

1545523

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

АРШУК ЕВГЕНИЙ ПАВЛОВИЧ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ
ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Специальность 05.13.07 - Автоматизация
технологических процессов и производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1994 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Рябов В.Т.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор,
действительный член международной
академии информатизации
Капустин Н.М.,
- кандидат технических наук
Усов Б.А.

Ведущая организация - АО "ТЗПИ"

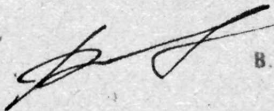
Защита состоится "1" июня 1994 года на заседании специализированного совета К.053.15.15 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан 31" мая 1994 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
кандидат технических наук,
доцент



В.Т.Рябов

Подписано к печати "27" мая 1994 г. Заказ № 338
Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Типография МГТУ им. Н.Э.Баумана



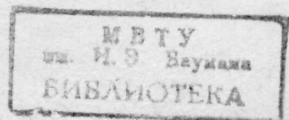
1545523

Аршук Е.П. Автоматизация ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1545523

Актуальность проблемы. Выпрямительный полупроводниковый диод является одним из самых широко распространенных приборов в электронной технике. Большинству предъявляемых требований вполне устраивают последние разработки - диффузионные полупроводниковые диоды в пластмассовом цилиндрическом корпусе с осевыми проволочными выводами (КД226, КД243, КД247 и т.д.) и аналогичные в стеклянном корпусе (КД257, КД258). Обладая малыми габаритами и хорошими электрическими параметрами, эти приборы способны вытеснить практически все ранее выпускаемые выпрямительные диоды малой и средней мощности. Спрос на них на мировом рынке определяется величиной в несколько миллиардов диодов в год. Постепенное же вхождение России в мировые рыночные отношения ставит отечественные предприятия электронной промышленности в условия жесткой конкуренции с такими мощными компаниями, как Philips, Siemens и другими. Выжить возможно, лишь значительно снизив себестоимость и резко повысить качество производимой продукции при обеспечении требуемых объемов выпуска. Этого можно достигнуть лишь за счет повышения уровня автоматизации производства и качества выпускаемой продукции на основе прогрессивных технологий, разработки высокопроизводительного технологического оборудования и объединения его в автоматизированные технологические комплексы (АТК) с безлюдным и круглосуточным режимом работы. Созданием автоматизированного оборудования для производства диодов занимаются КБ предприятий Московского региона, Санкт-Петербурга, Твери, Богородицка и др. Известны разработки В.А. Нейштадта, И.И. Покатилов, Н.А. Покатиловой, Б.С. Самойлова, Г.Г. Басова, В.И. Иваненка. Имеется и опыт создания АТК, например ГАУ на Томилинском заводе полупроводниковых приборов. Однако проблема создания прогрессивного технологического оборудования, способного удовлетворить растущие потребности производства, остается открытой и актуальной. Необходимы новые подходы как к формулированию требований к технологическому оборудованию, так и к методам его разработки.

Цель работы - повышение технико-экономических показателей автоматизированного технологического оборудования на основе комплексной разработки его механических, электронных и программных компонентов.



В соответствии с целью были определены следующие задачи:

1. Разработка концепции открытой технологической системы (ОТС), определяющей свойства оборудования, встраиваемого в АТК. Формирование требований к прогрессивному оборудованию, способному удовлетворить потребности производства.

2. Разработка методики комплексной проработки механических, электронных и программных компонентов технологического оборудования.

3. Разработка аппаратных и программных средств поддержки разработанной методики.

4. Апробация разработанной методики на примере автомата классификации диодов типа КД226, повышение качества и производительности классификации диодов, реализация сервисных функций автомата.

Методы исследований. Теоретические исследования проводились на основе работ по физике твердого тела Я. А. Федотова, В. Л. Аронова, Р. Маллера, теории производительности и автоматизации Г. А. Шаумяна, Л. И. Волчкевича, теории вычислительных сетей, теории сетей Петри и теории взаимодействующих процессов Ч. Хоара. Достоверность теоретических предпосылок проверялась путем сравнения их с результатами экспериментальных исследований.

