд отечественных специалистов. В ЦМ наиболее активно созданием тонкоплёночных ИС занималось КБ-2 Староса – ленинградский филиал ЦМ. Они даже пытались сделать на её основе бортовую ЭВМ УМ-3, но неудачно (хотя некоторые его специалисты считали, что тонкоплёночный транзистор они создали). Вот как об этом

пишет участник работ М.С. Лурье: «Плёночные транзисторы мы сделали. Придумали для этого совершенно новый метод вакуумного осаждения многокомпонентных соединений, который до сих пор применяется для разных целей. Обогнали даже по характеристикам американцев. На коллегии министерства демонстрировали плёночный усилитель. Но вся плёночная эпопея в мире уступила место твёрдотельным микросхемам. Микроэлектроника, как и всё новое, развивалась методом проб и ошибок в поисках оптимального пути. Из плёночных технологий в том виде, как их понимали тогда, живут до сих пор практически только гибридные сборки» [1].

Но это поздние ностальгические воспоминания, а вот что написано в сохранившемся в архиве Лукина документе «Справка об итогах работы ЦМ по результатам 1963 и задачах на 1964 г» (Приложение 2, стр. 4): «КБ-2 разработан также эскизный проект и изготовлен лабораторный макет электронной вычислительной машины УМ-3 на плёночных логических микросхемах. Однако в ходе работы выяснилось, что для создания машин подобного класса требуется дальнейшее совершенствование технологии изготовления плёночных многослойных микросхем. Работы в этом направлении ведутся силами организаций Центра микроэлектроники». Упоминания о работах над плёночными ИС ещё несколько лет встречались в документах из архива Лукина, но информации об успехах в них не было. А затем они исчезли.

Так или иначе, надежды и прогнозы нигде в мире не оправдались – серийноспособных надёжных тонкоплёночных диодов и транзисторов, а значит и ИС, не получилось. Прогноз о перспективах их развития не оправдался и ныне практически забыт. Как забыт и пессимизм относительно темпов развития полупроводниковых ИС, которые развивались существенно быстрее предсказаний. Тем не менее, результаты работ по тонкоплёночным пассивным элементам нашли широкое применение в тонкоплёночных гибридных ИС (ГИС) и микросборках.

III. О ДЕСЯТИЛЕТНЕМ ОТСТАВАНИИ

В анализе имеются два фрагмента, согласиться с которыми невозможно:

Фрагмент 1: «Первые работы по микроэлектронике за рубежом начаты в 50-х годах, 15 лет тому назад».

15 лет назад – значит, в 1950 году. В 1950 г. в мире был только точечный транзистор Бардина и Браттейна. Точечный транзистор – это две подпружиненные иголки, упирающиеся в поверхность полупроводника в непосредственной близости друг от друга. Конструкция собиралась из дискретных элементов: две иголки, кристалл полупроводника и объединяющие их детали. Все элементы были сделаны из разных материалов и по разным технологиям – вариант, принципиально не пригодный для микроэлектроники. Точечные транзисторы работали, но крайне ненадёжно и быстро были вытеснены плоскостными транзисторами. Значит, говорить именно о микроэлектронике «15 лет тому назад», т.е. в 1950 г., не приходится. Это утверждение ошибочно.

Первый промышленный образец плоскостного транзистора Шокли появился в 1951 г. А в 1952 г. Даммер впервые в мире выдвинул умозрительную идею интегрального устройства. Далее и за рубежом, и в СССР было сформулировано несколько предложений её реализации, даже с патентами, но все они не были реализованы, не нашли развития. Утверждение, что это «первые работы по микроэлектронике», равноценно возможному утверждению, что первые работы по вертолётам начал Леонардо да-Винчи. Ведь его чертежи сохранились. Значит, учитывать эти предложения в рассматриваемом анализе нельзя.

