

### 반도체 소자(IC)의 검사 자동화를 위한 IC 표면의 마크 검사시스템 개발

변중남<sup>\*</sup>, 유범재<sup>\*</sup>, 한동일<sup>o</sup>, 오상록<sup>\*\*</sup>, 김정덕<sup>\*\*\*</sup>, 하경호<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>, <sup>o</sup>: 한국과학기술원 전기및전자공학과, <sup>\*\*</sup>: 한국과학기술연구원 제어시스템연구실, <sup>\*\*\*</sup>: 삼성항공산업(주)

#### Development of IC Mark Checking System for IC Inspection Automation

Zeungnam Bien<sup>\*</sup>, Bum-Jae You<sup>\*</sup>, Dongil Han<sup>o</sup>, Sang-Rok Oh<sup>\*\*</sup>, Jungduck Kim<sup>\*\*\*</sup>, Kyungho Ha<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>: Dept. of Elec. Eng., KAIST, <sup>\*\*</sup>: Control Systems Lab., KIST, <sup>\*\*\*</sup>: Samsung Aerospace Co., Ltd.

#### ABSTRACT

In this paper, a vision-based inspection algorithm for checking mark quality on an integrated chip(IC) is proposed. In order to reduce the processing time for inspection, we are implemented image arithmetic unit and binary image projection processor in hardware.

By adopting the hardwares, the processing time becomes less than one sixth of that in case of using software only.

#### I. 서 론

생산공정 자동화를 위한 많은 연구와 함께 각종 제품의 조립공정 및 최종 검사공정등에서 인간의 눈을 대신할 수 있는 시각장치가 도입되어 널리 이용되고있다. 시각장치는 작업자의 작업속련도와 작업시의 심리상태 및 피로도등에 의하여 차이가 생길 수 있는 작업반복도와 정확도를 크게 개선함으로써 제품의 품질향상을 도모함과 동시에 불량률을 감소시켜 각 작업공정의 생산성을 증가시키는데 큰 도움을 주고있다. 그러나 시각장치에 의한 패턴인식 및 검사시간이 전체 생산공정의 유효성과 생산성을 결정하게됨에 따라 보다 빠르고 정확한 시각처리 능력이 요구되고있다. 처리속도의 향상을 위하여 각 공정에 맞는 특수하드웨어 또는 최신의 디지털 신호처리 소자(DSP)등을 이용한 하드웨어 개발을 위한 연구가 계속되고 있으며, 보다 정확한 영상처리를 위해서 응용분야마다 깨끗하고 선명한 영상획득을 위한 새로운 영상획득장치 및 영상처리 알고리즘의 개발이 병행되고있다.

시각장치가 생산공정에서 이용되고있는 예는 전자부품의 고속조립[1], PCB 패턴검사[2], PCB 납땜상태 검사[3], 리드프레임 및 각종 금속의 표면검사[4], 표면장착소자(SMD)의 장착자세(위치 및 경사도) 검사[5], 그리고 전자부품표면의 마크(mark) 검사[5]등 여러분야에서 찾을 수 있다. 특히, 반도체 소자(IC)의 표면에 인쇄된 마크는 일반 사용자에게

소자의 기능 및 속도등 여러가지 정보를 올바로 전달한다는 시각에서 그 인쇄상태 및 내용을 소자 생산공정에서 최종적으로 검사하고있다. 하지만 검사를 소프트웨어에 전적으로 의존하는 경우 영상처리속도가 느려지므로 관련 하드웨어 및 효과적인 검사알고리즘의 개발이 요구되고있다.

본 논문에서는 반도체 소자의 표면에 인쇄된 마크의 검사를 위한 알고리즘과 검사시간의 단축을 위해 특별히 제작된 이진영상 투영프로세서(projection processor)를 제안하고자 한다. 영상클럭(video clock)의 속도로 동작하는 영상연산기와 그 결과를 영상평면의 x축, y축 및 y=x축에 대하여 투영하는 투영프로세서를 이용하여 검사시간을 단축하였다.

제2절에서 제작된 IC 마크 검사시스템 및 영상처리 알고리즘과 이진영상 투영 프로세서의 설계에 대하여 기술하고, 제3절에서 그 실험결과를 기술하고자 한다.

