

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.932:621.396.6

На правах рукописи

ИГОЛЬНИК
Алина Александровна

**МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ
СЛОЕВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ
С РАЗВИТЫМ РЕЛЬЕФОМ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 – Технология приборостроения

Минск 2019

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

ПЕТЛИЦКАЯ Татьяна Владимировна,
Начальник сектора ГЦ «Белмикроанализ»
НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕ-
ГРАЛ», кандидат технических наук, до-
цент

Рецензент:

ДРИГО Александр Леонидович,
директор унитарного предприятия
«ИЦТ Горизонт»

Защита диссертации состоится «26» июня 2019 года в 09⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 408, тел.: 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является разработка методики получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат с помощью специализированного оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

В процессе разработки методики были установлены алгоритмы покадрового фотографирования топологических слоев ИМС, производилась «сшивка» фрагментов в цельное электронное изображение, а также происходило фотографирование участков топологии ИМС и плат с различным фокусным расстоянием.

Съемка на оптическом микроскопе может проводиться на кристаллах микросхем любой площади: от десятых долей квадратного миллиметра до нескольких квадратных сантиметров. «Сшитые» из многих десятков, сотен, а зачастую и тысяч кадров изображения топологических слоев обладают высокой степенью совершенства. На них отсутствуют видимые геометрические и объемные искажения.

Разработка методики осуществлялась для программно-аналитического комплекса на основе оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

Разработанные программы в методике помогают устранить незначительные сбои и погрешности при проведении оцифровки топологических слоев.

Электронное изображение высокого разрешения печатных плат и микросхем требуется для проведения анализа качества изготовления, а также для выяснения причин брака и отказов на различных стадиях: изготовления, испытаний и эксплуатации.

Представленные методики позволяют быстрее и надежнее оценить качество технологических процессов ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющей компании холдинга «ИНТЕГРАЛ», значительно ускорить сроки разработки микросхем широкого спектра типономиналов, сократить сроки анализа отказов и брака изделий полупроводниковой техники.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Формирование электронного изображения высокого разрешения интегральных микросхем и печатных плат, с расположенными на них элементами и проводящими дорожками, требуется для построения математических моделей работы микросхем и плат в различных условиях эксплуатации. Кроме того, электронные изображения плат и микросхем используются для выяснения причин брака и отказов на различных стадиях: изготовления, испытаний и эксплуатации.

В связи с вышесказанным, актуальным является разработка методики получения электронного изображения высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат

для проведения анализа качества изготовления в условиях серийного производства.

Степень разработанности проблемы

Разработка методики получения изображения высокого разрешения микросхем и печатных плат осуществлялась на основе практического опыта специалистов и ученых высокотехнологичных белорусских предприятий: Д.В. Вечера, Т.В. Петлицкой, В.А. Пилипенко, С.В. Шабалиной и др.

Одним из недостатков методик, представленных в современной научной литературе, является отсутствие детальной информации для получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат с помощью оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

Предложенное исследование направлено на устранение данного недостатка на основе дополнительных методик получения оцифрованных изображений высокого разрешения.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка методики получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат с помощью специализированного оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Изучение устройства и принципов получения изображения специализированного оптического микроскопа для электронной промышленности *Nikon Eclipse L200N*. Проведение обзора и анализа режимов работы оптического микроскопа.
2. Изучение систем и средств для получения *3D* изображений топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат.
3. Разработка и применение методики получения изображения высокого разрешения печатной платы с разновысотными навесными элементами.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-38 80 04-2012 специальности 1-38 80 04 «Технология приборостроения».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых, а также практический опыт специалистов Филиала НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ» в области получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров в данной области.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке методики получения электронного изображения высокого разрешения печатной платы с расположенными на ней навесными элементами, что позволит проанализировать конструкцию печатной платы, размеры навесных элементов, металлизированных дорожек, а также воспроизвести электрическую схему печатной платы.

Теоретическая значимость работы заключается в изучении методов получения изображения высокого разрешения поверхности печатной платы с разновысотными навесными элементами.

Практическая значимость диссертации состоит в получении электронного изображения высокого разрешения печатной платы *DC/DC Interpoint*, на которой присутствует восемьдесят восемь разновысотных навесных элементов, максимальная высота которых достигает 7000 мкм.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Анализ конструкции и принципа получения изображения специализированного оптического микроскопа для электронной промышленности применительно к исследованиям микросхем и печатных плат.

