

## ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ МИКРОСХЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕКРАЛ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Губчик И.Н.

Иванов Н. Н. – к. ф-м. н., доцент

В микроэлектронной промышленности в качестве соединителей между отдельной микросхемой и платой выступают металлические контакты. Для снижения производственных затрат процесс изготовления микросхем автоматизирован и обязан обеспечивать заданную точность изготовления контактов.

Пространственные параметры контактов, расположенных на отдельной микросхеме, в качестве которой могут выступать NAND Flash, SDRAM типы памяти, обязаны соответствовать требованиям, установленным на производстве. Контакты микросхемы в большинстве случаев располагаются по краям микросхемы. Для оценки параметров контактов в пространстве возможно использование системы нескольких камер или одной камеры с использованием механического поворота камеры в заданные точки [1], [2], [3]. Система с использованием нескольких камер весьма точная, но дорогостоящая, в основном состоящая из 4-х или более камер. При использовании системы одной камеры с механическим поворотом камеры значительно уменьшает конечную стоимость системы визуального контроля. Однако механический поворот камеры всегда вносит сдвиг в положение камеры, что не позволяет длительно использовать откалиброванную систему. Чем выше точность механического оборудования для поворота, тем оно будет дороже.

Для уменьшения производственных затрат при визуальном контроле микросхем предлагается использование системы двух камер с применением нескольких (2-х или более) зеркал в зависимости от расположения контактов на микросхеме. Использование двух камер позволяет сократить время контроля одной микросхемы.

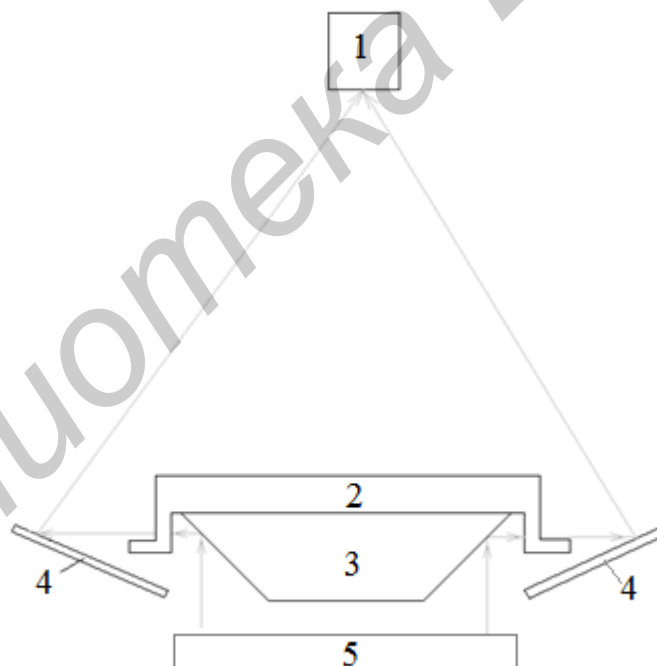


Рис.1 – Схематическое расположение второй камеры и второго источника света:

1 – камера; 2 – микросхема с контактами; 3 – пьедестал с отражающей поверхностью; 4 – зеркала; 5 – источник света

Идея применения зеркал при контроле объекта не является новой. Так для снижения затрат на систему видеонаблюдения применяются зеркала для контролирования мест помещения, недоступных камере. Для фотометрических задач стоматологии также применяются плоские зеркала со специальным противотуманным покрытием. Такая имитация трех и более источников фотосъемки позволяет построить трехмерную модель ротовой полости пациента и проектировать протезы с заранее известными точными размерами.

Оптимальная расстановка нескольких плоских зеркал в высокоточной обработкой плоских поверхностей позволяет значительно сократить стоимость системы визуального контроля. В зависимости от формы изделия и поставленных перед системой задач решаются вопросы освещения сцены и параметры

расположения зеркал. Современные методы изготовления плоских зеркал позволяют добиться требуемой точности визуализации сцены и оценить соответствие изделия заданным внешним стандартам.