#### II. 마크 검사 시스템

반도체 소자(IC) 검사시스템은 크게 소자의 공급시스템과 마크영상 획득 및 검사부로 구성되었다. 소자 공급시스템은 소자의 y축 방향으로의 이동을 줄이고 x축 방향으로의 이동이 가능하도록 안내판을 제작하고 그 구동을 위하여 교류모터를 이용하였다. IC 위에 인쇄된 마크의 영상을 얻기 위해서 배율이 높은 현미경을 사용하고, 좁은 면적에 대해 밝은 조명을 주기위하여 할로젠램프가 장착된 조명장치를 이용하였다. 카메라는 촛점거리가 25mm인 CCD 카메라를 사용하였으며, 256(H)×256(V)의 해상도(spatial resolution)를 가지는 영상 디지털라이저(digitizer)를 사용하였다. 사용한 영상처리장치의 구성은 (그림 1)과 같다.

#### 2-1 영상처리 알고리즘

카메라에서 획득한 영상은 영상 디지털라이저에 의해서 256개의 밝기레벨(gray level)과 256(H)×256(V)의 해상도를

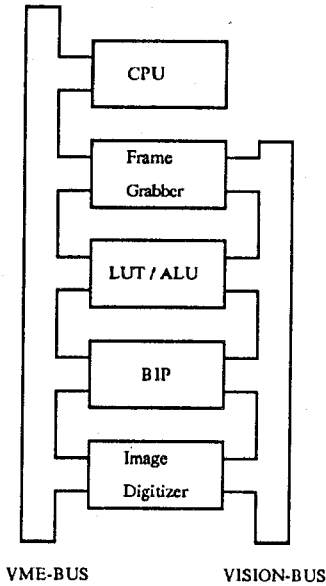
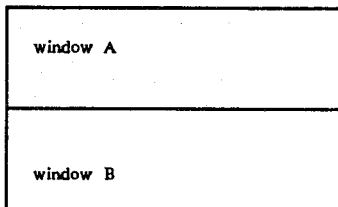


그림 1. 시각장치의 구성

갖는 디지털 영상으로 바뀐 후에 영상램(video RAM)에 저장된다. 256 레벨의 밝기를 갖는 영상데이터를 직접 처리하는 경우 데이터의 양이 너무 많아 처리시간이 너무 소모되므로 이진영상으로 바꾸어서 처리할 필요가 있다. 따라서 반복적인 검사를 위하여 미리 흠집이 없는 모델영상을 저장하기 위하여 최적 역치선정방법을 이용하여 역치를 선정하고, 산출된 문턱값(threshold)을 하드웨어로 구현된 Lookup Table & Arithmetic Logic Unit(LUT/ALU)에 저장한다. 그러면 반복작업시에도 검사대상이 되는 물체의 영상을 빠른 시간(1/30 sec)내에 이진화할 수 있게 된다. 또한 검사를 위하여 전체 유효인식영역(y축 방향)을 두 영역으로 나누어 (그림 2)와 같이 설정하고, 각 글자마다 글자단위 인식영역을 전체 인식영역에 대하여 상대적으로 설정한다. 이상의 준비작업이후의 검사알고리즘을 흐름도로 나타내면 (그림 3)과 같다.

소자가 공급되면 그 이진영상을 저장함과 동시에 이진영상을 영상좌표계의 x축과 y축에 투영한 결과를 투영

$(x_L, y_L)$



$(x_H, y_H)$

그림 2. 유효인식영역의 설정

프로세서에 의해서 획득한다. IC 마크의 특성함수를  $b(x,y)$ 라고 할때 x축, y축에 대해 투영된 결과는 각각 다음과 같다.

$$v(x) = \int b(x,y) dy, \quad 0 \leq x \leq 256$$

$$h(y) = \int b(x,y) dx, \quad 0 \leq y \leq 256$$

이 때, 전체 유효 인식영역의 설정을 위하여 마크 전체의 위치를 무게중심을 이용하여 구하는 경우 잡음이나 흠집에 의한 불확실성이 존재하므로 다음과 같이 마크의 가장자리 좌표를 이용하였다. 즉,

$$X_v = \{ x \mid v(x) > 0, 0 \leq x \leq 256 \},$$

$$Y_h = \{ y \mid h(y) > 0, y_0 \leq y \leq y_e, 0 \leq y_0, y_e \leq 256 \}$$

이라할 때 마크 가장자리의 x좌표와 y좌표는 다음과 같이 구해진다 (그림 2).

