

УДК 621.383

К истории развития специальной микроэлектроники в ГУП «НПО» Орион»

А. А. Тимофеев
ГУП НПО «ОРИОН»

Изложена история образования и развития направления микроэлектроники в ГУП «НПО «Орион». Показаны основные этапы развития схемотехники и технологии изготовления электронных узлов обработки сигнала фотоприемных устройств, включая гибридную технологию микросборок на основе ситалловых и гибких полиимидных подложек и полупроводниковые технологии изготовления ИС мультиплексоров и малошумящих усилителей.

В июне 1968 г. я был приглашен на работу в НИИ прикладной физики для организации здесь направления специальной микроэлектроники. Необходимо было в возможно кратчайшие сроки организовать подразделение, которое смогло бы провести разработки и наладить изготовление микроэлектронных узлов и блоков для усиления и обработки сигналов от различных типов фотоприемников, образующих вместе с ними единое конструктивное целое.

Такое устройство получило позднее название — фотоприемное устройство (ФПУ). Летом 1968 г. был организован сектор в составе отдела № 1, руководимый тогда В. Г. Буткевичем, и началась работа по укомплектованию подразделения кадрами, технологическим и измерительным оборудованием. В конце 1968 г. сектор микроэлектроники был преобразован в самостоятельный отдел № 10 под моим руководством. Дирекцией НИИПФ был выделен целый этаж (третий) в новом корпусе К4. К середине 1969 г. отдел был в основном укомплектован кадрами и основным техно-логическим оборудованием. Укомплектование кадрами проходило как путем набора сотрудников со стороны, так и путем перехода специалистов из других подразделений института, который осуществлялся иногда в виде перевода в отдел № 10 целых групп и лабораторий.

Первое направление, которым занялся отдел, было связано с разработкой и изготовлением гибридных микросхем (микросборок) предварительных усилителей (ПУ) сигналов от фотоприемников. В составе отдела № 10 работали тогда несколько лабораторий: лаборатория схемотехники под руководством А. И. Рабиновича, лаборатория измерений и испытаний (О. В. Смолин), технологическая лаборатория с производственным участком изготовления гибридных ИС (Ю. В. Гаврилов), лаборатория химического анализа материалов, химической обработки и фотолитографии (А. И. Левина), лаборатория ионной имплантации (И. Г. Стоянова), лаборатория применения ИС, которая осуществляла головные функции по микроэлектронике в Министерстве оборонной промышленности (М. П. Хомутова), а также участок изготовления фотошаблонов, несколько позднее преобразованный в лабораторию (В. И. Савич). Большую помощь в решении всех вопросов организации и работы отдела микроэлектроники оказала дирекция института в лице директора Ю. Н. Соловьева, научного руководителя ин-

ститута Л. Н. Курбатова и главного инженера А. В. Изьюрова. Следует также отметить большое внимание, которое уделяло работе отдела микроэлектроники Министерство оборонной промышленности. Уже в 1969 г. отдел № 10 НИИПФ стал головным подразделением МОП по микроэлектронике, осуществляя координацию работ по этому направлению на всех предприятиях Министерства и распространяя передовой опыт работы в области разработок и изготовления гибридных ИС.

Для изготовления ИС предусилителей была выбрана тонкопленочная технология на ситалле, т. к. по сравнению с толстыми пленками напыленные на ситалловую пластину тонкопленочные элементы обладают лучшими шумовыми характеристиками. Тонкопленочная технология изготовления гибридных микросхем предусилителей была отработана на первых образцах предусилителей, созданных в 1969—1970 г. ПУ с высокоомным входом предназначался для стыковки с фотоприемниками с большим внутренним сопротивлением (халькогениды свинца), ПУ с низкоомным входом соответственно для фотоприемников с малым внутренним сопротивлением, например из антимолибдита индия. В разработке и освоении тонкопленочной технологии активную роль сыграли В. Н. Рыбак, А. Н. Зелянина — вакуумное напыление тонких пленок, А. И. Левина, Л. В. Быстрова — химическая обработка пластин и фотолитография. Здесь следует заметить, что развитие микроэлектроники принесло с собой появление в институте новых по тем временам технологических процессов, таких как фотолитография и изготовление фотошаблонов, ионное легирование и др.

В начале 70-х г. были начаты работы по разработке микросхем предусилителей для многоканальных ФПУ «Гранат-2» и «Гранат-2М», а также была осуществлена разработка 4-х канального ФПУ на основе 4-х площадочного кремниевого рpn-фотодиода для приема лазерного излучения с длиной волны 1,06 мкм «24-Н». Это были первые успешно завершённые работы отдела микроэлектроники. Здесь следует отметить вклад А. И. Рабиновича и его сотрудников Н. В. Кравченко и Н. Л. Циписа, разработавших основы схемотехнического проектирования микросхем, предназначенных для усиления и обработки сигналов от фотоприемников. Этот задел используется до настоящего времени. А. И. Рабинович и его сотрудники являются авторами электрических принципиальных схем предусилителей первого поколения ФПУ, а также ФПУ на основе кремниевых рpn-ФД.