2. Сравнение программно-аналитических средств для получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат позволило установить, что оптическая микроскопия позволяет наиболее оперативно получать высокоточное электронное изображение исследуемого объекта.

3. Разработка методики получения изображений высокого разрешения для специализированного оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*. Получение на основе разработанной методики электронного изображения высокого разрешения печатной платы *DC/DC Interpoint* с разновысотными навесными элементами необходимо для построения математических моделей работы платы в различных условиях.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на следующих республиканских и международных конференциях и семинарах: 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2019г.), Международной научно-практической конференции «Наукоемкие исследования как основа инновационного развития общества» (г. Самара, Российская Федерация, 2019г.)

Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплины «Проектирование интегральных микросхем».

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в четырех статьях в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 11 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор принципа действия, оптической схемы, увеличения и разрешающей способности оптического микроскопа при получении электронного изображения.

Во второй главе представлены устройства с возможностью построения 3D изображений интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат, а именно атомно-силовые и оптико-цифровые микроскопы. Представлена сравнительная характеристики этих устройств, приведены примеры построения 3D изображений топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат.

В третьей главе разработана методика получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и поверхности печатных плат. Представлены результаты процесса получения электронного изображения платы *DC/DC Interpoint* с помощью оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

В приложении представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 81 страница. Из них 48 страниц основного текста, 49 иллюстраций на 32 страницах, библиографический список из 52 наименований на 4 страницах, список собственных публикаций соискателя из 4 наименований на 1 странице, 4 приложения на 28 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** представлена основная цель работы, описана актуальность процесса получения электронных изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат, описаны перспективы и возможности разрабатываемых методик для анализа изделий полупроводниковой техники.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен обзор принципа действия, оптическая схема, варианты оптического увеличения и разрешающей способности оптического микроскопа.

Рассмотренные методы наблюдения и освещения объекта в оптическом микроскопе выбираются в зависимости от характера и свойств изучаемого объекта. Метод светлого поля в проходящем свете может быть полезен, если изучаемый объект рассеивает освещающий пучок настолько сильно, что значительная часть его не попадает на объектив. Благодаря методу косоугольного освещения в ряде случаев можно выявить рельефность объекта за счет образования теней. Метод светлого поля в отраженном свете следует применять для наблюдения непрозрачных отражающих свет объектов, например, шлифов металлов. Метод фазового контраста позволяет различать малые чрезвычайно слабо контрастные элементы структуры. Метод интерференционной как и фазово-контрастной микроскопии позволяет наблюдать прозрачные и бесцветные объекты, но их изображения могут быть и разноцветными (интерференционные цвета). Метод интерференционного контраста в некоторых отношениях сходен с методом фазового контраста – оба они основаны на интерференции лучей. Часто данные методы сочетают с другими методами в микроскопии. Метод наблюдения в УФ-лучах способен понижать предельное разрешение микроскопа.

Таким образом, различные типы и режимы микроскопов позволяют анализировать исследуемые образцы объектов.

Во второй главе представлены устройства с возможностью построения 3D изображений интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат, а именно атомно-силовой и оптико-цифровые микроскопы. Приведены примеры построения 3D изображений топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат.

Современные промышленные микроскопы предоставляют широчайшие возможности для лабораторных исследований. К примеру, оптическая микроскопия позволяет получать многократное увеличение исследуемого объекта, выводить изображения на экран компьютера, сохранять снимки и проводить автоматизированный программный анализ изображения.

В отличие от оптических микроскопов, атомно-силовые микроскопы (АСМ) позволяют получать трехмерные изображения поверхности образцов в диапазоне размеров от атомных до десятков микрон в условиях, не требующих вакуума.

Атомно-силовой микроскоп – сканирующий зондовый микроскоп высокого разрешения. Определение шероховатости поверхности и контроль морфологической структуры являются двумя важными областями применения АСМ.

Измерения в 3-х плоскостях можно провести, например, на атомно-силовом микроскопе АСМ *NT-206* неразрушающим способом, что имеет большое значение при анализе технологических процессов и готовых полупроводниковых приборов.

Для АСМ нет ограничений, связанных с проводимостью слоев, что позволяет проводить анализ морфологии и микрорельефа металлизированных, диэлектрических, монокристаллических и поликристаллических поверхностей.

