

마스크 이미지를 이용한 반도체 패키지 스크래치 검출 연구

이태희¹, 박구락^{2*}, 김동현³

¹공주대학교 컴퓨터공학과, ²공주대학교 컴퓨터공학부, ³공주대학교 컴퓨터공학과

A Study on Scratch Detection of Semiconductor Package using Mask Image

Tae-Hi Lee¹, Koo-Rack Park^{2*}, Dong-Hyun Kim³

¹Dept. of Computer Engineering, Kongju National University

²Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University

³Dept. of Computer Engineering, Kongju National University

요약 반도체는 산업 기술의 발전을 주도하고 있는 첨단기술로서 전자제품의 소형, 경량화 달성으로 전자산업 시장을 끌어가고 있는 상황이다. 특히 반도체 생산 공정은 정밀하고 복잡한 공정으로 이루어져 있어 효과적인 생산이 필요하여, 최근 불량 검출을 위하여 컴퓨터와 카메라를 융합한 비전 시스템이 활용되고 있고, 특수한 공정에 의하여 가공된 미세 패턴의 형상을 측정하기 위한 시스템의 수요가 급속하게 증대되고 있다. 본 논문에서는 반도체 패키지의 스크래치 결함을 검출하기 위하여 마스크 이미지를 이용한 비전 알고리즘을 제안한다. 제안 시스템을 통하여 반도체 패키지 생산 공정에 적용하면 생산관리를 원활하게 할 수 있고, 빠른 패키지의 불량 판정으로 생산의 효율성이 높아질 것으로 기대된다.

• 주제어 : 융합, 비전시스템, 반도체 패키지, 엣지 추출, 소벨 마스크

Abstract Semiconductors are leading the development of industrial technology, leading to miniaturization and weight reduction of electronic products as a leading technology, we are dragging the electronic industry market. Especially, the semiconductor manufacturing process is composed of highly accurate and complicated processes, and effective production is required. Recently, a vision system combining a computer and a camera is utilized for defect detection. In addition, the demand for a system for measuring the shape of a fine pattern processed by a special process is rapidly increasing. In this paper, we propose a vision algorithm using mask image to detect scratch defect of semiconductor package. When applied to the manufacturing process of semiconductor packages via the proposed system, it is expected that production management can be facilitated, and efficiency of production will be enhanced by failure judgment of high-speed packages.

•Key Words : Convergence, Vision System, Semiconductor Package, Edge Extraction, Sobel Mask

*Corresponding Author : 박구락(ecgrpark@kongju.ac.kr)

Received October 1, 2017

Revised November 2, 2017

Accepted November 20, 2017

Published November 28, 2017

1. 서론

현대사회는 과학기술의 발전으로 인하여 산업 전반에 걸쳐 급속도로 발전하고 있으며, 이중에 반도체는 산업 기술의 발전을 주도하고 있는 첨단기술로서 전자제품의 경량화 및 소형화의 달성을 전자산업 시장을 끌어가고 있는 상황이다. 이러한 반도체의 생산은 전자산업에서 가장 정밀하고 복잡한 공정으로 되어 있어 공정을 통제하기 위한 효과적이고 체계적인 생산 관리가 요구되고 있고[1], 이를 위하여 특수한 공정에 의하여 가공된 미세 패턴의 형상을 측정하기 위한 수요가 급속하게 증대되고 있다[2]. 최근 이러한 형상을 측정하기 위하여 컴퓨터와 카메라를 융합한 기술에 대한 관심이 고조되고 있고, 영상처리 및 영상분석 기술인 머신 비전 시스템을 이용하여 반도체 제조 공정을 효율적으로 처리하고 제어하고 있다[3]. 이러한 영상데이터의 효율적인 획득을 위하여 입력된 영상의 화질을 개선하여 객체 검출을 효율적으로 추출하고[4], 주요한 객체를 영상의 색상 특징을 기반으로 하여 자동으로 추출하는 방법에 대한 연구[5] 등이 이루어지고 있으며, 영상을 이용한 가상현실 시스템, 증강현실 시스템 연구[6,7]와 같이 다양한 분야에서 영상을 이용한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 특히 반도체 생산 분야에서 머신비전을 활용한 시스템의 사용이 활발하게 이루어지고 있는 상황으로, 반도체 소자의 소형, 경량화 추세에 따라 기존의 반도체 패키지인 리드프레임 위에 칩을 접착하고 리드를 연결하여 밀봉하는 복잡한 형태에서 탈피하여, 기존 반도체 패키지에 비하여 매우 간단한 특징을 가지고 있는 마이크로 BGA(Ball Grid Array)와 같은 패키지의 사용이 확대되고 있으며, 노트북 PC, 휴대폰과 같은 휴대형 기기에 채택하고 있는 비율이 증가하고 있다. 그러나 생산되는 전자 제품의 성능을 크게 좌우하는 것은 반도체 패키지의 스크래치와 같은 결함으로서 제품의 생산 과정에서 반도체 부품의 결함을 미리 인식하는 것은 중요한 일이며[8], 제품의 신뢰성과 생산성의 향상을 위한 시스템이 필요하다.

