

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Аргунова Дмитрия Пантелеевича

«Программно-аппаратный комплекс автоматизации технологического процесса зондового контроля электрических параметров интегральных схем» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Актуальность темы. Диссертация Дмитрия Пантелеевича Аргунова «Программно-аппаратный комплекс автоматизации технологического процесса зондового контроля электрических параметров интегральных схем» посвящена решению научных задач в области проведения контрольных испытаний интегральных схем (ИС) в полупроводниковом производстве, а именно автоматизации процессов, связанных с зондовым контролем на полупроводниковых пластинах.

В настоящее время производство интегральных схем является одним из приоритетных направлений развития электронной промышленности. Соответственно для поддержания устойчивого развития отрасли необходима разработка и совершенствование отечественного технологического оборудования и программно-алгоритмического обеспечения, что также будет способствовать аккумуляции инженерного опыта и подготовке квалифицированных специалистов.

Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные на разработку математических основ для реализации средств статического анализа параметров изготавливаемых полупроводниковых приборов и технологических процессов, так и апробация полученных результатов на практике.

Целью исследования в диссертации является разработка комплексной программной системы управления и автоматизации технологического процесса зондового контроля электрических параметров интегральных схем

на полупроводниковых пластинах и создание на основе разработанной системы программно-аппаратного комплекса автоматизированного зондового контроля интегральных схем.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации представлены результаты, обладающие научной новизной, имеющие практическую значимость:

– предложена методика программной юстировки исполнительных механизмов системы перемещения полупроводниковой пластины в плоскости ХУ, отличающаяся от существующих тем, что корректировочные коэффициенты извлекаются из изображения эталонного фотошаблона при помощи алгоритмов цифровой обработки изображений, позволяющая повысить точность позиционирования зонда на контактных площадках не менее чем в 5 раз;

– предложен оригинальный язык математического преобразования результатов измерения электрических параметров, отличающийся применением принципов визуального программирования для задания алгоритма преобразования данных оператором зондовой станции, который позволяет осуществлять обработку данных в том числе для вычисления косвенных характеристик ИС при проведении отбраковки, а также способствует снижению порога вхождения относительно ручной обработки данных;

– разработана комплексная программная система, отличающаяся применённым комплексом оригинальных алгоритмов работы АСУ ТП зондового контроля электрических параметров интегральных схем, позволяющая обеспечить выполнение полного цикла автоматизированного технологического процесса зондового контроля электрических параметров ИС.

На основе полученных результатов реализованы программные средства, примененные при разработке полуавтоматической установки зондового

контроля. А также результаты реализации программного комплекса применены в технологической линейке АО «НИИПП», что подтверждено приложенным актом и показывает практическую значимость предлагаемых автором методов и алгоритмов, позволяющих решить следующие задачи:

- подготовка входных данных для проведения автоматизированного процесса зондового контроля интегральных схем, в том числе подготовка карты раскрыя на этапе проектирования пластины и формирование маршрута выполнения технологического процесса контроля параметров;
- снятие и хранение показаний средств измерения при проведении зондового контроля;
- визуализация, статистическая обработка и анализ полученных результатов с целью разбраковки годных изделий.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена применением в исследовании математического аппарата, корректным и достаточно строгим использованием математических методов.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях. Опубликовано 3 статьи в рецензируемых печатных изданиях, включенных в перечень ВАК. Имеется 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Значимость результатов и рекомендации по использованию результатов.

Результаты, достигнутые автором, были проверены на практике и подтвердили свою эффективность при внедрении автоматизированного процесса зондового контроля интегральных схем в АО «НИИПП» и Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Также следует отметить, что результаты диссертации могут быть внедрены на других предприятиях, специализирующихся на производстве интегральных схем и использующих в своем технологическом процессе

полуавтоматические зондовые станции. Разработка приведенной в работе полуавтоматической зондовой станции может служить перспективной альтернативой зарубежным аналогам для контроля электрических параметров интегральных схем, обеспечивая необходимую степень автоматизации измерений электрических параметров и экономию ресурсов.

