

1⁽¹³⁾ | РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: 2024 | ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ



www.vniir-m.ru

www.elsert.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ
КАЧЕСТВО И НАДЁЖНОСТЬ
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ
ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ

Таблица 1.

Основные характеристики МБК

Тип МБК	Объём поля МБК, не менее, условных вентиляей	Площадь кристалла, мм	Количество внешних выводов, шт.	Тип корпуса	Диапазон напряжения питания, В
МБК 1 типа	3 000	1,5×1,65	14	401.14	4,5 – 5,5
МБК 2 типа	5 000	1,65×1,65	16	402.16	

При проектировании конкретных типов микросхем был достигнут компромисс между функциональной гибкостью и простотой реализации МБК за счет применения способа выбора функции с помощью коммутаторов, которыми являются наборы проводников в верхнем слое металлизации. Коммутаторы обеспечивают электрическую связь внешних выводов с требуемой функцией и с линиями задержки. В состав коммутаторов также входят проводники, обеспечивающие блокировку всех оставшихся функций, входящих в состав МБК.

Для реализации каждого типа микросхемы формируется уникальный шаблон второго слоя металлизации, с помощью которого выполняется изготовление данной микросхемы с использованием пластин МБК 1 или 2 типа. Такой способ является достаточно простым и наиболее надёжным.

Заключение

Применение многофункциональных базовых кристаллов позволило заменить две группы микросхем малой степени интеграции (95 типов 14 выводных и 146 типов 16 выводных микросхем), выпускаемых АО «Микрон» на уста-

ревшим оборудовании, на 2 типа МБК, ориентированных на современное производство на 200 мм пластинах.

Литература

1. Абагян К., Денисов А. «Универсализация микросхем логики через повышение степени интеграции». Современная электроника, 2012, 2, стр. 48-51.
2. Коновалов В., Коняхин В., Бражников С. «Современные микросхемы малой степени интеграции для аппаратуры космического назначения», 2017, 8 (70), стр. 32-38.
3. Денисов А.Н. Методология проектирования аппаратуры по технологии БМК-ПЛИС-БМК // Известия ВУЗов. Электроника, № 5, 2009, стр.85-86.
4. Басаев А.С., Денисов А.Н., Коняхин В.В., Мальцев П.П. Методология проектирования радиационно-стойких микросхем на основе БМК для космических аппаратов – Материалы III Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2008», (МЭС-2008). – п. Истра, 12-16 октября 2008 г., 8 с.

УДК 004.93'1

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ ШАБЛОНОВ

AUTOMATED VISUAL QUALITY CONTROL OF MICROELECTRONICS PRODUCTS BY TEMPLATE MATCHING METHOD

Рубцов Ю.В., Малышев В.Э., Назаренко А.А., АО «ЦКБ «Дейтон»; +7-926-009-37-00, rubtsov@deyton.ru

Rubtsov Yu.V., Malyshev V.E., Nazarenko A.A., JSC "Central Design Office "Deyton"; +7-926-009-37-00, rubtsov@deyton.ru

Аннотация: Данная статья посвящена применению метода сравнения шаблонов для обеспечения контроля качества изделий микроэлектроники. В микроэлектронной промышленности, любой дефект или неисправность корпуса интегральной микросхемы может привести к катастрофическим последствиям, поэтому предприятия, изготавливающие данные изделия, должны быть уверены в том, что дефект на изделии будет обнаружен. Существует множество методов выявления дефектов, которые применяются в электронной промышленности, однако метод сравнения шаблонов является одним из наиболее простых и эффективных методов автоматизированного обнаружения и классификации дефектов с высокой точностью. Выявление и разделение исправных и дефектных изделий при помощи данного метода позволило бы сократить время, требуемое для контроля качества и обеспечить более высокую надежность выявления дефектов и устранения причин дефектов.

Annotation: This article is dedicated to the application of template matching method for quality control in microelectronics manufacturing. In the microelectronics industry, any defect or malfunction in the integrated circuit casing can lead to catastrophic consequences, so companies manufacturing these products must be confident that defective or damaged items will be detected. There are many defect detection methods that have been used in the electronics industry in the past, however, the template

matching method is one of the simplest and most effective ways to detect and classify objects with high accuracy. Detecting and segregating functional and defective products using this method would reduce the time required for quality control and ensure a higher reliability of defect detection.

Ключевые слова: метод сравнения шаблонов, обнаружение (определение, идентификация) дефектов, автоматизированный визуальный контроль, компьютерное зрение.

Keywords: template matching method, defect detection, automated visual control, computer vision.

Введение

Реализация визуального контроля качества изделий, который был бы одновременно быстрым и надежным, остается сложной задачей. Одним из доступных методов в выявлении дефектов является сравнение шаблонов. Этот метод включает в себя сравнение шаблонного изображения с входным изображением для выявления сходств. Сопоставление шаблонов для выявления дефектов в продукции микроэлектроники позволяет оптимизировать процесс контроля, значительно сокращая зависимость от человеческих ресурсов и обеспечивая последовательный и точный процесс идентификации дефектов. Предложенный метод включает в себя ряд отдельных этапов: преобразование цветного изображения в черно-белое, сегментацию и фильтрацию изображения, а также нормализованную кросс-корреляцию.