$$x_L = \min_x (X_v), \quad x_H = \max_x (X_v)$$

$$y_L = \min_y (Y_h), \quad y_H = \max_y (Y_h) \quad (1)$$

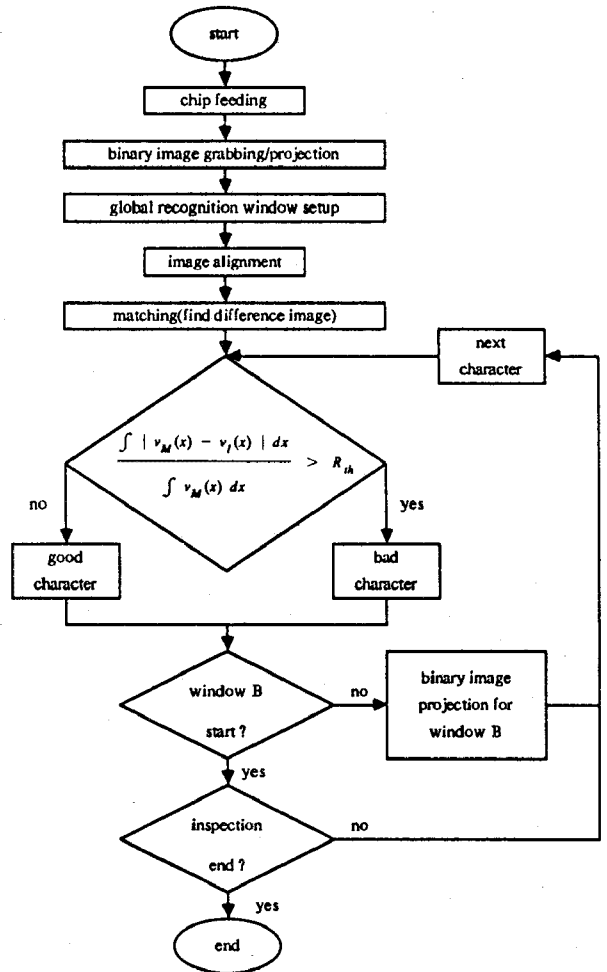


그림 3. 검사 알고리즘

다음, 구해진 실제영상의 유효인식영역과 모델영상의 유효인식영역을 비교하여 실제영상을 모델영상에 일치시킨 후 LUT/ALU 프로세서를 이용하여 일치시킨 두개의 영상에 XOR(exclusive OR) 연산을 가한 영상과 투영된 데이터를 얻는다. 이 때, 비교대상이 되는 마크가 모델영상과 일치한다면 영상간의 XOR한 결과는 0이되며 투영된 값도 0이 될것이다. 그렇지않은 경우에는 투영된 결과는 문자가 지워지거나 흠집이 존재하는 이유등으로 모델영상과 다른부분에서 0이 아닌 값을 가질 것이므로 다음의 식(2)을 이용하여 마크의 양/불량 여부를 판별할 수 있다.

$$\frac{\int |v_M(x) - v_I(x)| dx}{\int v_M(x) dx} > R_{th} \quad (2)$$

$v_M(x)$ 와  $v_I(x)$ 는 각각 모델영상과 실제영상의 x축에 대한 투영 데이터를 의미하고, 판정값  $R_{th}$ 는 실험에 의하여 결정된다.

### 2-2 이진영상 투영 프로세서

제안된 알고리즘중 두 영상간의 차이영상(difference image)을 얻기위한 과정과 이진영상의 투영정보를 얻는 과정을 소프트웨어로 구현하는 경우 영상처리시간이 길어지기때문에 영상클럭의 속도로 영상연산이 가능한 영상연산자와 처리된 영상데이터를 영상좌표계의 x축, y축, y=x축에 대하여 영상클럭의 속도로 각각 투영할 수 있는 프로세서를 설계, 제작하였다. 이 중 투영프로세서의 구성을 살펴보면 (그림 4)와 같다.

