

반도체 패키지 내부결함 평가 알고리즘의 성능 향상

김창현⁺, 홍성훈⁺, 김재열^{*}
(논문접수일 2006. 8. 2, 심사완료일 2006. 9. 4)

Performance Advancement of Evaluation Algorithm for Inner Defects in Semiconductor Packages

Chang-Hyun Kim⁺, Sung-Hun Hong⁺, Jae-Yeol Kim^{*}

Abstract

Availability of defect test algorithm that recognizes exact and standardized defect information in order to fundamentally resolve generated defects in industrial sites by giving artificial intelligence to SAT(Scanning Acoustic Tomograph), which previously depended on operator's decision, to find various defect information in a semiconductor package, to decide defect pattern, to reduce personal errors and then to standardize the test process was verified. In order to apply the algorithm to the lately emerging Neural Network theory, various weights were used to derive results for performance advancement plans of the defect test algorithm that promises excellent field applicability.

Key Words : Neural Network(신경회로망), Test Algorithm(검사알고리즘), Image Processing(화상처리), Semiconductor Package (반도체 패키지), Performance Advancement(성능향상)

1. 서론

산업 현장에서 사용되는 각종 장비의 성능을 크게 좌우하는 반도체 부품의 건전성 평가는 반도체 패키지의 양산과정에서 매우 중요한 항목으로 인식되고 있으며, 산업현장에서의 중점적인 관리대상이다^(1,2). 회로집적도 및 정밀도가 매우 높은 반도체 패키지를 대상으로 하는 품질관리가 생산현장

에서 지속적으로 요구되고 있으며, 이러한 요구내용을 살펴보면 반도체 부품의 검사용 시스템은 처리속도와 정밀도 및 신뢰성 면에서 시스템의 경쟁력을 확보할 수 있도록 객관적이고 탁월한 성능을 갖는 평가과정을 요구하고 있다⁽³⁾. 그러나 현재 사용되고 있는 장비들은 검사자의 숙련성과 많은 횟수의 샘플링 검사를 필요로 하게 되어 작업자의 작업조건에 따라서 상이한 결과를 도출할 수 있는 문제점을 내포하고

* 조선대학교 공과대학 메카트로닉스공학과 (jykim@chosun.ac.kr)
주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교
+ 전남대학교 전자컴퓨터공학부

있다⁽¹⁾.

그러므로 본 연구는 종전에 작업자의 판단에 의존하던 Scanning Acoustic Tomograph (SAT) 시스템에 인공지능을 부여함으로써 반도체 패키지 내부의 다양한 결함정보를 유추하여 결함의 패턴을 판단하고, 인적오차를 줄임으로서 검사공정을 표준화하여 산업현장에서 결함발생의 방지를 근본적으로 해결하기 위한 정확하고 표준화된 결함의 정보를 인식하는 결함검사 알고리즘의 유효성을 검증하였으며, 최근에 각광받고 있는 신경망 이론을 적용함에 있어서 다양한 가중치를 사용하여 현장 적용성이 뛰어난 결함 검사용 알고리즘의 성능 향상 방안에 대하여 결과를 도출하였다.

2. 화상 전처리

본 연구에서 사용되는 화상처리는 SAT 시스템으로부터 취득한 반도체 패키지의 초음파 비파괴검사 결과에 대한 화상의 품질을 개선하거나 신경망으로의 입력을 위한 특징변수의 추출이라는 목적에 부합하도록 변환시키는 화상처리의 과정을 의미하며^(2,4), 세부적으로 다음과 같은 과정으로 구성된다.

2.1 화상 평활화

대상으로부터 화상을 취득하는 과정은 화상신호의 샘플링, 양자화, 통신 등의 여러 가지 단계를 통하여 수행된다. 이러한 과정에서 포함되는 잡음신호를 제거하기 위하여 공간영역 필터의 한가지인 인근평균방법을 적용하였다⁽⁵⁾. 크기가 $N \times N$ 으로 구성되는 화상 $f(x, y)$ 에서 모든 픽셀요소 (x, y) 에 대하여 이웃하는 국소적 부분 $n \times m$ 픽셀을 평균하여 픽셀 (x, y) 의 명암도로 대체하는 것이 인근평균 필터이다.