Оценка предложенного метода обнаружения дефектов проводится по двум критериям: затрачиваемое время и точность определения. Затраченное на контроль каждого изображения изделия время было замерено для оценки эффективности системы. Однако наиболее важным критерием является точность определения, показывающая то, насколько правильно система способна идентифицировать дефекты, сводя к минимуму ложные результаты.

Основная часть

Конвертация изображения из цветного в черно-белое

Существует множество форматов изображений, наиболее популярными из которых являются RGB, BGR, CMYK и другие. Для нашей работы был выбран формат RGB исходя из того, что он самый доступный для получения и удобный для проведения дальнейших преобразований в черно-белый цвет.

Конвертация изображения из формата RGB в черно-белое является ключевым этапом подготовки изображения для визуального контроля методом сравнения шаблонов. Данное преобразование направлено на трансформацию цветного изображения, обычно представленного тремя цветовыми каналами (красный, зеленый, синий), в изображение, содержащее только один канал яркости на пиксель. В этом процессе используется относительная яркость каждого пикселя для получения оттенка серого, который точно отражает уровень яркости пикселей в исходном цветном изображении [1]. Черно-белые изображения упрощают обработку и анализ данных, что позволяет эффективно вычислять особенности изображений по шаблонам без необходимости работы с несколькими цифровыми каналами.



Рубцов Ю.В.



Малышев В.Э.



Назаренко А.А.

Сегментация изображения

Сегментация – этап в обработке изображения, направленный на разделение снимка на отдельные значимые области или объекты. Этот процесс играет важную роль в упрощении анализа изображений и обеспечении обработки конкретных компонентов изображения. Существует несколько подходов к сегментации: семантический, основанный на экземпляре и паноптический, объединяющий в себе два предыдущих метода. Поскольку нам не требуется конкретное определение каждого объекта, а достаточно лишь определить область их нахождения, наиболее эффективным подходом для определения дефектов методом наложения шаблонов является семантический подход. При сегментации изображения пиксели классифицируются по группам на основе их интенсивных значений и пространственных свойств [2].

Фильтрация изображения

Целью фильтрации изображения является изменение значений его пикселей на основе заранее определенных заданных операций или математических ядер. Данный процесс призван устранить такие дефекты изображения как шум, засвечивание отдельных областей, потеря контрастности и другие. Для этого был использован фильтр Гаусса, предназначенный для сглаживания неравномерного значения пикселей изображения путем обрезания самых высоких значений, что в конечном итоге серьезно улучшает визуализацию важных деталей изображения и его качество в целом. Фильтр Гаусса можно представить в виде математической формулы:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}},$$

где $G(x, y)$ – значение ядра фильтра Гаусса в точке (x, y) ; σ – параметр, определяющий степень размытия.

Нормализованная кросс-корреляция

Нормализованная кросс-корреляция – технология, широко применяемая в обработке изображений и компьютерном зрении для сопоставления шаблонов. Данная технология измеряет сходства между шаблоном и анализируемым изображением, предоставляя значение корреляции, отражающее степень сходства между двумя изображениями. Процесс нормализованной кросс-корреляции включает в себя обработку интенсивностей как шаблонного, так и анализируемого изображений, обеспечивая инвариантность корреляции к изменениям общей яркости и контраста. Этот этап обработки является важным для точного сопоставления и обеспечения устойчивости к изменениям освещения и других внешних условий. Результаты корреляции находятся в диапазоне от минус 1 до 1, где 1 – идеальное совпадение, 0 – полное отсутствие корреляции, а минус 1 предполагает полную антикорреляцию. Нормализованная кросс-корреляция доказала свою высокую эффективность в обнаружении объектов в сложных изображениях [3]. Ма-

тематически, нормализованная кросс-корреляция R между шаблоном T и анализируемым изображением I , может быть выражена следующей формулой:

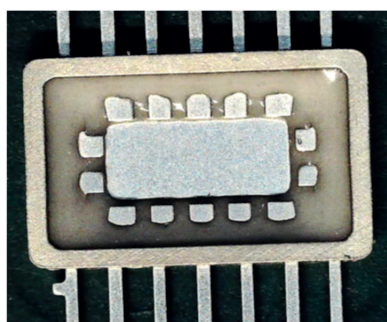
$$R(u, v) = \frac{\sum_{x,y} (T(x, y) - T_{cp})(I(x - u, y - v) - I_{cp})}{\sqrt{\sum_{x,y} (T(x, y) - T_{cp})^2 \sum_{x,y} (I(x - u, y - v) - I_{cp})^2}}$$

где (u, v) – смещение;

T_{cp} и I_{cp} – средние значения шаблона и анализируемого изображения соответственно.