О том, что о микроэлектронике в 1950-е годы за рубежом всерьёз не думали, свидетельствует история начала работы Килби и Нойса – общепризнанных изобретателей интегральной схемы [2]. Первым был Килби из фирмы *Texas Instruments*. Он вспомнил об идее Даммера и нашёл способ её реализации: «Моя заслуга в том, что, взяв эту идею, я превратил её в реальность» [3], сказал Дж. Килби позже в своей нобелевской речи. Но занялся проблемой он в 1958 г., и его реализация оказалась не серийноспособной. Понимал это и сам Килби: «Когда шведский физик, представлявший Килби на церемонии вручения премии¹, сказал, что его открытие стало началом глобальной цифровой революции, Килби скромно, с грустью ответил: «Когда я слышу нечто подобное, я вспоминаю, что бобёр сказал кролику, когда они стояли у подножия плотины Гувера: “Нет, я не сам её построил, но она основана на моей идее”» [4].

Нойс занялся проблемой, узнав о результатах Килби. Он нашёл способ решения проблемы внутренних межсоединений, с которой Килби не справился. И создал планарно-эпитаксиальную технологию, по которой до сих пор микроэлектроника развивается. Значит, первые реальные работы по микроэлектронике за рубежом начаты 24 июля 1958 года, когда Килби сформулировал в лабораторном

¹ Нобелевской премии.

журнале концепцию «Идея монолита» (*Monolithic Idea*). Значит за рубежом работы по микроэлектронике были начаты не за 15, а за 7 лет до написания анализа.

Фрагмент 2: «В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1959-1960 году, т.е. на 10 лет позже, чем за рубежом».

Это утверждение также ошибочно. Вот примеры. Весной 1958 года в Таганрогском РТИ заведующий кафедрой конструирования и производства РЭА Л.Н. Колесов подготовил Проект направления исследовательских работ, содержащий формулировку целей, постановку задачи и конкретных тем по микроэлектронике. А в 1961 году в ТРТИ была создана функционирующая ИС на германии. Осенью 1962 года ТРТИ утвердили головным институтом в системе вузов по направлению «Создание микроэлектронной аппаратуры высокой надёжности и автоматизация её производства». Одновременно Минвузом был создан совет по координации работ в этой области во главе с Л.Н. Колесовым. Таким образом, ТРТИ внёс свой немалый вклад в распространение в стране идеи микроэлектроники и в подготовку соответствующих инженерных кадров в вузах страны [2].

В 1959 г. А.А. Колосов из ведущего тогда в радиоэлектронике страны КБ-1 (позже НПО «Алмаз») по поручению Лукина, тогда главного инженера КБ-1, приступил к изучению подходов к микроминиатюризации электронной аппаратуры по иностранным и отечественным источникам. Результаты этой работы были изданы 26.09.1960 г. в 132-х страничной монографии Колосова «Вопросы молекулярной электроники» [5]. Ознакомившись с ней, Л.И. Реймеров из ленинградского НИИРЭ предложил однокристалльную реализацию универсальной логической функции «НЕ-ИЛИ», разработанную в НИИРЭ. Эта схема под названием Р12-2 (серия 102) производилась на Рижском ЗПП до 1995 г. [2].

Таким образом, первые работы по микроэлектронике в СССР были начаты в 1958 г., т.е. за семь лет до написания документа, и практически одновременно с США. Значит, фрагмент 2 в анализе правильное было бы сформулировать так: «В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1958 году, одновременно с зарубежными, конкретно – с США». Как показано в [2], серийное производство микросхем СССР и США начали одновременно, в 1962 г. Значит, и в начале работ, и в создании ИС, и в начале их серийного производства, и в практическом промышленном применении в аппаратуре СССР и США развивались одновременно. Но заметим, что «Гном», для построения которого в НИИРЭ разрабатывали ИС Р12-2 [2], был первым в мире авиационным бортовым компьютером, что не столь важно, но приятно.