이렇게 평활화된 화상을 $g(x, y)$ 라 한다면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

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

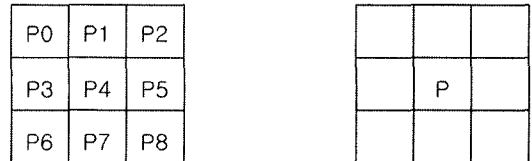
M 은 국소 부분 $n \times m$ 셀의 개수이며, S 는 국소 영역에서의 픽셀들의 집합을 나타낸다. 화상 내에서 픽셀들은 $x = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 그리고 $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 과 같이 (x, y) 를 변 화시키면서 수행할 수 있다.

2.2 화상 이치화

농담화상, 컬러화상 등의 다치화상으로부터 이치화상으로 변환하는 과정을 이치화라고 한다. 간단한 형식의 문턱값 결정처리는 농담화상 $f(x, y)$, 문턱값 t 에 관계하고 다음의 식으로 나타낼 수 있다⁽⁵⁾.

$$f_t(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq t \text{ 인 경우} \\ 0 & f(x, y) < t \text{ 인 경우} \end{cases} \quad (2)$$

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



$$P = \frac{P0+P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8}{9}$$

Fig. 2 Neighborhood average method

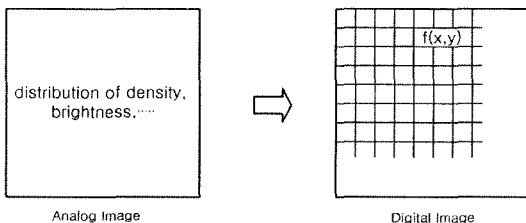


Fig. 1 Coordinates on image plane

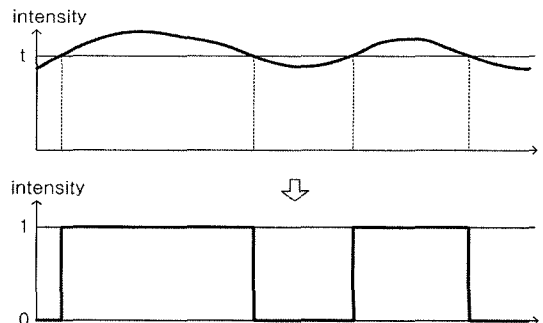


Fig. 3 Binary Conversion of gray image

2.3 화상 윤곽선 검출

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

윤곽선 검출은 4-이웃화소 방법을 적용하였다. 좌표가 각각 $(x, y), (s, t)$ 인 화소 p, q 사이의 유클리디언 거리는 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.

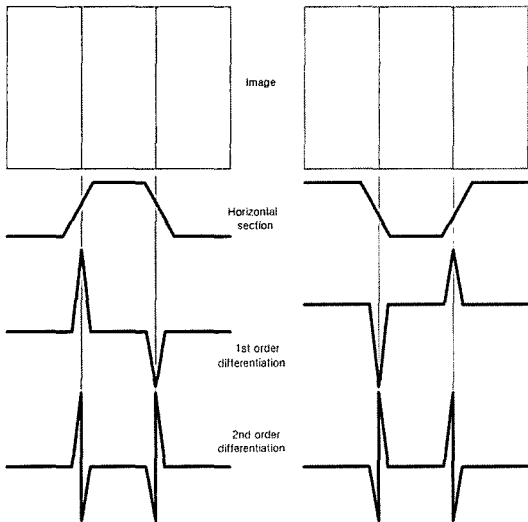


Fig. 4 Edge detection of binary image

2	1	2
1	0	1
2	1	2

Fig. 5 4-connected neighbors operation

3. 검사 시스템

본 연구에서 사용된 평가시스템은 HITACHI 제품인 SAT 장비로서 3축 스캐너를 포함하고 있으며, 초음파 트랜스듀서는 25MHz를 사용하였다. 초음파를 송·수신하는 유닛으로부터 전달된 초음파 신호는 SAT 장비에 내재된 소프트웨어에 의하여 화상으로 변환된다.