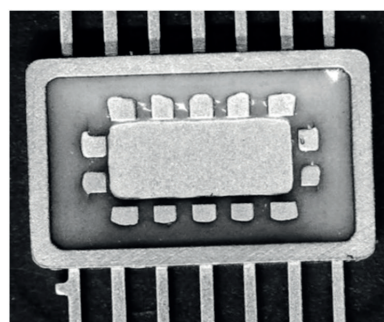
Предварительная обработка изображения

Процесс предварительной обработки изображения начинается с его преобразования из цветного в черно-белое с одним каналом интенсивности на пиксель, отражающим его яркость. Пример представлен на рис. 1 в виде изображения корпуса интегральной микросхемы 401.14.5. Данный этап упрощает вычисления и сохраняет важные особенности изображения для последующего анализа.



Исходное изображение

а)



Преобразованное изображение

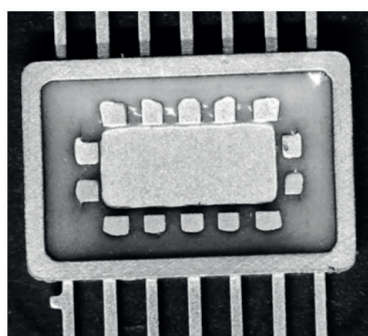
б)

Рис. 1. Конвертация изображения из RGB в черно-белое

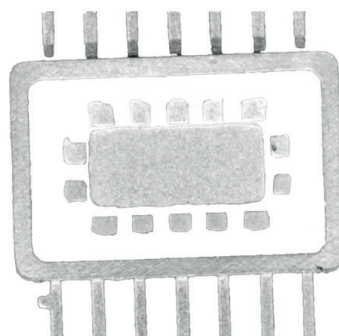
а) исходное изображение, б) преобразованное черно-белое изображение

После преобразования применяется технология коррекции изображения для улучшения контраста и яркости, обеспечивая оптимальную видимость всех деталей изображения. Процесс коррекции способствует более информативному визуальному представлению изображения и повышает точность последующей обработки. Затем на этапе

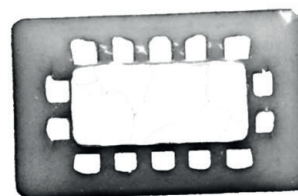
сегментации изображение делится на значимые области, позволяя проводить анализ конкретных интересующих областей. Пример представлен на рис. 2. Этот этап является важным для выделения объектов и структур из фона, способствуя более точному распознаванию дефектов.



а)



б)



в)

Рис. 2. Сегментация изображения

а) преобразованное черно-белое изображение

б) преобразованное сегментированное изображение (металлическая часть корпуса)

в) преобразованное сегментированное изображение (стеклянная часть корпуса)

Определение дефектов

Определение дефектов происходит методом нормализованной кросс-корреляции путем наложения изображения шаблона на анализируемое изображение. Оценка точности определения дефектов основана на отношении выявленных истинно положительных (годных изделий) и истинно отрицательных (бракованных изделий) к общему числу положительных и отрицательных результатов:

$$P = \frac{t_i + f_i}{t + f},$$

где P – точность определения;

t_i – истинно положительный результат;

f_i – истинно отрицательный результат;

t – положительный результат;

f_i – отрицательный результат.

Оценка метода

С целью оценки метода сравнения шаблонов для контроля качества изделий микроэлектроники были проанализированы 100 корпусов для интегральных микросхем из 5 партий, изготовленных в разное время на заводе «Марс». Данный подход направлен на обеспечение всесторонней оценки предложенного метода обнаружения дефектов. Включение множества изображений изделий позволяет подтвердить эффективность и адаптивность технологии обнаружения дефектов, обнаруженных на изделиях микроэлектроники, повышая ее применимость и значимость в процессах контроля качества. Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Среднее значение точности определения и затраченного времени

	Точность определения, %	Затраченное время, мин
Партия 1	89	22
Партия 2	88	17
Партия 3	91	19
Партия 4	88	21
Партия 5	90	24
Среднее значение	89	21

Заключение

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что предварительная обработка изображений, включающая в себя преобразование цветного изображения в черно-белое, его сегментацию и фильтрацию, является ключевым этапом в подготовке изображения для контроля качества изделий микроэлектроники. Применение метода сравнения шаблонов показало высокие результаты и потенциал для дальнейшего развития. Технология сопоставления шаблонов с использованием корреляционного метода гибка и может быть применена к различным типам изделий.

Полученные результаты подчеркивают важность предварительной обработки изображений для более точного обнаружения дефектов. Воспользовавшись данным методом, производители могут усовершенствовать процесс отбраковки изделий и повысить стандарты качества своей продукции.

Литература:

1. Z. Indera Putera, 2010. Printed Circuit Board Defect Detection Using Mathematical Morphology and MATLAB Image Processing Tools.
2. J. P. R. Nayak, K. Antitha, B. D. D. Parameshachari, R. D. Banu, P. Rashmi, 2017. PCB Fault Detection Using Image Processing.
3. K. Briechele, U. D Hanebeck, 2021. Template matching using fast normalized cross-correlation.
4. Wu, W.Y., Wang, M.J.J. and Liu, C.M., 1996. Automated inspection of printed circuit boards through machine vision. Computers in industry.
5. Moganti, M. and Ercal, F., 1995. Automatic PCB inspection systems. IEEE Potentials.
6. R. Brunelli, 2009. Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice.