

ИЗ ИСТОРИИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Ода

транзистору КТ315

А. ЧЕЧНЕВ, пос. Володарского Московской обл.

В своё время это был самый универсальный, массовый, дешёвый и с хорошими параметрами малогабаритный транзистор (**фото 1**). Так скажет любой радиолюбитель старшего поколения. И будет абсолютно прав.

Но этим практически исчерпывается вся объективная информация про него и историю его создания, которую можно найти на различных ресурсах. Поэтому, считая, что транзистор КТ315 заслуживает большего, начал искать мате-

риалы по теме. Именно потому, что массовый. Именно потому, что массовый. Именно потому, что многие подростки стали радиолюбителями и радиоинженерами благодаря его доступности, некой элегантности и универсальности. Итак, история создания транзистора КТ315 в документах.

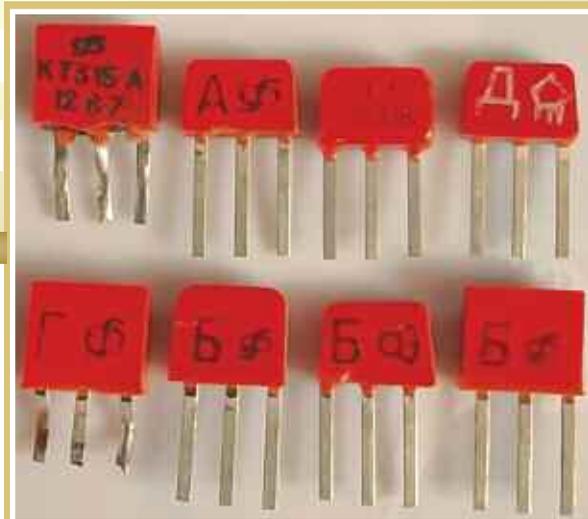


Фото 1

Начало

Среди специалистов и просто интересующихся бытует легенда, что кто-то из руководителей Министерства электронной промышленности СССР (МЭП) прочитал в зарубежном тематическом журнале о поточном методе производства дешёвых транзисторов. С этого всё и началось. К сожалению, документального подтверждения этой теории мне найти не удалось.

Вместе с тем, несомненно, что выполнение работ по изучению зарубежного опыта и образцов полупроводниковых приборов решало основную задачу — сокращение стоимости разработки за счёт использования иностранных научно-технических материалов путём

В приказе перечисляются организации, привлечённые для выполнения. Это НИИПМ — в части разработки и изготовления конвейерной металлической ленты с механизмами перемотки, НИИПЭ, НИИ-596 и СКБПМ в части разработки и изготовления магнитных барабанов. Также ОКБМ-35 (в будущем — конструкторское бюро полупроводникового машиностроения) в части разработки механизмов укладки ножек в перфорированную ленту и припайки кристалла на ленту. КБ-5 — разработка агрегата термокомпрессии золотых выводов к кристаллу и входные устройства к нему, завод "Компонент" — для разработки и изготовления агрегата по прессованию пластмассовой ножки. НИИВОМ должен был разработать за-

Отдельным пунктом значится задание главному инженеру Управления главного механика министерства проработать вопрос возможности закупки во Франции линии для производства транзисторов "Эпокси-планар" (фото 3).

Разработка

Успешное решение поставленной задачи полностью обеспечивало народное хозяйство страны дешёвыми и надёжными транзисторами. Это стало возможно только в результате успешного и плотного сотрудничества всех вышеперечисленных организаций и ответственных лиц — инженеров соответствующего профиля.

— Кремниевые планарные транзисторы в пластмассовом корпусе (ландшафт) -66/12,2-68/33) воспроизводятся по теме "Поток" (октябрь 1967 год).

Фото 2

12. Главному инженеру Управления Главного механика и энергетике г. САЛТИКОВУ через В/О Технопромимпорт решить вопрос о возможности закупки во Франции линии для производства транзисторов "Эпокси-планар".

Фото 3

воспроизведения новых технологий, отдельных технологических процессов и образцов приборов.

В самом начале 1966 г. в Научно-исследовательском институте полупроводниковой электроники (НИИПЭ) была закончена большая работа по всестороннему обследованию различных типов транзисторов зарубежного производства в пластмассовом корпусе. Это и позволило составить техническое задание на комплексную разработку силами ряда предприятий МЭП первой в отечественной практике автоматической линии по производству планарных транзисторов в пластмассовом корпусе с резко сниженной стоимостью. Тему работы назвали "Поток" (фото 2).

