

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Кафедра инженерной психологии и эргономики

УДК

Лапко
Александр Владимирович

ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОПЕРАТОРА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра технических наук

1-23 80 08 – Психология труда, инженерная психология, эргономика

Магистрант А.В. Лапко

Научный руководитель
В.К. Шелег, доктор
технических наук, профессор

Заведующий кафедрой ИПиЭ
К.Д. Яшин, кандидат технических
наук, доцент

Нормоконтролер
Е.С. Иванова, ассистент кафедры
ИПиЭ

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

Функциональные микро- и наноструктуры нашли широкое применение в различных сферах науки и техники: в микроэлектронике, технике коммуникаций, компьютерной технике, транспорте, медицинской аппаратуре и др. Развитие технологий функциональных микро- и наноструктур является одним из приоритетных направлений современного научно-технического прогресса в Республике Беларусь. Интеграция микроэлектронных технологий в одном физическом объеме оборудования позволяет целенаправленно формировать функциональные структуры в микро- и наноэлектронике, интенсифицировать процессы обработки материалов и существенно улучшить характеристики изделий.

От качества формируемых функциональных микро- и наноструктур зависит степень надежности проектируемых электронных устройств. В большинстве случаев данные структуры формируются при помощи фотошаблонов. Фотошаблоны должны иметь строго рассчитанный геометрический рисунок с допусками на размер элементов в пределах долей микрона и минимальное количество дефектов. С целью соблюдения данных критериев используются установки автоматизированного контроля микrorазмеров и установки лазерного устранения дефектов шаблонов. Данные установки предназначены для измерения критических размеров элементов на фотошаблонах и для осуществления ремонта шаблонов соответственно. Для успешного функционирования установок такого типа необходимо минимизировать влияние человеческого фактора в ряде прецизионных операций. Для решения этой задачи при разработке оборудования такого класса необходимо применение систем машинного зрения.

Поскольку процесс формирования топологической структуры на фотошаблоне является весьма сложным и трудоемким, то от точности, своевременности и наглядности информации, получаемой от системы машинного зрения установки, зависит качество создаваемого фотошаблона.

Таким образом, существует необходимость в разработке программного комплекса, способного предоставить информацию о параметрах систем машинного зрения в режиме реального времени и в наиболее удобном и доступном виде для оптимальной настройки этих систем.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью магистерской диссертации является создание системы, способной организовать интерактивное взаимодействие между оператором и контрольно-измерительным технологическим оборудованием со встроенной системой машинного зрения, которое используется в производстве и исправлении фотошаблонов, на этапе настройки и калибровки этого оборудования.

Предоставив необходимую информацию о видеосигнале оператору в режиме реального времени, разработанная система облегчит процесс и повысит точность настройки системы машинного зрения, встроенной в контрольно-измерительное оборудование.

Основными функциями системы являются:

- определение неравномерности освещенности поля в режиме реального времени;
- определение и поиск плоскости наиболее резкого изображения в режиме реального времени.

В разработанном программном комплексе, оценка данных параметров видеосигнала может происходить одновременно по одному или нескольким сечениям изображения (до трех включительно). Пользователем может быть выбрано вертикальное либо горизонтальное положение сечений.

На основе полученных данных, пользователь технологического оборудования со встроенной системой машинного зрения сможет определить неравномерность освещенности поля при помощи анализа интенсивности пикселей изображения, представляющую собой функцию видеосигнала на графике. Благодаря непрерывности построения графика, анализ может происходить в режиме реального времени, что позволяет провести более точную юстировку и настройку различных оптических каналов освещения.

В свою очередь поиск плоскости наиболее резкого изображения происходит при помощи свертки цифрового фильтра с видеосигналом. Максимальный размах результата свертки указывает на положение оптимальной плоскости фокусировки.

Диссертационная работа состоит из общей характеристики работы, введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и одного приложения. Общий объем работы составляет 59 страниц. Из них 42 страницы текста, 13 иллюстраций на 6 страницах, 6 таблиц на 4 страницах, список использованной литературы на 2 страницах, 1 приложение на 5 страницах.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы определены основные направления исследований, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы.

В первой главе представлен обзор литературы по особенностям процессов фотолитографии. В данной главе рассматриваются основные этапы процесса фотолитографии и выделяются этапы, на которых происходит контроль оригиналов и размеров планарных топологических структур:

- автоматический контроль оригиналов топологии фотошаблонов на соответствие проектным данным;
- контроль критических размеров и совмещаемости комплекта фотошаблонов;
- автоматический контроль микро- и макродефектов топологических слоев на полупроводниковых пластинах;
- контроль критических размеров на полупроводниковых пластинах;
- контроль совмещаемости топологических слоев на полупроводниковых пластинах.

Также в данной главе рассматривается литература о принципах интерактивного взаимодействия и выделяются основные факторы, на которые следует обратить внимание при проектировании интерфейса.

1. Предвидение – предоставление пользователю информации и инструментов, необходимых для каждого шага процесса.

