

반도체 패키지 외관 검사 시스템 개발

Development of Inspection System for the IC package

이정섭, 권오민, 주효남*, 김준식, 류근호

(Jung-Seob Lee, Oh-Min Kwon, Hyo-Nam Joo, Joon-Sik Kim, and Keun-Ho Rew)

Abstract : In this paper, new inspection method is proposed for the surfaces of lead frame and IC's. Optimal optical system and the accurate algorithm for the surface inspection are needed in machine vision area. The proposed optical system is composed of rectangular oblique light illumination and coaxial light illumination for the higher contrast and the results shows the better performances through experiments. The markings of IC surface are inspected using the accurate proposed method using the partitioned correlation coefficient, and the result shows reduction of underkill ratio compared to the previous method.

Keywords : machine vision, optical system, IC package, inspection, correlation coefficient

1. 서론

최근 개발되고 있는 머신 기술은 반도체 패키지 자동 검사에 중요한 기술이다. 검사 항목은 전기적 특성 및 기능 검사 항목과 외관검사로 나뉘볼 수 있는데 외관 검사 항목에서는 반도체 패키지의 Lead Frame 불량 또는 표면의 마크 불량을 검사하게 된다.

그림 1은 반도체 패키지마크의 몇 가지 사례를 보여주고 있다. 반도체 외관 검사는 금속 Lead Frame을 검사하는 것이고, 마크 검사는 제품명, 제작사 등의 반도체 정보를 나타내는 여러 가지 마크의 위치, 방향 깨어짐 등을 검사하게 된다. 반도체 패키지가 갈수록 소형화 및 집적화 되어감에 따라 육안 검사는 정확성 및 검사시간에서 문제를 유발한다. 이에 따라 반도체 외관 검사 시 검사 분야에서 고성능 비전 검사 기술이 개발 및 적용 되고 있다[1,2].

Lead Frame과 마크 검사 방법은 크게 영상 취득 시 필요한 광학 시스템 설계와 특징을 효과적으로 추출하기 위한 영상 처리 알고리즘으로 나누어 볼 수 있다.

기존 반도체 패키지 검사 광학시스템은 전방조명방식[3-5]을 사용하여 광학시스템을 구성하고 있다. 전방조명방식의 특징은 물체의 표면에서 나타나는 결함을 검출할 때 용이하고, 빛의 난반사를 이용해 대상체의 특징을 추출할 때 쓰이며 외관 검사 시에는 보통 링 조명과 Dome 조명을 많이 사용하고 있다. 하지만 칩의 다양화 및 집적화가 이루어짐에 따라 여러 검사항목을 짧은 시간에 신뢰성 있게 검사하기 위한 새로운 광학 시스템이 필요하다.

영상 처리 알고리즘의 외관검사 시에는 카메라와 프레임 그래버를 통해 얻은 영상데이터를 원하는 검사항목에 대해 최적화 된 알고리즘으로 검사하여 정해진 오차 범위 밖에 있



그림 1. 여러 가지 반도체 패키지 마크.

Fig. 1. Various kind of mark on IC package.

으면 불량으로 인식하는 방식으로 마크 검사 알고리즘은 OCR(Optical Character Recognition), OCV(Optical Character Verification)기반의 문자 인식 연구를 기반으로 알고리즘을 구성하고 있다[6].

반도체 패키지의 마크검사를 할 때 고려되어야 할 점은 간단하고 신뢰성 높은 알고리즘과 검사시간 단축이다. 또한, OCR과 같이 문자 인식을 위한 많은 데이터가 필요한 알고리즘 보다는 어떤 문자를 검사하게 될 지 미리 알고 그 문자에 대해서만 검사하는 OCV 알고리즘이 반도체 패키지 마크 검사에는 보다 적절하다. OCV에서는 주로 상관계수를 이용하여 불량 마크를 검사하며 위치 데이터를 통해 마크의 위치 불량을 검사를 하고 있다. 문자의 불량은 여러 형태와 위치에 존재하기 때문에 강인한 검사기술이 요구되고 있으나 OCV로 불량 문자를 검사하는 것은 적지 않은 문제점을 드러내고 있다. 불량 문자는 일반적으로 문자 위에 발생한 스크래치나 마크 프린팅의 오류로 인해 나타나는데 그 형태가 끝부분이 잘려나간 문자의 경우나 문자의 중간이 끊어진 경우 등 많은 종류를 갖고 있다. 그 중 깨어진 형태나 그 정도가 작은 특별한 형태의 마크들은 정규화된 상관계수 방법만으로는 불량을 판별하기가 어렵다.

본 논문에서는 Lead Frame 검사 시 여러 항목을 효과적으로 검사할 수 있도록 새로운 광학 시스템을 제안하였고, 표면 마크 검사 시 OCV 기반으로 검출이 어려운 불량 문자를 검사 가능하도록 하여 미검율을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다.

II. 제안 광학계 소개

광학 시스템 설계 시에는 검사 항목에 대한 특징 정보를

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 1. 31., 채택확정 : 2008. 2. 24.

이정섭, 주효남 : 호서대학교 디지털디스플레이공학과

(icarus629@naver.com/hnjoo@hoseo.edu)

권오민, 김준식 : 호서대학교 전자공학과

(net9410@naver.com/joonskim@hoseo.edu)

류근호 : 호서대학교 로봇공학과(khrew@hoseo.edu)

※ 본 연구는 산업자원의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

최대한 취득할 수 있도록 고려하여 설계해야 한다. 취득 영상은 광원의 주파수 및 기타 많은 특성에 의해 영향을 받는다. 따라서 검사 항목에 대한 광학 특성을 정확하게 파악하여 최적 영상이 취득 될 수 있도록 광학계를 설계 하였다.

그림 2는 검사할 반도체 패키지의 설계도이고 표 1은 외관 검사 항목의 설명이다.

표 1에 언급한 검사 항목 검사를 위해서는 검사 항목에 맞는 광학 시스템이 요구되므로 검사 항목에 맞는 광학 시스템을 제안하였다. 제안한 광학 시스템은 측사 조명과 동축 평행광 조명의 장점을 극대화 시킨 광학 시스템으로 그림 3과 같다.

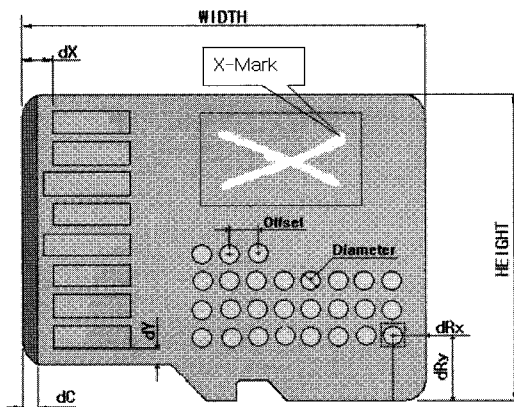


그림 2. 반도체 패키지 외관 설계도.
Fig. 2. Outline of IC package.

