

SOP형 IC의 고 정밀 외관검사 시스템 구현

Realization of a High Precision Inspection System for the SOP Types of ICs

김 태 효*

Tae Hyo Kim*

요 약

반도체 IC의 소형화와 고 밀도화에 따르는 소자의 외관적 불량률 육안으로 식별하는 것이 거의 불가능하며, 불량률도 다양하여 고 정밀 비전시스템의 도입이 필수적인 제조공정으로 자리매김 되고 있다. 특히 리드의 뒹 상태검사는 영상처리 알고리즘의 구현이 어려운 점이 있다. 따라서 본 논문에서는 칩의 면적이 1cm×0.5cm인 SOP형 IC의 불량을 검출하는 외관검사 시스템을 구현하고, 그 성능을 평가하고자 한다. 여러 가지 항목을 최적으로 검사하기 위하여 기하적 길이, 간격, 각도, 명도 및 위치보정 등을 이론적으로 전개하였고, 시스템 구성을 위해 인터페이스 회로를 설계하여 Handler와 결합하였다. 그 결과 초당 2개의 IC를 검사하고, 화소 당 20 μ m의 분해능을 가지는 계측 정밀도를 확인하였다.

Abstract

Owing to small sizes and high density to the semiconductor IC, it is difficult to discriminate the defects of ICs by human eyes. High precision inspection system with computer vision is essentially established for the manufacturing process due to the variety of defective parts. Especially it is difficult to implement the algorithm for the coplanarity of IC leads. Therefore in this paper, the inspection system which can detect the defects of the SOP types of ICs having 1cm×0.5cm of the chip size is implemented and evaluated its performance. In order to optimally detect various items, some principles of geometry are theoretically presented ; length measurement, pitch measurement, angle measurement, brightness of image and correction of position. The interface circuit is designed for implementation of inspection system and connected the HANDLER. In the result, the system could detect two ICs' defects per second and confirmed the resolution of 20 μ m per pixel

Key words : inspection, lead measurement, pitch measurement, angle measurement, inspection of character, inspection of molding part, detection of defects

I. 서 론

반도체 및 전자부품 산업에서 표면실장기술의 진보, 보급으로 부품의 미세화, 고밀도화가 요구되어 인간의 육안 검사에 의존하던 공정의 신뢰성이 저하되어 외관검사의 필요성이 높아지고 있다[1]-[3]. 특히 반도체 IC는 컴퓨터 산업 및 전자 산업의 원동력이 되는 핵심소자로 자리매김 되어왔다.

최근 고밀도화, 고집적화, 소형화되어 가면서 IC의 형이 SOP, QFP 및 BGA형으로 점차 변해 가고 있다[1][4]. 이러한 양상에 따라 그 품질의 양부 판정을 과거에는 육안 검사에 의존하였으나, 인간의 시각이 한계에 이르렀고 이를 검사하기 위해서는 정밀형의 비전검사가 불가피하게 되었다. IC의 외관검사에는 몰딩부의 마킹 검사, 핀 검사 및 정밀한 검사를 위한 IC의 위치 정렬과정이 필요하다. 이들 검사항목에 필요한 알고리즘들이 각각 이미 개발되었거나 연구되고 있다[5][6]. 그러나 알고리즘이 정밀하더라도 산업 응용에서 그 처리시간이 길어지면 이용 가치가 없게 된다.

따라서 본 논문에서는, IC의 외관검사에 필요한 항목별 계산 및 판정의 원리를 설명하고, 리드의 뒹 상태를 최적

*경남대학교 정보통신공학부

접수 일자 : 2003. 9. 29 수정 완료 : 2004. 4. 19

논문 번호 : 2003-4-11

으로 검사하기 위한 알고리즘을 제안하고, 초소형 SOP형 IC의 외관검사를 실시간으로 처리하기 위한 시스템을 구현하여, 각 검사항목의 정밀도를 미리 등록한 검사기준과 비교하여 그 허용범위를 벗어나는 불량품 판정을 실제 구성한 시스템에 적용하여 그 성능을 확인하고자 한다.

