

반도체 패키지의 내부 결함 검사용 알고리즘 성능 향상

김재열*(조선대 기전공학과), 김창현(광주과기원 기전공학과), 윤성운(조선대 기계공학과),

The Performance Advancement of Test Algorithm for Inner Defects in Semiconductor Packages

J. Y. Kim(Mechatronics Dept., Chosun UNI.), C. H. Kim(Mechatronics Dept., GIST),
S. U. Yoon(Mech. Eng. Dept., Chosun UNI),

ABSTRACT

In this study, researchers classifying the artificial flaws in semiconductor packages are performed by pattern recognition technology. For this purposes, image pattern recognition package including the user made software was developed and total procedure including ultrasonic image acquisition, equalization filtration, binary process, edge detection and classifier design is treated by Backpropagation Neural Network. Specially, it is compared with various weights of Backpropagation Neural Network and it is compared with threshold level of edge detection in preprocessing method for entrance into Multi-Layer Perceptron(Backpropagation Neural network). Also, the pattern recognition techniques is applied to the classification problem of defects in semiconductor packages as normal, crack, delamination. According to this results, it is possible to acquire the recognition rate of 100% for Backpropagation Neural Network.

Key Words : Semiconductor Packages (반도체패키지), Ultrasonic Test (초음파검사), Image Processing (화상처리), Pattern Recognition Algorithm (패턴인식알고리즘), Neural Network (신경회로망)

1. 서론

반도체 부품은 각종 장비의 성능을 크게 좌우하는 반도체 부품의 건전성 평가는 반도체 패키지의 양산과정에서 매우 중요한 항목으로 인식되고 있으며, 실제, 산업현장에서는 중점적인 관리대상이다. 회로집적도 및 정밀도가 매우 높은 반도체 패키지를 대상으로 하는 품질관리가 생산현장에서 지속적으로 요구되고 있으며, 이러한 요구내용을 살펴보면 반도체의 검사용 시스템은 처리속도와 정밀도 및 신뢰성 면에서 시스템의 경쟁력을 확보할 수 있도록 객관적이고 탁월한 성능을 갖는 평가 과정을 요구하고 있다.

그러나, 현재 사용되고 있는 장비들은 검사자의 숙련성과 많은 횟수의 샘플링 검사를 필요로 하게되고 작업자의 작업조건에 따라서 상이한 결과를 도출할 수 있는 문제점을 내포하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 종전에 작업자의 판단에

의존하던 초음파 평가시스템에 인공지능을 부여함으로써 다양한 결함정보를 유추하여 결함의 패턴을 판단하고, 평가공정을 일원화 또는 표준화시킴으로서 산업현장에서 결함의 발생방지를 근원적으로 해결하기 위한 정확하고 표준화된 결함의 정보를 인식하는 결함 검사 알고리즘의 개발을 위하여 최근에 각광받고 있는 신경망 회로망을 적용함에 있어서 다양한 가중치를 사용함으로써 현장으로의 적용능력이 뛰어난 결함 검사용 알고리즘의 성능 향상 방안에 대하여 결과를 도출하였다.

2. 화상 단순화 처리

본 연구에서 사용되는 단순화 전처리 과정은 신경망 입력을 위한 목적에 부합하도록 변환시키는 화상처리의 과정을 의미하며, 다음과 같은 과정들로 구성한다.

2.1 화상 취득

디지털 화상은 화상에서의 각각의 점을 픽셀 (Pixel)이라고 하고, 각 픽셀의 광강도(Light Intensity)를 측정하여 그 정도를 일정 구간의 자연수로 나타내는 방식이다.

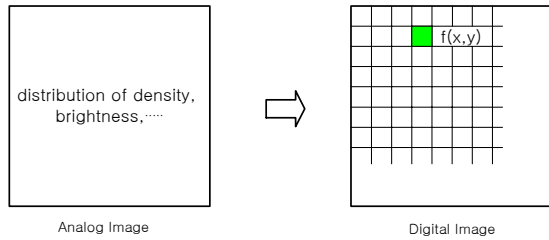


Fig. 1 Coordinates on image plane

픽셀 (x, y) 에서의 광강도는 대응하는 지점에서 화상의 밝기를 의미하며, 광강도를 수치로 나타내는 과정을 디지털화라고 한다. 취득된 디지털 화상은 Gray Level로서 $f(x, y)$ 의 명암도는 $0 \sim 256$ 의 수치이다.

2.2 화상 평활화

대상으로부터 화상을 취득하는 과정은 화상신호의 표본화, 정량화, 통신 등의 여러 가지 단계를 거쳐서 수행된다. 이러한 과정을 통과하면서 포함된 잡음 신호를 제거하기 위하여 공간영역 필터의 한가지인 인근평균 방법을 적용하였다.

크기가 $N \times N$ 인 화상 $f(x, y)$ 에서 모든 픽셀요소 (x, y) 에 대하여 이웃하는 국소적 부분 $n \times m$ 픽셀들을 평균하여 픽셀 (x, y) 의 명암도로 대체하는 것이 인근평균 필터이다. 이렇게 평활화한 화상을 $g(x, y)$ 라 한다면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(n, m) \in S} f(n, m) \quad (1)$$

여기서, M 은 국소 부분 $n \times m$ 셀의 개수이며, S 는 국소 영역에서의 픽셀들의 집합을 나타낸다.

2.3 화상 이치화

농담 화상, 컬러 화상 등의 다치 화상으로부터 이치 화상으로 변환하는 과정을 이치화라고 한다. 간단한 형식의 문턱값 결정처리는 농담화상 $f(x, y)$, 문턱값 t 에 관계하고 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} f_t(x, y) &= 1 & f(x, y) &\geq t \\ f_t(x, y) &= 0 & f(x, y) &\leq t \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, $f_t(x, y)$ 는 문턱값에 의해서 결정되어진 $f(x, y)$ 의 이치화 화상이고 $f(x, y)$ 는 (x, y) 의 농담 화상이다. 처리결과 $f_t(x, y)$ 는 0과 1의 이치화상으로 변환된다.

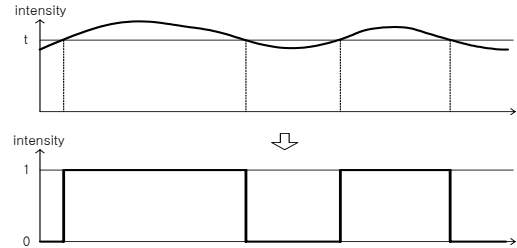


Fig. 2 Binary conversion for gray image

2.4 화상 윤곽선 추출

윤곽선은 화상에서 영역의 경계를 나타내는 특징으로 픽셀의 밝기에 대한 불연속점을 나타낸다.

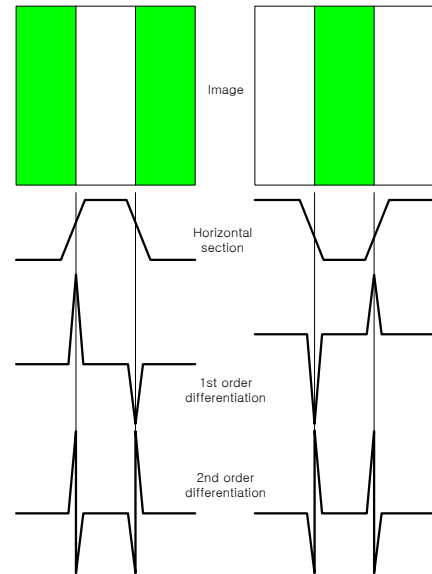


Fig. 3 Edge detection for binary image

본 연구에서는 윤곽선 추출에 의한 화상정보가 역전과 신경망에 입력되는 입력벡터로 사용되었으며, 윤곽선 검출은 4-이웃 화소 방법을 적용하였다. 좌표가 각각 (x, y) , (s, t) 인 화소 p, q 사이의 유클리디언 거리(euclidian distance)는 다음과 같이 정의된다.

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

이러한 거리측도에 따르면 (x, y) 점으로부터 임의의 값 r 보다 작거나 같은 거리를 갖는 화소들은

중심 (x, y) 에서 반경 r 을 갖는 원 안에 포함된 점들이다. p, q 사이의 D_4 거리는 다음과 같이 정의된다.

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t| \quad (4)$$

중심 (x, y) 로부터 r 보다 작거나 같은 하나의 D_4 거리를 갖는 화소들은 대하여 (x, y) 를 중심으로 다이아몬드형으로 구성된다.

2	1	2
1	0	1
2	1	2

Fig. 4 4-connected neighbors operation

3. 반도체 결함 분류기

본 연구에서 사용된 반도체 결함의 패턴 분류기로는 다층 퍼셉트론의 일종인 역전파 신경망을 적용하였으며, 입력층과 출력층 사이에 은닉층이 존재하며, Fig.5와 같은 계층구조를 갖으며, 다층 퍼셉트론은 단층 퍼셉트론과 유사한 구조를 가지고 있지만 중간층과 각 유닛간의 입출력 특성을 비선형화 함으로서 네트워크의 능력을 향상하여 단층 퍼셉트론의 단점을 극복하였다.

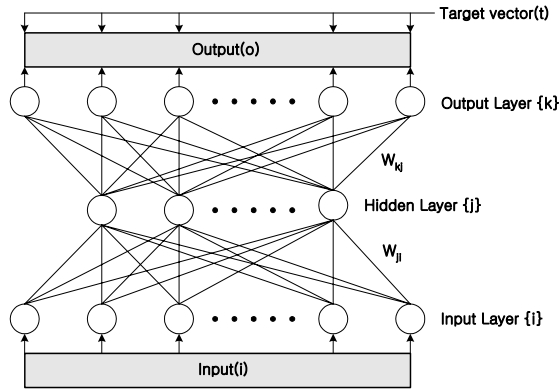


Fig. 5 Classifier of Backpropagation neural network

또한, 은닉층과 출력층의 비선형 활성화함수로서 시그모이드 함수를 적용하여 결정영역이 통상의 직선이 아닌 완만한 곡선으로 경계가 형성되도록 하여 은닉층을 학습하도록 하는 역전파 학습 알고리즘을 수행하도록 하였다.

Fig.5의 모델을 대상으로 하여 입력층 (I)와 은닉층 (H) 및 출력층 (O)은 다음식으로 정의된다.

$$H_j = f(\sum_i W_{ji} \cdot I_i + \theta_j) \quad (5)$$

$$O_k = f(\sum_j W_{kj} \cdot H_j + \theta_k)$$

입력층 (I)과 은닉층 (H)의 2승오차 (E_p) 감소를 위한 연결강도 (W_{ji})는 다음처럼 재조정된다.

$$W_{ji} = -n_3 \cdot \frac{\delta E_p}{\delta W_{ji}} = n_3 \cdot \delta_j \cdot I_i \quad (6)$$

여기서, δ_j 는 은닉층의 출력오차이며, n_3 는 은닉층의 학습상수이다. 그리고, 은닉층 (H)과 출력층 (O)의 2승오차 (E_p) 감소를 위한 연결강도 (W_{kj})는 다음의 식으로 재조정된다. 여기서, δ_k 는 출력층의 출력오차이며, n_2 는 출력층의 학습상수이다.

$$W_{kj} = -a_2 \cdot \frac{\delta E_p}{\delta W_{kj}} = n_2 \cdot \delta_k \cdot H_k \quad (7)$$

모든 패턴 (P)에 대한 2승오차 (E_t)는 다음의 식으로 나타낼 수 있다. 여기서, (T_{pk})는 목표벡터이며, (O_{pk})는 출력벡터이다.

$$E_t = \sum_p \sum_k (T_{pk} - O_{pk})^2 / 2 = \sum_p E_p \quad (8)$$

이러한 과정을 통하여 각 패턴 P 의 학습으로 2승오차 (E_p)를 점차 줄임으로서 전체적으로 오차함수 (E_t)를 극소화한다.

4. 검사 시스템 및 결함 시험편

본 연구에서 사용된 검사 시스템은 히타치 제품인 SAT 장비로서 3축 스캐너를 포함하고 있으며, 초음파변환기(Ultrasonic Transducer)는 25MHz 용을 사용하였다. 초음파를 송·수신하는 유닛들로부터 수신된 초음파 신호는 SAT장비에 내재된 소프트웨어에 의해서 화상으로 변환된다.



Photo. 1 SAT System

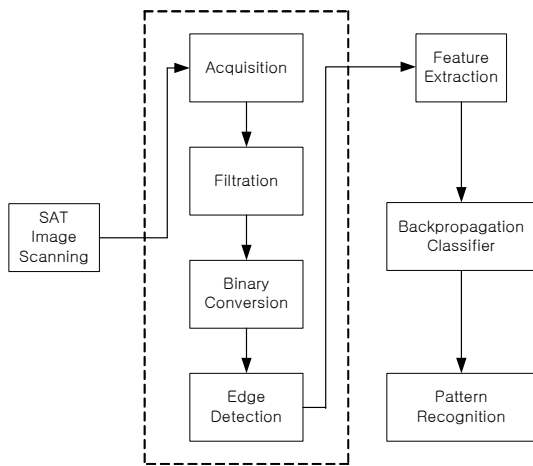


Fig. 6 Process algorithm

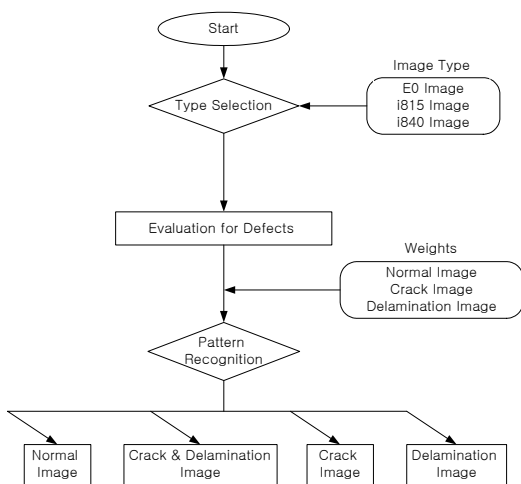


Fig. 7 Classical algorithm for evaluating

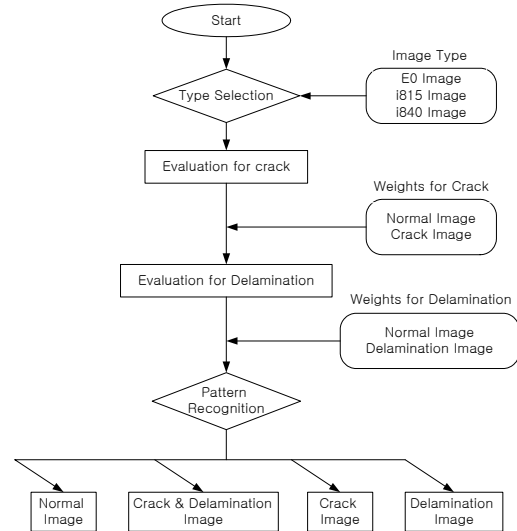


Fig. 8 Advanced algorithm for evaluating

SAT로부터의 화상정보는 위의 알고리즘에 의하여 반도체 결함의 종류에 대한 정보를 PC의 모니터 상에 출력된다.