Однако ликовать всё же не приходится, поскольку планарно-эпитаксиальная технология Нойса оказалась значительно лучше нашей, и мир, в том числе и мы, развивался и развивается поныне по его технологии. В этом мы от США, точнее от Нойса, отстали, как и другие фирмы США, и весь остальной мир. Встаёт вопрос – насколько отстали?

Серийное производство планарно-эпитаксиальных ИС фирма *Fairchild* Нойса начала в 1962 г., а наш «Микрон» – в 1965 г. Значит, реально в начале производства ИС в целом СССР от США не отставал, а даже незначительно опережал [2], а в планарно-эпитаксиальных ИС отстал на 3 года. Но Р12-2 и модули «Квант» на основе своей технологии эти три года уже серийно производились и широко применялись. Таким образом, вывод автора анализа о десятилетнем отставании от США был ошибочным. Объясняется эта ошибка, на мой взгляд, низким уровнем экспертизы – информации было крайне мало, готовых специалистов в стране не было. А свои специалисты ещё не выросли, ведь реально НИИФП только формировался. Вот что об этом написано в Приложении 2, напомним, написанного в начале 1964 г.: «7. В 1964 году начал создаваться институт теоретических основ, задачей которого является разработка вопросов, определяющих новые пути развития микроэлектроники. До окончания строительства корпуса завода машиностроения, этот институт будет иметь мало площадей (2-3 комнаты). В течение 3-4 месяцев его главной задачей будет являться подбор руководителей подразделений, способных творчески развивать теорию». Так что следует удивляться, как в таких условиях эксперты смогли написать высококачественный анализ. Как свидетельствует канцелярский штампик, анализ был разослан по предприятиям Центра микроэлектроники, а, весьма вероятно, ещё шире. Воспринимался он как официальный документ и принимался на веру. Так эта ошибка распространилась, закрепилась в сознании людей и до сих пор воспроизводится во многих публикациях. Впрочем, это единственная заметная ошибка в анализе.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В анализе ещё отражена распространённая тогда в мире надежда на успехи создания в течении 2-3 лет тонкоплёночных диодов и транзисторов, а значит и ИС, отличающихся от полупроводниковых простыми конструкцией и технологией – а, следовательно, более высокой надёжностью и низкой

себестоимостью. Но эти надежды не оправдались, серийноспособных тонкоплёночных диодов и транзисторов нигде в мире создать не удалось.

Авторы анализа допустили радикальную ошибку в оценке сроков начала работ по созданию микроэлектроники в СССР и США, приписав нам 10-летнее отставание. Впоследствии широко распространившуюся. В результате мы сами оказались источником дезинформации, дискредитирующей страну, отрасль и её специалистов. В целом же анализ выполнен на высоком научном уровне и содержит интересную ныне информацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лурье М.С. О тонкоплёночном транзисторе // Файл «1.9. Stenogramma soveshchaniya.pdf» на диске, приложенном к книге М.П. Гальперина «Прыжок кита» (СПб.: Политехника-сервис, 2010. 352 с.).
2. Малашевич Б.М. Начала микроэлектроники // В настоящем сборнике.
3. Первые полупроводниковые ИС в США // МегаЛекции (megalektsii.ru)
4. Защита открытий // Защита открытий. Инноваторы. Как несколько гениев, хакеров и гиков совершили цифровую революцию (wikireading.ru).
5. Колосов А.А. Вопросы молекулярной электроники. М., КБ-1, Отдел научно-технической информации, 1960. 132 с. http://www.computer-museum.ru/books/voprosi_molekulyarhoi_kolosov.pdf

Приложение 1.

ПРЕДПРИЯТИЕ п/я 2014
ИСХОД. № 3/197 9. VII 1965 Подпись: <i>Бекба</i>

5

СРАВНЕНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
В СССР И ЗА РУБЕЖОМ.

В современной микроэлектронике развиваются, в основном, два направления:

- а) микроэлектроника твердых схем;
- б) микроэлектроника пленочных схем.