Во исполнение решения коллегии Министерства электронной промышленности СССР от 3 июня 1966 г. и приказа МЭП № 225 от 28 апреля 1966 г. в целях создания высокопроизводительной линии для сборки и герметизации пластмассовых транзисторов массового применения с использованием метода непрерывной ленты 21 июня выходит приказ № 341 за подписью министра Александра Ивановича Шокина.

Приказом даётся указание директору Опытного-показательного завода полупроводников (будущий ФЗПП) Иванову до 31 декабря 1966 г. спроектировать и изготовить совместно с другими профильными организациями действующие макеты основных видов технологического оборудования для сборки и герметизации транзисторов с использованием метода непрерывной металлической ленты.

Главным конструктором разработки был назначен главный технолог ОПЗПП Федоренко Юлий Сергеевич. За основу разработки предписывалось взять конструкцию транзистора "Эпокси-Планар" французской фирмы Cisco.

лищичный материал для герметизации транзисторов, приспособленный для осуществления операций заливки и перфорированной ленты.

Разработка кристалла транзистора поручается директору НИИПЭ Трутку Анатолию Фёдоровичу. Нужно было в месячный срок разработать конструкцию кристалла, пригодного для последующей механизации, систему электрических параметров, нормы на них и передать исходные данные и образцы ОПЗПП и другим соисполнителям работы.

Начальнику Центрального бюро применения и надёжности полупроводников до 1 сентября 1966 г. требовалось согласовать с основными потребителями Министерства радиопромышленности ТУ на вновь разрабатываемый транзистор, имея в виду его массовое применение в первую очередь в бытовой и промышленной аппаратуре. Главному технологу ОПЗПП Федоренко Юлию Сергеевичу надлежало в месячный срок разработать общее ТЗ, календарный план-график работы, определить степень участия организаций-соисполнителей в указанной работе, согласовать его с соисполнителями и предоставить на утверждение в министерство.

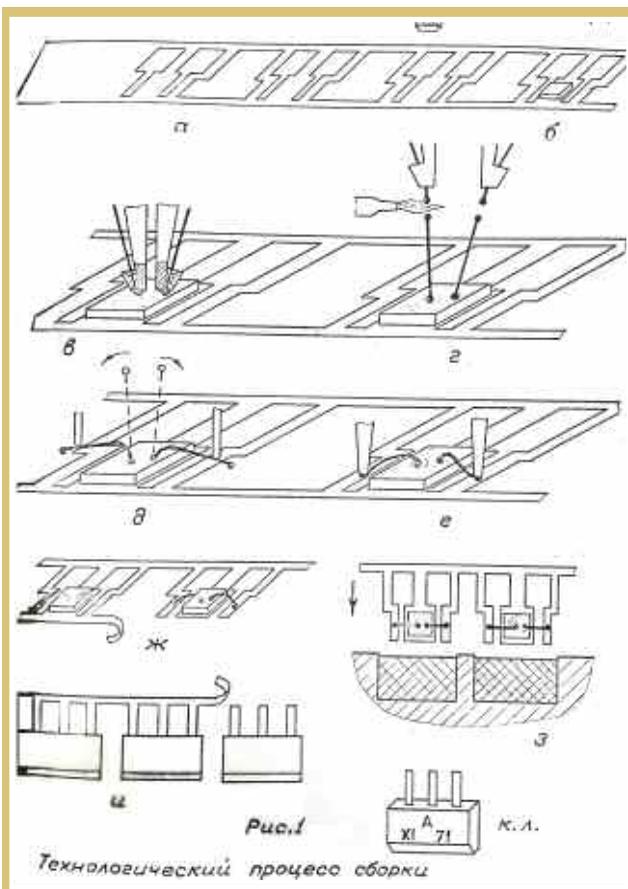


Фото 4

Рис.1
Технологический процесс сборки

Повторюсь, главным конструктором ОКР "Создание высокопроизводительной линии для сборки и герметизации пластмассой транзисторов массового применения с использованием метода непрерывной ленты", тема "Поток", был назначен Федоренко Юлий Сергеевич.

В основу процесса сборки был положен ленточный вариант с использованием многослойной ленты с полосчатым золочением, одновременно являющейся основой конструкции прибора. Суть технологического процесса состоит в том, что кремниевые кристаллы планарных транзисторов припаиваются к непрерывной ленте, проходящей на магнитных барабанах через отдельные

технологические операции, последовательность которых показана на **фото 4**.

Основные операции: перфорирование многослойной ленты методом прецизионной штамповки (а); монтаж кристалла методом ультразвуковой пайки с образованием эвтектического сплава золото—кремний (б); присоединение золотых проволочных выводов к кристаллу, совмещённых по времени — одновременная термокомпрессия двмя капиллярами выводов с оплавленными шариками к кристаллу (в, г) и контактная сварка консольных выводов на ленте (д, е); контроль качества присоединения; подготовка ленты к герметизации — касетирование участка отрезанной ленты (18 приборов) и удаление технологической перемычки со стороны кристалла (ж); групповая герметизация литьевым методом с использованием полимерного компаунда ЭКМ (з, и).