Экспериментальные и эксплуатационные исследования проводились в лаборатории кафедры "Электронное машиностроение" МГТУ им. Н. Э. Баумана, а также в действующем промышленном производстве в ПО "Тор" с применением современного контрольно-измерительного оборудования и аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Автор выражает искреннюю благодарность главному инженеру ПО "Тор" Ю. Б. Утробину, начальнику отдела 6 ОКБ В. А. Нейштадту и сотрудникам отдела за оказанную помощь и содействие.

Научная новизна. Разработана концепция открытой технологической системы (ОТС), определяющая совокупность требований к функциональному и структурному построению технологического оборудования и обеспечивающая ему высокие технико-экономические характеристики при функционировании в составе АТК.

Разработана методика комплексной проработки механических, электронных и программных компонентов, базирующаяся на процессном подходе, методе формального описания машины в виде двухком-

понентной комплексной модели и многоэтапном методе формального описания и реализации программного обеспечения на основе Е-сетевой модели и языка высокого уровня Паскаль-Квант.

Обоснован и разработан зондовый метод классификации диодов, позволяющий резко повысить качество сортировки диодов за счет уменьшения минимально возможного времени измерения параметров.

Обоснованы перспективные варианты реализаций процессов автомата классификации и разработана стратегия развития участка финишной обработки в соответствии с концепцией ОТС.

Практическая ценность. С применением предложенной методики разработан роторный автомат классификации диодов АСД-1 с последовательно-параллельным агрегатированием измерительных средств.

Разработана эффективная стратегия поддержания работоспособности автомата с многоканальной измерительной системой, основанная на предлагаемом методе статистической диагностики.

Разработан язык высокого уровня Паскаль-Квант.

Разработана система автоматизации программирования СПРУТ для микроконтроллера УТК-6М, включающая кросс-компилятор PQ48 языка Паскаль-Квант и базовый программный комплект микроконтроллера (ОС РВ OSMVTU и библиотеку стандартных подпрограмм ARLIB).

Реализация результатов работы. Научные и практические результаты работы использованы при разработке рабочего проекта автомата классификации диодов АСД-1 и изготовлении его макета. Разработан ряд реверсивных высоковольтных источников тестового модуля для реализации зондового метода классификации.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научно-технических семинарах кафедры "Электронное машиностроение" МГТУ им. Н.Э.Баумана, на отраслевом семинаре "Опыт разработки и практического применения автоматизированных программно-управляемых средств контроля и диагностирования изделий радиоэлектроники, приборостроения и связи при реализации программы "Интенсификация-90" в г. Ленинграде (1986 г.), на Международном симпозиуме "INFO-89" в г. Минске (1989 г.), на конференциях национального комитета международной ассоциации по математическому и машинному моделированию "Выбор и принятие решений в САПР" (г. Воронеж, 1989 г.), "Автоматизация проектирования и управления в технологических системах" (г. Воронеж, 1990 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 5 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 199 страницах и содержит 147 страниц машинописного текста, 47 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 76 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе обоснован выбор объекта исследования, приведен анализ уровня автоматизации существующего производства.

Показано, что проблема комплексной автоматизации участка финишной обработки диодов является наиболее сложной и важной. Это обусловлено поштучной обработкой диодов, в отличие от групповых методов на других участках, разветвлением случайным образом единого материального потока на несколько потоков с различной интенсивностью в соответствии с электрическими параметрами диодов, а также тем, что участок является завершающим в технологическом процессе, что приводит к ужесточению требований к качеству финишной обработки диодов, так как брак на этих операциях грозит убытками из-за штрафов по рекламациям от потребителя либо за счет снижения цены на диод при занижении его группы. С другой стороны, именно на этом участке возможно выделение информации о состоянии всего техпроцесса в целом и организации соответствующих обратных связей для регулирования производства.