이에 본 논문에서는 반도체 패키지의 스크래치 결함을 검출하기 위하여 마스크 이미지를 이용한 머신비전 알고리즘을 제안한다. 제안 시스템을 통하여 반도체 패키지 생산 공정에 적용하면 생산관리를 원활하게 할 수 있고, 빠른 패키지의 불량 판정으로 생산의 효율성이 높아질 것으로 기대된다.

2. 관련연구

2.1 차영상

차영상(Difference Image)은 하나의 영상에서 다른 영상의 값을 빼서 두 영상 간의 차이를 결정하는 방법으로 영상의 변화를 검출하는데 효율적으로 사용하고 있는 기법으로 차영상은 두 프레임 사이에서 같은 위치에 해당하는 화소의 명도값 차이를 이용하는 것이며, 2 개의 그레이 스케일 영상에서 임의의 임계값에 대하여 이진 영상을 만드는 것으로[9], 주변 조명의 밝기가 변화하고, 작은 잡음들도 움직임으로 간주하는 경우 인식의 결과가 잘못될 수도 있기에 오류 방지를 위한 히스토그램 평활화 같은 전처리 작업이 수행되어야 하며, 차영상을 획득하는 방법은 다음의 (식 1)과 (식 2)와 같이 표현된다[10].

$$\delta I(x,y) = |I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y)| \quad (\text{식 } 1)$$

$\delta I(x,y)$ 는 좌표 x, y 에 위치하고 있는 화소의 명도값 차이이고, $I_t(x,y)$ 는 현재 프레임이며 $I_{t-1}(x,y)$ 는 이전 프레임이다.

$$D(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } \delta I(x,y) > T_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{식 } 2)$$

여기서 $D(x,y)$ 는 이진화가 완료된 차영상을 의미하며, T_k 는 임계값으로서, 차영상에 있어 좌표 x, y 에 위치한 화소의 값은 $\delta I(x,y)$ 의 값이 임계값 T_k 보다 크면 1, 그렇지 않으면 0으로 표현한다.

그러나 차영상 움직임 검출 기법은 객체를 검출하는데 빠른 처리 속도를 가지고 있으나, 조명 및 빛에 의한 영상의 밝기 변화, 물체의 반복적인 움직임, 잡음이 입력된 영상의 움직임 검출이 어렵다.

2.2 엣지 추출

엣지는 획득한 영상에서 밝기가 높은 부분에서 낮은 부분으로 또는 반대로 변화하는 지점에 존재하고 있는 부분을 의미하며, 이를 통하여 영상 내에 있는 광선간의 객체의 경계를 알 수 있고, 영상 처리 영역에서 유용한 방법으로 활용되고 있다[11].

2.2.1 소벨(Sobel)

영상의 엣지는 색이나 밝기가 급격하게 변화하기 때문에 픽셀의 미분을 이용하여 소벨 마스크를 도출할 수 있다. 즉 영상에서 픽셀과 다음 픽셀 사이에 변화가 나타났을 경우 이 부분의 미분 성분이 엣지로 나타난다.