Зеркала в описываемой системе повернуты относительно одной из осей  $X$  или  $Y$  на угол в  $3..5$  градусов. Располагаются зеркала ниже плоскости пьедестала так, чтобы контакты микросхемы находились выше плоскости зеркал. Плоскость зеркала находится в непосредственной близости к контактам, но не касается их. Поворот зеркал вводится для возможности контроля пространственных параметров контактов микросхемы. Если плоскость зеркала будет параллельна плоскости пьедестала, то на камере невозможно определить высоту контактов. Малый угол поворота зеркал позволяет получить на снимке приемлемые размеры контактов в пикселях. Чем больше угол поворота зеркал, тем меньшие размеры контактов в пикселях будут на результирующем изображении.

Для описания системы введем в плоскости пьедестала – металлическая отражающая поверхность, на которой располагается микросхема для визуального контроля, декартовы координаты  $X$  и  $Y$ . Начало координат установим в центре прямоугольника пьедестала. Вертикальную координату, направленную вверх перпендикулярно плоскости этого прямоугольника, назовем  $Z$ .

Первая камера расположена перпендикулярно к плоскости пьедестала. Источник света, используемый для данной камеры, также установлен перпендикулярно к плоскости  $X$ - $Y$ . Расположение второй камеры идентично первой, второй точечный источник света находится снизу под пьедесталом, также перпендикулярно к его плоскости, координата  $Z$  для источника света отрицательна (см. рисунок 1).

В ходе проверки микросхемы последовательно делаются 2 снимка. Снимок с первой камеры используется для проверки поверхности корпуса микросхемы: выявления трещин, сколов, проверки маркировки, наличия загрязнений. Снимок со второй камеры используется для оценки параметров контактов микросхемы в пространстве. Последний снимок содержит в себе проекцию микросхемы, расположенную перпендикулярно к камере, и проекции контактов, получаемых с зеркал. Разрешение сенсора обеих камер составляет 10 мкм/пиксель. Разрешение первой камеры в плоскости объекта составляет ~14 мкм/пиксель, разрешение второй камеры — ~20 мкм/пиксель, поскольку вторая камера располагается выше чем первая для увеличения поля зрения камеры.

Калибровка системы выполняется с использованием специально изготовленных калибровочных объектов, представляющих собой копии микросхем, но с меньшим количеством контактов на каждой стороне [4]. Калибровка первой камеры системы выполняется только в плоскости  $X$ - $Y$  объекта, для второй камеры используется дополнительная калибровка по координате  $Z$ .

Основной результат сообщения состоит в построении математической модели калибровки системы с учетом искажений от используемых зеркал. Пространственные размеры контактов на зеркалах определяется с использованием результатов калибровки в  $X$ - $Y$  плоскости объекта и в плоскости зеркал (для  $Z$  координаты) по формуле:

$$h = (H - d_1 \cdot k) \cdot d_2 \cdot m,$$

где  $H$  — высота калибровочного объекта;

$k$  — разрешение системы в  $X$ - $Y$  плоскости калибровочного объекта (мкм/пиксель);

$d_1, d_2$  — поправочные коэффициенты для каждого пикселя изображения;

$m$  — разрешение системы в плоскости зеркала (мкм/пиксель).

Разработанная система оценки пространственных параметров микросхем обладает весьма низкой стоимостью, что актуально для производства в конкурентной среде развития микроэлектронной промышленности. Применяемый метод калибровки соответствует требованиям точности, установленными для описанной системы.

Список использованных источников:

1. Ando M., Tsukahara H., Oshima Y. Method and apparatus for measuring three-dimensional configuration of wire-shaped object in a short time / U.S. patent No. 5,243,406
2. Tomiyama H., Nagai S. Bonding wire detection method / U.S. patent No. 5,576,828
3. Hui Cheng X., Hong Leung W. Wire loop height measurement apparatus and method / U.S. patent No. 7,145,16
4. Dong-Joong K., Jong-Eun H., Mun-Ho J. Detection of calibration patterns for camera calibration with irregular lighting and complicated backgrounds // International Journal of Control, Automation, and Systems, Vol. 6 No. 5 – October 2008 – p.746-754.
5. Буш Д. Д., Руководство по цифровой фотосъемке / Санкт Петербург: Питер – 2008 – 346с.
6. Конушин А., Геометрические свойства нескольких изображений // Компьютерная графика и мультимедиа (сетевой журнал). № 4(3) — 2006.
7. Zhang Z., A flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.11 – November 2000 – p. 1330—1334.