Далее в главе сделан обзор и анализ существующих финишных производств. Совокупность известного оборудования распределена на четыре группы в соответствии с видом агрегатирования основных измерительных средств. Установлено, что в настоящее время в электронной промышленности наиболее распространено классифицирующее оборудование с последовательным агрегатированием измерительных средств как относительно простое и дешевое. Цикловая производительность машин этого семейства ограничена длительностью измерительного теста и может достигать не более 15-20 тысяч диодов в час при времени тестирования не более 0.15 с. Однако наиболее перспективными являются автоматы с последователь-

но-параллельным агрегатированием измерительных средств, для которых цикловая производительность не лимитируется длительностью измерительных тестов и может превышать 100 тысяч диодов в час при времени тестирования 1-2 с. Появлению таких машин препятствуют проблемы обеспечения стационарного контактирования и реализации эффективной многоканальной автоматической системы измерения. Приводится анализ результатов эксплуатационных исследований типового действующего оборудования. При коэффициенте использования $\eta_{исп} = 0.47$ наибольшими являются организационные потери (27%), в основном из-за партионности, и потери из-за плохого качества классификации (20%). Потери производительности из-за отказов механизмов сравнительно невелики (6%), однако при малой наработке на отказ в условиях "безлюдного" производства они будут значительными. Анализ опыта разработки и внедрения АТК финишной обработки "Финиш" (в соответствии с программой КЦП АП-12 МЭП СССР) показал, что принятая в середине 80-х годов стратегия создания ГАП путем модернизации существующего оборудования и объединения его в комплекс была ошибочной. При проектировании ГАП необходимо учитывать внешние и внутренние возмущающие факторы на периоде внедрения и эксплуатации, оборудование же должно обладать специальными свойствами, которые могут быть заложены, как правило, лишь при его разработке.

Результатом проведенного анализа является вывод, что существующее оборудование не пригодно для создания эффективных автоматизированных производств. Это и определило цель и задачи исследования, которые приводятся в заключении главы.

Вторая глава посвящена формированию требований к прогрессивному технологическому оборудованию и разработке методики комплексной проработки компонентов такого оборудования.

Основным требованием к разрабатываемому оборудованию предлагается считать соответствие концепции *открытой технологической системы* (ОТС). Функциональное и структурное построение машины и её компонентов должно удовлетворять некоторому набору соглашений, точность выполнения которых гарантирует возможность взаимодействия с другими ОТС АТК, а также изменения структуры машины без существенной модернизации компонентов. Основу машины составляют два вида потоков: материального и информационного. Они тесно взаимосвязаны. Информационная система отражает текущее состояние материалопотока, и наоборот, та же информационная система

несет в себе образ будущего состояния материалопотока в виде управляющих директив для исполнительных механизмов, воздействующих на обрабатываемые объекты. Различаясь физическими формами, эти два вида потоков должны описываться одними законами поведения, к ним могут быть применимы и общие механизмы организации. На уровне автомата, по аналогии с уровнем АТК, существуют сеть исполнительных механизмов, объединенная материальными потоками, и сеть микроконтроллеров, объединенная информационными каналами. Как на уровне АТК, так и на уровне автомата эти две сети должны описываться совместно. При этом элементы этих сетей должны обладать унифицированными материальными и информационными интерфейсами.

Основными свойствами ОТС определены следующие.

1. *Модульность структурного построения машины.* Предполагается высокая унификация модулей. Каждый из них может иметь локальную микропроцессорную систему управления, которая входит в малую локальную сеть, представляющую распределенную автоматическую систему управления и измерения ОТС.

2. *Полнота набора реализуемых функций (функциональная завершенность) и независимость функций от аппаратной реализации.* Для функционирования в составе АТК автомат должен иметь более полный набор функций, а степень поддержки реализуемых функций со стороны программного обеспечения должна быть максимально возможной.

3. *Многоуровневое иерархическое функциональное построение модулей системы.* Для описания ОТС применим семиуровневую эталонную модель взаимодействия открытых систем (ЭМОС), определяющую стандарты, соединения и взаимодействия элементов сети, которая была принята и рекомендована по линии международной организации по стандартизации (МОС) для информационных вычислительных систем. Особенностью применения ЭМОС в отношении ОТС является то, что физическая среда открытой технологической системы содержит две различные формы потоков: материалов (изделий) и информации, в чем нашли отражение соответствующие аспекты взаимодействия прикладных процессов. При этом атрибуты этих двух взаимосвязанных форм ВОС, различаясь совершенно на низких уровнях, будут иметь много общего на высших уровнях, полностью сливаясь в прикладных процессах.