2. Автономия. Данный фактор предполагает, что система должна иметь такой интерфейс, который позволял бы пользователю в полном объеме решать стоящие перед ним задачи, осуществляя контроль гибко, комфортно и с экономией сил.

3. Цвет - жизненно важный элемент интерфейса. Не стоит избегать применения цветов в интерфейсе.

4. По умолчанию. Параметры, заданные по умолчанию в пределах полей должны быть легко изменяемы.

5. Эффективность пользователей. Следует обращать внимание на производительность пользователя, а не компьютера.

В конце первой главы формируются основные задачи, которые необходимо решить с помощью проектируемого программного комплекса:

- определение неравномерности освещенности поля в режиме реального времени;
- определение и поиск плоскости наиболее резкого изображения в режиме реального времени;

Во второй главе описывается принцип организации процесса работы установок контроля критических размеров, анализируются требования, предъявленные к системе организации интерактивного взаимодействия оператора технологического оборудования.

Контроль критических размеров элементов осуществляется с помощью увеличивающей оптической системы с видеокамерой и алгоритма обработки ее видеоданных. Суть алгоритма состоит в определении расстояния между противоположными точками на краях увеличенного изображения элемента, у которых величина сигнала, соответствующая освещенности в этих точках, равняется заданному пороговому значению.

Далее приводится исследование функций проектируемой системы, а также анализ частных эргономических показателей и свойств, определяющих эффективность функционирования системы:

- единичные эргономические показатели, которые будут представлять собой реальные характеристики разрабатываемой системы;
- групповые эргономические показатели (антропометрические, физиологические, психофизиологические, психологические, гигиенические);
- эргономические свойства (обитаемость, управляемость, обслуживаемость, осваиваемость);
- эргономичность системы организации интерактивного взаимодействия оператора технологического оборудования.

В соответствии с основными эргономическими требованиями, формируется и демонстрируется в виде иллюстраций пользовательский интерфейс программного комплекса организации интерактивного взаимодействия оператора технологического оборудования.

Согласно проведенному в конце главы анализу энергосбережения, при проведении инженерно-технических и организационных мероприятий по уменьшению потребления электроэнергии при разработке системы, удастся снизить реальные энергозатраты на 41 %.

В третьей главе приводится обоснование выбора языка программирования и среды разработки.

C++ – компилируемый статически типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает такие парадигмы программирования как процедурное и объектно-ориентированное программирование, обеспечивает модульность, отдельную компиляцию, обработку исключений, абстракцию данных, объявление классов объектов, виртуальные функции. C++ широко используется для разработки программного обеспечения, являясь одним из наиболее популярных языков программирования. Область его применения включает создание операционных систем, разнообразных прикладных программ, драйверов устройств.

В качестве средства для разработки приложения была выбрана среда Microsoft Visual Studio 2013, позволяющая быстро решать поставленные задачи с помощью набора стандартных классов, генерировать «безопасный код» и избежать большую часть ошибок, возникающих при использовании динамической памяти.

Разработанный программный комплекс состоит из двух модулей:

- модуля эмуляции видеосигнала, который предоставляет пользователю искусственно созданный видеосигнал, имитирующий подключенную к программе систему машинного зрения;

- модуля определения параметров входящего видеосигнала, который производит анализ текущего изображения по пикселям выбранного сечения.

Модуль эмуляции видеосигнала обладает следующим функционалом:

- отображение текущего кадра пользователю;
- загрузка набора кадров в память программы для их дальнейшей обработки;

- запуск серии кадров с определенным интервалом для имитации видеосигнала;

- остановка искусственного видеосигнала на текущем изображении;

- запуск модуля определения параметров входящего видеосигнала.

Для проведения анализа изображения в модуле определения параметров входящего видеосигнала строится так называемый график края топологии, на котором отображаются две основные функции:

- непосредственно видеосигнал;

- функция свертки цифрового фильтра с видеосигналом.

Функция видеосигнала представляет собой характеристику интенсивности пикселей в выбранном сечении изображения. Перед запуском модуля, пользователь может выбрать интервал таймера непрерывного построения графика, а также ширину цифрового фильтра.

Результат полученного размаха свертки каждого из сечений изображения выводится пользователю на форму в виде численного значения разности между максимальным и минимальным значением функции свертки.

Таким образом, путем анализа интенсивности пикселей изображения, представляющую собой функцию видеосигнала на графике, пользователь сможет определить неравномерность освещенности поля. А максимальный размах результата свертки цифрового фильтра с видеосигналом укажет пользователю положение оптимальной плоскости фокусировки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации была разработана система способная организовать интерактивное взаимодействие между оператором и контрольно-измерительным технологическим оборудованием. Данная система значительно упрощает и увеличивает точность процессов определения и установки параметров, для получения наиболее резкого изображения, а также процесса регулировки освещенности поля.

Программный комплекс разработан на языке объектно-ориентированного программирования C++, с использованием библиотек графических и визуальных компонентов, в среде разработки Microsoft Visual Studio 2013.