표 1. 반도체 패키지 외관 검사 항목.
Table 1. Inspection list of IC package.

검사 항목	설 명
Dimension(width,height)	패키지 크기 검사
Diameter	Pad 검사
Offset	원의 중심점 사이의 거리
Chamber Width(dC)	Pad 밑의 경계선 검사
Align(dX, dY, dRx, dRy)	정렬 검사
X-Mark 유무	정상/불량 검사

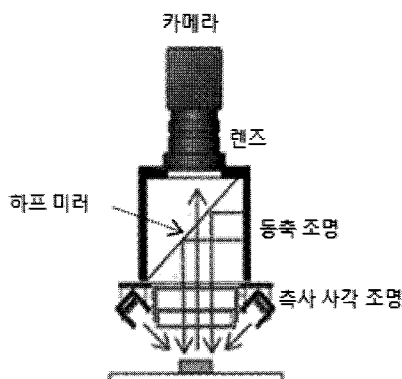


그림 3. 제안한 광학 시스템.
Fig. 3. Suggested opticals system.

제안한 광학 시스템에서 아래쪽에 측사 조명은 광원이 반도체 외관을 검사하기 위해 측사 조명의 각도 45°로 고정하였다. 측사 조명 특성에 의해 반도체 패키지의 외각에서 광원의 빛이 반사되어 카메라로 입사되는 영상을 취득할 수 있는 특징이 있다. 또한 Chamber Width를 구할 때 측사 조명을 쓰지 않는 상태에서는 PCB와 Chamber와는 Contrast 값의 차이가 거의 없어 영상 처리로 Chamber의 Width를 구하기가 어렵다. 하지만 측광 사각 조명을 사용하면 Chamber가 약간의 기울기를 가지고 있으므로 측사광을 주면 각도에 의해 빛이 반사되는 성질을 이용하여 Chamber와 PCB 사이의 Contrast 차이가 확연한 영상을 취득할 수 있다. 동축 평행광 조명 방식을 사용하여 나머지 항목들의 윤곽선을 검출 하였다.

동축 평행광 조명은 그림 3에서 보는 것과 같이 측사 조명 상단에 위치하며, 입사한 빛은 항상 수직으로 비추어지고 반사된 광원도 수직으로 반사되어 측사 조명과 간섭을 일으키지 않는다.

III. 제안 알고리즘 소개

1. 기존의 상관계수 방법

상관계수(correlation coefficient)라 함은 두 영상의 상관성에 대한 기본 개념에서 시작한다. 이 상관계수 방법은 벡터 형태로도 표현이 가능하지만 영상과 부영상 형태로 하는 것이 일반적이다.

$$c(x, y) = \sum_s \sum_t f(s, t)w(x + s, y + t) \tag{1}$$

위의 (1)에 주어진 상관 함수는 f 와 w 의 진폭 변화에 민감한 단점을 가지고 있다. 이 문제의 극복을 위해 영상처리에서 자주 사용하는 것이 다음 식에서 정의하는 정규화된 상관 계수 $r(x, y)$ 을 사용하여 검사를 수행하는 것이다[7,8].

$$r(x, y) = \frac{\sum_s \sum_t [f(s, t) - \bar{f}(s, t)][w(x + s, y + t) - \bar{w}]}{\{\sum_s \sum_t [f(s, t) - \bar{f}(s, t)]^2 \sum_s \sum_t [w(x + s, y + t) - \bar{w}]^2\}^{1/2}} \tag{2}$$

여기서 $r(x, y)$ 는 상관계수이고 $f(x, y)$ 와 $w(x, y)$ 는 각각 영상, 부영상이며 \bar{f}, \bar{w} 는 각각 영상 $f(x, y)$ 와 부영상 $w(x, y)$ 의 평균이다.

2. 제안하는 상관계수를 이용한 분할 방법

기존의 검사방법은 문자 별로 검사를 한다. 제안한 방법은 기존 방법으로 미검출이 되는 불량 문자를 분할 방법을 사용하여 더 자세히 검사함으로써 정확한 검사를 가능하게 한다. 기존 방법으로 검사한 결과가 정상지표의 최소 수준 이하이면 바로 불량으로 판단하고, 그 이상 나온 검사결과에 대하여 분할 방법을 적용하여 정확한 검사를 수행한다. 분할은 네 영역으로 분할하며 각 영역에서 얻어진 상관계수 값들 중에 최대값과 최소값의 차이로 불량을 판정하는 방법을 제안하고 있다. 그림 4는 다음과 같은 검사방법의 흐름도를 보이고 있다.

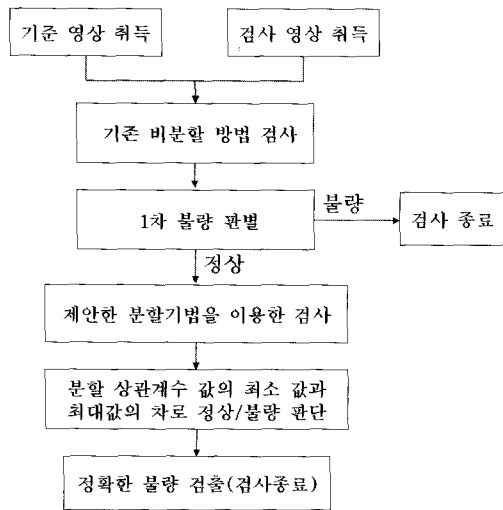


그림 4. 제안한 검사방법 흐름도.
Fig. 4. Flowchart of suggested inspection method.

IV. 실험 결과

1. 제안한 광학 시스템 결과 및 분석

그림 5는 본 논문에서 제안한 광학 시스템을 이용하여 취득한 영상이다. 다른 조명을 사용했을 때와 제안한 조명을 사용했을 때를 Otsu 알고리즘[9]을 적용하여 비교하였다

1.1 적용된 알고리즘 영상 비교

Otsu 알고리즘의 고려 해야 할 점은 Sw(within-class scatter)가 최소가 되고 Sb(between-class scatter)의 값이 최대가 되는 값을 찾는 것이 포인트다. 이런 부분을 고려하여 동일한 반도체 패키지를 이용하여 전방조명방식을 사용하여 Ring 조명, Dome 조명, 제안한 조명을 이용하여 실험하였다.