Развитие микроэлектроники требует решения целого ряда научно-технических задач, важнейшими из которых являются разработки новой технологии, разработка и изготовление нового оборудования и приборов, создание новых материалов, разработка принципиально новых схемотехнических и конструктивных решений аппаратуры и подготовка кадров.

Развитие и достижения в области микроэлектронной техники за рубежом и у нас в стране целиком определяются успехами в решении перечисленных выше задач.

Основным производителем продукции микроэлектроники за рубежом являются США. Ряд крупнейших американских полупроводниковых фирм как Файрчайлд, Тексас Инструментс, Моторола, Транзитрон и др. имеют во многих странах Европы и Америки свои филиалы, которые в настоящее время организуют микроэлектронное производство.

Первые работы по микроэлектронике за рубежом начаты в 50-х годах, 15 лет тому назад.

- 2 -

Микроэлектроника твердых схем развивалась на базе освоения т.н. планарной технологии создания транзисторов. Планарная технология в зарубежной полупроводниковой промышленности освоена почти семь лет тому назад.

За последние 2-3 года десятки полупроводниковых фирм, производивших планарные транзисторы, перевели свое производство на выпуск твердых схем без особого его перевооружения, полностью используя комплекты оборудования, опыт и знания, накопленные ранее в производстве планарных транзисторов.

Сегодня в Америке около 90 фирм выпускают микроэлектронную продукцию. Выпускается около 160 типов микросхем стоимостью от 20 до 60 долларов за штуку. Объемы производства твердых схем иллюстрируются следующими примерами:

фирмы Файрчайлд и Тексас Инструментс выпускают 20+60 тыс. микросхем в неделю, фирма Моторола - 8+12 тыс. микросхем в неделю. Полезный выход микросхем не превышает 2+5%. Вся выпускаемая микроэлектронная продукция направляется в фирмы, производящие аппаратуру, иногда по цене ниже себестоимости из-за конкуренции. В настоящее время в разработке находятся около 54 управляющих вычислительных бортовых устройств, радионавигационные системы, устройства бортовой автоматки. Однако серийный выпуск устройств с применением микроэлектроники еще не начат. Объем затрат на разработки и организацию производства твердых схем в США достигает 10+15 млн. долларов в год. Объемы производства пленочных микросхем за рубежом меньше объемов производства твердых схем

- 8 -

по ряду причин, важнейшими из которых являются следующие:

а) пленочная микроэлектроника развивается на базе технологии, существенно отличной от технологии твердых схем. Освоение новой технологии требует создания совершенно новых типов вакуумного оборудования и разработки новых технологических принципов;

б) в настоящее время еще не разработаны пленочные транзисторы. Поэтому техника пленочных микросхем развивается по линии гибридизации, совмещения в одной схеме пассивной пленочной части и навесных транзисторов и диодов, диодных и транзисторных матриц, выполненных по технологии твердых схем.

В Англии и США примерно 20 фирм разрабатывают пленочные гибридные микросхемы. По оценке зарубежных специалистов, с созданием через 2 - 3 года пленочных активных элементов пленочная микроэлектроника будет успешно конкурировать с микроэлектронными твердыми схемами.

Зарубежная промышленность обладает большим опытом создания необходимого прецизионного технологического оборудования, сверхчистых материалов и химических реактивов специально для электроники. Во многих зарубежных странах имеются крупные специализированные фирмы с мировой известностью, производящие технологическое оборудование и материалы (Кулик и Софа, Ройс, Бальзерс, Эдвардс Кодак и др.).

В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1959-1960 году, т.е. на 10 лет позже, чем за рубежом.

- 4 -

В 1962 году было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров о начале работ по созданию микроэлектронной промышленности. В соответствии с Постановлением были начаты разработки основных комплектов технологического оборудования, разработка и освоение технологии, научно-исследовательские работы и подготовка кадров.

Первые образцы оборудования разрабатывались в НИИ-35; к этим работам присоединились предприятия Центра микроэлектроники.