В последнее время разработаны и активно используются новые типы оптических микроскопов, оснащенные современным программным обеспечением для получения, в том числе и *3D* изображений.

Оптические микроскопы различаются по видам и модификациям для разнообразных областей применения. В зависимости от назначения, в специализированных микроскопах могут быть использованы как стандартные комплектующие, так и дополнительные устройства и системы.

Современные технологии позволяют проводить лабораторные исследования практически любой сложности. На рынке производителей оптической микроскопии в мире выделяется несколько передовых производителей, такие как *Keyence* и *Nikon*. Примерами моделей оптико-цифровых микроскопов данных марок являются *Keyence VHX-5000* и *Nikon Eclipse L200N*.

Оптический микроскоп *Keyence VHX-5000* – это первый цифровой микроскоп обладающий функцией *Live Depth Composition* - моментальное получение всего объекта в фокусе. Микроскоп мгновенно сканирует объекты в нескольких фокальных плоскостях и формирует мультифокальное, четкое, детальное изображение. 16 битный расширенный динамический диапазон камеры позволяет сохранить детали в теневых областях, улучшить отображение малоcontrastных объектов и получить превосходное, максимально информативное изображение без черных теней и бликов.

Keyence VHX-5000 является универсальным исследовательским микроскопом. С его помощью можно осуществлять *2D* и *3D* измерения объекта, получать микрофотографии высокого качества с корректной цветопередачей, проводить автоматическую «сшивку» изображений, формировать архив фотографий по сети.

Также ведущим производителем оптического оборудования для исследований в электронной промышленности является компания *Nikon*. Оборудование отличается повышенной точностью результатов, великолепными и практически неограниченными возможностями.

Микроскопы всемирно известной фирмы *Nikon* занимают одну из высших позиций в производстве оборудования для электронной промышленности. Это современные микроскопы, в которых конструкторы интегрировали самые новые и современные инновационные технические решения и возможности мировой науки и техники.

Инспекционные микроскопы *Nikon Eclipse L200N/L200ND* предназначены для изучения и контроля качества интегральных схем на различных этапах их изготовления. Модель *L200N* предназначена для изучения полупроводниковых пластин диаметром до 200 мм .

Инспекционный микроскоп *Nikon Eclipse L200N* предназначен для изучения и контроля качества ИМС. Микроскоп *Nikon Eclipse L200N* позволяет

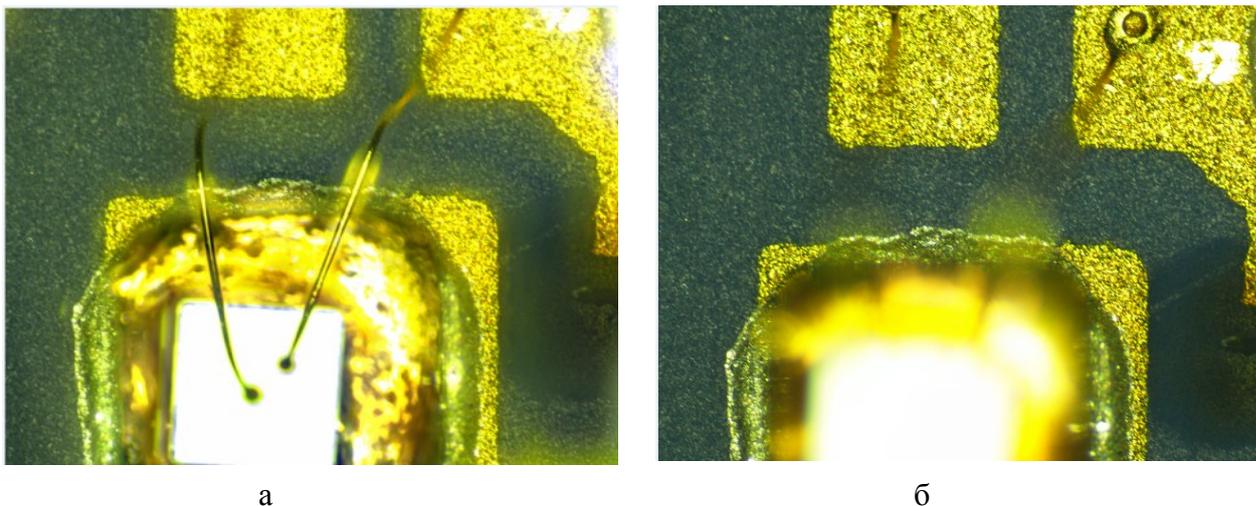
также осуществлять наблюдения при диакопическом освещении с использованием различных методик: светлое и темное поле, простая поляризация и *DIC* (дифференциально-интерференционный контраст).