표 2는 각각의 조명을 사용하여 취득된 영상을 Histogram과 Otsu 알고리즘을 적용했을 때 Threshold 값, 그 값으로 Threshold 했을 때의 이미지를 나타낸 것이다. 표 3은 알고리즘을 적용 했을 때의 계수를 구한 것이다. 여기서 Sw/Sb의 값이 가장 낮을 때의 Threshold 값을 정한 것이다. 제안한 광학 시스템에서는 Sw/Sb의 값이 다른 조명을 사용했을 때 보다 0.2 정도 작았다.

1.2 사각형 Pad 부분 비교

사각형 Pad의 Width의 크기는 동일하며 같은 간격으로 위치하고 있다 취득 영상에서 동일한 간격과 길이를 가지는 것이 중요하다. 또한 사각 Pad부분과 배경의 Contrast 차가 큰 것이 사각형 Pad의 정보를 추출하기 쉽다. 표 4에서는 패드부분의 경계 상태를 보기 위해 라인 프로파일을 그려 그 값을 미분하여 Gaussian형태 부분의 표준편차 값을 구했다. 또한 Contrast의 차이를 알기 위해 사각형 Pad영역의 Gray Scale 값 평균과 배경 부분의 Gray Scale 값 평균의 차이를 구한 것이다.

기존의 Ring 조명과 Dome 조명 보다 Peak의 값이 월등히 높고 배경과 사각형 Pad 부분의 Contrast 차도 크다. 다만 σ 값에서 다른 조명에 비해 높게 나타났다.

1.3 원형 Pad 비교

원형 Pad의 중심점과 원주를 구하기 위해서는 원형 Pad 부분의 Contrast 값이 고르게 분포해야 한다. 이런 부분을 고려

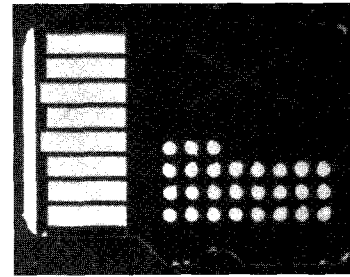


그림 5. 제안한 광학 시스템을 이용한 영상.
Fig. 5. Image of using suggested optical system.

표 2. 여러 조명을 사용했을 때의 영상 비교.

Table 2. Images through various kind of light.

	Ring	Dome	Suggested
Histogram			
Otsu's threshold	87	91	142
Threshold image			

표 3. Otsu알고리즘 최적 조건 시 계수.

Table 3. Coefficient of optimum using Otsu's algorithm.

조명의 종류	Parameter		
	Sw	Sb	Sw/Sb
Ring	161.75	2106.77	0.0767
Dome	123.55	1762.88	0.0700
Suggested	348.03	6018.52	0.0578

표 4. 사각형 Pad부분의 비교.

Table 4. Compare of rectangle Pad.

종류	배경과 사각형의 Contrast 차	표준편차	Peak 값
Ring	118.225	19.3434	159
Dome	108.704	15.2152	155
Suggest	180.836	20.9555	255

표 5. 원형 Pad부분의 비교.

Table 5. Compare of circle pad.

종류	배경과 원과의 Contrast 차	표준편차
Ring	120.961	16.5727
Dome	112.237	17.2492
Suggest	189.87	27.5384

하여 각 원 Pad의 Contrast 값의 표준편차를 표 5와 같이 구하였다. 원형의 부분을 구할 때에는 원형 Pad로 ROI 영역을 잡아 circle fitting을 하여 검사하였다.

표 5의 결과는 제안한 조명이 다른 조명에 비해 배경과 원형 Pad의 Contrast 차가 다른 조명에 비해 70~80 gray level 정도 크게 나타남을 보이고 있다. 하지만 균일도는 다른 조명에 비해 떨어졌다. 이유는 실제 이미지를 보면 원형 Pad의 부분이 정확히 원이 아니라 찌그러져 있는 원형이기 때문에 배경 부분과 같이 잡히는 경우가 발생하였다. 이 때문에 다른 조명에 비해 균일도가 떨어지는 경우가 발생한 것이다.

2. 제안한 알고리즘 결과 및 분석

제안하는 상관계수 기반의 분할검사 방법을 평가하기 위하여 실제와 유사한 영상을 생성하여 가상실험을 하였다. 그 실험을 통해 검증된 방법을 실제 반도체 패키지 영상에 적용하여 검사 가능여부를 확인하였다. 가상실험에서는 노이즈에 대해 어떠한 변화가 있는지 관찰하기 위해 실험 영상에 Gaussian noise의 SNR(Signal-to-Noise Ratio)을 10에서 30까지 변화를 주었다. 노이즈를 첨가하는 방법은 SNR 10에서 30까지 1씩 증가 시켰으며 각각의 SNR로 이미지에 30번씩 노이즈를 적용하였다. 그리고 그 이미지들로 얻어진 여러 가지 실험에 대한 상관계수 값의 평균, 표준편차로 실험 데이터를 분석하였다. 그림 6은 실험에서 사용한 기준 영상과 기본 정상 영상 그리고 조명 불균일의 생성을 위해 생성한 불균일 영상을 보여주고 있다.

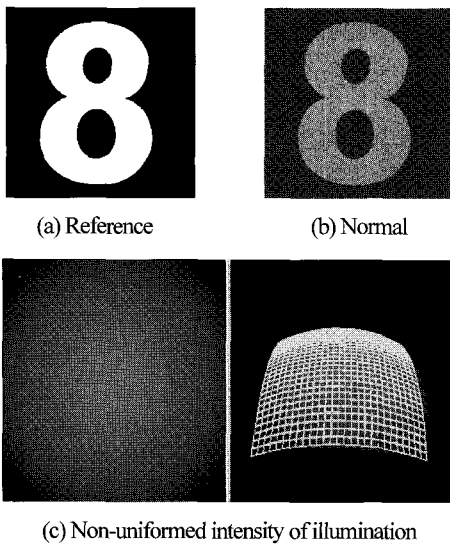


그림 6. 실험에 사용된 이미지.

Fig. 6. Experiment image.

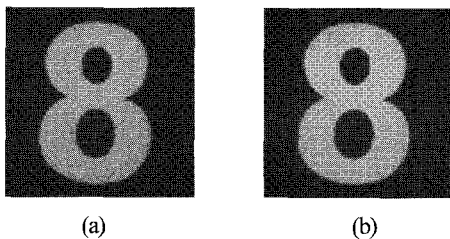


그림 7. 기존 방법 실험에 사용한 이미지.

