

ПОИСК ОБЪЕКТОВ ТОПОЛОГИИ МИКРОСХЕМ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СЛОЕВ ТОПОЛОГИИ СБИС

С.М. Аваков¹, А.А. Воронов², А.И. Дедков¹,
А.Б. Питкин², Д.С. Титко¹, В.Г. Шоломицкий¹

¹ОАО «КБТЭМ-ОМО», Минск, Беларусь

e-mail: asm@kbt-em-omo.by, aidedkov@gmail.com, pelcom@gmail.com

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск

e-mail: voronov@lsi.bas-net.by

В процессе производства сверхбольших интегральных микросхем (СБИС), возможно появление дефектов на топологических слоях. Такие дефекты возникают например в процессе фотолитографии. Автоматический контроль качества позволит в кратчайшие сроки выявлять различные дефекты. Идея заключается в поиске заданных шаблонов известных дефектов, либо шаблонов с изображением эталонов элементов на значительно большем изображении представляющем собой снимок слоя готовой микросхемы.

Отличительными особенностями изображений слоев СБИС является их хорошее качество, однако полные изображения слоев СБИС, как правило, представляются совокупностью кадров с некоторым перекрытием соседних кадров. При некорректном формировании полного изображения по совокупности кадров (сшивке) возникают искажения. Кроме того особенностью является низкий контраст изображения, которая обусловлена плохими условиями освещения. Объекты на изображении имеют нечетко выраженные границы, что объясняется сложностью обработки кристалла СБИС и малыми размерами объектов. Причиной является недостаточная глубина резкости микроскопа, особенно при больших увеличениях. Таким образом, одни элементы выглядят на изображении более четко, другие – менее четко. Также на качество изображения влияют повреждения, которые наносятся исследуемому слою в процессе удаления вышележащих слоев и выражаются в механическом повреждении поверхности слоя. На фотографии слоя могут просматриваться нижележащие слои.

Простейшим способом детектирования на изображении является поиск по шаблону (template matching) [1]. Предварительно изображение обрабатывается с использованием фильтра дистантного преобразования, что хорошо выделяет контуры объектов на изображении. Далее происходит постепенный параллельный перенос изображения шаблона в окне над исходным изображением слоя и вычисление корреляции между ними. На основании полученного значения корреляции изображений делается вывод о совпадении шаблона с фрагментом под ним.

Элементы на слое интегральной микросхемы могут располагаться с вращением кратным 45° в плоскости изображения, что увеличивает число проходов по изображению. Также изображение элемента может незначительно отличаться от эталонного изображения в связи с особенностями технологического процесса производства микросхемы.

Целью является разработка алгоритма поиска изображения устойчивого к поворотам изображения и масштабированию и позволяющий с высокой степенью вероятности найти все повторения заданного шаблона на изображении.

Универсальными методами поиска изображений являются методы, основанные на

выделении ключевых точек на изображении. Поиск на изображении определенных характерных примитивов позволит перейти от описания изображения в виде массива цветных пикселей к массиву параметров описывающих эти примитивы. Таким образом, сокращается количество параметров, по которым необходимо производить дальнейшее сравнение изображения. Поиск на изображении при использовании методов основанных на ключевых точках состоит из трех этапов:

1) Этап детектирования ключевых точек. На данном этапе происходит сканирование изображения и нахождение на нем характерных точек интереса.

2) Этап создания дескрипторов для ключевых точек, найденных на предыдущем шаге. Таким образом, на данном этапе формируется математическое описание найденных ключевых точек в виде вектора значений.

3) Сопоставление наборов значений дескрипторов полученных в процессе обработки двух изображений и нахождение близких друг к другу значений.

Рассмотрим два детектора ключевых точек SIFT и SURF [2] при поиске заданных шаблонов на изображении. В качестве тестовых изображений использовалось изображение слоя топологии, а также десять шаблонов изображений. Результаты тестирования детекторов представлены в таблице. Для алгоритмов поиска с использованием ключевых точек указано количество найденных ключевых точек на шаблоне, количество совпавших ключевых точек на шаблоне и изображении топологии, а также время поиска и сравнения ключевых точек. Для алгоритма template matching указано время поиска.

Результаты работы детекторов

Шаблон	SURF			SIFT			Template matching
	Ключевых точек	Совпадений ключевых точек	Время поиска	Ключевых точек	Совпадений ключевых точек	Время поиска	Время поиска
Шаблон 1	2723	152	9,1	2470	131	11,4	29,3
Шаблон 2	308	34	7,6	434	28	10	29,5
Шаблон 3	953	9	8,1	1087	50	10,5	35,1
Шаблон 4	200	27	7,7	289	17	10	27,5
Шаблон 5	334	33	7,8	548	37	10,2	35,6
Шаблон 6	3294	182	9,5	2967	221	11,9	27,7
Шаблон 7	42	13	7,5	94	5	9,8	30,5
Шаблон 8	427	72	7,7	494	40	10,2	32,1
Шаблон 9	575	43	7,8	734	23	10,4	30,1
Шаблон 10	829	33	8,4	973	48	10,5	44,7

SURF более качественно находит ключевые точки даже на перевернутых изображениях в отличии от SIFT. Оба метода показывают значительно большую производительность при поиске изображения, чем вариант с использованием шаблона. Они используются в комплекте оборудования для производства изделий электроники [3].

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва, 2005. – 1072 с.
2. Абламейко С., Лагуновский Д. Обработка изображений: технология, методы, применение. Минск, 2000. – 304 с.
3. Аваков, С. Оптико-механическое оборудование для бездефектного изготовления фотошаблонов. / С. Аваков и др. // Электроника НТБ, 2016, №3. – С.127-133.