На микроскопе можно осуществлять контроль прецизионного движения по оси *X-Y* как в ручном, так и в автоматизированном режимах. Прецизионное устройство управления движением по оси *X-Y* размещается вблизи оператора. Все устройства управления располагаются рядом друг с другом, что облегчает перемещение предметного стола и выполнение фокусировки.

В третьей главе разработана методика получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и поверхности печатных плат. Представлены результаты процесса получения электронного изображения платы *DC/DC Interpoint* с помощью оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*. Размер платы: 37 мм x 28 мм.

Сущность разработанной методики состоит в многократном фотографировании одного и того же участка микросхемы или печатной платы. Расстояние между плоскостями составляет от 10 мкм до 500 мкм.

Для сравнения параметров оцифровки представлен фрагмент *2D* изображения той же печатной платы с различным расстоянием между плоскостями съемки (рисунок 1).



а – расстояние между плоскостями съемки – 400 мкм; б – расстояние между плоскостями съемки – 300 мкм

Рисунок 1 – *2D* изображение фрагмента печатной платы *DC/DC Interpoint*

Опытным путем было установлено, что оптимальное расстояние между плоскостями съемки – 400 мкм. Количество съемок одного и того же участка составляет 8. Объем единичного кадра составляет порядка 900 Кб, а общий объем полученного электронного изображения более 240 Мб. Количество кадров в оцифрованной топологии составляет 300 изображений.

На рисунке 2 приведено *2D* изображение платы *DC/DC Interpoint* с оптимальными режимами съемки, указанными выше.