Fig. 7. Experiment image of previous method. (a) Blur×2+ Non-uniformed intensity of illumination (max10), (b) Blur×2+ Non-uniformed intensity of illumination (max20).

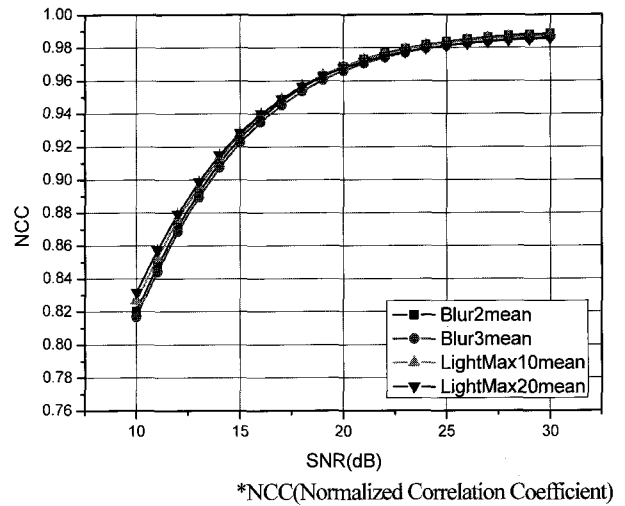


그림 8. 기존방법 정상영상 검사 결과.

Fig. 8. Inspection using previous method.

제안한 방법을 검증하기 위한 실험내용을 소개하기에 앞서 기존 검사 방법이 어떤 문제점을 갖고 있었는지 언급한다. 기존 검사 방법의 가장 큰 문제점은 불량률의 정도가 작을 경우 불량을 검출하지 못한다는 점에 있다. 그 문제에 대한 실험을 수행 하였고 결과를 위에서 보이고 있다. 위의 그림은 정상에 가까운 이미지들이다. 사실성을 강조하기 위해 3×3 크기의 structuring element를 사용한 평균필터를 2~3번 적용하여 Blur효과를 주었다. Blur2, Blur3는 각각 평균필터를 적용한 횟수를 말한다. 조명 불균일이 최대 10, 20이 있는 이미지도 사용하였다 해당 영상은 그림 7에서 보이고 있다.

그림 8에서의 LightMax10는 최대 10을 갖는 조명 불균일이 추가된 이미지의 상관계수 분포를 나타낸다. 가장 먼저 정상 영상을 기존 상관 계수법으로 검사하여 얻은 결과를 분석하여 정상 영상에 대해 어떠한 분포를 갖는지 분석 하였고, 기존 방법에서 검출이 어려운 이미지를 검사하여 얻은 결과의 분포를 조사하였다. 그림 8은 정상 영상을 검사하여 얻은 상관계수들의 분포를 보이고 있다.

정상 영상의 검사결과 분포를 보면 상관계수 값이 노이즈가 가장 적은 SNR 30에서 0.98~0.99 사이의 값을 갖는 것을 알 수 있다. 노이즈가 증가하면서 불량별로 조금씩 상관계수가 변화하지만 차이를 분간하기가 어렵다. 그리고 조명 불균일이 있는 영상과 그렇지 않은 영상의 결과 차이가 없는 것으로 나타나 문자 한 개의 좁은 영역에 대해 검사하는 경우에는 조명 불균일을 크게 고려하지 않아도 될 것으로 관찰하였다.

다음으로 불량 영상에 대해 기존 방법의 검사 결과를 보인다. 불량으로 사용한 영상은 굵힘, 깨짐, 문자 일부가 잘려나간 경우의 영상을 사용하여 분석하였다. 그림 9는 불량영상으로 사용한 영상을 보이고 있다. 그림 9(a), (b), (c), (d)를 각각 그림 10에서는 Blur2Scratch, Blur2Broken, Cut7, Normal로 나타내고 있으며, 그림 7에서 나타낸 정상영상 Blur3의 데이터와 불량영상의 상관계수 분포를 함께 보이고 있다.

그림 10번에서 의미하는 것이 바로 기존 검사 방법의 문제라고 할 수 있다. 정상 영상의 검사 결과와 불량영상의 검사

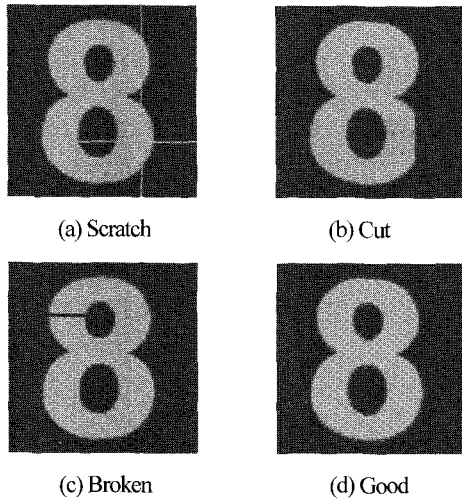


그림 9. 불량 영상과 정상 영상.
Fig. 9. Not good image and good image.

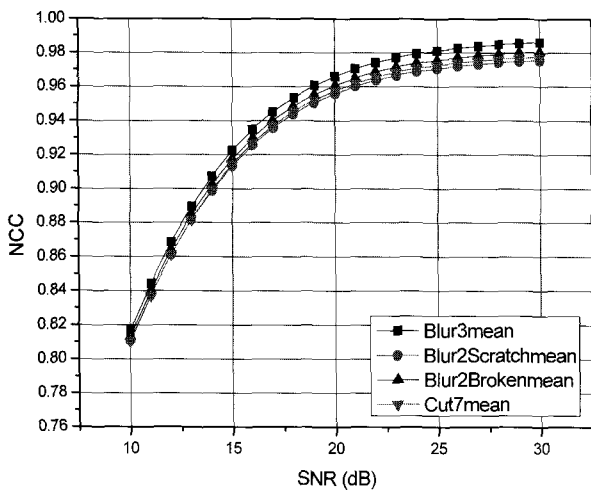


그림 10. 기존 방법 불량영상 검사 결과.
Fig. 10. Not good image inspection using previous method.