Организованный в Центре институт молекулярной электроники только начал работу и сможет освоить коммерческий выпуск твердых схем не ранее, чем через 2 - 3 года.

Мы ожидаем, что в 1966 году будут окончательно отработаны промышленные комплексы оборудования.

К разработке твердых схем в СССР приступили следующие предприятия и организации: п/я 281, п/я 2021, п/я 2603, Рижский завод полупроводниковых приборов.

В качестве специальной организации, которая предназначена для разработки и выпуска твердых схем, можно назвать только п/я 2021, для которого строится здание с производственной площадью 5 тыс. м^2 с предполагаемым выпуском 12 тыс. микросхем в неделю.

На предприятии п/я 281 создана линия твердых схем, занимающая $1,5 \text{ тыс. м}^2$, производительность которой 4 тыс. микросхем в неделю.

- 5 -

Годовые затраты на разработку твердых схем составляют в стране около 1 + 2 млн. рублей. К 1970 году ожидается стоимость одной микросхемы порядка 50 + 150 руб.

По пленочной микроэлектронике работы в стране развиваются также только два года. Сейчас освоены основы пленочной технологии, созданы опытные линейки полупромышленного типа, налажено опытное производство материалов, проводятся исследования по физике тонких пленок, физике вакуума и др.

В Центре микроэлектроники освоено производство микроприемников на пленочных микросхемах.

В силу ряда специфических особенностей пленочная технология более проста и производительна, чем твердосхемная.

Создаваемые конвейерные вакуумные линии как за рубежом, так и у нас проектируются на выпуск 5 + 30 тыс. микросхем в смену.

П. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ И ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД МИКРОЭЛЕКТРОНИКОЙ

В настоящее время в СССР создан научно-технический задел, который позволяет поставить вопрос об организации производства микроэлектронных элементов и микроэлектронной аппаратуры. Микроэлектронная техника осваивается на опытном производстве предприятий п/я 2016, п/я 281, п/я 2021, однако в ближайшую пятилетку понадобится организовать серийный выпуск изделий микроэлектроники на 5-6 заводах.

- 6 -

В связи с этим будет необходимо разработать и произвести большое число комплектов технологического оборудования, которое в настоящее время производится в единичных экземплярах одной-двумя организациями. Кроме организации производства технологического оборудования на ряде заводов, необходимо закупить комплектные линии и специальное оборудование и приборы у зарубежных фирм. Аналогичным образом, будет необходимо форсировать производство сверхчистых материалов для потребностей микроэлектроники.

В настоящее время разработкой и поставками материалов для нужд микроэлектроники занимается только опытное производство предприятия п/я 2017.

Необходимо широкое участие в производстве сверхчистых материалов, реактивов, газов предприятий Государственного комитета по химии. Организация микроэлектронного производства потребует привлечения организаций целого ряда министерств и ведомств.

Для обеспечения широкого развития микроэлектронного производства уже в настоящее время необходимо вести разработки микроэлектронных элементов и устройств широкой номенклатуры. Опыт развития микроэлектроники за рубежом говорит о том, что наряду с созданием элементов необходимо параллельно создавать и испытывать и микроэлектронные устройства. В этом отношении организация Центра микроэлектроники как научно-производственного комплекса предприятий полностью отвечает этим требованиям и является уникальным достижением в деле организации научно-

- 7 -

технических работ в мировой практике.

Основным направлением разработок в микросхемотехнике должно явиться повышение надежности плотности упаковки элементов и создание устройств с возможно большей функциональной полнотой.

В целях обеспечения успешного развития микроэлектроники необходимо развернуть научно-исследовательские работы по целому ряду научных направлений, таких как физика твердого тела, физика пленок, физика вакуума, физика низких температур, химии, физика жидкоэлектронных и оптоэлектронных систем, теории создания ЭВМ с качественно новыми детерминированными и вероятностными принципами организации, теории создания устройств, использующих принципы построения биологических организмов. Для обеспечения широкого развития в стране микроэлектроники необходимо подготовка кадров новых специалистов.