다음의 (식 3)은 엣지 강도를 의미하며, 소벨 마스크 연산자를 이용한 기울기값 추출을 위한 것이다. 1차 미분을 활용하면 엣지에 관한 강도를 구할 수 있으며, 획득한 영상에 1차 미분을 적용하기 위해서는 소벨 마스크를 적용한다[12].

$$\nabla I = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |x| + |y| \quad (\text{식 } 3)$$

여기서 G_x, G_y 는 각각 수평, 수직 방향의 소벨 마스크 연산자를 이용하여 추출한 기울기 값이다.

다음의 [Fig. 1]은 소벨 마스크의 모양으로서 수직 마스크는 가로 방향 x 축 벡터 성분을 갖고, 수평 마스크는 세로 방향 y 축 벡터 성분을 가지게 되며, 가운데의 중심 픽셀의 주변 음수와 양수 마스크 폐면 값에 따라 해당되는 픽셀 데이터를 곱한 후 전체를 더하면 소벨 애지를 추출할 수 있다[11].

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1
(a) Vertical Mask		

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1
(b) Horizontal Mask		

[Fig. 1] Sobel Mask Pattern

2.2.2 로버츠(Roberts) 마스크

로버츠 엣지 추출 방법은 공간 영역에서 고정된 45° 와 135° 의 대각선 방향 기울기 마스크를 적용하는 엣지 추출 방법으로 로버츠에 사용되는 기울기 가중치 마스크를 영상에 적용한 것으로 다음의 (식 4)와 같다. 여기서 G_x 는 수평방향의 기울기 값이고, I 는 영상에서 (x, y) 위치의 밝기 값이다[13,14].

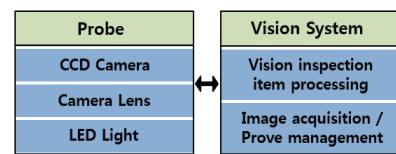
$$G_x = I(x+1, y+1) - I(x, y) \quad (\text{식 } 4)$$

$$G_y = I(x+1, y) - I(x, y+1)$$

3. 제안 시스템

3.1 시스템 구성도

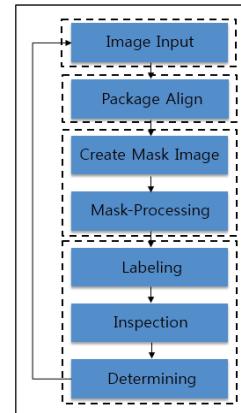
다음의 [Fig. 2]는 제안 시스템의 구성도로서 크게 2가지로 구성되어 있다. 첫째, Probe로서 반도체 패키지를 촬영하기 위한 CCD 카메라와 렌즈, LED 조명으로 구성되어 있다. 둘째, 비전 시스템으로서 Probe로부터 획득된 영상을 입력 받아 이미지를 획득하고, 입력받은 이미지를 이용하여 반도체 패키지의 양품과 불량을 판단한다.



[Fig. 2] System Configuration

3.2 시스템 프로세스

다음의 [Fig. 3]은 제안 시스템의 전체적인 프로세스로서 크게 4 단계로 이루어져 있다.

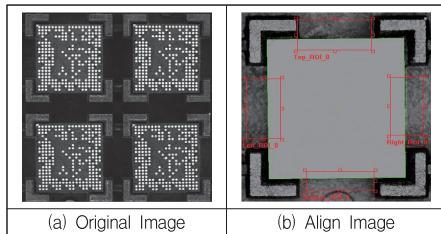


[Fig. 3] System Process

첫째, Probe로부터 영상을 입력받고, 둘째, 엣지 정보를 이용하여 패키지 정렬을 실시한다. 셋째, 패키지 정렬이 된 영역의 마스크 이미지를 별도로 생성하고, 생성된 마스크 이미지를 이용하여 차영상 기법을 적용시켜 패키지 내부의 스크래치 및 이물질에 대한 영상을 획득하고, 넷째, 획득한 차영상 이미지에 레이블링을 적용하여 사용자가 정의한 값에 따라 검사한 후 반도체 패키지의 불량 또는 양품으로 판정한다.