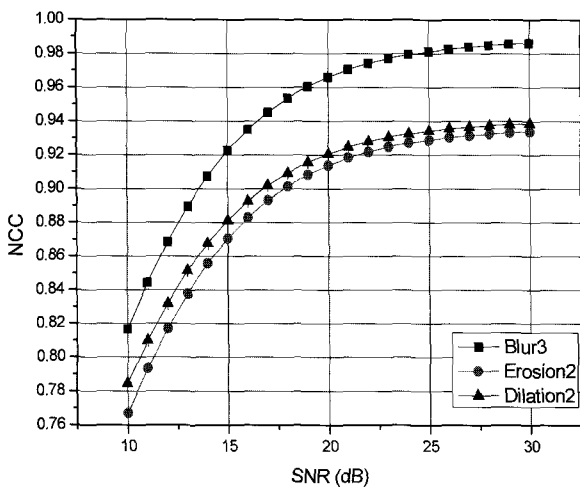


그림 11. 기존방법을 이용한 두께변화 검사 결과.
Fig. 11. Inspection result using previous method width various thickness.

결과를 구분하기가 어렵다는 것이다.

결과데이터를 분석해 보면 정상영상의 데이터를 나타내는 Blur3 Mean의 값과 다른 불량 영상의 NCC값을 비교 해보면 가장 큰 차가 0.01009이다. 이러한 상황에서 사용자가 매뉴얼 조작을 통해 불량 및 정상을 검사하기란 굉장히 어려운 것이 사실이다. 이러한 문제로 본 논문에서는 문제점 개선을 위한 방법을 제안하고 있으며, 다음의 실험 방법과 결과로 그 방법을 검증하였다.

개선 방법을 검증하기 위해 수행한 실험은, 첫 번째, 대상의 두께 변화에 따른 상관계수 변화를 관찰하였다. 이 실험에서는 두께 변화를 위해 형태학(morphology) 방법의 팽창(dilation), 침식(erosion)을 이용하여 영상을 생성하였고 연산을 위한 structuring element는 3×3 크기 사각형으로 하였다. 팽창, 침식의 횟수는 2회로 제한하였다. 그림 12는 두께변화에 대한 변화 관찰 실험에서 사용한 이미지를 보이고 있다. 그림 11은 팽창 2번을 적용한 이미지와 침식을 2번을 적용한 이미지, 그리고 앞서서도 비교 대상으로 사용한 Blur3의 정상 데이터를 비교한 분포 그래프이다.

위의 분포 그래프에서 의미하는 것은 기존의 상관 계수 방법으로도 두께 변화에 대해서는 민감하게 불량을 검출하고 있다는 것이다. 두께 불량을 나타내는 Splash 불량은 제안하는 방법 중 1차 검사 단계에서 불량 검출이 가능함을 확인하였다.

두 번째, 마크불량의 형태 중 가장 많은 부분을 차지하는 일부가 잘려나간 문자(cut), 표면에 긁힘이 있는 문자(scratch), 깨진 문자(broken) 등에 대한 결과를 각각 분석해 보았다. 먼저 일부가 잘려나간 형태의 불량 문자의 실험 결과를 설명한다. 실험에 사용한 영상은 그림 9(b)와 그림9(d)에서 보이고 있다. 생성한 Cut 불량은 7pixel 두께를 갖는 불량이다. 그래프에서는 Cut7으로 표기하고 있다. 먼저 기존 방법으로 일부가 잘려나간 문자에 대해 민감하게 검출하는지 알기 위해 기존 방법으로 검사한 결과를 분석하였다.

실험결과 정상문자와 불량마크의 SNR 20기준 NCC값 차이가 0.00842로 좋지 않은 결과를 보였다.

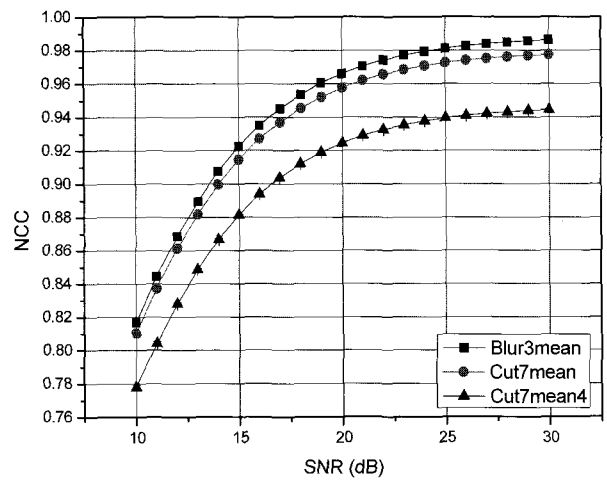


그림 12. Cut 불량영상 검사결과 비교 분포.
Fig. 12. Compare distribution of inspection about cut inferior image.

표 6. Cut 불량 문자 검사결과-NCC 수치비교표.

Table 6. Inspection result of NCC value.

SNR	영상	NCC	Standard Deviation
20.0	(정상) Blur3_mean	0.966130	0.000089
	(비분할) Cut7_mean	0.957710	0.000098
	(분할) Cut7_mean	0.924540	0.000271

이런 경우 정상으로 판단하여 미검출 가능성이 높다. 제안한 분할 방법으로 이 불량영상을 다시 검사해 본 결과를 그림 12에서 보이고 있다. 그 결과 정상문자와 불량마크의 SNR 20 기준 NCC 값 차이가 0.04159로 4배로 커진 것을 확인할 수 있었다. 표 6은 결과 값을 나타내고 있다. 결과 데이터를 통해 제안한 분할방법으로 검사하면 불량과 정상 사이의 상관계수 값 차이가 확연히 증가하는 것을 볼 수 있으며, 이를 통해 미검출을 줄일 수 있음을 보였다.

다음 실험은 표면에 긁힘이 있는 불량영상 실험이다. 사용한 영상의 예는 그림 9(a)의 긁힘 영상과 그림 9(d)의 정상영상으로 보이고 있다.

긁힘 불량은 주로 날카로운 형태로 배경색보다 밝게 나타난다. 생성한 불량영상에는 가로로 2pixel 두께의 scratch가 있으며 세로로는 2pixel 두께와 1pixel 두께가 반씩 섞여있는 형태의 불량영상이다. 그림 13에서는 정상영상을 검사한 상관계수 분포와 scratch 불량영상을 기존 검사방법과 제안한 방법으로 검사한 결과를 비교 할 수 있도록 보이고 있다. 표 7은 제안한 방법과 기존 방법 결과를 통해 얻어진 NCC 수치를 SNR 20 기준으로 비교하고 있다.