Таким образом, впервые в мировой практике была применена сборка транзисторов на многослойной ленте с полосчатым золочением, полученной методом непрерывного плакирования с последующей групповой герметизацией. Впервые в отечественной практике применён метод эвтектической пайки с ультразвуком, позволивший снизить технологическое время в десять раз и производить пайку кристаллов непосредственно на ленту без дополнительных припойных таблеток, в результате чего значительно улучшилось качество конечных приборов. На операции присоединения проволочных выводов впервые осуществлена групповая сварка двух контактов, совмещённых по времени. Сварка выполняется подогреваемыми рубиновыми капиллярами с подачей вибрации на изделие.

Обязанности среди коллектива разработчиков были распределены следующим образом.

Федоренко Юлий Сергеевич отвечал за работы по проведению анализа себестоимости выпускающихся кремниевых эпитаксиально-планарных транзисторов КТ312. Он показал, что обеспечение высокого процента выхода годных транзисторных структур, автоматизация и механизация сборочных процессов, замена металlostеклянного корпуса пластмассовым — единственный путь создания дешёвых полупроводниковых приборов. Он провёл анализ технологического процесса сборки транзисторов, применяемого фирмой General Electric (США). Определил его основные недостатки.

Совместно с коллегами И. М. Глазковым, Г. П. Кузьмичевым, Е. Е. Онегиным и другими соавторами работы выбрал метод, в котором лента выполняет как функции транспортирующего элемента, на котором ведётся сборка полупроводникового кристалла, так и одновременно является конструктивным элементом транзистора. В результате упрощается состав сборочного оборудования, отпадает необходимость изготавливать отдельно ножку из полимерного материала, как планировалось в самом начале. Герметизацию можно проводить непосредственно на ленте групповым методом. Плюс к этому, кристаллы транзисторов имеют неболь-

шие габаритные размеры и удобны для плотного модульного монтажа с использованием импульсной пайки или сварки. Им проведён большой объём работ по координации всей ОКР и отработке всего технологического процесса производства, в том числе организации серийного производства на заводе ОПЗПП во Фрязино.

Глазков Илья Михайлович определил основное направление разработки в области создания технологического процесса и оборудования, в основу которых был положен метод поточной сборки на непрерывной ленте. Провёл анализ вариантов конструктивных решений и определил единый стиль разработки, которые позволили достичь большой степени унификации оборудования и обеспечили высокий технический уровень.

Совместно с Г. П. Кузьмичёвым, Е. Е. Онегиным и другими принял участие в разработке оригинальных конструкторских решений, защищённых авторскими свидетельствами СССР "Установка для приварки проволочных выводов" и "Микроманипулятор". Создал на предприятии мобильную научно-техническую и экспериментальную базы и организовал выполнение работ в сжатые сроки при высоком качестве, что значительно ускорило внедрение оборудования в промышленную эксплуатацию. Лично организовал оперативное освоение серийного производства уникального оборудования на ОПЗПП и впоследствии его внедрение на других предприятиях электронной промышленности.

Гольдшер Абрам Иосифович разработал геометрию транзисторной структуры, имеющую следующие особенности: расширенный базовый контакт для обеспечения стабильности коллекторного перехода, структура не требует ориентации в процессе сборки вследствие полной симметрии расположения контактных площадок, что позволило создать высокопроизводительное сборочное оборудование.

Разработал совокупность технологических режимов производства кремниевых эпитаксиально-планарного *n-p-n* транзистора. Провёл исследование, направленные на совершенствование диффузионных процессов. Взамен ранее существовавших методов диффузии была исследована диффузия бора "методом параллельного источника", разработан способ диффузии фосфора из хлорида фосфора (PCl_3) в непрерывном технологическом цикле (без предварительного окисления поверхности кремния), что повысило воспроизводимость диффузионных процессов и разброс величины поверхностного сопротивления от партии к партии не превышал 3,5 %. Ранее разброс был 10 %.

Впервые в отечественной полупроводниковой промышленности использовал кристалл размерами 0,5×0,5 мм, что дало возможность на кремниевой пластине диаметром 32 мм (в 1966 г.) расположить более 2000 транзисторных структур.