본 연구의 유효성을 평가하기 위하여 사용된 3가지 종류의 시험편(반도체 패키지) 안에 존재하는 결함은 자연결함이 아니고, 시험을 목적으로 하여 실험실 내에서 만든 인공 결함으로 구성되었다. (a)는 균열이 잔류하고, (c)는 박리가 잔류하며, 본 연구에서 실제 결함의 형태로서 주안점을 두고 있는 (b)의 경우에는 균열 및 박리가 동시에 잔류하는 시험편으로 구성된다.

4. 평가 알고리즘

본 연구에서 사용된 반도체 패키지 안의 결함에 대한 패턴 분류기로는 Fig. 8과 같은 층을 갖는 다층퍼셉트론의 일종인 역전파 신경망을 적용하였다. 여기서 은닉층과 출력층의 비선형함수로서는 시그모이드함수를 적용하여 결정영역이 통상의 직선이 아닌 완만한 곡선으로 경계가 형성되게 하고, 또한 은닉층을 학습하도록 하는 역전파 학습 알고리즘의 수행에 의하여 신경망의 성능을 향상하였다.

본 연구에서 검증된 알고리즘의 주된 처리과정을 Fig. 9에 나타내었다. 결함패턴의 인식률을 향상하기 위하여 화상 처리를 통하여 특징화상의 차원감소를 수행하였으며, 평가

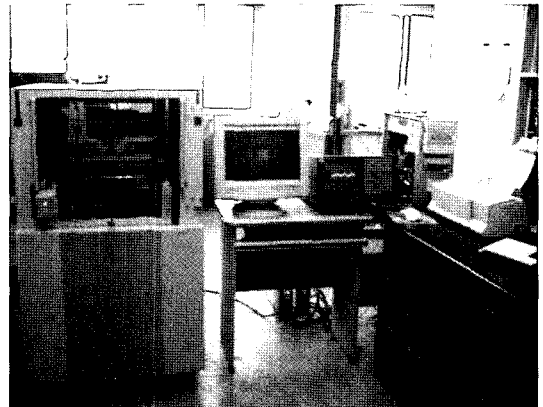
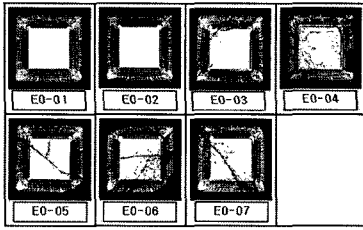
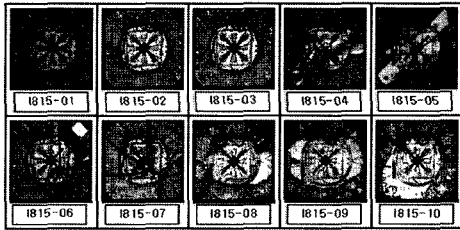


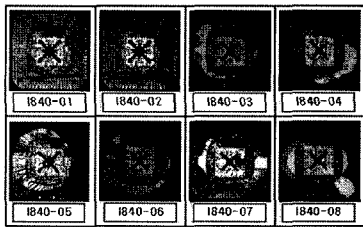
Fig. 6 SAT system



(a) Specimens of Type E0



(b) Specimens of Type I815



(c) Specimens of Type I840

Fig. 7 Ultrasonic images of specimens

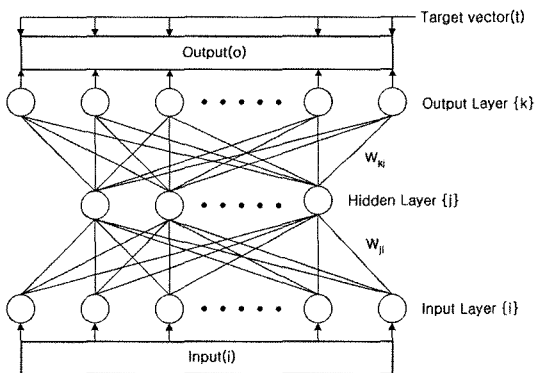


Fig. 8 Backpropagation neural network

시간을 절감하기 위하여 특징추출의 과정에서 원래화상의 화상처리는 앞서 언급된 단순화 된 계산함수를 적용하였다. 이러한 과정을 통하여 추출된 특징은 역전파 신경망을 기반

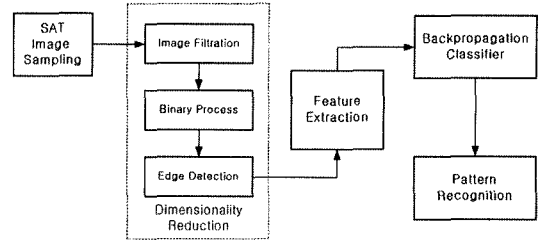


Fig. 9 Block diagram of main process

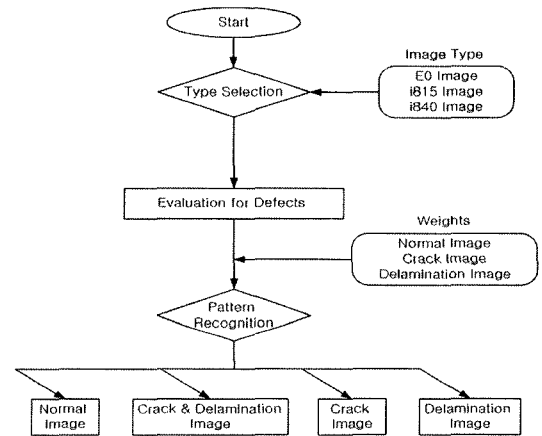


Fig. 10 Classical test algorithm

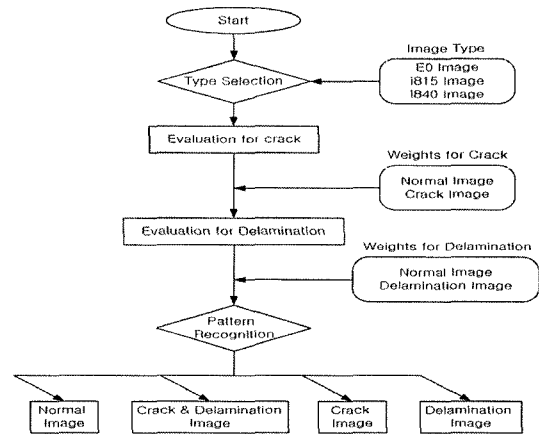
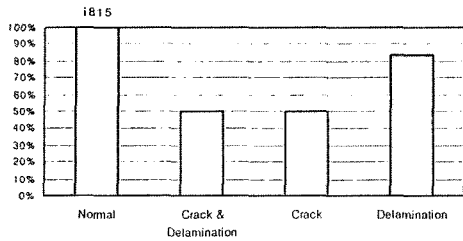


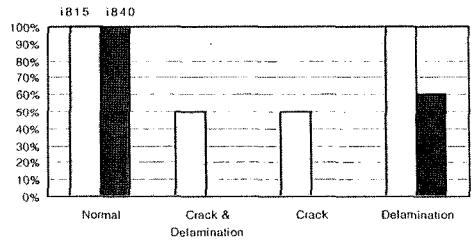
Fig. 11 Advanced test algorithm

으로 하는 분류기에 의하여 결함의 패턴이 분류된다.

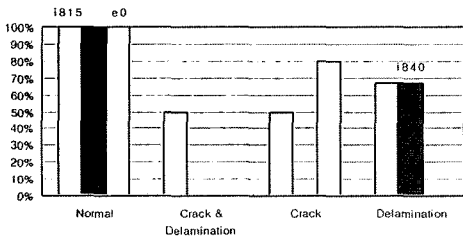
Fig. 10과 Fig. 11을 통하여 전통적인 평가 알고리즘과 개선된 평가 알고리즘을 비교하였다. 본 연구에서 유효성을 검증하고자 하는 Fig. 11의 개선된 평가 알고리즘은 신경망의



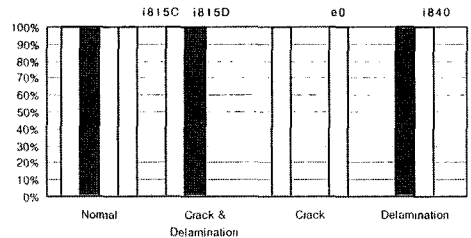
(a) Recognition results of I8153



(b) Recognition results of I815 & I840



(c) Recognition results of I815 & I840 & E0



(d) Recognition results of this study

Fig. 12 Comparison of recognition results

가중치를 결함의 종류에 따라서 설정하고, 알고리즘 안에서 각각의 결과를 통합함으로써 2개 이상의 결함이 존재하는 시험편들에 대하여 모든 결함의 인식이 가능하며, 역전파 신경망의 가장 큰 단점인 학습절차의 단순화가 가능하여 평가절차의 관리측면에서 현장적용성능이 우수한 장점을 갖는다.

5. 평가 결과

본 연구에서 검증된 결과들을 Fig. 12에 나타내었다. (a), (b), (c)는 전통적인 평가 알고리즘에 의한 결과들로서 시험편의 수량 및 종류가 증가함에 따라서 인식이 저하함을 확인할 수 있다. 이에 대한 주된 요인은 아래의 도표에서 확인할 수 있듯이 균열과 박리를 동시에 인식하기 어렵다는 점이다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 개선된 평가 알고리즘을 사용하여 확인한 인식률을 (d)에 나타내었으며, 균열과 박리를 동시에 인식하여 전통적인 평가 알고리즘의 단점을 극복하였다.

6. 결론

다양한 학습 가중치를 사용한 반도체 패키지 내부결함 평가를 위한 알고리즘의 성능개선에 관한 연구결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 반도체 패키지 내부에 존재하는 다양한 결함에 대하여 학습을 하는 과정에서 2개 이상의 결함이 존재할 경우에 인식이 저하함을 확인할 수 있었다.
- (2) 결론(1)을 보완하여 알고리즘의 성능을 향상시키기 위하여 신경망의 가중치를 각각의 결함에 대하여 설정하고, 알고리즘 안에서 통합하여 3가지 종류의 시험편에 2개 이상의 결함이 동시에 존재할 경우에는 높은 인식을 확인할 수 있었다.
- (3) 결론(2)에서 말한 높은 인식이 수치적으로 100%를 나타내는 이유는 반도체 패키지의 내부에 존재하는 결함이 크고, 시험편의 숫자가 작음에 기인하며, 본 연구의 목적은 전통적인 평가 알고리즘과의 비교를 통하여 개선된 평가 알고리즘의 유효성을 검증하고자 하였다.

참고 문헌

- (1) Kim, J. Y., 1990, *A Study on the Image Processing of Micro-Defects Detection of Semiconductor Package by Ultrasonic Wave*, Ph. D Thesis, Hanyang University.
- (2) Kim, J. Y., Hong, W. and Han, J. H., 1999, "A Study on the Detection of Interfacial Defect to Boundary Surface in Semiconductor Packages by

- Ultrasonic Signal Processing,” *Journal of KSNT*, Vol. 19, No. 5, pp. 369~377.
- (3) Fu, K. S., 1982, *Syntatic Pattern Recognition and Application*, Prentice-Hall.
- (4) Fu, K. S. and Rosenfeld, A., 1976, “Pattern Recognition and Image Processing,” *IEEE Trans. Computers*, Vol. C-25, No. 12.
- (5) Ha, Y. H., Lim, J. K., Nam, J. Y. and Kim, Y. S., 1998, *Digital Image Process*, Green, Korea.
- (6) Castleman, K. R., 1979, *Digital Image Processing*, Prentice-Hall.
- (7) Clark, R. J., 1985, *Transform Coding of Images*, Academic Press.
- (8) Gonzalez, R. C. and Fittes, B. A., 1977, “Gray Level Transformation for Interactive Image Enhancement,” *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 12.
- (9) Kim, K. L. and Sa, S. Y., 2000, “The Classification of Roughness for Machined Surface Image using Neural Network,” *Journal of KSMTE*, Vol. 9, No. 2, pp. 144~150.
- (10) Kim, I. S. and Chon, K. S., 1999, “A Study on Prediction of Optimized Penetration Using the Neural Network and Empirical models,” *Journal of KSMTE*, Vol. 8, No. 5, pp. 70~75.
- (11) Park, M. Y., Choi, H. S., 1991, *Neuro Computer*, Daeyoungsa, Korea.
- (12) Manual ; *Image Processing Toolbox*, The Math Works inc.
- (13) Manual ; *Neural Network Toolbox*, The Math Works inc.