Специалисты США прогнозируют, что к 1970 году будет осуществлен перевод 70% радиоэлектронной техники на микроэлектронные элементы.

Перед отечественной микроэлектроникой стоит аналогичная, огромной сложности задача. Одним из важнейших достижений микроэлектроники в ближайшие годы явится создание в больших системах, которые не могли быть реализованы на элементах обычной радиотехники в силу малой надежности, большого потребления энергии, больших весов и габаритов.

Основной задачей на ближайшие годы является перевооружение предприятий министерства радиоэлектронной промышленности.

Справка об итогах работы ЦМ по результатам 1963 и задач на 1964 г.

1963

С П Р А В К А

I. Непрерывное усложнение требований, предъявляемых к радиоэлектронным системам управления военными и промышленными объектами, привело к тому, что системы стали громоздкими, содержат десятки тысяч элементов, сотни тысяч соединений и имеют недостаточную надежность.

Необходимость повышения надежности систем, уменьшения их веса, габарита и стоимости заставляет искать новые пути проектирования радиоаппаратуры.

Применение в конструкциях аппаратуры модулей, собранных из дискретных элементов, только частично решает проблему, поскольку общее количество деталей и соединений, их свойства и параметры схем, вообще говоря, остаются прежними.

В последние годы в мировой практике появилось новое направление в проектировании и изготовлении радиоэлектронных устройств. Это направление, называемое микроэлектроникой, основываясь на последних достижениях физики, химии и специального машиностроения, предусматривает создание принципиально новой физико-химической технологии и оборудования для механизированного изготовления функциональных схем в едином технологическом процессе, позволяющем значительно сократить количество внутренних соединений, гарантировать надежность этих соединений и уменьшить их размеры настолько, что габариты схем будут определяться только рассеиваемой мощностью.

Таким образом, микроэлектроника позволяет решить проблему создания малогабаритных, надежных систем управления, но для этого необходимо объединить усилия физиков, химиков, металлургов, радистов и механиков, разработать принципиально новую технологию, специальное оборудование и произвести техническое перевооружение значительной части радиоэлектронной промышленности.

2. В целях быстреего развития микроэлектроники ЦК и СМ 8 августа 1962 года приняли постановление о строительстве в городе Зеленограде центра микроэлектроники в составе 5-ти научно-исследовательских институтов, трех опытных заводов и вуза. Кроме того в соответствии с ранее вышедшими постановлениями в Зеленограде строятся институт молекулярной электроники, завод радиодеталей и СКБ ВИС.

Состояние работ по проектированию и строительству промышленных объектов, их финансирование и снабжение обеспечивают ввод в 1964 году института машиностроения, завода машиностроения и завода радиодеталей, имеющих общую площадь 79 тыс. кв. м. Кроме того, будет создан задел для ввода 70 тыс. кв. м. в 1965 году.

Чтобы своевременно подготовиться к освоению строящихся площадей, организовать набор и подготовку кадров, создать за-

- 2 -

дел по тематике и конструкторскую документацию для загрузки заводов, в 1963 году во временно приспособленных школьных зданиях была начата организация институтов: машиностроения, микросхемотехники, технологии, специальных материалов и СКБ ВИС. Кроме того, в настоящее время создаются институт теоретических основ и три опытных завода. Ядро института молекулярной электроники создается в НИИ-35.

Организованные в Зеленограде предприятия ГКЭТ имеют 14 тыс. кв. м. площадей, 2000 единиц оборудования и более 2500 работающих, в том числе: 3 доктора технических наук, 34 кандидата технических и физико-математических наук и около 800 дипломированных инженеров.

В соответствии с постановлением в Киеве, Риге, Минске и Вильнюсе на временных площадях начата организация конструкторских бюро (№№ 3,4,5,6) на правах филиалов институтов Центра микроэлектроники. В настоящее время численность каждого филиала составляет от 150 до 300 человек.