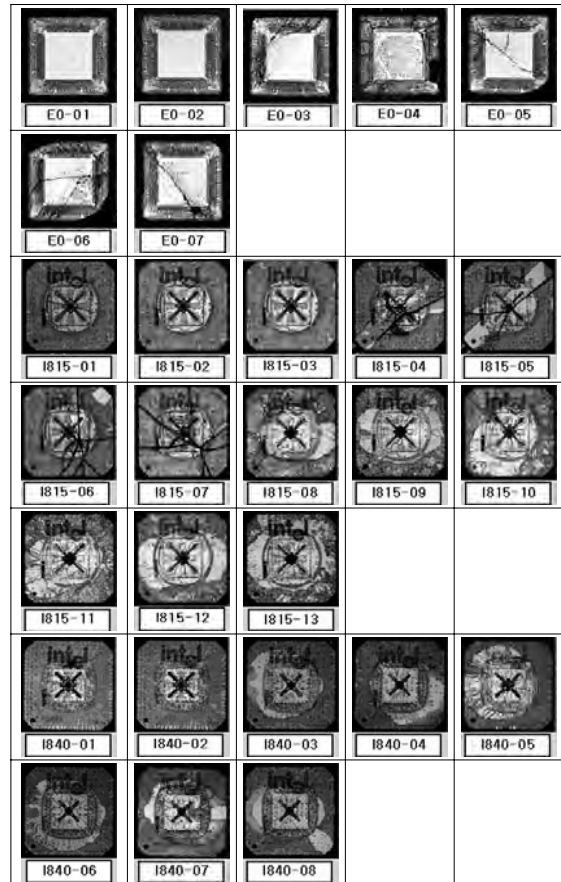
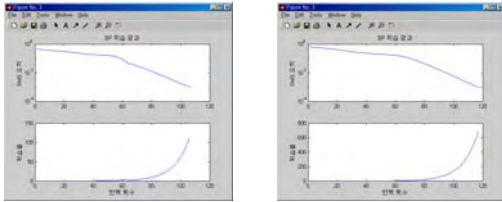


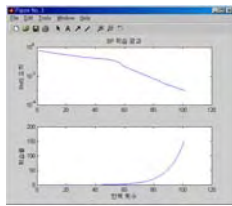
Fig. 9 Inner defects in Semiconductor packages

5. 결과 및 고찰

5.1 반도체 결함의 학습 결과

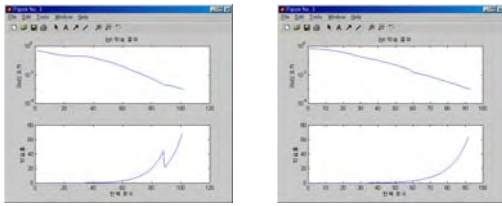


(a) Results of i815 (b) Results of i815 & i840



(c) Results of i815 & i840 & e0

Fig.10 Learning result by classical algorithm



(a) Result of Crack (b) Result of Delamination

Fig.11 Learning result by advanced algorithm for i815

전처리 과정들을 통하여 역전파 신경망에 입력되는 입력벡터를 기반으로 반도체의 결함을 분류하기 위한 신경망 학습의 결과를 Fig.10과 Fig.11에 나타내었다.

Fig.11은 반도체 결함의 분류과정에서 인식을 100%의 결과를 도출하기 위한 신경망의 가중치를 구하기 위한 학습결과이다.

5.2 반도체 결함의 평가 결과

본 연구에서 화상 단순화 처리의 과정으로 화상 처리 과정을 적용하여, 역전파 신경회로망을 기반으로 자체적으로 개발한 반도체 결함 평가 소프트웨어에 입력하여 결함 평가 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