Кроме соответствия ОТС, проектируемый автомат должен обладать такой производительностью, чтобы на двух машинах при 50-% резервировании можно было выполнить ожидаемую годовую программу

выпуска, а также обеспечивать брак классификации 1-го рода менее 0.5%, 2 рода - менее 0.2%.

Далее в главе рассмотрены особенности проектирования автоматизированного оборудования, предназначенного для встраивания в АТК. Показано, что для определения необходимого набора функций автомат должен разрабатываться совместно, комплексно с другими подсистемами АТК с учетом его стратегии развития. Под стратегией развития АТК подразумевается план технико-экономических мероприятий, обеспечивающих выполнение целевой функции при сохранении экономической эффективности производства. Другими словами, это план адаптации комплекса к изменениям внутренних и внешних возмущающих факторов его функционирования. Стратегия развития должна разрабатываться при проектировании АТК на основе прогностических моделей и затем корректироваться при эксплуатации комплекса. При таком подходе возможно получение оптимального набора функций автомата по критерию минимума приведенных затрат.

Далее подчеркивается, что при проектировании ОТС, для которых трудоемкость разработки программного обеспечения составляет 75% от трудоемкости всего проекта, необходима комплексная разработка механических, электронных и программных компонентов автомата. При этом в качестве наиболее общих и информативных объектов описания предлагаются концепции - ресурс (комплект технических средств системы) и процесс (действия ресурсов по выполнению функций системы). Дано новое определение процесса: это относительно независимая, информационно обособленная часть директивной технологии либо действия по обеспечению ее выполнения, объединенные единой физической природой, средствами и объектами управления (ресурсами). Отмечается, что процедуры агрегатирования процессов и соответственно ресурсов при синтезе структурно-компоновочного решения автомата более содержательны, чем агрегатирование технологических операций.

В дальнейшем дается обзор методов формального описания (МФО) ОТС. При анализе МФО использовались требования и критерии сформулированные целевой рабочей группой МФО, созданной Международной организацией стандартов.

Предлагается метод формального описания ОТС в виде двухкомпонентной модели машины - интегрированной принципиальной схемы (ресурсной модели) и процессной модели, включающей Е-сеть и таблицу процессов системы. Модель позволяет проводить сквозное п-

параллельное проектирование механических, электронных и программных компонентов машины. Установлено, что для описания процессной модели наиболее пригодны Е-сети, так как позволяют строить достаточно полные модели технологических систем, отражающие не только их структуру и логику работы, но и внутренние операции над информационными и материальными потоками. В работе дано подробное описание аппарата Е-сетей и приведена его новая интерпретация для МФО ОТС. При этом предлагается расширить аппарат Е-сети в процедуре перехода разрешить операции с внутренними и аппаратными переменными, которые в этом случае станут связующими элементами между процессной моделью и интегрированной принципиальной схемой.

При проектировании программного обеспечения (ПО) ОТС рекомендуется использовать многоэтапный метод формального описания и реализации ПО, включающий 1) разработку процессной спецификации ПО и описание взаимодействия процессов в виде Е-сети процессов; 2) разработку текстов программ процессов на специальном языке высокого уровня Паскаль-Квант (РQ), 3) трансляцию процессов, компоновку и отладку загрузочных модулей с использованием оптимизирующих программных средств в среде системы автоматизации программирования (САП).

Далее в главе разрабатывается язык высокого уровня Паскаль-Квант (РQ), который обладает необходимым набором операторов, синтаксисом и элементами структурирования программ для реализации рассмотренного процессного подхода к проектированию программного обеспечения.

В третьей главе разрабатываются аппаратные и программные средства поддержки методики комплексной проработки ОТС.