Оценка содержимого диссертации, ее завершенность

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе содержится обзор научно-технической литературы по теме исследования, включая описание общих принципов организации процесса производства ИС, способов контроля электрических характеристик ИС и используемого оборудования, а также методов анализа данных.

Во второй главе рассматриваются вопросы моделирования процессов и функционального поведения программного модуля АСУ ТП зондовых измерений. Описывается модель хранения данных, методы выравнивания полупроводниковых пластин и коррекции искривления линейных направляющих, а также подходы к автоматизации процесса обработки пластин.

В третьей главе посвящена техническим требованиям к программной системе сопровождения производства и зондового контроля полупроводниковых приборов и ИС, а также архитектурным и структурным решениям, выбранным при реализации программного комплекса. Рассматриваются отдельные разработанные программные модули системы, отвечающие за подготовку входных данных процесса, выполнение процесса контроля и анализа его результатов.

В четвёртой главе описано практическое применение разработанных программ и инструментов при производстве монолитных интегральных схем. Приводятся примеры использования разработанного комплекса в

полуавтоматической зондовой станции Terra-200 и при измерении СВЧ характеристик радиофотонных микросборок.

В **заключении** работы автор делает выводы по проделанной работе и приводит общие результаты работы, соответствующие цели и задачам диссертационного исследования.

В целом диссертация Дмитрия Пантелеевича Аргунова является законченным исследованием, представляет решение актуальных задач в области проведения автоматизированных зондовых контрольных испытаний интегральных схем на полупроводниковых пластинах.

Замечания по работе. К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. В подразделе 2.3 диссертации представлен новый способ коррекции отклонения позиционирования, который позволил повысить точность позиционирования зондов. Однако из текста непонятно как алгоритм будет учитывать механический износ системы и изменение её параметров.

2. В тексте диссертации в части выбора программной платформы (подраздел 3.3.1) указывается о выборе одного варианта всего лишь из двух вариантов (Microsoft .NET, Java). Существуют и другие кроссплатформенные варианты возможной реализации, в том числе с поддержкой отечественных операционных систем. Также можно отметить существенное количество уязвимостей в технологии .NET, что приводит к нестабильности работы оборудования.

3. Из текста диссертации (подраздел 3.4) непонятно как работает алгоритм аутентификации пользователей в части взаимодействия с операционной системой (взаимодействует с операционной системой или нет).

4. В главе 4 не хватает обсуждения результатов комплексных испытаний предложенных технических решений.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Дмитрия Пантелеевича Аргунова.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Анализ диссертации и автореферата автора показывает, что исследование выполнено соискателем самостоятельно, диссертация написана им лично с применением современных методов научных исследований и цифровых технологий. Работа отличается внутренней целостностью и включает новые научные результаты, представленные к публичной защите, является законченным научным трудом, имеющим как теоретическую, так и практическую ценность.

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание и основные результаты, полученные автором диссертации.

Представленная диссертация соответствует пунктам паспорта специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»: п. 2 – «Автоматизация контроля и испытаний»; п. 3 – «Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.»; п.12. – «Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУ ТП, АСУП, АСТПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени»

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Заключение

Таким образом, диссертация Аргунова Дмитрия Пантелеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложено решение актуальной научной задачи в области разработки технологического оборудования для автоматизации процесса зондового контроля интегральных схем. Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским

диссертациям, а её автор – Аргунов Дмитрий Пантелеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя Д.П. Аргунова и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор Отделения ядерно-топливного цикла на правах кафедры
Инженерной школы ядерных технологий ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский политехнический университет»


02.12.24

Горюнов Алексей Германович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет».

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

Тел. +7 (3822) 701777, доб. 2335, электронная почта: alex1479@tpu.ru

Подпись Горюнова А.Г. заверяю:
И.о. учёного секретаря Учёного совета
Национального исследовательского
Томского политехнического университета




Новикова Валерия Дмитриевна