II. 패턴정합 알고리즘

2.1 형판정합(template matching)

형판정합은 기지의 형상, 크기 및 자세를 가진 물체를 영상 중에서 검출하는데 이용되고 있으며, 직접적이고 효과적인 방법으로 알려져 있다. 이는 원하는 물체와 정합되는 부분영상인 필터마스크를 입력되는 영상과 컨볼루션 처리로 검출하게 된다. 이 마스크가 영상의 물체 위치와 일치할 때 컨볼루션 결과는 피크치의 크기를 가지게 되며, 원하는 물체의 존재 및 위치가 피크치 검출에 의해 결정된다. 이때의 필요한 조건은 잘 정의된 형상의 물체에 한정시키는 경우를 생각한다. 만일, 물체의 크기, 자세가 미지인 경우나 물체의 영상이 다른 각도를 가진 경우 또는 조명상태의 변화에 따른 예기치 못한 그림자 및 부분적으로 불가시 영역이 생긴 경우 등은 적용하기가 곤란한 단점이 있다[8][9]. 그러나 위 조건들을 만족한다는 가정 하에서 이를 적용한다. 주어진 일반적 형태인 명암화상, 즉 $I = \{I(x,y); 0 \leq x < X, 0 \leq y < Y\}$ 에 대하여 이 화상내에 대상물체가 존재한다고 가정하고, 식 (1)과 같이 하나의 필터 마스크를 정의한다.

$$M_i = M(X_i; Y_i), \quad 1 \leq i \leq N \quad (1)$$

마스크의 크기 $N \times N$ 은 대상 물체의 사각형 영역에 대응한다. 기본적 정합 필터링은 식 (1)과 같이 입력화상의 모든 화소에 대하여, 하나의 형판화상과의 상호상관으로 표현할 수 있다. 상호상관 계산에 의해 형판화상 모델과의 유사도를 구하기 위해 좌표(U, V)를 기점으로 하는 N개의 데이터가 되는 부분화상을 식 (2)와 같이 표현하면,

$$I_i = I(U + X_i, V + Y_i) \quad (2)$$

이때 연산수가 마스크의 크기에 비례하므로 형판화상의 크기가 크게 되면 상호상관의 계산시간이 증가하게 된다. 실제로 불균일한 조명이 조사되었다고 가정하면 국부적 반사광의 레벨과 범위에 대하여 각 화소에서 화상의 상호상관은 식 (3)과 같이 규준화할 필요가 있다.

$$R(U, V) = \frac{(\sum I_i M_i - \sum I_i \sum M_i)}{\sqrt{[\sum I_i^2 - (\sum I_i)^2][\sum M_i^2 - (\sum M_i)^2]}} \quad (3)$$

여기서, R의 값은 항상 1에서 -1까지의 값을 취하게 된다. R=1이 되면 모델과 입력 화상 간에는 식 (4)를 만족하는 a와 b가 존재한다.

$$I_i = aM_i + b \quad (a > 0) \quad (4)$$

모델과 입력화상이 완전 일치하면 정규화 상관계수는 1이 된다($a=1, b=0$). 만일 모델과 화상에 오프셋($b \neq 0$)이 존재할 때도 정규화상관계수는 1이 된다. 이러한 조건은 조명의 변화가 있는 경우라도 정합이 가능하게 된다. 흑백화상의 패턴정합에 의한 위치데이터, 유사도에 대한 2가지의 데이터를 얻을 수 있으므로 위치결정 및 불량판정에 적용할 수 있다.

2.2 거리 및 각도 계측 알고리즘

영상평면상에 2개의 점 $P(x_1, y_1), Q(x_2, y_2)$ 사이의 거리 \overline{PQ} 는 식 (5)와 같고,

$$\overline{PQ} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (5)$$

2개의 직선이 교차하는 각도계산은 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| |\vec{B}|} = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2}} \quad (6)$$

여기서, $\vec{A} = (a_1, a_2) = (x_1 - x_2, y_1 - y_2)$, $\vec{B} = (b_1, b_2) = (x_3 - x_2, y_3 - y_2)$ 이다.

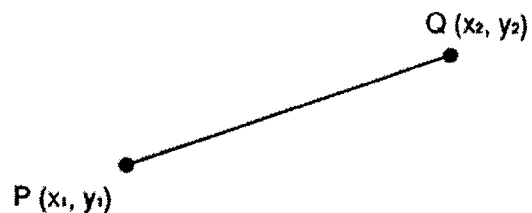


그림 1. 2 점간의 길이계측.

Fig. 1. Measurement of length between 2 points.