각 축마다 고속의 SRAM과 가산기로 구성되었고, y=x축의 경우는 어드레스의 가산을 위하여 8-bit 가산기가 이용되었다. 또한, 화면중 임의의 위치에 인식영역을 설정할 수 있도록 하드웨어 윈도우가 마련되어있다.

### III. 실험 결과

마크 검사의 실험을 위하여 SRAM인 CY7C164 소자를 이용하였다. 한 부분에 치중된 조명이나 조명각도의 조절이 잘못된 경우에는 소자표면의 일부 글자들이 보이지않게되므로 조명각도를 소자표면에 대하여 45° 또는 30°로 조절하여 양질의 이진영상을 얻을 수 있도록하였다. (그림 5-a)는 양질의 마크를 이진화한 영상들, (그림 5-b)는 글자에 흠집이 있는 경우의 이진영상을 각각 나타낸다. 글자들이 위, 아래위 두 줄로 인쇄되어 있으므로 (그림 2)와 같이 두번으로 나누어 투영데이터를 분석하였다. 회계 표시된 직선은 전체영상의 투영된 정보를 이용하여 산출된 식 (1)의  $x_L, y_L$ 의 위치를 표시하고있다.

(그림 5-a)의 영상을 모델영상으로 하고, LUT/ALU 프로세서를 이용하여 다른 흠집이 없는 소자의 이진영상과의

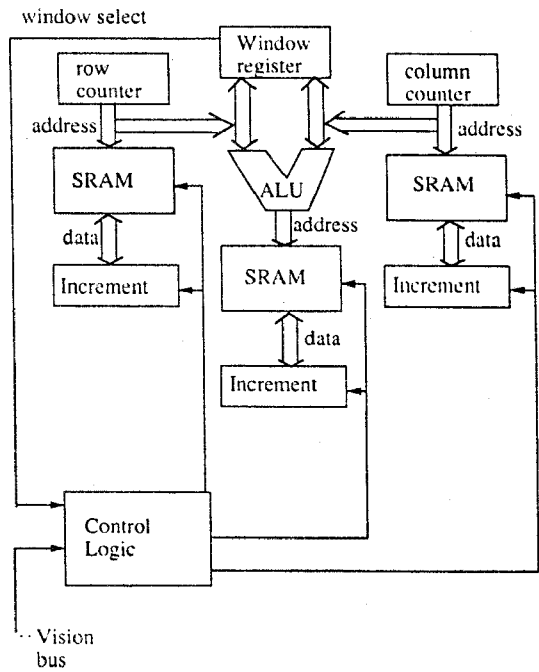


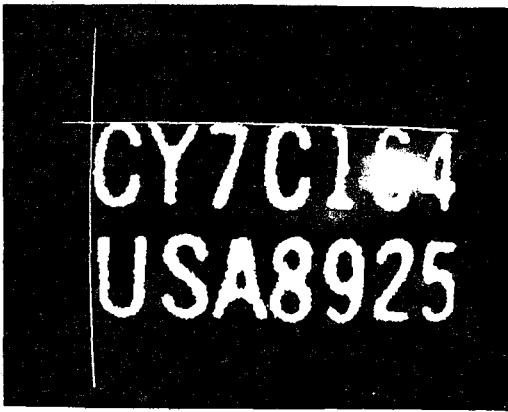
그림 4. 투영 프로세서의 구성

차이영상을 구하면 (그림 5-c)와 같이 나타난다. 글자의 경계부에서 차이가 나타나는데 이는 경계부에서의 밝기레벨의 변화에 의한 이진영상의 변화에 기인한 것이다. 흠집이 있는 (그림 5-b)의 영상과의 차이영상을 구하면 (그림 5-d)의 결과를 얻을 수 있다. (그림 5-c)의 경우와 비교할 때, 글자 "C"와 "Y"가 잘못 인쇄되거나 훼손되었음을 그 투영데이터로부터 쉽게 알 수 있다.