Одной из проблем создания гибридных ИС предусилителей было отсутствие в стране малошумящей активной элементной базы. В отделе № 10 были сформулированы технические требования на малошумящие полевые транзисторы с управляющим р-n переходом и на малошумящие биполярные транзисторы. Такие транзисторы по нашему заказу были в короткие сроки разработаны и уже в начале 70-х г. освоены в производстве на заводах Министерства электронной промышленности — Ташкентском заводе полупроводниковых приборов (полевой транзистор) и на Брянском заводе (биполярные транзисторы). Эти работы положили начало созданию в стране малошумящей активной элементной базы. Во второй половине 70-х годов уже на уровне создания малошумящих бескорпусных кремниевых ИС усилителей и коммутаторов различного назначения бы-

ли подключены НПО «Восток» в Новосибирске, завод им. Пегельмана в Таллине, завод «Кристалл» в Киеве, НПО «Альфа» в Риге.

С появлением в стране активных элементов с низким уровнем шума открылась возможность широко развернуть в отделе № 10 разработки гибридных ИС предусилителей для всего спектра различных фотоприемников. Во второй половине 70-х годов были созданы гибридные ИС ПУ для ФПУ на основе кремния, халькогенидов свинца, антимонида индия. К координатным ФПУ типа «24-Н» добавилось ФПУ «Фон-2» для лазерных дальномеров, вместо 200-элементного ФПУ «Гранат-2М» начало разрабатываться ФПУ «Гранат-32» на 3200 элементов и соответственно создавались многоканальные микросборки ПУ (для ФПУ «Гранат-32»-микросборка на 16 каналов ПУ с коммутатором). В эти годы начались разработки гибридных ИС ПУ для многоэлементных ФПУ с фотоприемниками на основе КРТ, InSb, PbS и PbSe. В начале 80-х годов производство гибридных ИС ПУ начало осваиваться на заводах «Сапфир» в Москве и «Кварц» в Черновцах, где с помощью и под руководством сотрудников отдела № 10 были созданы производственные участки (цеха) для изготовления гибридных ИС по нашей документации. Такого рода участки с нашей помощью создавались на целом ряде предприятий отрасли, занятых созданием специальной радиоэлектронной аппаратуры (ЦКБ «Геофизика», КОМЗ, ЦКБ «Астрофизика» и др.).

В 80-е годы основными работами отдела № 10 были разработки многоканальных гибридных микросборок ПУ для ФПУ «Гранат-32», «Арча-Ф», «Камея», «Бурт», «Триада», «Невесомость-64» и «Невесомость-64 ТА», а также высокочувствительных ФПУ «Ястреб», «Кипрей» на основе кремниевых ФД. В эти же годы в отделе был разработан 4-х элементный рип-ФД «27-Н», что положило начало становлению в отделе кремниевой планарной технологии. Работу по созданию полупроводниковых кремниевых ИС возглавил Е. А. Климанов, вокруг которого быстро вырос коллектив разработчиков-схемотехников, конструкторов и технологов, способный разрабатывать и производить кремниевые ИС различного назначения. В. М. Юнгерман, В. М. Корневский, Н. Н. Турусов, А. Г. Глазунов, В. К. Борисов, Е. Е. Блинова, О. Н. Громова, Г. Н. Граднева, И. Г. Стоянова и др. — вот тот костяк, который положил начало созданию на предприятии планарной технологии кремниевых ИС.

В середине 80-х годов отдел № 10 был преобразован в отделение № 5 с задачами разработки как гибридных, так и кремниевых ИС. В 1987 году все отделение (за исключением лаборатории фотошаблонов) было перебазировано на площадку «Косинская», где получило вполне современную для того периода технологическую базу.

В этот же период в отделении проводились серьезные работы по созданию нового поколения гибридных ИС для многоэлементных ФПУ, одной из интереснейших и сложных работ было создание блока криогенной микроэлектроники для глубокоохлаждаемого, многоэлементного ФПУ на основе легированного кремния «Копье». Здесь микросборка на полиимидной пленке размещалась на поверхности теплообменника и должна была обеспечить работу при температуре жидкого гелия. В этой работе активно участвовали О. А. Власов, З. Н. Ефимова, В. П. Мордасов и др. Именно их самоотверженная работа обеспечила успешный ход разработки этого уникального по своим характеристикам и

конструкторско-технологическим решениям прибора. Одновременно были развернуты работы по созданию многоканальных микросборок для многоэлементного ФПУ на основе ФП из InSb «Онега». К сожалению, в период конца 80-х начала 90-х гг. эти работы по независящим от нас причинам были свернуты. В работах по созданию гибридных микросборок следует особо отметить вклад Е. А. Попова и Н. Н. Серединой.