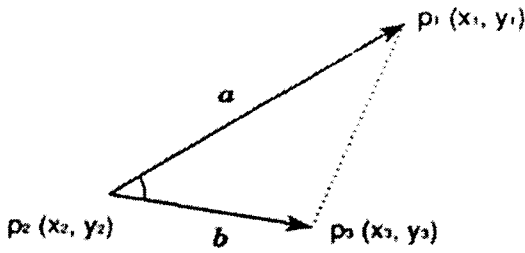


그림 2. 2 직선의 교각 계측.

Fig. 2. Measurement of crosssection angle between two lines.

한편, 한 점 $P_3(x_2, y_2)$ 에서 1개의 직선 $\overline{P_1P_2}$ 에 내린 수직선의 길이 h 는 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$h = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - \left[\frac{a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} + \frac{b_1 b_2}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} \right]^2} \quad (7)$$

여기서, $a_1 = x_1 - x_0$, $a_2 = y_1 - y_0$, $b_1 = x_2 - x_0$, $b_2 = y_2 - y_0$ 이다. 이를 그림 3에 보였다.

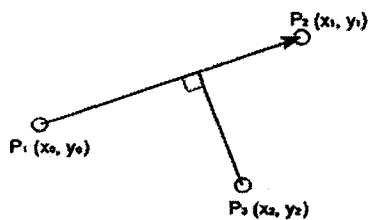


그림 3. 수직선의 높이 계측.

Fig. 3. Height measurement of orthogonal line.

2.3 명도 검사

검사 대상영역 내의 밝은 부분, 어두운 부분, 중간밝기 부분 및 변화 부분의 기울기의 크기 등을 추출하여 검사 대상의 최대 사이즈(면적, 종·횡방향의 길이 등)에 허용치를 설정하고, 입력되는 영상에서 이를 초과하는지의 여부를 판정할 수 있다. 추출한 조사 영역의 총 면적을 기준으로 판정할 수도 있고, 추출한 조사 영역의 개수를 기준으로 그림 4와 같이 그 범위를 선택하여 검사할 수 있다[7][8]. 검출 가능한 사이즈는 가로 및 세로로 3화소의 크기이며, 시야 크기의 1/160~1/170 정도이다. IC 패키지의 결합검출, 광 관련 부품의 흠집검출 패턴부분의 상처 및 이물질 검출 등에 응용할 수 있다.

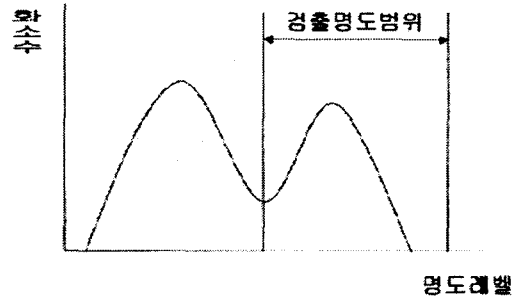


그림 4. 2치화 처리.

Fig. 4. Thresholding for binary processing.

2.4 문자 영역 검사

문자패턴의 품질을 검사하는 것으로서 패턴검사, 명도 검사의 원리를 조합하여 검사할 수 있다[10][11]. 그림 5와 같이 문자모델로서 F를 검사한다고 가정하면, 우선 전체를 둘러싸고 있는 영역을 모델로 하는 패턴을 검사한다.

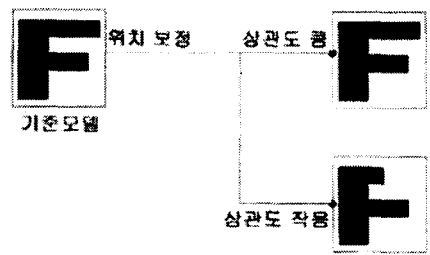


그림 5. 문자의 상관도 정합.

Fig. 5. Correlation matching for characters.

세밀한 부분의 흠집을 검출할 때에는 문자부의 검사와 배경부의 검사를 조합하여 검사한다.

2.5 위치 및 회전성분 보정

검사할 대상물의 위치는 항상 일정한 위치로 입력될 수 없다. 위치가 어긋나면 검사할 영역에서 대상물을 바르게 판단할 수 없게 된다. 등록된 모델을 입력화상과 비교하여 가로, 세로 및 회전량을 보정한 후에 검사를 하게 된다. 그림 6과 같이 대상물의 위치 및 회전성분을 보정하는 기능이 필요하다[12][13]. 이 방법은 대상물의 2곳 이상의 특정부분을 위치 결정용으로 등록하고 검사를 할 때 등록된 모델을 입력화상과 비교하여 가로, 세로 및 회전량을 보정한 후에 검사를 한다.