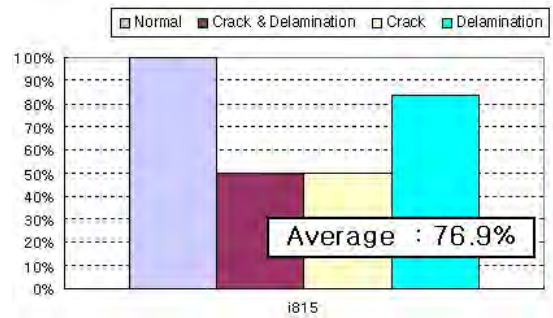


Fig.12 Recognition result in i815

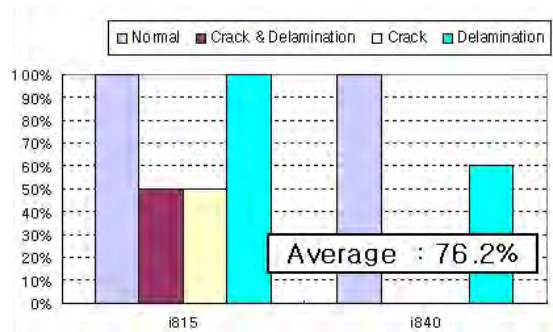


Fig.13 Recognition result in i815 & i840

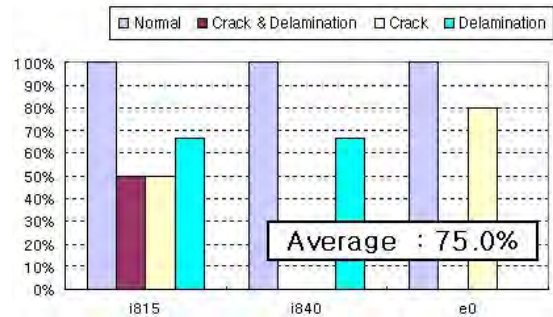


Fig.14 Recognition result in i815 & i840 & e0

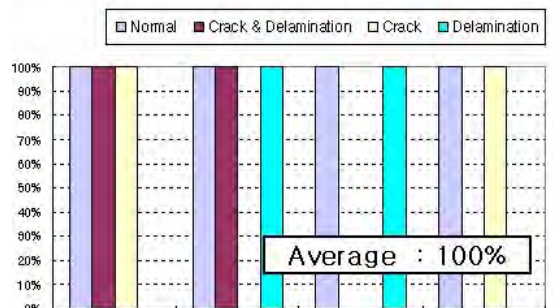


Fig.15 Recognition result with i815
(Crack & Delamination)

6. 결론

반도체 패키지용 결함 검사 알고리즘의 성능 향상에 관한 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 반도체 패키지에 존재하는 다양한 결함에 대하여 학습을 시키는 과정에서 2개 이상의 결함이 동시에 존재할 경우에 인식률이 저하함을 확인할 수 있었다.
- (2) 결론 1)을 보완하여 성능을 향상시키기 위하여 신경망의 가중치를 각각의 결함에 대하여 설정하고 알고리즘 상에서 결과를 통합하여 3가지 타입의 반도체에 2개 이상의 결함이 동시에 존재할 경우에도 100%의 인식률을 확인할 수 있었다.
- (3) 이상의 과정을 통하여 반도체 패키지용 결함 검사 알고리즘의 현장 적용의 가능성을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 2005년 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

1. Freeman, H., and Shapira, R. "Neural Networks : Algorithms, Applications, and Programming Techniques", 1991
2. Fu, K.S. "Syntactic Pattern Recognition and Application", Prentice-Hall 1982
3. Fu, K.S., and Rosenfeld, A. "Pattern Recognition and Image Processing." IEEE Trans. Computers, vol. C-25, no.12 1976
4. Brown, L.L., Jr. "Mean-Squared Truncation error in series Expansion of Random Functions." J. SIAM vol.8, 1960
5. Castleman, K.R. "Digital Image Processing", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1979
6. Clark, R.J. "Transform Coding of Images", Academic Press, New York. 1985
7. Davis, L.S. "A Survey of Edge Detection Techniques." Comput, Graphics Image Proc. vol.4 1975
8. Dougherty, E.R. "An Introduction to Morphological Image Processing", SPIE Press, Bellingham, Wash. 1992
9. Gonzalez, R.C., and Fittes, B.A. "Gray-Level Trans-

- formation for Interactive Image Enhancement." Mechanism and Machine Theory, vol. 12 1977
10. Habibi, A. "Two-Dimensional Bayesian Estimate of Images." IEEE, vol.60 1972
11. Manual ; "Image Processing Toolbox", The Math Works inc.
12. Manual ; "Neural Network Toolbox", The Math Works inc.
13. 김재열, 김훈조, 홍원, 송경석 "Micro Ball Grid Array의 결함평가를 위한 화상해석", 한국비파괴 검사 추계학술논문집 1999
14. 박민용, 최항식. "뉴로컴퓨터" 대영사 1991
15. 방승양. "뉴로컴퓨터" 상호사 1993
16. 하영호, 임재권, 남재열, 김용석 "디지털 영상처리" 그린 1998
17. 이의중, 박익근, "최신 초음파 탐상 검사", 도서출판 골드, 1995
18. 바탕체 9pt. 홍길동, 김길동, "공작기계의 선형이송 오차 보정," 한국정밀공학회지, 제99권, 제99호, pp. 149-150, 1999.
19. 홍길동, 김길동, "공작기계의 선형이송 오차 보정," 한국정밀공학회지, 제99권, 제99호, pp. 149-150, 1999.