3.3 패키지 정렬 및 마스크 이미지 생성

다음의 [Fig. 4]는 입력받은 영상에서 패키지 정렬을 시행한 결과 화면이다.



[Fig. 4] Package Align

반도체 패키지 정렬을 하기 위하여 패키지와 주변 배경 픽셀들의 그레이 값인 밝기값을 명확하게 구분하여야 한다. 제안 시스템은 관심영역인 ROI(Region of Interest) 영역을 사용자가 직접 설정하여 관심영역을 명확히 하고, 영역 내 소벨 마스크를 이용하여 옆지 정보를 추출하고, 추출된 옆지 정보들의 집합을 임계값을 이용하여 분류한 뒤, 최종 옆지를 추출하고, 추출한 최종 옆지들을 이용하여 처음의 옆지와 마지막 점 옆지의 직선을 구하고, 구해진 4 개 직선의 교차점을 이용하여 패키지 정렬을 실시한다.

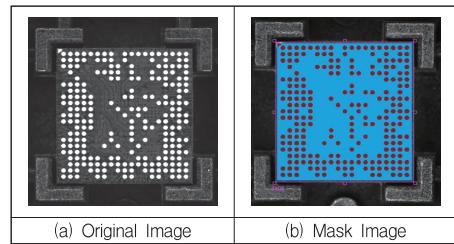
앞의 (식 1)을 이용하여 기울기 값을 추출하고, 추출된 기울기 값을 최종 옆지로 분류하기 위하여 다음의 (식 5)를 적용하였다.

$$R_A = \sum_{i=1}^N I_V / R_{PC} \quad (\text{식 } 5)$$

R_A 는 ROI 영역 내의 평균 밝기값으로서, 임계값으로 지정하였으며, I_V 픽셀의 밝기값이고, R_{PC} 는 ROI 영역 내의 총 픽셀의 수이다.

다음의 [Fig. 5]는 패키지 정렬을 실시한 후 정렬된 영역 내에 대한 마스크 이미지를 생성한 결과이다.

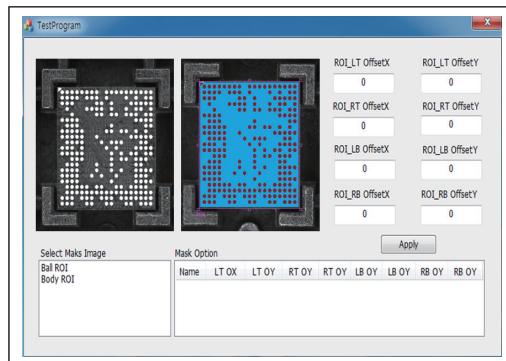
패키지 정렬을 완료한 이미지에 대하여 마스크 이미지를 생성한 결과 화면으로서, 패키지 내의 스크래치가 없다면 (b)의 이미지처럼 패키지 내부가 결함이 없는 마스크 이미지가 생성된다.



[Fig. 5] Mask Image

4. 실험 및 고찰

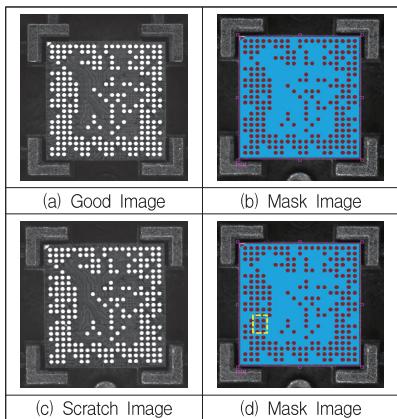
다음의 [Fig. 6]은 제안 시스템인 반도체 패키지 스크래치 검출 시스템의 전체적인 화면이다.