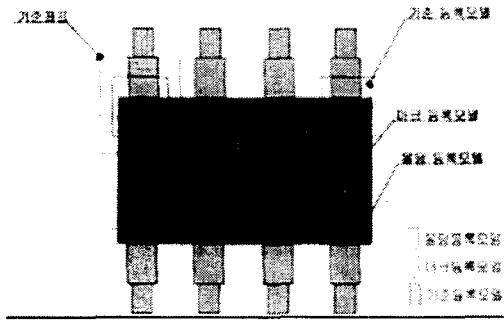


그림 6. 위치 및 회전보정 등록의 예.

Fig. 6. Registration. example of position and rotation.

이 기능에 따라 시스템화할 때 위치를 결정하는 기구의 정밀도가 보정의 정밀성을 결정하게 된다. 이 기능을 이용해서 개개의 탐색영역을 작게 하고 처리시간을 단축시킬 수 있다. 그림 6에서 윗부분의 좌측과 우측 모서리에 표시된 작은 사각형 부분이 기준으로 등록되는 부분이며, 입력되는 IC의 위치 및 회전 보정은 이를 기준으로 비교하여 정합하게 된다[14].

III. 비전시스템 구성 및 실험

3.1 비전시스템 구성

반도체 IC의 외관검사를 실시간으로 처리하기 위하여 SOP형 IC를 대상으로 하고, 이에 대한 비전시스템의 하드웨어 부분을 그림 7과 같이 구성하였다. 그림 7의 하드웨어 장치를 제어장치에 연결하기 위한 인터페이스 장치를 그림 8과 같이 설계하여 연결하였다.

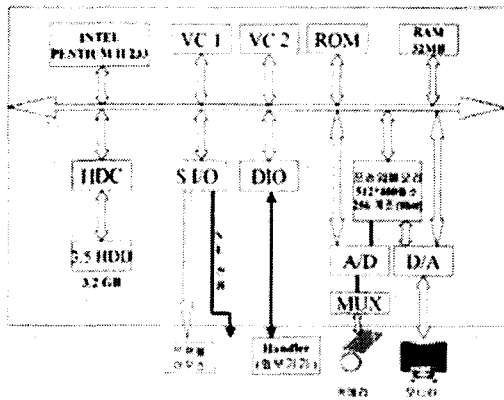


그림 7. 비전시스템 하드웨어 구성.

Fig. 7. H/W construction of vision system.

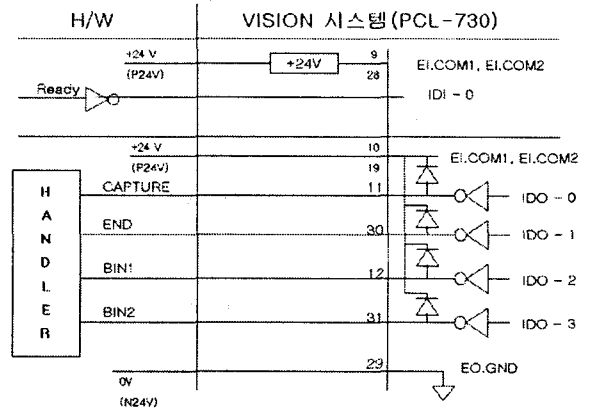


그림 8. 인터페이스 장치 구조.

Fig. 8. Interface architecture.

한편, 검사항목을 계산하기 위한 소프트웨어의 기능과 응용도별 구성을 표 1에 나타내었다.

이와 같이 비전시스템을 구성하여 CCD카메라에서 화상을 입력하고, 화상정보에 포함된 특징량을 계산하고 판단하기까지 패키지화하였다.

3.2 패턴 등록

리-드의 휨 상태의 검사는 IC를 수직 상방에서 볼 때 리-드 전체의 폭과 리-드의 휘어짐 및뒹(coplanarity) 상태를 검출한다. SOP형은 2개의 변에 리-드가 있기 때문에 각각의 변을 검사하고 전체의 폭을 검사하는 과정을 조합하게 된다.