Приложение успешно выполняет следующие функции:

- определение неравномерности освещенности поля в режиме реального времени;
- определение и поиск плоскости наиболее резкого изображения в режиме реального времени;
- эмуляция входящего видеосигнала, в случае отсутствия подключенной системы машинного зрения.

При помощи разработанного программного комплекса оператор технологического оборудования получает необходимую информацию о видеосигнале в режиме реального времени в наиболее наглядном виде, что позволяет улучшить качество работы программного обеспечения по управлению установкой контроля критических размеров ЭМ-6339 и установкой исправления дефектов топологии ЭМ-5151, а также обеспечить более высокую точность определения дефектов критических размеров, а соответственно и качество производства интегральных схем.

Установки, на которых применяется написанное программное обеспечение, разработаны ОАО «КБТЭМ-ОМО» и применяются в производстве интегральных схем топологического уровня 90 нм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Список использованных источников

[1] Мухамедияров, Р.М. Машинное зрение: понятия, задачи и области применения [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/25_SSN_2009/Informatica/51050.doc.htm.

[2] Лапшинов, Б.А. Технология литографических процессов. Учебное пособие / Б. А. Лапшинов. – М. : МГИЭМ, 2011. – 95 с.

[3] Брунинг, Дж. Оптическая литография / Дж. Брунинг. – Беллинге́м : SPIE, 2007. – 14 с.

[4] Сузуки, К. Микролитография. Наука и технология / К. Сузуки. – М. : ЭКОМ Паблишерз, 2007. – 835 с.

[5] Достанко, А.П. Интегрированные технологии микро- и наноструктурированных слоев / А.П. Достанко. – Минск : Бестпринт, 2013. – 189 с.

[6] Интернет-энциклопедия Википедия, Описание и принцип работы сканирующего атомно-силового микроскопа [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сканирующий_атомно-силовой_микроскоп.

[7] Трапашко, Г.А. Калибровка установок измерений размеров элементов микроэлектронных структур / Г.А. Трапашко. – Минск : Science & Technique, 2012. – 9 с.

[8] Вонг, К. Техники улучшения разрешения в оптической литографии / К. Вонг. – Нью-Йорк : SPIE PRESS, 2001. – 213 с.

[9] Тодуа, П.А. Метрология в нанотехнологии / П.А. Тодуа. – М. : Российские нанотехнологии, 2007. – 8 с.

[10] Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование / И.Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 2012. – 114 с.

[11] Тоньяццини, Б. Главные принципы интерактивного дизайна / Б. Тоньяццини. – Нью-Йорк : Apress, 2012. – 10 с.

[12] Купер, А. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия / А. Купер. – М. : Символ-Плюс, 2009. – 684 с.

[13] ОАО «КБТЭМ-ОМО», Продукция, ЭМ-6239-01 Установка автоматизированного контроля микrorазмеров [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://kb-omo.by/content/view/152>.

[14] Шупейко, И.Г. Теория и практика инженерно-психологического проектирования и экспертизы: учебно-методическое пособие к практическим видам занятий / И.Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 2009. – 126 с.

[15] Вайнштейн, Л.А. Эргономика / Л.А. Вайнштейн. – Минск : ГИУСТ БГУ, 2010. – 399 с.

[16] Яндекс, Информационный каталог продуктов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://yandex.market.by/>.

[17] Компьютерный сервис Комполайф, Метод расчёта мощности компьютера [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://compolife.ru/polezno-znat/poleznye-sovety/kak-rasschitat-moshhnost-kompyutera.html>.

[18] Microsoft, Системные требования ОС Windows 7 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows7/products/system-requirements>.

[19] Волбин, В.И. Энергосбережение: учебное пособие / В. И. Волбин. – Минск : БГУИР, БГТУ, 2001. – 137 с.

[20] Интернет-энциклопедия Википедия, Статья о языке программирования C++ [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>.

[21] Programming Language Popularity [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.langpop.com/>.

[22] Лафоре, Р. Объектно-ориентированное программирование в C++. Классика Computer Science / Р. Лафоре. – СПб. : Питер, 2015. – 928 с.

[23] Интернет-энциклопедия Википедия, Сравнение интегрированных сред разработки [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сравнение_сред_разработки

[24] JetBrains, Продукты и разработки, CLion (интегрированная среда разработки ПО) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://jetbrains.ru/products/clion/>

[25] Sublime Text (текстовый редактор для разработчиков) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.sublimetext.com/>

[26] Интернет-энциклопедия Википедия, Microsoft Visual Studio (интегрированная среда разработки ПО) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio

[27] Интернет-энциклопедия Википедия, RGB (аддитивная цветовая модель) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RGB>

Список публикаций соискателя

[1-А.] Лапко, А.В. Интерактивное взаимодействие оператора технологического оборудования / А.В. Лапко // Интерактивное взаимодействие оператора технологического оборудования: Тезисы докл. к конф. – Минск, 2016 – С.5-6.

Библиотека БГУИР