그림 13의 결과를 보면 기존 방법에 비교하여 NCC 값의

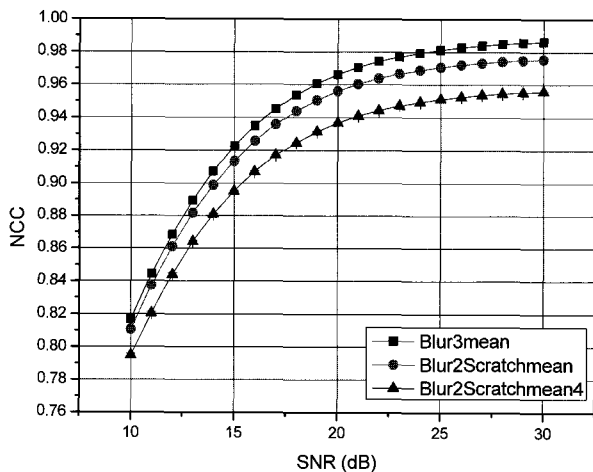


그림 13. Scratch 불량영상의 검사결과 비교.

Fig. 13. Inspection result about scratch inferior image.

표 7. Scratch 불량 검사결과-NCC 수치비교표.

Table 7. Scratch inspection result of NCC value.

SNR	영상	NCC	Standard Deviation
20.0	(정상) Blur3_mean	0.96613	0.000089
	(비분할) Scratch_mean	0.95604	0.000124
	(분할) Scratch_mean	0.93682	0.000272

차이가 크게 나는 것을 볼 수 있으며, 표 7의 수치 비교표를 통해 기존 방법으로 검사 했을 때에는 정상수치와 0.01009의 작은 차이를 보였지만 제안한 분할검사의 결과에서는 0.02931의 3배에 가까운 차이를 내면서 미검출 감소에 좋은 결과를 줄 수 있는 것을 보였다. 그래프에서 표기한 Blur3 mean, Blur2 Scratch mean, Blur2 Scratch mean4는 각각 평균필터를 3번 처리한 정상영상 결과, Blur2Scratch mean은 평균필터를 2번 처리한 스크래치를 갖는 불량영상의 결과 Blur2 scratch mean4는 평균필터를 2번 처리한 스크래치를 갖는 불량영상에 대한 영역분할 검사의 결과를 말한다.

다음 실험에서 비교한 불량영상은 문자의 중간 부분이 깨진(broken) 영상에 대한 비교 분석실험 이다. 문자의 중간이 깨진 모양으로 생성되는 Broken 불량은 주로 마크 생성 시 프린팅 오류로 발생한다. 주로 배경색과 비슷한 밝기로 나타난다. 그림 9(c)은 실험에 사용한 영상을 보이고 있으며, 그림 14, 표 8은 cut, scratch 불량 검사에 대해 적용한 방법과 동일하게 분석하여 결과를 나타낸 것이다.

그림 14와 표 8에서 보여주고 있는 데이터들을 바탕으로 Broken 불량에 대해서도 동일하게 분할 방법이 효과적으로 불량을 검출할 수 있다는 것을 볼 수 있다.

세 번째, 일부가 잘려나간 문자(cut), 표면에 긁힘이 있는 문자(scratch), 깨진 문자(broken)에서 불량 위치, 불량의 두께의 변화에 따라 어떠한 분포를 갖는지 실험하였다. 이를 위해 여러 가지 이미지를 생성하여 실험 하였다.

그림 15에서는 이 실험에서 사용된 여러 영상 중 일부를 보여준다.

실험을 위해 생성한 이미지 1개당 불량의 개수를 1~3개로

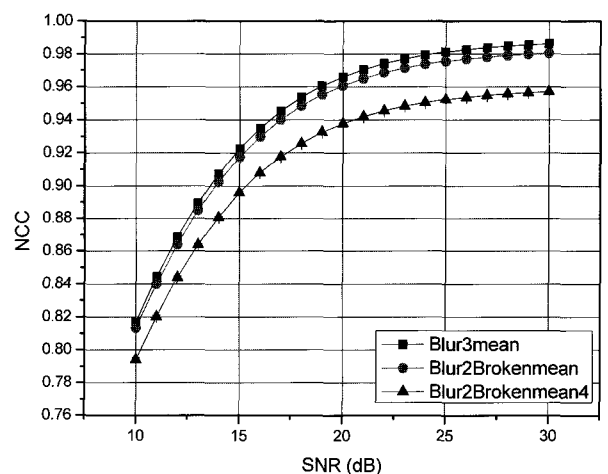


그림 14. Broken 불량영상의 검사결과 비교.

Fig. 14. Compare result of inspection about broken inferior image.

표 8. Broken 불량 검사결과-NCC 수치비교표.

Table 8. Broken inspection result of NCC value.

SNR	영상	NCC	Standard Deviation
20.0	(정상) Blur3_mean	0.966130	0.000089
	(비분할) Broken_mean	0.960730	0.000092
	(분할) Broken_mean	0.937950	0.000211

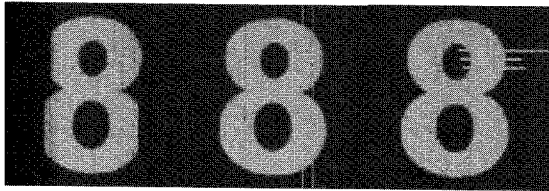
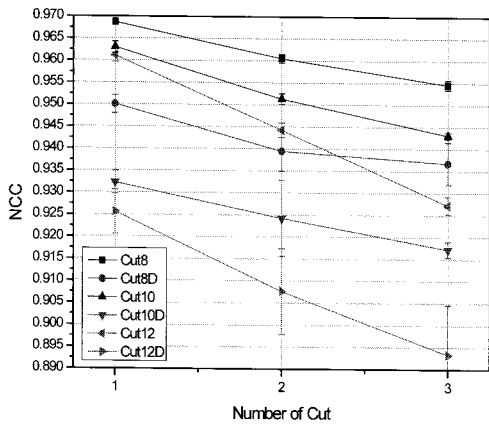
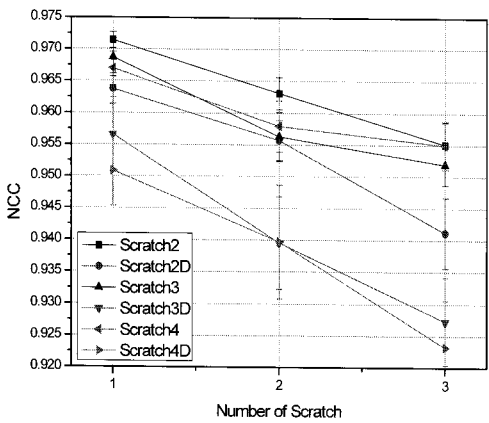


그림 15. 불량 위치와 크기에 따른 변화 관찰을 위해 사용한 영상들의 예.