각 변의 리-드검사는 리-드의 끝부분을 모델로 등록하고, 피치검사를 한다. 리-드의 휨 상태 검사는 인접한 리-드의 간격이 허용 범위를 벗어나는 것을 검출하게 되는데 허용 범위 내의 리-드의 끝점을 계산하여 개수가 만족되는가를 검사하고, 전체의 검사에서는 리-드의 전체 길이 및 위치 등을 거리 및 각도를 검사하기 위해 표준 패턴을 등록해 둔다. 검사시에는 입력되는 IC의 화상을 표준 패턴 화상과 비교하기 위해 IC 전체의 화상에 대한 아핀(affine)변환을 이용하여 화상을 정합한다. 표준 모델의 예는 그림 6과 같다.

3.3 IC 리-드검사

IC 리-드검사는 보통 수직 상방에서 획득한 화상으로 리-드의 상태를 검사한다. 리-드가 있는 각 변의 검사와 전체의 폭을 조합하여 검사하게 되는데 각 변의 리-드검사는 끝부분을 모델화하여 등록해 두고 피치검사를 한 후에 구부러짐 검사를 하며 이 때 인접한 리-드의 간격이 허용치를 벗어나는 경우에 불량으로 처리된다.

표1. 검사 항목 및 기능.

Table 1. Inspection items and their functions.

명 칭	기 능	용 도
패턴검사	등록한 모델과의 유사도검사, 위치 검출, 모델과의 컨트라스터 비교 등	앞,뒷면판정, 방향판정, 위치결정, 명도판정
거리, 각도 검사	등록한 여러개 모델의 상대적 위치 관계 검사	위치 어긋남 검출, 정렬, 방향틀림 검출, 길이검사 등
피치(pitch) 검사	등록한 모델의 반복적 패턴검사	리-드의 피치, 뜸 상태 검사
명도검사	등록한 영역에서의 특정한 명도변화 검사	손상부분 검출, 돌출부분 검사
마-킹검사	등록된 문자모델과의 유사도검사와 문자의 특정영역의 명도검사 등	레이저 마-킹 또는 실크인쇄 문자의 검사
위치/회전 검사	검사영역을위치적/회전 보정	위치/회전성분의 어긋남 보정

리-드의 길이를 검사에서 임의의 리-드가 아랫 쪽으로 굽은 경우 수직상방에서 볼 때 짧게 보이고, 윗 쪽으로 굽은 경우는 보다 길게 보이게 된다. 이와 같이 리-드를 검사하는 항목은 리-드의 길이, 폭, 피치, 휨 및 뜸 상태를 검사한다.

그림 9와 그림 10은 각각 리-드의 길이 및 간격을 계산하는 원리를 보이고 있다.

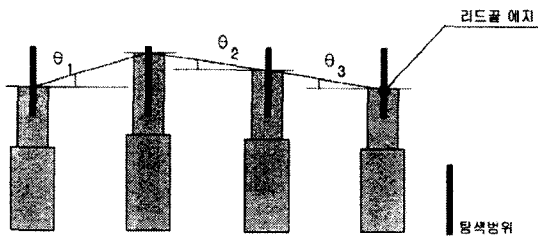


그림 9. 리-드 길이 검사.

Fig. 9. Inspection of lead length.

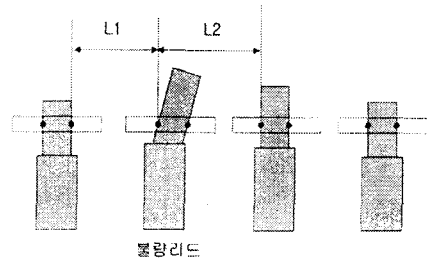


그림 10. 리-드의 간격 검사.

Fig. 10. Inspection of lead pitch.

3.4 마-킹부 검사

마-킹 부분을 영역분할하여 문자 및 숫자를 표준화하여 모델로 등록해 두고 입력되는 화상의 동일한 위치에서 상관도를 계산하여 기준 이하의 상관도를 가지는 경우에 불량으로 판정하게 된다. 그림 11은 문자부의 등록 모델과 IC의 마-킹부분을 보였으며, 검사항목은 no marking, wrong characters, scatched marking, broken marking, double marking, partial marking, 및 orientation of marking 등이다.

3.5 몰딩부 검사

IC의 몰딩부분 중에서 마-킹부분을 제외한 나머지 영역을 몰딩 부분으로 간주하여 등록된 모델과 입력되는 화상의 몰딩부분 간의 상관 성을 계산하여 오차성분이 기준치 이상이 되는 경우에 불량으로 처리한다. 그림 12는 몰딩부분의 등록 모델을 보였다.