Провёл комплекс технологических работ, обеспечивающий высокий процент выхода годных структур до 70 %, в

то время как на аналогичных транзисторах серий КТ312 и КТ319 выход годных был около 45 %, а также большой комплекс работ по исследованию принципиальных вопросов защиты полупроводникового кристалла полимерными материалами. На основании проведённых экспериментов совместно с Петром Ивановичем Шведом были выбраны материалы, обеспечивающие высокую надёжность транзисторов серии КТ315.

Остаётся добавить, что результаты исследования надёжности первого отечественного транзистора в пластмассовом корпусе были доложены Абрамом Иосифовичем на отраслевых конференциях в 1968 и 1969 гг., которые были опубликованы в ведомственной печати. Это вызвало у разработчиков как радиоэлектронной аппаратуры, так и полупроводниковых приборов неподдельный интерес к приборам в пластмассовом корпусе. Экспериментальные результаты, полученные при разработке первого отечественного транзистора в пластмассовом корпусе КТ315, легли в основу последующих разработок приборов, герметизированных полимерными материалами, включая и микросхемы.

Им был также проведён большой объём работы по выяснению организации, заинтересованных в применении этих транзисторов. Установлено с ними тесное научно-техническое сотрудничество, что дало возможность более полно учесть их дополнительные требования в процессе разработки прибора, провести обследование транзисторов в аппаратуре. Это значительно ускорило процесс массового внедрения транзисторов КТ315 в различную радиоэлектронную аппаратуру. Достаточно сказать, что первые образцы транзисторов КТ315 нашли применение в опытной партии телевизоров "Вечер" (завод им. Козицкого) ещё в июне 1967 г., т. е. за полгода до окончания сдачи ОКР "Поток".

Колмогоров Георгий Дмитриевич (в те годы руководитель ОПЗПП) проанализировал технико-экономические показатели производства кремниевых и германиевых маломощных транзисторов на отечественных предприятиях и за рубежом и намечил перспективные показатели планируемого производства. Согласовал ТЗ на комплект оборудования и разработку транзисторов для механизированной сборки. Организовал опытное, а затем и серийное производство транзисторов серии КТ315 на предприятии. Проанализировал основные технологические режимы и электрические параметры структур, дал рекомендации по их корректировке. Результаты этих работ опубликовал в ведомственном сборнике.

Организовал научно-техническое сотрудничество с предприятиями-соисполнителями по модернизации оборудования с учётом опыта эксплуатации, отработки технологии изготовления многослойной ленты и основы компаунда ЭКМ, изготовления эпитаксиальных плёнок. На предприятии разработана и внедрена в производство необходимая технологическая оснастка, включая касеты-спутники, магнитные барабаны, литформы и упаковочная тара.

Георгий Дмитриевич принимал самое непосредственное участие во всех работах, связанных с планированием, размещением и запуском в эксплуатацию всех участков основного и вспомогательного производств и внёс существенный личный вклад в сокращение сроков освоения транзисторов КТ315. Только за начальный период освоения (1967—1971 гг.) процент выхода годных приборов вырос с 8 до 50 %, себестоимость снизилась с 2 руб. 47 коп. до 21 коп. за штуку. Общий экономический эффект серийного освоения на указанный период превысил 21 млн рублей.

Швед Пётр Иванович, под его руководством и при его непосредственном активнейшем участии разработаны: технологическая схема защиты и герметизации полупроводниковых приборов пластмассами; пассивирующий состав МБФ; герметизирующий компаунд ЭКМ; промышленная технология пассивации и герметизации пластмассами транзисторов, а также промышленная технология производства силиконовых заливочных форм для герметизации приборов в пластмассовых корпусах, обеспечивающие высокую стабильность параметров и надёжность приборов.

Перечисленные работы являются важным вкладом в создание первой в отрасли серии транзисторов в пластмассовом корпусе и в организации серийного производства таких и аналогичных приборов в стране. На базе работ, выполненных Петром Ивановичем по герметизации полупроводниковых приборов пластмассами, уже к началу 70-х годов разработали 21 тип полупроводниковых приборов, производство которых организовали на 14 предприятиях отрасли.

Кузьмичёв Геннадий Павлович провёл на высоком уровне инженерно-

ПРЕСС-АВТОМАТ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ПЕРФОРИРОВАНИЯ ЛЕНТЫ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В СОСТАВЕ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТРАНЗИСТОРОВ ТИПА КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.



Фото 5

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

ЗМ-409

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ НА ЗОЛОЧЕНУЮ ЛЕНТУ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАЙКИ С УЛЬТРАЗВУКОМ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРАНЗИСТОРОВ КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.

