

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Ширяева Бориса Владимировича  
«Программно-аппаратный комплекс автоматизированного визуального контроля  
при производстве монолитных интегральных схем», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и  
производствами»

Диссертационная работа Ширяева Бориса Владимировича «Программно-аппаратный комплекс автоматизированного визуального контроля при производстве монолитных интегральных схем» посвящена разработке алгоритма автоматизированного визуального контроля и программно-аппаратного комплекса на его основе.

### **Актуальность темы диссертационной работы**

В условиях мелкосерийного производства монолитных интегральных схем (МИС) визуальный контроль МИС по внешнему виду проводится вручную: это экономически выгоднее приобретения специализированных установок автоматизированного визуального контроля. Ручной визуальный контроль требует много времени и усилий со стороны контролирующего оператора. Приведенные особенности однозначно подтверждают актуальность диссертационной работы Ширяева Б.В. по автоматизации визуального контроля.

**Новизна полученных автором результатов** заключается в оригинальном алгоритме автоматизированного визуального контроля, который нигде не использовался ранее, обеспечивает сравнение микрофотографии МИС с фотошаблонов в векторном формате и позволяет повысить производительность визуального контроля мелкосерийного производства.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** подтверждается: согласованием экспериментальных данных с результатами референтных методов; применением современного измерительного оборудования, поверенного в установленном порядке; совпадением экспериментальных данных, полученных с

применением разных методик; внедрением результатов работы в процессах технологического контроля на предприятии АО «НИИПП».

### **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

К теоретической значимости полученных автором результатов можно отнести примененный подход к разработке алгоритма автоматизированного визуального контроля в целом и отдельных решений, в том числе: подбор набора точек совмещения с использованием МНК и оценки их геометрического взаиморасположения, комбинация классификатора на основе искусственной нейронной сети и вычисления пиксельного расстояния для получения «карты дефектности», по которой можно достаточно просто определить существование дефекта на исходной микрофотографии МИС.

К практической значимости однозначно относится разработанный программно-аппаратный комплекс автоматизированного визуального контроля, который будет востребован при мелкосерийном производстве МИС. Также практическую значимость имеет разработанная полуавтоматическая зондовая станция, которая позволяет производить контроль электрофизических параметров МИС на неразделённых полупроводниковых пластинах.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность**

Во *введении* изложена актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, представлена научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, практическая значимость и структура диссертационной работы.

*Первая глава* посвящена обзору существующих программного обеспечения и станций автоматизированного визуального контроля, обозначены тенденции современного направления развития автоматизации визуального контроля МИС, обозначено место и важность визуального контроля в общем технологическом процессе изготовления МИС.

*Вторая глава* посвящена разработке алгоритма автоматизированного визуального контроля. Алгоритм разбит на шаги и подробно описан процесс преобразования исходной микрофотографии МИС и векторного фотошаблона.

Описана реализация алгоритма в программном обеспечении, оценена вычислительная сложность и приведены рекомендации по оптимизации.

*В третьей главе* кратко описаны технические решения, применённые при разработке аппаратной части: станции автоматизированного визуального контроля и полуавтоматической зондовой станции Terra-200COAX. Приведена структурная схема программно-аппаратного комплекса, на которой обозначен личный вклад автора.

*В четвёртой главе* проведено тестирование разработанного алгоритма в сравнении с ручным визуальным контролем на нескольких топологиях МИС.

*В заключении* сформулированы выводы диссертационной работы.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и даёт полное представление о научной новизне, практической значимости, актуальности исследования, личному вкладу, достоверности и значимости научных результатов.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Постановлением № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».**

Диссертационная работа Ширяева Б.В. полностью соответствует всем требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. Схема алгоритма автоматизированного визуального контроля (рисунок 2.10) сложно читается, так как выполнено совмещение нескольких алгоритмов на одной схеме.

2. В разделе 2.3 автор использует понятие «устойчивость работы алгоритма на монолитных интегральных схемах допустимой дефектности». При этом из текста диссертации неясно, что понимается под «устойчивостью алгоритма».

3. Из диссертации неясно по какому принципу выбирались архитектуры нейронных сетей, в частности в разделе 2.3.5.

4. Асимптотическая сложность алгоритма предусматривает оценку времени работы алгоритма и объем требуемой памяти компьютера. Оценка требуемого объема памяти в работе отсутствует.


Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общего положительного впечатления о работе.

## Заключение

Диссертация Ширяева Бориса Владимировича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи автоматизации выходного технологического визуального контроля монолитных интегральных схем, имеющей существенное значение в области автоматизации технологических процессов при производстве монолитных интегральных схем, что соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

### Официальный оппонент:

Горюнов Алексей Германович,  
доктор технических наук,  
заведующий кафедрой – руководитель  
отделения ядерно-топливного цикла  
Инженерной школы ядерных технологий  
Федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

  
30.11.22

А.Г. Горюнов

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Телефон: +7 (3822) 606-341, +7 (3822) 701-777 доб. 2331

Эл. почта: [alex1479@tpu.ru](mailto:alex1479@tpu.ru), [alex1479@mail.ru](mailto:alex1479@mail.ru)

Подпись А.Г. Горюнова удостоверяю

Учёный секретарь ТПУ



  
МП

Е.А. Кулинич