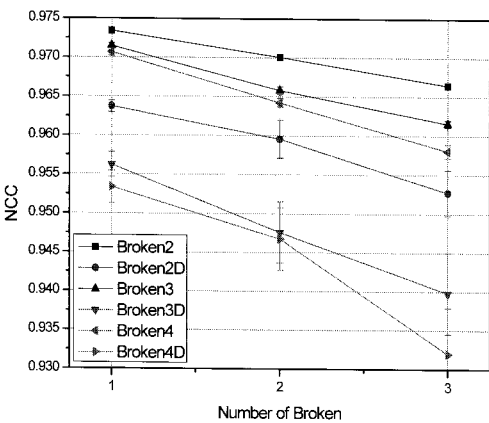
Fig. 15. Example image of error position and size.



(a) Case of cut



(b) Case of scratch



(c) Case of broken

그림 16. 불량 위치, 크기 변화에 대한 결과 그래프.

Fig. 16. Experiment result graph about error position and size.

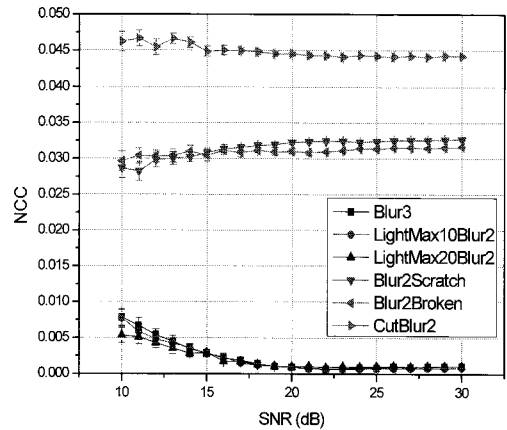


그림 17. 제안방법의 상관계수 최대값과 최소값의 차.

Fig. 17. Difference maximum of minimum correlation coefficient value.

제한하였고 불량 위치와 크기에 따라 다른 위치에 불량을 추가한 각각 20개의 영상을 추가로 만들어 실험하였다.

그림 16은 실험 결과데이터의 분포를 나타내고 있다. 결과 그래프를 보면 항목 이름의 끝에 'D'를 표시한 항목은 분할 방법을 적용한 결과데이터 분포이고 그렇지 않은 항목은 비분할 방법으로 검사한 결과 데이터의 분포이다. 노이즈는 SNR 22로 고정하였다. 그래프를 통해 여러 가지의 불량 반도체 패키지의 형태, 위치를 변화시키더라도 불량과 정상의 구분을 유지하는 것을 확인하였다. 이 결과를 통해 제안한 방법은 불량 반도체 패키지의 여러 위치와 크기에 있어서도 강한 검출력을 가지고 있다고 말할 수 있다.

네 번째로 수행한 실험은 그림 4에서 보였던 제안한 방법의 마지막 단계에서 수행하는 분할 방식으로 얻어진 네 개 영역에 대한 네 개의 상관계수 중 최대값과 최소값의 차이를 이용한 불량검출 부분에 대한 실험이다. 이 실험은 정상 영상을 분할방법으로 검사하였을 때의 최대값과 최소값의 차, 그리고 불량 영상을 구했을 때의 최대값과 최소값의 차를 분석하여 결과를 그림 17에서 보였다.

위의 결과를 통해 1차 검사 후 분할 상관계수 방법을 통해 얻은 최대값과 최소값의 차가 불량분별의 지표가 될 수 있음을 보였다. 이러한 방법을 통해 제안한 방법은 정확한 불량 검출을 수행하게 된다. 만약 분할영역 전 영역에 걸쳐 불량이 있을 경우에는 최대값과 최소값의 차가 작아지겠지만 전체적인 매칭율이 감소하기 때문에 그럴 경우에는 1차 검사 시 불량으로 분별이 가능하다.

이러한 방법을 통해 제안한 방법은 정확한 불량 검출을 수행하게 된다. 만약 분할영역 전 영역에 걸쳐 불량이 있을 경우에는 최대값과 최소값의 차가 작아지겠지만 전체적인 매칭율이 감소하기 때문에 1차 검사 시 불량으로 분별이 가능하다.

마지막으로 수행한 실험은 실제 반도체 패키지의 영상을 이용하여 제안한 방법을 적용하여 결과를 분석하였다. 기준 영상은 영상을 이진화 하여 가장 매칭이 잘 되어진 영상으로 정하였다. 그림 18과, 그림 19는 실제 반도체 패키지의 문자 영상과 실험에 적용할 불량 반도체 패키지의 영상이다. 불량



그림 18. 실제 반도체 패키지 상의 불량 마크의 예.
Fig. 18. Example image of real inferior mark on IC package.

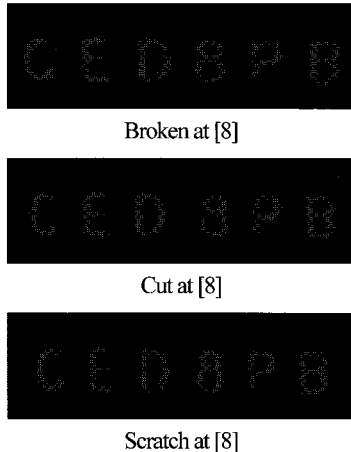


그림 19. 실제 이미지 적용 실험에 사용한 이미지.
Fig. 19. Experiment image.

표 9. 실험 결과 데이터.

Table 9. Result data of experiment.

테 스 트 이 미 지	Broken (기존 방법 결과)		Broken (제안 방법 결과)	
	B	0.977619	0.999048	0.998857
1	0.977346	0.999412	0.999456	0.977636
P	0.978367	0.999280	0.948220	0.993780
D	0.985322	0.999452	0.999383	0.999918
E	0.974849	0.999317	0.999062	0.922709
5	0.973992	0.998800	0.910240	0.998755
C	0.976427	0.999443	0.997181	0.998672
8	0.979166	0.999411	0.999331	0.978667

테 스 트 이 미 지	Cut (기존 방법 결과)		Cut (제안 방법 결과)	
	B	0.984192	0.946907	0.998000
1	0.982002	0.993241	0.999456	0.997710
P	0.987364	0.999363	0.999438	0.993288
D	0.972634	0.943768	0.983583	0.999416
E	0.982914	0.999386	0.963106	0.998556
5	0.973283	0.999403	0.999253	0.981537
C	0.965672	0.999484	0.841938	0.999223
8	0.972272	0.983062	0.995470	0.969178

테 스 트 이 미 지	Scratch (기존 방법 결과)		Scratch (제안 방법 결과)	
	B	0.970526	0.999414	0.999454
1	0.977133	0.999373	0.999903	0.994508
P	0.981842	0.999469	0.956233	0.983701
D	0.979272	0.991485	0.999392	0.976104
E	0.977994	0.980671	0.999092	0.994006
5	0.977358	0.993165	0.971980	0.998737
C	0.980799	0.972432	0.960526	0.999223
8	0.973523	0.964980	0.966534	0.975785

반도체 패키지의 영상을 이용하여 각 문자별로 cut, broken, scratch 검사를 수행하여 얻은 데이터를 표 9에서 보이고 있다.