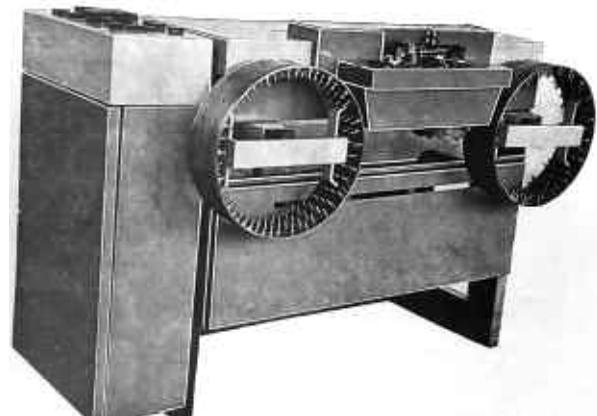


Фото 6

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЫВОДОВ

ЗМ-410

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННО ДВУХ ЗОЛОТЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ ВЫВОДОВ К КРИСТАЛЛУ СПОСОБОМ ОПЛАВЛЕННОГО ШАРИКА И ВНЕШНИМ ВЫВОДАМ ТРАНЗИСТОРОВ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРАНЗИСТОРОВ КТ-315 В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ.

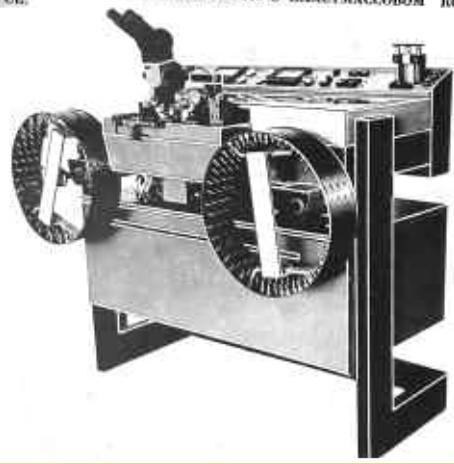


Фото 7

УСТАНОВКА ЗАЛИВКИ КОМПАУНДА

УСТАНОВКА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ КОМПАУНДОМ ТИПА ЭКМ ПРИ ГРУППОВОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В ПЛАСТМАССОВЫЕ КОРПУСА НА УЧАСТКАХ ЛЕНТЫ.



Фото 8

технический анализ прогрессивных технологических процессов и конструкций оборудования лучших зарубежных фирм, обеспечив разработку технологического процесса и комплекта сборочного оборудования на уровне решения перспективной задачи — массового выпуска дешёвых транзисторов для радиоэлектронной аппаратуры.

Предложил основные конструктивные решения прецизионных систем, обеспечивающих разработку микросварочного оборудования с показателями на уровне лучших мировых брендов, а в ряде случаев и превосходящих их. Принимал непосредственное участие

Таблица

№ пп.	Тип телевизора	Кол. транз. КТ-315 в одном телевиз.	Общее кол-во транзисторов КТ-315 примененных в телевизионной отрасли в 1972г. / млн. штук /
1.	"Тамп-209"	4	2,5
2.	"Надога-205-206"	6	
3.	"Электрон-205"	7	
4.	"Эность-2"	9	
5.	"Электрон-215"	14	
6.	"Радуга-701"	24	
7.	"Радуга-703"	24	
8.	"Электрон-701"	23	
9.	"Электрон-703"	23	
	и другие.		

Фото 9

в разработке сложных функциональных устройств:

- установки ультразвуковой пайки (700 кристаллов/час) на ленту ЭМ-409;
- установки группового присоединения выводов ЭМ-410 (1440 сварок/час).

— пресс-автомата ЭМ-704. Послужил развитию уровня отечественного сборочного оборудования и в последующих разработках. Пресс-автомат ЭМ-704 может обеспечить работу 10 линий сборки. С 1969 г. началось серийное производство всего оборудования.

Возглавлял и лично участвовал в отладке и запуске опытных образцов оборудования в производственных условиях на ОПЗПП (фото 5—фото 8).



УЧАСТОК ПРИСОЕДИНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ И ПРОВОЛОЧНЫХ ВЫВОДОВ НА УСТАНОВКАХ ЭМ-409, ЭМ-410

Фото 10



КОМПЛЕКТНАЯ ЛИНИЯ ОБЪЕДИНИЛА В ЕДИНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ОПЕРАЦИИ:

подготовка ленты и герметизация, обработка технологической крошки, фиксация держателя, дозирование лавины индуциции, групповая герметизация, полимеризация компаунда, разгрузка форм.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ 1800 шт./час.
ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ 12 кВт.
ОБСЛУЖИВАЮЩИЙ ПЕРСОНАЛ 6 ЧЕЛОВЕК.