[Fig. 6] Package Scratch Measurement System

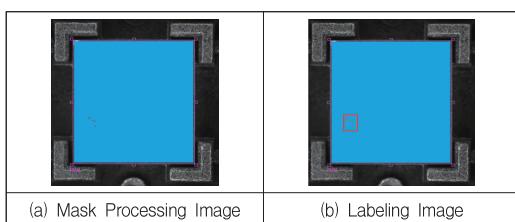
시스템의 실험 및 측정에 사용된 장치는 FOV(Field of View) 40x40, 분해능 20 μm 인 CCD 카메라, A사의 LED 링 조명을 사용하였고, 비주얼 스튜디오 2012 대화상자 기반의 MFC와 연산속도를 최소화하기 위하여 인텔사의 iPP 라이브러리를 사용하여 소프트웨어를 구현하였다. 좌측 상단은 패키지 정렬을 완료한 이미지와, 마스크 이미지를 출력하도록 구성하였고, 좌측 하단의 리스트박스는 사용자가 원하는 영역에 대하여 마스크 이미지를 생성할 수 있도록 구성하였다. 마지막으로 관심영역의 간격을 사용자가 직접 제어하도록 직접 값을 입력할 수 있고, 버튼을 사용하여 원 영상에서 마스크 이미지에 대해 차영상을 적용시킨 최종 화면을 출력하도록 구성하였다. 다음의 [Fig. 7]은 반도체 패키지의 실험 화면이다. (a)는 스크래치가 없는 원 영상이며, (b)는 원 영상에 대한 마스크 이미지 결과 화면이다. (c)는 스크래치가 있는 불량 영상이고, (d)는 불량 영상에 대한 마스크 이미지의

결과 화면이다. (b)의 마스크 이미지 같은 경우 원 영상 (a)의 내부에 스크래치가 존재하지 않아 생성된 마스크 이미지가 양호하였지만, (d)의 경우 (c)의 내부에 스크래치가 존재하여 스크래치 부분까지 마스크 이미지로 결과화면이 표현되었다.



[Fig. 7] Test Result (1)

다음의[Fig. 8]은 반도체 패키지 내부의 스크래치를 검출한 결과화면이다.



[Fig. 8] Test Result (2)

(a)의 영상은 앞의 [Fig. 7]의 (c) 이미지에서 (d) 마스크 이미지의 차영상 기법을 적용한 결과화면이며, (b)의 이미지는 스크래치가 존재하는 영역의 레이블링을 실시한 스크래치를 검출한 결과화면이다.

다음의 <Table 1>은 스크래치가 있는 불량 반도체 패키지 50개를 검사한 결과로서, 45개를 정상적으로 판단하여 불량으로 판정하였고, 5개의 패키지는 검출에 실패하여 검출률은 90%로 확인되었다.

<Table 1> Detection Rate Information

Repetition Count	Pass Count	Fail Count	Detection Rate
50	45	5	90%

5. 결론 및 향후 연구 방향

반도체 패키지 생산 공정에서 불량의 검출은 생산성의 향상과 전자제품의 신뢰성에 많은 영향을 미치고 있으며, 불량 검출을 위한 비전 시스템의 수요가 급증하고 있다. 이에 본 논문에서는 반도체 패키지 내부의 스크래치 검출하기 위한 비전 시스템을 제안한 것으로, 패키지를 정렬한 후 마스크 이미지를 생성하여 스크래치가 존재하는 영상을 획득하고, 획득한 영상에 레이블링을 실시하여 반도체 패키지 내부의 스크래치를 검출할 수 있는 시스템이다. 50개의 불량 패키지를 반복적으로 측정한 결과, 검출률이 90% 이상으로 측정되었다. 제안 시스템을 통하여 반도체 패키지 생산 공정에 적용하면 생산 관리를 원활하게 할 수 있고, 빠른 패키지의 불량 판정으로 생산의 효율성이 높아질 것으로 기대된다. 향후 스크래치 데이터가 부족할 경우에도 검출이 가능한 알고리즘 연구와 검출을 위한 임계값 지정 등 검출률 향상에 관한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] J. In Chai, Y. B. Park, "A Study on Throughput Increase in Semiconductor Package Process of K Manufacturing Company Using a Simulation Model", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 19, No. 1, pp. 1-11, 2010.
- [2] H. Y. Choi, D. J. Choi, D. J. Lee, M. G. Chun, "TCP/COF Semiconductor Package Inspection System Using Digital Image Processing", Conference of KIIS, Vol. 19, No. 2, pp. 88-91, 2009.
- [3] Antti Soini, "Machine vision technology take-up in industrial applications", Image and Signal Processing and Analysis, ISPA 2001. Proceedings of the 2nd International Symposium on, pp. 332-338, pp. 19-21, 2001.
- [4] J. H. Park, G. S. Lee, S. H. Lee, "A Study on the Convergence Technique enhanced GrabCut Algorithm Using Color Histogram and modified Sharpening filter", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 6, pp. 1-8, 2015.
- [5] S. K. Lee, Y. S. Park, G. S. Lee, J. Y. Lee, S. H.