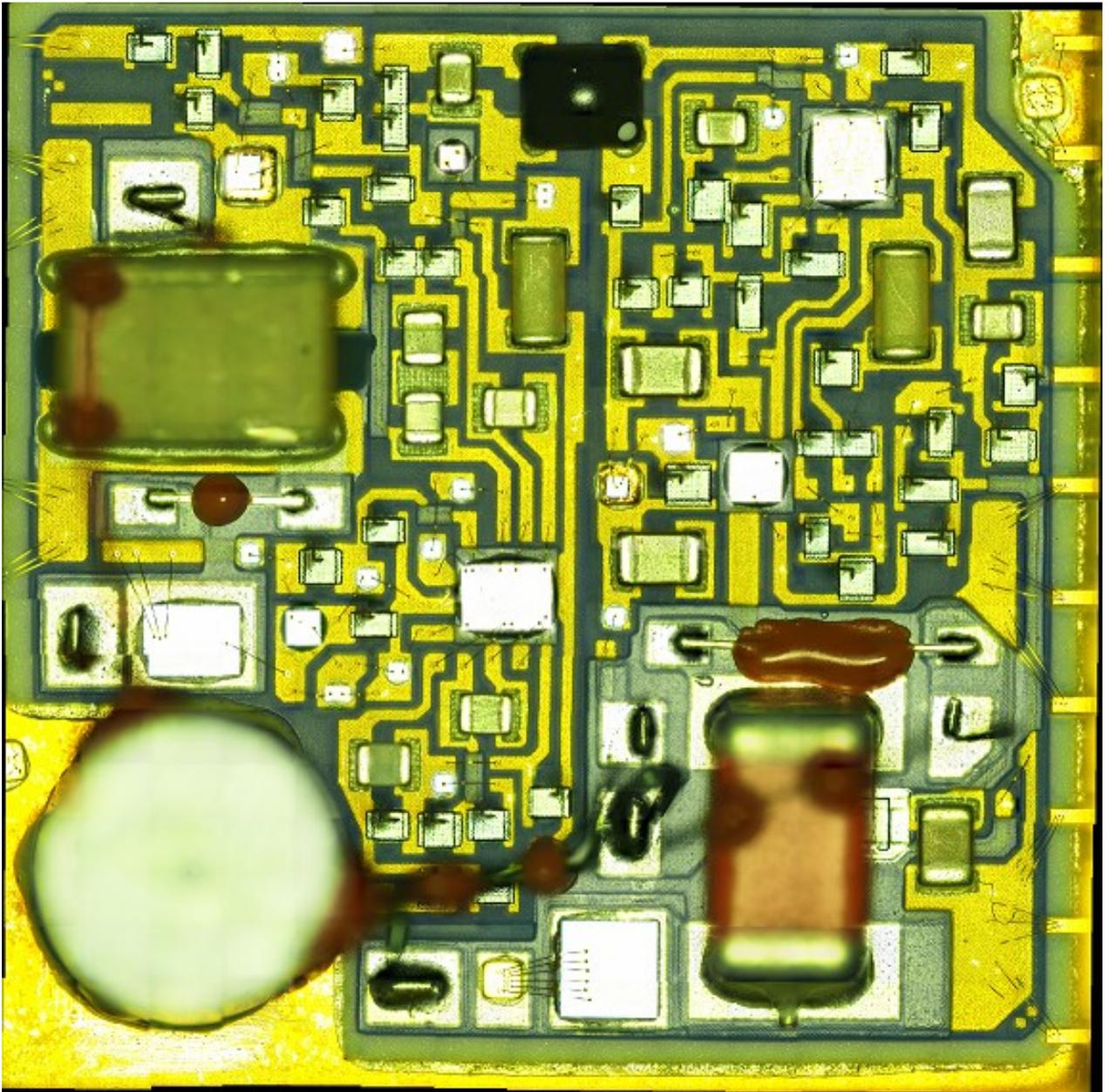


Рисунок 2 – Полученное 2D изображение с разрешением камеры 640x480 пикселей и шагом 400 мкм печатной платы *DC/DC Interpoint* с помощью микроскопа *Nikon Eclipse L200N*

Такой режим позволил оптимизировать время съемки, а также минимизировать объем получаемой информации на устройстве памяти цифрового программно-аналитического комплекса.

На рисунке 3 приведено 3D изображение печатной платы *DC/DC Interpoint* с помощью разработанной методики получения электронных изображений высокого разрешения.

