

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Коробкова Максима Андреевича на тему: «Разработка метода оценки выхода годных печатных плат по их конструктивно-технологическим параметрам», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.9. Проектирование и технология приборостроения и радиоэлектронной аппаратуры

Печатные платы (ПП) — ключевой компонент электронных устройств, обеспечивающий электрическое и механическое соединение элементов. Их распространённость обусловлена высокой автоматизацией производства, что обеспечивает технологичность и низкую себестоимость. Это приводит к опережающему росту числа проектов ПП относительно производственных мощностей и разрыву связей между проектированием и изготовлением. Таким образом, все более актуальной становится рассматриваемая в диссертации проблема количественной оценки соответствия проекта платы технологическим возможностям производств, в отличие от применяемых в настоящее время качественных оценок.

Представленное в диссертации исследование направлено на разработку и апробацию метода прогнозной оценки выхода годных печатных плат на основе анализа зависимости их конструктивно-технологических параметров. Исследуемая взаимосвязь между нормативами проектирования, режимами технологических операций и итоговым процентом брака соответствует актуальной задаче цифровой трансформации производства радиоэлектронной аппаратуры. Диссертация отличается высокой степенью теоретической обоснованности и точностью математических формулировок. Автор грамотно использует инструменты математической статистики, методы обработки экспериментальных данных и вероятностное моделирование. Разработанные модели для операций фотолитографии, травления, сверления и совмещения слоёв обладают универсальностью и подтверждены экспериментальными исследованиями.

К научной новизне исследований можно отнести разработанные метод оценки выхода годных печатных плат и содержащиеся в нем математические модели образуют научные основы для оценки и прогнозирования качества изготовления печатных плат, что способствует повышению эффективности процессов разработки и производства электронных устройств.

Практическая значимость работы определяется: программным обеспечением, позволяющим получить априорную количественную оценку качества печатной платы в виде вероятности ее изготовления в соответствии с предъявляемыми требованиями приемки; методикой определения конструктивно-технологических параметров для печатной платы, позволяющей рассчитать рекомендуемые значения параметров конструкции печатной платы для выполнения требований производства; опытным

образцом установки прямого экспонирования, использующей для переноса проводящего рисунка на заготовку жидкокристаллическую матрицу и обеспечивающей автоматизированное проведение операции фотолитографии. Подтверждается практическая значимость работы внедрением результатов на профильных предприятиях АО «НИЦЭВТ» и АО «АВЭКС».

Основные положения диссертационной работы в достаточной степени апробированы: полученные научные и практические результаты опубликованы в 30 работах, в том числе: в четырёх изданиях Перечня ВАК и в четырёх изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus и Web of Science. Также по результатам работы получен 1 патент на изобретение и 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

По автореферату диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Первая глава: методическая часть, приведенная в описании первой главы касающаяся анализа технологических процессов изготовления ПП, изложена недостаточно подробно. Автор переходит от общей постановки задачи сразу к формальному описанию модели и её параметров без детального анализа, и как следствие, в дальнейшем использует как факт ограничение области исследования до четырёх операций: фотолитографии, травления, сверления и совмещения. Это затрудняет понимание необходимости оценки результатов для сформированного перечня операций.
2. Вторая глава: результаты экспериментального исследования процесса фотолитографии и, в частности, различные результаты вероятности выхода годной заготовки в зависимости от направления печати проводников, вероятно, характерны только для используемой автором лабораторной линии производства. Вследствие этого непонятна возможность применения модели в условиях промышленного производства.
3. Пятая глава: для методики определения конструктивно-технологических параметров печатной платы непонятен выбранный автором способ численного решения задачи поиска целевого параметра.

Однако, приведенные замечания не являются существенными и позволяют дать общую положительную оценку диссертационной работы Коробкова Максима Андреевича.

В целом, работа Коробкова М.А. производит впечатление серьёзного самостоятельного законченного исследования, обладающего научной новизной и значительным прикладным потенциалом. Автореферат позволяет положительно оценить содержание диссертации, а автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.9. Проектирование и технология приборостроения и радиоэлектронной аппаратуры.

Технический директор
ООО «Р-Телематика», И.П.Н.

Н.А. Проценко

06.11.25

Подпись руки Н.А. Проценко
на основании ознакомления с диссертацией
О.А. Проценко