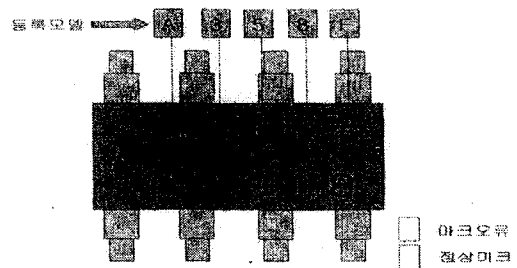


그림 11. 마-킹부 검사.

Fig. 11. Inspection regions of marking parts.

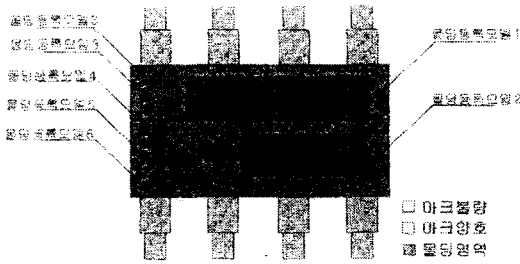


그림 12. 몰딩부의 검사영역.
Fig. 12. Inspection regions of molding parts.

3.6 실험 결과

위 과정으로 SOP형 IC를 검사하였다. 리드의 간격을 허용오차를 0.1mm로 설정하였고, 리드의 길이도 0.1mm의 허용오차를 설정하였으며, 마-킹부 및 몰딩부의 상관도는 1이 되는 경우 완전 일치상태이고, 0.7이상일 경우 정상으로 판정하였다. 아래 그림 13, 그림 14 및 그림 15는 각각 리드의 간격, 길이 및 마-킹부가 불량으로 판정된 예를 보인 것이다.

본 시스템의 검사 정밀도는 렌즈와 카메라의 배율에 대한 화소의 크기가 0.02mm로 표현될 때 실제 측정 가능한 분해능은 0.05mm까지였고, 실험에서 IC를 1개 검사를 완료하는데 걸린 시간은 0.5초 정도로서 시간당 7200개의 IC를 검사할 수 있는 시스템의 성능을 나타낼 수 있었다. 특히 본 논문에서는 IC 리드의 뒨 상태는 검사하기 어려운 항목으로서 기하적 변형의 성질을 파악하여 리드의 각도 변형에 따른 길이 변화의 대응 관계를 이용하여 불량검출에 적용하였다.

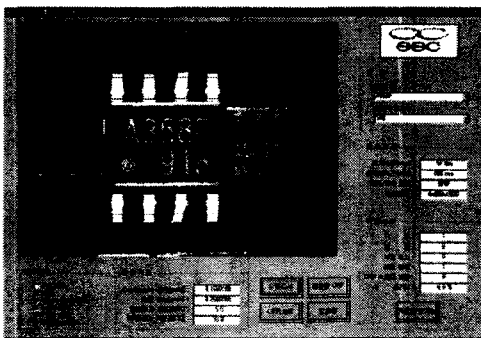


그림 13. 리드 간격 불량 예.
Fig. 13. Example of defect for lead pitch.

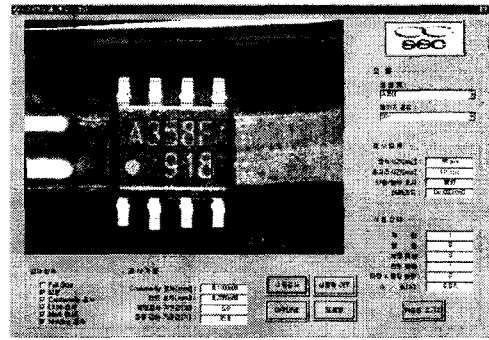


그림 14. 리드 길이 불량 예.
Fig. 14. Example of defect for lead length.

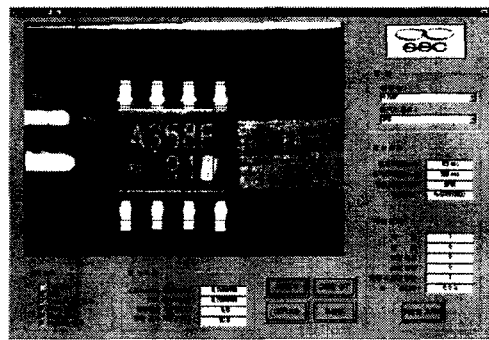


그림 15. 리드 길이 및 마-킹 불량 예.
Fig. 15. Example of defects for lead length and marking.