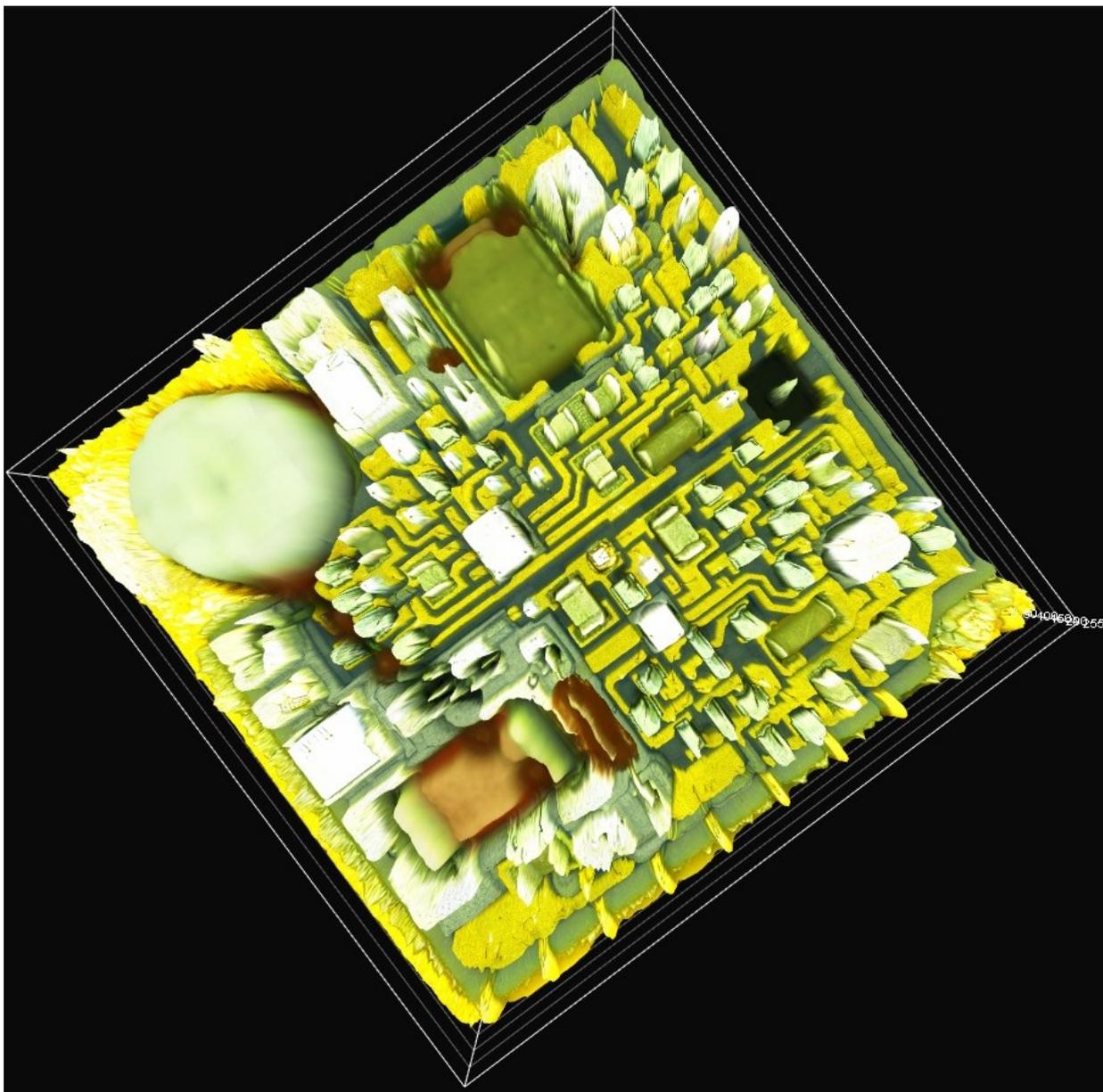


Рисунок 3 – Полученное 3D изображение печатной платы *DC/DC Interpoint* с помощью микроскопа *Nikon Eclipse L200N*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Показаны принципы и возможности оптического микроскопа. Описаны различные режимы работы оптического микроскопа: метод светлого поля в проходящем и отраженном свете, метод косоугольного освещения, метод темного поля в проходящем свете, метод фазового контраста, метод интерференционного контраста, а также метод наблюдения в ультрафиолетовых лучах.

Данные методы используют при анализе качества печатных плат и интегральных микросхем в рамках серийного производства для электронной промышленности, для выяснения причин брака и отказов на различных стадиях: изготовления, испытаний и эксплуатации.

2. К существующему ряду методов получения оптических изображений высокого разрешения относятся атомно-силовая микроскопия, а также современные оптические микроскопы для электронной промышленности. Съемка на оптическом микроскопе проводится на кристаллах микросхем любой площади: от десятых долей квадратного миллиметра до нескольких квадратных сантиметров.

Оптическая микроскопия позволяет получать многократное увеличение исследуемого объекта, выводить изображения высокой точности на экран компьютера, сохранять снимки с возможностью проводить автоматизированный программный анализ 3D изображения. Наибольшими техническими возможностями и программным обеспечением обладает оптический микроскоп компании *Nikon* модель *Eclipse L200N*.

3. На примере комплекта изображений топологических слоев микросхемы *SP3232ECY-L* с тремя уровнями металлизации, полученного с использованием программно-аналитического комплекса на основе микроскопа *Nikon Eclipse L200N*, была разработана методика получения 3D изображений топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат, а также методика создания «сшивки» кадров.

Используя разработанную методику удалось создать электронное 3D изображение печатной платы *DC/DC Interpoint* с помощью микроскопа *Nikon Eclipse L200N* с определенными режимами съемки.

Разработанная методика получения электронных изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат позволяет получать многокадровые изображения с высокой степенью разрешения, что позволит повысить качество массового производства, значительно ускорить и уменьшить сроки разработки изделий электронной техники на предприятиях.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Проектирование интегральных микросхем».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

1. Атомно-силовой микроскоп для получения 3D изображений печатных плат и интегральных микросхем / А.А.Игольник // Научное исследование как основа инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, Российская Федерация / МЦИИ «*Omega Science*». – Самара. 2019. – Принято в печать.

2. Методы освещения и наблюдения в микроскопии / А.А.Игольник // Научное исследование как основа инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции,

Самара, Российская Федерация / МЦИИ «*Omega Science*». – Самара. 2019. – Принято в печать.

3. Оптические микроскопы для получения 3D изображений печатных плат и интегральных микросхем с развитым рельефом / А.А.Игольник // Научные исследования как основа инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, Российская Федерация / МЦИИ «*Omega Science*». – Самара. 2019. – Принято в печать.