Фото 12



УЧАСТОК СОРТИРОВКИ ГОТОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА КЛАССИФИКАТОРАХ КТ-12

Фото 11

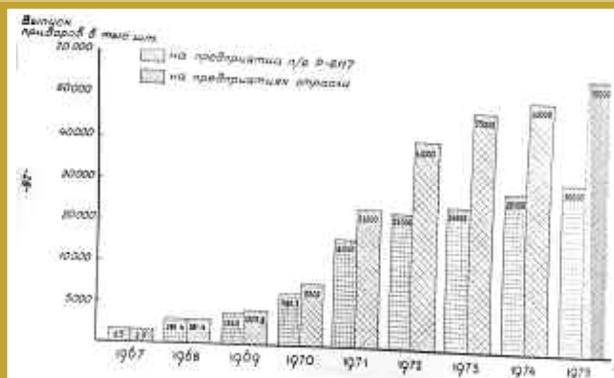


Фото 13

П Л А Н

по разработке новых полупроводниковых приборов в пластмассовых корпусах и переводу серийно выпускаемых приборов на герметизацию и помощь пластических масс в 1968-1970 гг.

№ п/п	Тип прибора	Предприятие-разработчик	Срок окончания работ	Предприятие-изготовитель	Срок серийного или опытного производства	в тыс. шт.		
						1968г.	1969г.	1970г.
1.	Стабилизатор ДВ14	НЭПП г.Новосибирск	1968г.	НЭПП	1969г.			
2.	Выпрямительный столб "Чесня-П"	ТЭЭТ им. Ленина гор.Ташкент	"	"	"			
3.	Маломощный кремниевый транзистор КТ301	ВЭПП г.Воронеж	"	ВЭПП	"			
4.	Кремниевый в.ч. транзистор средней мощности КТ603	"	1969г.	ВЭПП	1970г.			
5.	Кремниевый высоковольтный транзистор "Память"	"	"	"	"			
6.	Диодная сборка "Плато-1"	НИИПЭС	1968г.	Опытный завод НИИПЭС	1969г.			
7.	Диодная матрица "Печать"	"	1968г.	"	1969г.			
8.	Диодная матрица "Протоплазма"	"	1968г.	"	1969г.			

Фото 14

№ п/п	Тип прибора	Предприятие-разработчик	Срок окончания работ	Предприятие-изготовитель	Срок серийного или опытного производства	в тыс. шт.		
						1968г.	1969г.	1970г.
9.	Смесительный диод "Крушина"	НИИПЭС	1968г.	Опытный завод НИИПЭС	1969г.			
10.	Диодный "Барьер"	"	"	"	"			
11.	Диодный "Профиль"	"	"	"	"			
12.	Переключательный в.ч.-д. диод "Бамин"	НИИПЭС ТЭЭП г.Томск	1969г.	ТЭЭП г.Томск	1968г.			
13.	Импульсный диод "Плато-17"	МЭПП г.Минск	1969г.	МЭПП	1970г.			
14.	Стабилизатор "Сура"	СЭПП г.Саратск	1969г.	СЭПП	1970г.			
15.	Смесительные диодные матрицы "Поток-68"	НИИПЭС и ФЭПП	1969г.	НИИПЭС и ФЭПП	1969г.			
16.	Мощный кремниевый транзистор "Пластик"	НИИПЭС ФЭПП г.Фрязино	1968г.	ФЭПП	1969г.			
17.	Мощный СВЧ транзистор "Познание-П"	НИИПЭС	1969г.	ВЭПП	1970г.			
18.	Мощный СВЧ транзистор "Продолжение"	НИИПЭС и ВЭПП	1969г.	"	1970г.			
19.	Мощный СВЧ транзистор "Платина"	"	1969г.	"	1970г.			
20.	Маломощный германиевый транзистор ГТ322	завод "Транзистор" г.Минск	1969г.	завод "Транзистор"	1970г.			

Фото 15

П Л А Н

выпуска полупроводниковых приборов в пластмассовой и эпоксидной герметизации на 1968 - 1970 гг.

в тыс. шт.

№ п/п	Тип прибора	Завод-изготовитель	в тыс. шт.		
			1968г.	1969г.	1970г.
1.	Выпр. столб по типу Д1004-1008	ТЭЭП (Томск)	323,0	370,0	450,0
2.	Выпр. столб по типу Д1009-1011	"	1230,0	1500,0	1700,0
3.	Выпр. устройство по типу АН 401	"	820,0	860,0	1150,0
4.	Выпр. диод по типу Д226	ТЭЭП (Томск) ТЭЭТ (Ташкент) АЭПП (Абовья)	-	6000,0	15000,0 5000,0 5000,0
5.	Импульсный диод по типу ЭД103А	ХЭПП (Херсон) О.З. НИИПЭС О.З. НИИПЭС г.Томск	408,0 350,0 232,0	650,0 300,0 100,0	850,0 300,0 100,0
6.	Выпр. диод по типу ЭД103А	О.З. НИИПЭС	12,0	100,0	200,0
7.	Диодные матрицы по типу "Пулъа"	НЭПП (Новосибирск) О.З. НИИПЭС	1000,0 1800,0	1400,0 1800,0	2200,0 1800,0
8.	Транзистор по типу ЭТ315	ФЭПП (Фрязино) НЭПП (Нальчик) КЭПП (Киев)	4535,0	5250,0	8500,0 1600,0 2300,0
9.	Транзистор по типу КТ315	ФЭПП (Фрязино) НЭПП (Нальчик) КЭПП (Киев)	1000,0	5500,0	6500,0 1500,0 7000,0