실험을 통해 제안한 방법이 실제 마크를 검사할 때에도 적용 가능하며 불량 마크 미검출을 크게 개선할 수 있을 것으로 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 반도체 패키지 외관 검사 장비의 Lead Frame 검사를 위한 최적 광학 시스템과 표면 및 마크 검사에 서의 미검출을 줄일 수 있는 검사 알고리즘을 제안하였다.

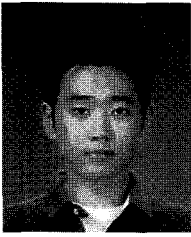
광학 시스템은 다양한 검사 항목에 모두 검출이 가능하도록 동축 평행광 조명과 측사 사각 조명을 사용하였다. 그 결과 기존의 광학 시스템 보다 균일도 및 취득 영상 데이터의 정확성이 향상 된 영상이 취득되었다.

표면 마크검사 시 제안한 방법은 검사영역을 분할하고 각각의 분할 영역에 대해 상관계수 방법을 적용하여 얻어진 데이터를 분석하여 검사를 수행하였다. 실험결과 기존방법을 적용하여 불량검출이 되지 않은 불량문자에 분할방법을 적용하였을 때 90% 이상 불량검출을 하여 미검출을 성공적으로 낮출 수 있음을 확인하였다. 또한 불량 위치나 크기에 대하여 변화를 주어 적용하였을 때에도 불량 판별력을 유지하는 것을 확인 하였으며, 제안한 분할 방법을 적용하여 분할영역 각각에서 얻어진 상관계수 중 최대값, 최소값의 차의 크기를 이용하면 보다 정확한 불량과 정상의 정확한 판별이 가능함을 보였다.

빠른 검사시간과 불량 유무의 판단뿐 아니라 불량 종류도 파악할 수 있는 기술개발을 위해 추후 연구를 계획 중 이다.

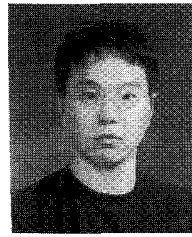
참고문헌

- [1] B. C. Jiang, S. L. Tasi, and C. C. Wang "Machine vision-based gray relational theory applied to IC marking inspection," *IEEE Transactions on Semi conductor Manufacturing*, vol. 15, no. 4, 2002.
- [2] 노영동, 주효남, 김준식, "반도체소자의 고속 마킹 검사를 위한 Vision System 개발," *공업기술연구 논문집*, 제 24 집, pp. 1-27, 2005. 12.
- [3] K. Taniguchi, K. Ueta, and S. Tatsumi, "A detection method for irregular lightness variation of low contrast," *IEEE international Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 6401-6406, 2004.
- [4] I. Takashi, "Recognition processor and storage medium for recognition processing applied for the same device," *Patent of Japan*, no. 09098197, Omron Corp. 1997. 3.
- [5] I. Takashi, "Inspection device and inspection method," *Patent of Japan*, no. 06150947, Omron Corp. 1994. 7.
- [6] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd edition, pp. 702-704, 2001.
- [7] S. Kaneko, Y. Satoh, and S. Igarashi, "Using selection correlation coefficient for robust image registration," *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 1165-1173, 2003.
- [8] J. L. Rodgers and W. A. Nicewander, "Thirteen ways to look at the correlation coefficient," *The American Statistician*, vol. 42, no. 1, pp. 59-66, 1988.
- [9] N. Otsu, "A threshold selection method form gray-level histogram," *IEEE Trans, System, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.



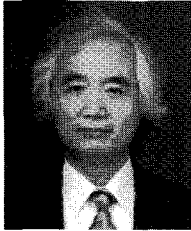
이정섭

1982년 6월 29일생. 2007년 호서대학교 정보제어학과(공학사). 2007년~현재 호서대학교 대학원 디지털디스플레이공학과 석사과정 재학중. 관심분야는 패턴 인식, 반도체/디스플레이장비개발.



권오민

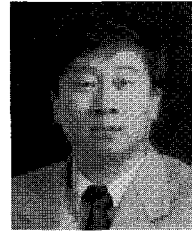
1981년 11월 5일생. 2007년 호서대학교 전자공학과(공학사). 2007년~현재 호서대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중. 관심분야는 조명 설계, 광학 시스템, 반도체/디스플레이장비개발.



주호남

1953년 8월 2일생. 1976년 서울대학교 전기공학(공학사). 1976년~1982년 국방과학연구소(선임연구원). 1985년 Virginia Polytechnic Institute & State Univ. VA, USA 전기전자공학(공학석사). 1985년~1987년 Machine Vision International(선임연구원).

1990년~1996년 The Boeing Company(Principal Engineer). 1991년 Univ. of Washington 전기전자공학(공학박사). 1996년~2000년 삼성전자 생산기술센터 자동화연구소(연구소장). 2000년~2002년 (주)넥스트아이 연구개발 부문(사장). 2002년~현재 호서대학교 디스플레이공학과 교수. 2003년~2007년 호서대학교 반도체 제조장비 국산화 연구센터(소장). 최근 연구과제로는 반도체 소자의 결함 검사를 위한 Vision Inspection Module 개발, FPD종합 구동 검사용 Vision Inspection Module 개발, LCD 핵심 부품용 검사장비 개발.



김준식

1963년 4월 8일생. 1987년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업. 1989년 2월 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1993년 8월 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1993년 9월~1994년 2월 서강대학교 부설산업기술연구소 박사후연구원. 1994년 3월~현재 호서대학교 전자공학과 교수. 2007년 1월~2008년 2월 Southern Oregon University 방문교수. 관심분야는 digital image processing, machine vision, 영상 압축, 반도체/디스플레이 검사장비 등.



류근호

1971년 1월 30일생. 1994년 KAIST 기계공학과(공학사). 1996년 동 대학원(공학석사). 2001년 동 대학원(공학박사). 1998년~2003년 미래산업. 2003년~2005년 파인디앤씨. 2005년~현재 호서대학교 로봇공학과 교수. 관심분야는 모터의 잔류진동 제어, 온도 제어, 생체신호처리, 반도체/디스플레이

장비 개발.