IV. 결 론

본 논문에서는 육안으로 불량을 판정하기 어려운 초소형 반도체 IC의 외관검사를 위한 비전시스템을 구현하여 그 성능을 시험하였다. 불량률의 검사항목을 반도체 IC의 문자부분, 몰딩부분, 핀 사이의 간격, 핀의 구부러짐 정도, 뒨 정도를 검사하는 알고리즘을 제안하였고, sub-pixel 처리를 이용하여 계측 정밀도를 10µm의 분해능을 가지는 시스템을 구현하였다. 성능시험에서 SOP형 IC를 대상으로 하여 검사에서 불량판정 결과에 걸리는 시간은 IC 한 개당 0.5초 이하로 줄일 수 있었다. IC의 핀 간격이 1mm이고, 핀 간격의 불량률은 0.1mm로 규정하고 이 범위를 벗어나는 경우에 불량으로 처리 하였다. 본 시스템으로 SOP형 IC를 시간당 7,200개를 검사할 수 있는 성능을 보였다.

참고문헌

[1] 與水 大和, "目視検査の自動化 技術", テクノシステム, pp. 5-111, 1995.
[2] Adelson E. H. and Movshon J. A., "the perception

- of coherent motion in two dimensional patterns",
ACM Workshop on Motion, Toronto, Canada, pp.
11-16, 1983.
- [3] Bamard S. T. and Thompson W. B. "Disparity
Analysis of Images", IEEE Trans. on PAMI, Vol.
PAMI-2, No.4, July pp. 333-340, 1980
- [4] Eklundh J. D., Yamamoto H. and Rosenfeld A., "A
Relaxation method for Multispectral Pixel Classifi-
cation", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 2, No. 1 Jan.,
pp.72-75, 1980
- [5] Ferdinand van der Heijden, "Image Based Measure-
ment Systems", Jhon Wiley & Sons, pp. 69-128,
1994
- [6] Jorge L. C., Sanz, "Image Technology", Springer-
Verlag, pp. 386-404, 1994
- [7] Haddon, J. and Forsyth, D. "Shape Representations
from Shading Primitives", European Conf. on Comp-
uter Vision, pp. 415-431, 1998
- [8] Haralick, R. and Shapiro, L. "Image Segmentation
Techniques", CVGIP: Image Understanding Vol, 29,
No. 1 pp.100-132, 1985
- [9] Jacobs, D., Belhumeur, P. and Basri, R., "Comparing
Images under Variable Illumination", IEEE Conf. on
Computer Vision and Pattern Recog., pp. 610-617,
1998
- [10] Jain, A. and Vailaya, A., "Shape Based Retrieval:
A Case Study with Trademark Image Databases",
Pattern Recog., Vol.32, No.9, pp. 1369-1390, 1998
- [11] Pae, S. and Ponce, J., "On Computing Structural
Changes in Evolving Surfaces and Their appear-
ance", Int. Journal of Comp. Vision Vol.43, No.2,
pp.113-131, 2001
- [12] Perona, P. and Malik, J., "Scale-space and Edge
Detection Using Anisotropic Diffusion", IEEE
Trans., Patt. Analysis Vol.12, No.7, pp.629-639,
1990
- [13] Shin, M., Goldgof, D. and Bowyer, K.,
"Comparison of Edge Detectors Using an Object
Recognition Task", IEEE Conf. on Computer Vis-
ion and Pattern Recog., pp. I:360-365. 1999
- [14] Papageorgion, C. and Poggio, T., "A Pattern
Classification Approache to Dynamical Object
Detection", Proceedins, 7th Int. Conf. on Compter
Vision, pp. 1223-1228, 1999.



김 태 호(Tae-Hyo, Kim)

1977년 영남대학교 전자공학과 (공학사)

1980년 영남대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

1988년 영남대학교 대학원 전자공학과
(공학박사)

1990년 12월-1991년 1월 미구펜실바니아대학 Post Doc

1983. 3 - 현재 경남대학교 정보통신공학부 교수

주관심 분야 : 컴퓨터비전, 영상계측, 영상처리