Тезисы конференций

4. Игольник, А.А. Тенденции развития топологий печатных плат / Игольник А.А., Марков А.Н. / Материалы работы 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск: БГУИР, апрель 2019. – Принято в печать.

РЭЗІЮМЭ

Ігольнік Аліна Аляксандраўна

Метады атрымання малюнка тапалагічных слаёў друкаваных поплаткаў і інтэгральных мікрасхем з развітым рэльефам

Ключавыя словы: мікрасхема, друкаваная плата, электронная аблічбоўка, аптычны мікраскоп.

Мэта працы: з'яўляецца распрацоўка метадыкі атрымання малюнкаў высокага дазволу тапалагічных слаёў інтэгральных мікрасхем з развітым рэльефам і друкаваных поплаткаў з дапамогай аптычнага мікраскопа *Nikon Eclipse L200N*.

Атрыманья вынікі і іх навізна: вынікам працы з'яўляецца распрацоўка метадыкі для атрымання электроннага малюнка высокага дазволу інтэгральных мікрасхем з развітым рэльефам і друкаваных плат. Атрымана электронны малюнак высокага дазволу друкаванай платы *DC/DC Interpoint*. Асабліваць друкаванай платы складаецца ў тым, што вышыня навясных элементаў дасягае 7000 мкм. Памер платы складае 37 мм х 28 мм, колькасць навясных элементаў – 88 штук. Колькасць кадраў у аблічбаванай тапалогіі складае 300 малюнкаў.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранены ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Праектаванне інтэгральных мікрасхем».

Вобласць ужывання: правядзенне аналізу якасці вырабу мікрасхем і друкаваных плат ва ўмовах серыйнай вытворчасці, а таксама на стадыях выпрабаванняў і эксплуатацыі. Метадыка дазволіць паскорыць працэс высвятлення прычын сапсавання і адмоваў вырабаў паўправадніковай тэхнікі.

РЕЗЮМЕ

Игольник Алина Александровна

Методы получения изображения топологических слоев печатных плат и интегральных микросхем с развитым рельефом

Ключевые слова: микросхема, печатная плата, электронная оцифровка, оптический микроскоп.

Цель работы: является разработка методики получения изображений высокого разрешения топологических слоев интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат с помощью оптического микроскопа *Nikon Eclipse L200N*.

Полученные результаты и их новизна: результатом работы является разработка методики для получения электронного изображения высокого разрешения интегральных микросхем с развитым рельефом и печатных плат. Получено электронное изображение высокого разрешения печатной платы *Interpoint DC/DC*. Особенность печатной платы состоит в том, что высота навесных элементов достигает 7000 мкм. Размер платы составляет 37 мм x 28 мм, количество навесных элементов – 88 штук. Количество кадров в оцифрованной топологии составляет 300 изображений.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Проектирование интегральных микросхем».

Область применения: проведение анализа качества изготовления микросхем и печатных плат в условиях серийного производства, а также на стадиях испытаний и эксплуатации. Методика позволит ускорить процесс выяснения причин брака и отказов изделий полупроводниковой техники.

SUMMARY

Iholnik Alina Alexandrovna

Methods for obtaining images of topological layers of printed circuit boards and integrated circuits with developed relief

Keywords: chip, printed circuit board, electronic digitization, optical microscope.

The object of study: the development of a technique for obtaining high-resolution images of topological layers of integrated circuits with developed relief and printed circuit boards using an optical microscope Nikon Eclipse L200N.

The results and novelty: the result of the work is the development of a technique for obtaining high-resolution electronic image of integrated circuits with developed relief and printed circuit boards. The high-resolution electronic image of the Interpoint DC/DC PCB is obtained. The peculiarity of the PCB is that the height of the hinged elements reaches 7000 microns. The size of the Board is 37 mm x 28 mm, the number of hinged elements – 88 pieces. The number of frames in a digitized topology is 300 images.

Degree of use: are introduced into the educational process at the Department of information and computer systems design of the educational institution «Belarusian state University of Informatics and Radioelectronics» in the course «Design of integrated circuits».

Sphere of application: analysis of the quality of manufacturing chips and printed circuit boards in the conditions of mass production, as well as at the stages of testing and operation. The technique will speed up the process of determining the causes of defects and failures of semiconductor products.