Фото 16

3. Лабораторный образец ЭВМ содержит следующие основные радиокомпоненты:

транзисторы типа КТ315 - 480 шт.;
транзисторы типа КТ315 - 140 шт.;
с отклонениями от ТУ
(высоковольтные)
транзисторы типа ГТ309 - 41 шт.;
диоды типа Д9 - 1395 шт.;
диоды типа Д220 - 140 шт.;
резисторы типа С2-22-0,125 ± 10%
(или МПТ-0,25 ± 10%) - 2,235 шт.;

Фото 17

Онегин Евгений Евгеньевич руководил рядом исследовательских и экспериментальных работ по выбору новых технологических процессов микросоединений. Лично участвовал в проведении расчётов, разработке конструк-

ции и технологии производства высоковольтного рубинового и твёрдосплавного инструмента. Успешное завершение этой работы сыграло важную роль и для отрасли в целом.

Снедовский Эдуард Иванович, старший технолог цеха Фрязинского завода полупроводников. Непосредственно организовал серийный выпуск транзисторов КТ315. Отлаживал технологию производства и давал рекомендации по усовершенствованию производственного оборудования.

Производство

Труд такого большого и талантливого коллектива в весьма сжатые сроки дал замечательные результаты. На опытном заводе НИИПЭ и ОПЗПП в конце 1967 г. началось серийное производство полупроводникового прибора, не уступающего по своим параметрам большинству малоомощных зарубежных приборов. До конца указанного года на указанных предприятиях были произведены по 2500 шт. опытных транзисторов. Все заинтересованные организации начали испытания и макетирование с их использованием. Более всего разработчики аппаратуры удивились выдающимся параметрам к воздействию внешних механических нагрузок. Транзисторы КТ315 значительно превосходили по этим параметрам приборы в металlostеклянном корпусе. Предел прочности при воздействии линейных ускорений составлял более 36000 г, ударных нагрузок — более 25000 г, вибрационных — более 500 г. Разработанный транзистор, начиная с 1968 г., нашёл применение в радиовещательных приёмниках "Селга", "Геолог", "Альпинист", "Аккорд-Стерео", телевизорах "Радуга", "ЦТ-100", "Темп", "Электрон", "Горизонт". Практически сразу начались поставки в страны СЭВ (фото 9).

В процессе организации массового производства был проведён большой объём работ по совершенствованию технологических процессов:

- исследована и внедрена технология диффузии бора в вакууме в однозонной диффузионной печи, дающей возможность одновременно обрабатывать 80—100 пластин;

- с целью исключения растравливания в процессе фотолитографии использован фоторезист на основе нового продукта № 333, введена двухступенчатая сушка при повышенных температурах;

- оптимизирована топология транзисторной структуры, дающая возможность снизить брак по обратному току коллекторного перехода с 15 % до 1...2 %;

- сведены в единое поточное производство операции подготовки ленты к герметизации, обрезка кромок, центровка, герметизация;

- заменены формы из дорогой силиконовой резины на полипропиленовые, стойкость которых в 50 раз выше;

- разработан дозатор групповой заливки компаунда;