3. Учитывая, что выполнение исследовательских работ в области микроэлектроники и изготовление микросхем невозможно без специального технологического оборудования, которое у нас до сих пор не производилось. Было принято решение в первую очередь организовать институт и опытный завод специального машиностроения, которые должны создать образцы технологического оборудования для лабораторных исследований и производства микросхем.

За 1963 год численность института машиностроения доведена до 1100 человек. Тематический план института предусматривает выполнение научно-исследовательских работ по вопросам, связанным с методикой изготовления и исследования микросхем и опытно-конструкторских работ.

По разработке оборудования для механизированного изготовления микроприемников, логических элементов, подложек и кубов памяти, а также создание базовых конструкций вакуумно-напылительных установок, установок для получения эпитаксиальных пленок, оборудования для контактирования микроэлементов, систем управления термическими процессами и других специальных устройств.

В 1963 году институт закончил работы по 15 темам. План института на 1964 год содержит 5 научно-исследовательских и 37 опытно-конструкторских работ, в том числе: 15 тем, оканчивающихся в первом полугодии 1964 года.

Опытный завод машиностроения, первая очередь которого должна быть введена во втором квартале этого года, загружается собственными разработками института. Начато комплектование завода кадрами, нанято более 100 рабочих, приказом по институту назначен главный механик, главный энергетик, главный технолог и начальники цехов. Составлен график монтажа оборудования. На 1964 год определена номенклатура завода и начата подготовка производства.

4. Вторым, по принятой очередности организации, был институт микросхемотехники, который вместе со своими филиалами

- 3 -

должен разрабатывать конструкцию и принципиальную технологию функциональных микросхем, а также создавать образцы отдельных видов аппаратуры, на которых должны отрабатываться параметры микросхем и технология их промышленного изготовления. Численность института микросхемотехники в настоящее время составляет 590 человек. Важным вопросом является выбор тематики этого института, поскольку он определяет выходную продукцию Центра.

Учитывая необходимость быстрее развития промышленной базы микроэлектроники и то, что на разработку сложной системы даже в обычном исполнении крупные организации затрачивают по несколько лет, мы выбрали простые устройства, рассчитанные на широкий круг потребителей. Это позволит сравнительно быстро выполнить разработки и приступить к развитию технологической и промышленной базы для серийного выпуска унифицированных микросхем, что даст возможность большому числу организаций применять микросхемы в своих разработках. (Показать на плакатах схемы устройств и образцы указать сроки организации опытного производства).

5. Технология промышленного изготовления микросхем и микроаппаратуры будет разрабатываться технологическим институтом и проверяться на его опытном заводе, который будет оснащен механизированными поточными линиями, создаваемыми институтом машиностроения.

Для технологического института в феврале с.г. закончено переоборудование школьного здания площадью 3000 кв.м. Численность института составляет 250 человек. Начата организация опытного завода.

В 1964 году основной задачей института является организация опытного производства микроприемников и логических функциональных схем, а также отработка технологической документации для серийного изготовления этих изделий.

6. Институт специальных материалов должен обеспечивать разработки по микросхемотехнике высокочистыми металлами, сплавами, полупроводниками и специальными реактивами, а также отрабатывать технологию изготовления этих материалов на своем опытном заводе для передачи в промышленность.

В 1964 году тематический план института материалов предусматривает разработку 5 тем по технологии получения монооксида кремния; нитридов германия; сульфида, селенида и теллурида кадмия; монокристаллов кремния для подложек; кремниевых пленок с заданными свойствами.

В настоящее время для института оборудуются помещения, в школьном здании, площадью ----- кв.м. Численность института составляет 150 человек.

Дальнейшее расширение предусматривается при вводе производственного корпуса завода машиностроения в мае-июне с.г.

7. В 1964 году начал создаваться институт теоретических основ, задачей которого является разработка вопросов, опре-

- 4 -

деляющих новые пути развития микроэлектроники.