- Lee, "An Automatic Object Extraction Method Using Color Features of Object and Background in Image", Journal of Digital Convergence, Vol. 11, No. 12, pp. 459–465, 2013.
- [6] Y. J. Yoo, "Case Analysis of the performance contents using virtual reality technology", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 8, No. 5, pp. 145–153, 2017.
- [7] J. S. Kang, "Application method of cultural heritage contents exhibition combining augmented reality technology", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 8, No. 5, pp. 137–143, 2017.
- [8] K. S. Kim, J. S. Kim, H. N. Joo, "A Study on the 2-Dimensional Vision Inspection Algorithm for the Defects Detection of BGA Device", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 19, No. 7, pp. 53–59, 2005.
- [9] Y. S. Yang, "The Motion Detection using Improved Difference Image Analysis Method", Jeju University, Master's Thesis, 2002.
- [10] M. K. Oh, D. J. Choi, B. M. Jun, "Moving area detection for moving object tracking", Conference of the Korea Contents Association, Vol. 1, No. 2, pp. 281–284, 2003.
- [11] C. S. Park, H. S. Kim, "FPGA Implementation for Real Time Sobel Edge Detector Block Using 3-Line Buffers", Journal of IKEEE, Vol. 19, No. 1, pp. 10–17, 2015.
- [12] X. Zhai, F. Bensaali, S. Ramalingam, "Real-Time License Plate Localisation on FPGA," Computer Society Conference on Computer Vision Pattern Recognition Workshops, pp. 14–19, 2011.
- [13] Nema M.K., Rakshit S., Chaudhuri S., "Image Denoising Using Edge Model-based Representation of Laplacian Subbands", International Conference on Advances in Pattern Recognition, pp. 329–332, 2009.
- [14] Hua Xiang, Bin Yan, Qiong Cai, Guangyi Zou, "An edge detection algorithm based-on Sobel operator for images captured by binocular microscope", International Conferenceon Electrical and Control Engineering, pp. 980–982, 2011.
- [15] H. H. Lee, D. J. Lee, M. G. Jeon, "Alignment System using Template Matching and Corner Detection", Conference of KIIS, Vol 24, No. 2, pp. 21–22, 2014.

저자소개

이태희(Tae-Hi Lee)

[정회원]



- 1995년 8월 : 한밭대학교 기계공학과(공학사)
 - 2008년 2월 : 대전대학교 사회복지학과(석사)
 - 2010년 2월~현재 : 공주대학교 컴퓨터공학과 박사수료
 - 2017년 8월~현재 : 화인TNC 전산담당이사
- <관심분야> : 영상처리, 비전시스템, 지식관리시스템, 빅데이터

박구락(Koo-Rack Park)

[정회원]



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전기공학과(공학사)
 - 1988년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학석사)
 - 2000년 2월 : 경기대학교 전자계산학과(이학박사)
 - 1991년 4월~현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
- <관심분야> : 영상처리, 경영정보, 정보통신, 고성능컴퓨팅

김동현(Dong-Hyun Kim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전기공학과(공학사)
 - 2005년 2월 : 공주대학교 컴퓨터멀티미디어공학과(공학석사)
 - 2010년 2월 : 공주대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 - 2016년 6월~현재 : (주)정보소프트 기술이사
- <관심분야> : 영상처리, 지리정보, 시뮬레이션, 고성능컴퓨팅