- взамен полиэтиленовой плёнки применена возвратная упаковочная

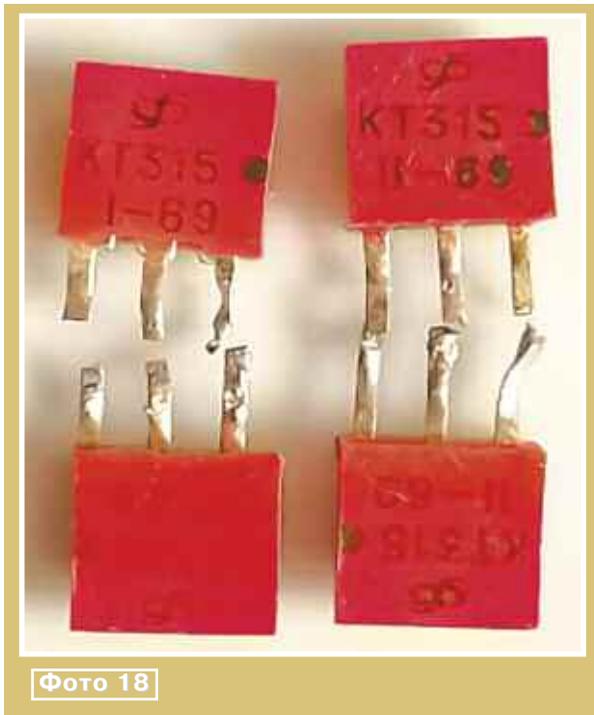


Фото 18

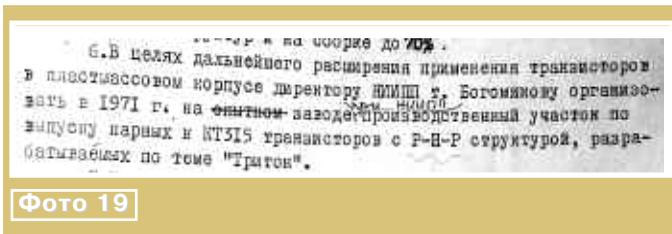


Фото 19

тара. Загрузка транзисторов производится с помощью вибратора и достигает 40000 в смену на одном рабочем месте.

Все эти меры позволили в итоге резко сократить себестоимость транзисторов. Расширилась и производственная база. Производство постепенно налаживалось в Киеве, Нальчике, Томске и Новосибирске (фото 10— фото 12).

За период с 1968 г. по 1971 г. было выпущено 37110000 транзисторов КТ315. Транзисторы этой серии были универсальными приборами, обладающими отличными импульсными параметрами, и в то же время с успехом могли использоваться в линейных усилительных устройствах в диапазоне частот до десятков мегагерц. Создание прибора с качественно новыми стабильными параметрами позволило произвести замену целой гаммы германиевых транзисторов серий МП25, МП26, МП36, МП42, П416, П422, П423. Были разработаны термостабильные узлы, достаточно простые в налаживании и регулировке, что удешевило бытовую аппаратуру и повысило её надёжность. Приведённые особенности и достоинства КТ315, наряду с его низкой стоимостью (25 коп. на конец 70-х годов прошлого века), обеспечили его популярность и

широкое распространение в бытовой аппаратуре и в радиолюбительской среде. Но самым массовым потребителем (фото 13) новых транзисторов в те годы оказалась отечественная вычислительная техника — ЭВМ "Электроника-С2", "Электроника-ДД" и БЭСМ-6.

В Польше наладили производство КТ315 по нашей лицензии, а такие страны, как Англия, Голландия, ГДР, СССР, Франция, ФРГ, Канада закупили их в больших количествах.

На базе разработанного технологического процесса и конструкции КТ315 многие разработанные и создаваемые вновь полупроводниковые приборы перевели в пластмассовые корпуса. Планы перевода на тот период времени приборов "в пластмассу" иллюстрируют фото 14—фото 16.

В 1973 г. всем активным участникам этого замечательного коллектива талантливых разработчиков за создание легендарного транзистора КТ315 была присвоена Государственная премия СССР.

Заключение

В ноябре 1968 г. Казанским заводом радиокомпонентов была выпущена первая опытная партия ЭВМ "Электроника ДД". В одной машине использовалось 620 транзисторов серии КТ315 (фото 17). Но дешёвых высоковольтных транзисторов для управления газоразрядными индикаторами не было. В связи с этим были проведены исследования по определению возможности выборки таких транзисторов из партии транзисторов КТ315. В результате оказалось, что предъявленным требованиям удовлетворяет часть транзисторов, не соответствующая нормам действующего ТУ. С заводом-изготовителем (уже ФЗПП) согласовали вопрос о поставке этих приборов для комплектации ЭВМ, для опытной партии — по утверждённому протоколу отклонений от ТУ, при серийном производстве — по специальным ТУ. Реализация таких транзисторов позволила заводу повысить процент выхода не менее чем на 10 %. Попутно отмечу, что эти "некондиционные" приборы стали пользоваться большим спросом у других производителей аппаратуры с газоразрядными индикаторами. Собственно, точка в маркировке вместо букв и означала принадлежность прибора к высоковольтной "некондиционной" группе (фото 18).

В заключение остаётся только сказать, что согласно приказу МЭП № 297 от 27 августа 1970 г. НИИПЭ (г. Томск) получил задание на производство транзисторов серии КТ361 (фото 19).

Вот такая большая и яркая судьба маленького транзистора!