Предлагается типовой состав необходимого комплекса средств автоматизации (КСАП):

- 1) определенный набор микроконтроллеров (МК),
- 2) базовый программный комплект (БПК) для каждого типа МК, содержащий операционную систему реального времени (ОС РВ) и библиотеку стандартных подпрограмм (БСП),
- 3) унифицированный набор плат сопряжения с объектом со своими драйверами,
- 4) унифицированный набор интерфейсов,
- 5) специализированные системы автоматизации программирования и отладки, ориентированные на определенный комплект средств.

Установлено, что для построения САУ достаточно в КСАП иметь три типа МК в соответствии с тремя уровнями иерархии: МК объекта (встраиваемый МК), узловой МК, управляющую вычислительную машину. В качестве УВМ предлагается ПЭВМ IBM PC AT, узловых МК - УТК-6М, УТК-7, МК объекта - однокристалльные микро-ЭВМ семейства 1MCS-48, 1MCS-51, 1MCS-96.

Показано, что эффективность реализаций ОС РВ, кросс-компилятора с языка PQ и соответственно всего ПО значительно повышается за счет передачи функции планирования использования ресурсов системы разработчику ПО при квантовании каждого процесса. Далее приводится пример разработки базового программного комплекта для УТК-6М или МК семейства 1MCS-48 (K1816BE48), включающего ОС РВ *OSMVTU* и БСП *ARLIB*. При использовании комплекта в реальных разработках удалось сократить объем загрузочных модулей минимум в 2-3 раза при объеме рабочей программы 8-10 страниц РПЗУ, по сравнению с традиционным программированием.

Рассматриваются вопросы разработки системы автоматизации программирования СПРУТ для УТК-6М. Предлагается единый подход к разработке систем автоматизации программирования: кросс-компилятор с языка PQ, написанный на языке Паскаль, содержит единую для всех МК часть, реализующую нисходящий грамматический разбор путем просмотра на один символ языка плюс один входной символ вперед без возврата, и генератор кода, который формирует на конце графа разбора соответствующие команды ассемблера и требует коррекции для каждого применяемого типа МК и его БМК. Эффективность разрабатываемого ПО повышается, если кросс-компилятор создавать как препроцессор, транслирующий PQ-программу на язык ассемблера МК, что позволяет в особых случаях корректировать полученную управляющую программу "вручную".

В заключении главы приводится методика комплексной разработки механических, электронных и программных компонентов машины, базирующаяся на рассмотренных концепциях, методах формального описания и комплексе средств автоматизации проектирования. Методика включает следующие этапы:

- 1) формирование вектора требований к автомату и выбор требуемого набора функций;
- 2) разработка первичной процессной модели;
- 3) анализ процессов и синтез вариантов СКР их реализации;
- 4) разработка комплексной модели автомата;

- агрегатирование процессов,
- агрегатирование ресурсов по процессам,
- реализация вспомогательных процессов,
- разработка стратегии развития операции;

5) разработка рабочего проекта автомата параллельно для механических (в среде САПР, например AutoCad), электрических (в среде САПР PCad) и программных (в среде САП СПРУТ) компонентов.

В дальнейшем в работе приводятся результаты апробации методики на примере автомата классификации диодов типа КД226.

В четвертой главе проводится анализ основных процессов автомата классификации и разработка вариантов их реализаций.

Установлено, что для процесса загрузки наиболее перспективными являются вибророторные устройства загрузки. АЗУ с электромагнитной ориентацией (для диодов с выводами из ферромагнитных материалов). Рассмотрены по быстрдействию вертикальные и наклонные лотки-накопители как типовые элементы конструкции АЗУ. Быстрдействие устройств с вертикальными лотками:

$$Q_{ц\max} = \sqrt{g/d} \cdot (S-d/2)/l;$$

$$Q_{ц\max} \approx 70 \text{ тыс шт./час},$$

где d - диаметр корпуса диска, S - ширина паза ротора.