Период конца 80-х начала 90-х г. был ознаменован началом работ по созданию кремниевых мультиплексоров для коммутации и обработки сигнала с матричных ФП на основе ФД из КРТ. Эти работы проводились в тесном контакте с отделением № 8, его начальником В. И. Стафеевым и сотрудниками отделения. В течение периода 90-х годов в отделении № 5 были разработаны матричные кремниевые мультиплексоры по МОП-технологии различных форматов — «32x32», «128x128», «288x384» для смотрящих матриц ФП на основе КРТ. Одновременно разрабатывался ряд линейчатых мультиплексоров для линеек ФД из КРТ, работающих в режиме ВЗН, форматом от 2x16 до 2x256. К настоящему времени освоено проектирование таких изделий и технологий их изготовления. Продолжается производство матричных и линейчатых мультиплексоров. В связи с этими работами следует отметить разработчиков — В. М. Акимова, Ю. К. Ильина, технологов — В. К. Борисова, С. В. Щукина, В. П. Лисейкина, И. Г. Стоянову, А. Н. Юркова и других сотрудников отделения № 5.

На протяжении всего периода времени с 1969 по 1998 г. в отделе № 10, отделении № 5 работала лаборатория по изготовлению фотошаблонов, обеспечивающая все подразделения института. Здесь следует особо отметить В. И. Савича, Т. А. Жабину, С. О. Комарова и других сотрудников лаборатории, наладивших изготовление фотошаблонов.

В последние годы основная нагрузка по изготовлению фотошаблонов легла на плечи Н. А. Водоморина и В. И. Каханкина, обеспечивавших изготовление фотошаблонов методом электронной литографии.

В конце 80-х г. определилась необходимость проведения разработок собственной малошумящей активной элементной базы, в связи с фактическим прекращением разработок и выпуска приборов на предприятиях бывшего МЭП. Для комплектации многоканальных микросборок предусилителей для ФПУ на основе фоторезисторов из КРТ в отделении № 5 была разработана малошумящая кремниевая ИС дифференциального усилителя «Элан-1», по своим характеристикам не уступающая лучшим зарубежным образцам. Усилитель «Элан-1» и его модификации нашли свое применение в микросборках для ФПУ «Арча», «Невесомость 64ТА 1/2», «Совершенствование» и др. Главная заслуга в разработке этой ИС принадлежит П. А. Кузнецову — разработка электрической схемы, С. С. Хромову — разработка топологии, технологом из лаборатории В. К. Борисова и начальнику отдела Е. А. Климанову.

В настоящее время заканчивается разработка и производится выпуск образцов специального малошумящего усилителя с высокоомным входом для ФПУ на основе кремниевых фотодиодов.

В 1998 г. отделение № 5 вошло в состав НТЦ МФЭ вместе с отделением № 8. Перед микроэлектроникой на нашем предприятии стоят задачи дальнейшего развития в следующих направлениях:

1. Создание мультиплексоров большого формата для смотрящих матриц и многорядных линеек ФД на основе КРТ и InSb. Особо стоит вопрос о создании мультиплексоров, в которых накопление сигналов происходит в ячейке, в отличие от существующих, в которых сигнал копится в строке. Для решения этой задачи необходим переход от существующей у нас планарной технологии с минимальным размером элементов ИС 3 мкм к технологии с технологической нормой 1—1,2 мкм. Это требует частичной замены и модернизации технологического оборудования и в особенности проведения инженерных работ по обеспечению требований к окружающей среде (температура, влажность, обеспыленность технологических помещений), т. е. создание настоящих гермозон. Эта задача на ближайшие 3—4 года.

2. В части специальных кремниевых ИС малощумящих ПУ необходимо расширить их номенклатуру для фотоприемников (как ФД, так и ФР) на основе КРТ, InSb, Si, PbS и PbSe.

3. Необходимо позаботиться о восстановлении технологической базы гибридной микроэлектроники на ситалловых подложках и полиимидной пленке, так как сегодняшний уровень по обеспечению кадрами и технологическим оборудованием не позволяет организовать выпуск микросборок в необходимых количествах.

В заключение хочу сказать, что, несмотря на все трудности в подразделениях, занимающихся микроэлектроникой на предприятии, удалось сохранить основной состав разработчиков, конструкторов, топологов и технологов, как в гибридном, так и в полупроводниковом направлениях, что позволяет сегодня проводить работы на достаточно высоком научном и техническом уровне.

About a history of development of the special microelectronics in the ORION R&P Association

A. A. Timofeev

The ORION R&P Association, Moscow, Russia

The history of formation and development of microelectronics trend in SUE "RD&P Center "Orion" is given. Main stages of development of circuit engineering and manufacturing technology of electronic units of a signal processing of photodetective assemblies including hybrid technology of microassemblies based of hard and flexible polyimide substrates and semiconductor production technologies of IC of multiplexers and low-noise amplifiers are shown.