До окончания строительства корпуса завода машиностроения, этот институт будет иметь мало площадей (2-3 комнаты). В течение 3-4 месяцев его главной задачей будет являться подбор руководителей подразделений, способных творчески развивать теорию.

8. Структура утвержденного комитетом тематического плана институтов и филиалов Центра на 1964-1965 годы показана на плакате.

~~Было дано поручение о проведении опытной эксплуатации машины УМ-ИНХ, разработанной КБ-2, а также об организации изготовления и использовании этих машин.~~

9. В соответствии с Постановлением от 8 августа 1962 года опытная эксплуатация машины УМ-ИНХ проводится на Воронежском заводе синтетического каучука. Завершен I-й этап опытной эксплуатации машины в разомкнутом контуре в качестве советчика. Получено положительное заключение ОКБА Госкомитета по химии, в котором указывается, что машина проработала без отказов 12500 часов.

В 1963 году завод ЛЭМЗ изготовил и поставил заказчикам 7 вычислительных машин УМ-ИНХ. По плану 1964 г. завод ЛЭМЗ должен изготовить 30-35 машин.

В целях расширения возможностей использования машины УМ-ИНХ в КБ-2 разработан и передан на испытания блок ввода-вывода, допускающий гибкую компоновку управляющего комплекса. Техническая документация для серийного производства и опытный образец будут переданы в I квартале 1964г. на завод ЛЭМЗ. Разработанный КБ-2 образец машины УМ-2 в настоящее время проходит Государственные испытания. КБ-2 разработан также эскизный проект и изготовлен лабораторный макет электронной вычислительной машины УМ-3 на пленочных логических микросхемах. Однако в ходе работы выяснилось, что для создания машин подобного класса требуется дальнейшее совершенствование технологии изготовления пленочных многослойных микросхем. Работы в этом направлении ведутся силами организаций Центра микроэлектроники.

В 1964 году КБ-2 приступило к разработке, на базе машины УМ-2, бортовых машин по заказу т.Туполева и т.Королева.

10. Опытный завод НИИРТ-282, предназначенный для изготовления миниатюрных радиокомпонентов и микромодулей, должен быть введен в IУ кв. 1964 года. Площадь завода 19 тыс. кв.м.

Подготовку к вводу завода ведет пуско-наладочное подразделение, созданное в институте. Назначен директор завода (т. _____). В Зеленограде выделено временное помещение 200 кв.м.. Подобраны кандидатуры главного механика, главного энергетика, начальников 3 цехов и 12 ИТР.

- 5 -

Оформляется регистрация завода в финансовых органах. Начато обучение рабочих кадров.

В 1963 году приобретено оборудование на сумму 261 тыс.р. Планом предусматривается приобретение в 1964 г. на сумму 1300 тыс.р. и в 1965 г. на сумму 1500 тыс.р..

Специализированное нестандартное оборудование проектируется и изготавливается подразделениями института. К изготовлению оборудования по готовым чертежам привлекается завод п/я 200 (Горький).

В первую очередь будут организованы инструментальный, механический, трансформаторный цех, а также цех нестандартного оборудования. Для этих цехов в 1964 г. будет все необходимое оборудование.

II. Институт молекулярной электроники должен разрабатывать функциональные микросхемы и блоки, действие которых основано на использовании явлений, происходящих в твердых полупроводниковых материалах. Ввод института намечается во II кв. 1965 года.

Ядро института молекулярной электроники создается на базе отдела № II НИИ-35. В настоящее время этот отдел ведет разработку функциональных логических схем с использованием пленарной технологии на кремнии. При вводе площадей завода НИИРТ институту будут выделены временные площади в Зеленограде.

Специализированное технологическое оборудование для института молекулярной электроники разрабатывается НИИ-35 и ОКБМ-35 с привлечением ряда организаций ГКЭТ.

В настоящее время оформляется организация института.