С наклонными лотками (с углом наклона α) - лежит в диапазоне:

$$Q_{ц} \in \left[\sqrt{(\sin\alpha - f_{ск} \cdot \cos\alpha) \cdot \cos\alpha \cdot g/d} \cdot (S-d/2 \cdot (1+\tg\alpha)) / l; \right.$$

$$\left. \sqrt{(\sin\alpha - (2f_{кач}/d) \cdot \cos\alpha) \cdot \cos\alpha \cdot g/d} \cdot (S-d/2 \cdot (1+\tg\alpha)) / l \right];$$

$$Q_{ц} \in [11 \text{ тыс/час}; 30 \text{ тыс/час}].$$

Для процесса разгрузки предложены новые методы: фиксации заслонок, позволяющий повышать быстрдействие существующих устройств в два раза лишь за счет модернизации программного обеспечения, и метод параллельной разгрузки, в котором одновременно в один лоток могут разгружаться несколько диодов и может быть обеспечен очень малый цикл сортировки ($Q_{ц} = 2 \div 3$ тысячи диодов в минуту). Рассмотрена программная реализация процесса. Для алго-

ритма сортировки предлагаются метод параллельных очередей и кольцевой метод. Реализация последнего позволит сэкономить память данных МК при количестве групп классификации более семи.

В следующем параграфе рассмотрен процесс измерения постоянного обратного напряжения и определения типа диода. Проведено исследование качества классификации существующего оборудования и анализ причин брака. Основной причиной плохого качества классификации действующего оборудования (η_1 до 96%, η_2 до 20% на средних группах) является большая величина времени переходных процессов установления режима измерения ($t_{пер.ср} \approx 0.35$ с) из-за неустойчивости во времени токов утечки по поверхности р-п-перехода при малой длительности измерительного теста ($t_{изм} = 0.15$ с).

Предлагается зондовый метод классификации диодов, реализующий следующие основные идеи.

1. Форсирование процессов - для ускорения перераспределения зарядов в диодной структуре необходимо создать в ней как можно большую напряженность электрического поля, стараясь не ограничивать обратный ток. Для этого в начальный момент диод вводится в режим лавинного пробоя. Кроме ускорения переходных процессов, удержание диода под нагрузкой в течение определенного времени в режиме глубокого лавинного пробоя также приведет к высокоэнергетической тренировке "слабых" мест поверхности р-п-перехода и соответствующему выявлению потенциального брака по параметру "надежность".

2. "Зондирование" обратной ветви ВАХ диода - определение типа диода будем проводить не по одной точке $U_{обр}(I_{обр.пор})$, а по участку графика обратной ветви ВАХ от нулевых значений до лавинного пробоя, воспроизводимой в памяти МК в виде набора дискретных точек $(U_{обр}; I_{обр})$. При этом классификационные критерии могут быть различными.

3. Обнаружение затухания переходных процессов - подразумевается переход из режима форсирования в точку минимального тока пробоя I и выдержку во времени, пока не выполнится одно из условий:

$$\{(f'_T < f'_{пор}) \wedge (f''_T < 0)\} \vee (n > n_{пред}).$$

где f'_T , f''_T - первая и вторая производные функции $U_{обр}(t)$ в точке T , $f'_{пор}$ - пороговое значение для первой производной, n - число опросов, $n_{пред}$ - предельное число опросов, соответствующее максимальной временной выдержке.

Зондовый метод реализован с помощью схемы балластного мос-

та, на основе которой был разработан реверсивный источник тестового модуля РИТМ-1. Источник позволяет проводить измерения характеристик диода в любом его подключенном состоянии. Применение зондового метода позволит сократить длительность измерительного теста до 0.15–0.18 с при приемлемом качестве классификации.

В пятой главе описаны синтез структурно-компоновочного решения автомата классификации, реализация вспомогательных процессов и разработка стратегии развития операции.

Разработана комплексная модель автомата, включающая процессную модель в виде Е-сети, интегрированную принципиальную схему и таблицу привязки. Модель включает 27 процессов, в том числе 10 процессов измерения постоянного обратного напряжения и определения типа диода VIZM и 5 процессов низковольтных измерений ($U_{пр}$ и $\tau_{воост}$) NIZM.