(그림 3)에서 소자공급시간을 제외한 영상처리시간을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단 계	처리 시간(msec)
(1)	33
(2)	50
(3)	33
(4)	33
(5) 이후	100
합 계	249

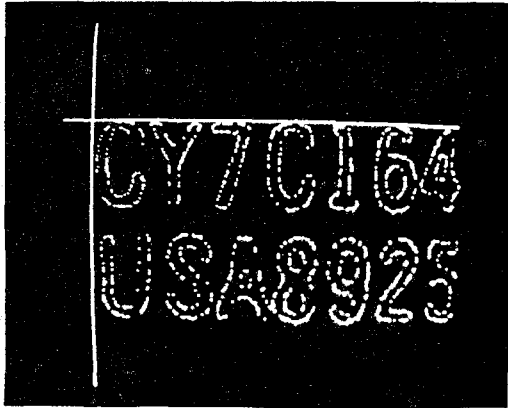
영상연산자나 투영 프로세서를 이용하지않고 소프트웨어로 제안된 알고리즘을 구현하는 경우 단계 (1)의 시간이 550(msec), 단계 (3)과 (4)의 시간이 1100(msec)이상 소비되기때문에 전체 1700(msec)정도의 처리시간이 위의 249(msec)로 단축되었음을 알 수 있다.



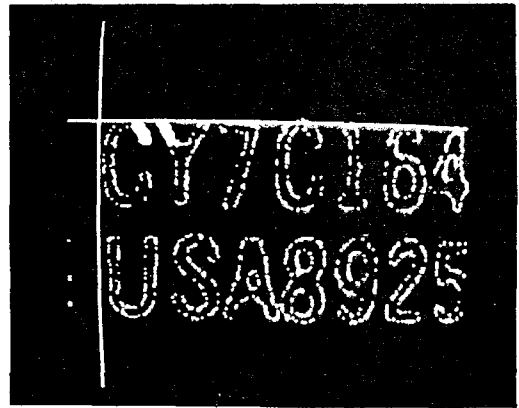
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5. 실험영상 및 차이영상

#### IV. 결 론

소자표면의 마크를 검사하기 위한 영상처리 알고리즘을 제시하고, 소프트웨어를 이용하는 경우 오랜 처리시간이 소비되는 부분을 하드웨어로 구현함으로써 검사시간을 1/6이하로 단축하였다.

제안된 알고리즘은 소자표면의 마크검사뿐만이 아니라 상표검사와 LCD/LED 글자검사등 영상비교를 통한 검사작업에 사용될 수 있으며, 구현된 하드웨어는 일반적으로 설계되어 투영프로세서의 경우 x축, y축과  $y=x$ 축에 대한 투영데이터를 이용하면 물체의 위치 및 경사도를 고속으로 얻을 수 있을뿐 아니라 기타 처리된 영상에 대한 투영데이터를 영상클럭의 속도로 추출할 수 있다.

하지만 제안된 알고리즘은 각 글자의 양/불량만을 검사할 수 있도록 구현되어 있으므로 불량판정시 불량 종류에 대한 판정이 필요한 경우 투영데이터 또는 차이영상에 대한 보다 상세한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Z. Bien, S.-R. Oh, I.H. Suh, J.O. Kim, and Y.S. Oh, "Automatic Assembly for Microelectronic Components", IEEE Control Systems Magazine, vol. 9, no. 4, pp. 15-19, June 1989.
- [2] Y. Hara, H. Doi, K. Karasaki, and T. Iida, "A System for PCB AUtomatic Inspection using Fluorescent Light", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 10, no. 1, pp. 69-78, Jan. 1988.
- [3] S.L. Bartlett, P.J. Besl, C.L. Cole, R. Jain, D. Mukherjee, and K.D. Skifstad, "Automatic Solder Joint Inspection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 10, no. 1, pp. 31-43, Jan. 1988.
- [4] Y. Okawa, "Automatic Inspection of the Surface Defects of Cast Metals", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 25, pp. 89-112, 1984.
- [5] D.W. Capson, and R.M.C. Tsang, "Automatic Visual Measurement of Surface-Mount Device Placement", IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 6, no. 1, pp. 44-52, Feb. 1990.