Рассматривается реализация вспомогательных процессов. Разработаны процесс контроля функционирования, процесс управления качеством, а для наблюдения за состоянием многоканальной части автомата классификации предлагается метод статистической диагностики.

Предполагается, что входной поток диодов представляет собой генеральную совокупность с нормальным законом распределения и неизвестными средним значением обратного напряжения при заданном обратном токе μ_0 и дисперсией σ_0^2 . Далее единый входной поток равномерно распределяется на p потоков, для которых соответствующий измерительный канал в результате обработки позволяет определить U_i и s_i . В основу метода диагностики положено то, что каждый из получаемых потоков в случае нормального функционирования АСИ представляет собой нормально распределенную генеральную совокупность с теми же характеристиками, что и входной поток. Проверке подлежат гипотезы: 1) об однородности дисперсий $H_0: \sigma_j^2 = \sigma_0^2, j=1, p$ (используется критерий Фишера); 2) о равенстве средних $H_1: U_j = U_0, j=1, p$ (применен t -критерий Стьюдента). Их отклонения для i -го канала свидетельствует о том, что выборки относятся к разным генеральным совокупностям и, следовательно, об отказе j -го канала. Метод позволяет обнаружить отказ измерительного канала и блокировать его за 54 с работы машины.

В системах с автоматической диагностикой и блокировкой отказавших каналов наиболее эффективна смешанная модель стратегии группового восстановления: 1) восстановление через регламентиро-

ванный интервал времени - в начале каждой смены, 2) восстановление по пороговому критерию - числу отказавших каналов, если потери за оставшееся до конца смены t_{ϕ} из-за отказа $R_{отк}$ каналов будут превышать потери из-за остановки автомата и восстановления:

$$R_{отк} > p' \cdot t_{восст} / (t_{\phi} - t_{ож} + t_{восст}),$$

где p' - количество работоспособных каналов с начала смены,

$t_{ож}$ - время ожидания наладчика.

На основе полученной комплексной модели разработан рабочий проект роторного автомата классификации диодов с последовательно-параллельным агрегатированием измерительных средств, в котором проблема стационарности контактирования решена за счет размещения многоканальной автоматической системы измерения на валу рядом с контактными устройствами и связи её с блоком управления автомата по последовательному оптическому каналу. Блоки измерения выполняют измерительные процессы, определяют тип диода и в цифровом виде передают его блоку управления, размещенному стационарно в корпусе машины. Автоматическая система измерения и управления включает 3 микроконтроллера УТК-6М, 10 плат РИТМ-1, 5 плат УФР (для низковольтных измерений), 3 платы МВВ, плату контроллера пульта, 3 платы импульсных источников питания ИИП, 20-позиционный датчик положения ротора, систему оптических датчиков.

В заключении главы описывается наиболее полно соответствующий концепции ОТС разработанный эскизный проект супер-классификатора для диодов с выводами из ферромагнитных материалов, цикловая производительность которого не менее 100 тысяч диодов в час при времени измерения до 1 с. Предлагается стратегия автоматизации финишных операций, позволяющая наиболее эффективно перейти от существующего уровня производства к прогрессивному комплексно автоматизированному участку финишной обработки диодов. Реализация стратегии возможна при условии изменения конструкции диода: замены медных выводов на стальные, плакированные медной пленкой.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в электронной промышленности в настоящее время наиболее распространено классифицирующее оборудование с

последовательным агрегатированием измерительных средств, технические характеристики которого не удовлетворяют потребностям производства. Следует использовать автоматы с последовательно-параллельным агрегатированием измерительных средств, для которых производительность не лимитируется длительностью измерительных тестов.

2. При проектировании же оборудования для функционирования в составе АТК предлагается использовать концепцию открытой технологической системы (ОТС), сущностью которой является соответствие всей машины и входящих в нее компонентов некоторому набору универсальных соглашений, точное выполнение которых гарантирует возможность взаимодействия с другими ОТС АТК, а также изменения структуры машины без существенной модернизации её компонентов. Основными свойствами ОТС являются: 1) модульность структурного построения машины, 2) полнота набора реализуемых функций (функциональная завершенность) и независимость функций от аппаратной реализации, 3) многоуровневое иерархическое функциональное построение модулей системы.

3. Предлагается методика комплексной разработки механических, электронных и программных компонентов ОТС, базирующаяся на методе формального описания ОТС в виде двухкомпонентной модели, описывающей ресурсы и процессы системы, а также на многоэтапном методе описания и реализации программного обеспечения ОТС, использующем описание процессов и их взаимодействия в виде Е-сети и на специально разработанном языке высокого уровня Паскаль-Квант. Сущностью методики является разработка комплексной модели ОТС и дальнейшее ее уточнение и детализация как общей сквозной модели при параллельном проектировании компонентов машины.

4. Разработан состав и принципы построения комплекса средств автоматизации проектирования (КСАП) ОТС на базе микроконтроллера УТК-6М. Основу его составляют базовый программный комплект, состоящий из ОС РВ и библиотеки стандартных подпрограмм, и система автоматизации программирования и отладки, включающая кросс-компилятор PQ48 с языка высокого уровня Паскаль-Квант. Применение КСАП позволяет на порядок снизить себестоимость проекта и значительно повышать его качественные показатели.

5. Обоснован и разработан зондовый метод классификации диодов, особенностями которого является интенсификация переходных

процессов за счет теплового испытания диода в режиме лавинного пробоя и дальнейшее "зондирование" обратной ветви ВАХ диода путем квантования особым способом энергии нагружения диода, что позволяет не ограничивать величину обратного тока. Применение зондового метода позволит сократить длительность измерительного теста до 0.15-0.18 с при приемлемом качестве классификации.

6. Реализация роторного автомата классификации диодов с последовательно-параллельным агрегатированием измерительных средств возможна при размещении многоканальной автоматической системы измерения на валу рядом с контактными устройствами и связи её с блоком управления автомата по последовательному оптическому каналу.

7. В автоматических многоканальных системах измерения и классификации следует использовать смешанную стратегию группового восстановления, использующую разработанный метод статистической диагностики, сущностью которого является слежение за равенством и однородностью статистических характеристик распределения диодов по типам для каждого канала и всего входного потока.

8. Предлагается стратегия автоматизации финишных операций, позволяющая наиболее эффективно перейти от существующего уровня производства к открытым технологическим системам с электромагнитной ориентацией и транспортированием, параллельной разгрузкой, магистрально агрегатированными измерительными средствами и эффективной стратегией живучести, построенной на резервировании и перестраивании структуры.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Аршук Е.П., Нейштадт В.А., Самойлов Б.С. Некоторые особенности гибких производственных систем изготовления полупроводниковых диодов // Опыт разработки и практического применения автоматизированных программно-управляемых средств контроля и диагностики изделий радиоэлектроники, приборостроения и связи при реализации программы "Интенсификация-90": Материалы семинара. - Л., 1986. - С.58-62.

2. Рябов В.Т., Аршук Е.П., Рафиков Р.Г. Выбор функций и комплексная разработка структурно-компоновочного решения и программного обеспечения технологического оборудования с микропроцессорным управлением // Выбор и принятие решения в САПР: Межвуз. сб. науч. тр.-в. - Воронеж, 1989. - С.40-44.

3. Рябов В.Т., Аршук Е.П., Рафиков Р.Г. Средства автоматизации программирования и отладки программного обеспечения технологического оборудования // Материалы международного симпозиума "INFO-89". - Том 2. - Часть 2. - Минск, 1989. - С.155-160.

4. Рябов В.Т., Аршук Е.П. Система автоматизации программирования промышленных контроллеров на базе однокристальных микро-ЭВМ // Автоматизация проектирования и управления в технологических системах: Межвуз. сб. науч. тр.-в. - Воронеж, 1990. - С.70-75.

5. А.с.1688942 (СССР). Автомат для контроля и сортировки диодов / Е.П.Аршук, В.Т.Рябов, Ю.П.Замчалов, Ю.Б.Утробин. - Опубл. в Б.И., 1991, N41.