

미소 결함 평가를 위한 지능형 데이터베이스 구축에 관한 연구

김재열*, 심재기*, 윤성운*, 김훈조**, 양동조**

A Study about the Construction of Intelligence Data Base for Micro Defect Evaluation

Kim Jae-yoel, Sim Jae-ki, Yun Sung-un, Kim Hun-cho, Yang Dong-cho

ABSTRACT

Recently, It is gradually raised necessity that thickness of thin film is measured accuracy and managed in industrial circles and medical world. Ultrasonic Signal processing method is likely to become a very powerful method for NDE method of detection of microdefects and thickness measurement of thin film below the limit of Ultrasonic distance resolution in the opaque materials, provides useful information that cannot be obtained by a conventional measuring system. In the present research, considering a thin film below the limit of ultrasonic distance resolution sandwiched between three substances as acoustical analysis model, demonstrated the usefulness of ultrasonic Signal processing technique using information of ultrasonic frequency for NDE of measurements of thin film thickness, sound velocity, and step height, regardless of interference phenomenon. Numeral information was deduced and quantified effective information from the image. Also, pattern recognition of a defected input image was performed by neural network algorithm. Input pattern of various numeral was

composed combinationally, and then, it was studied by neural network. Furthermore, possibility of pattern recognition was confirmed on artificial defected input data formed by simulation. Finally, application on unknown input pattern was also examined.

1. 서론

현재 반도체 양산의 방향은 성능면에 있어서는 고집적화, 고속화를 요구하고 있다. 이러한 패키지(package)는 인쇄 회로 기판에 납땀하여 결합하기 위해서는 패키지의 몸체의 온도는 200°C 이상의 되는데, 이때 패키지 내부의 수분 및 그 밖의 다른 요인들에 의해 박리(delamination), 균열(crack), 기포(void) 현상과 같은 반도체의 성능에 치명적인 영향을 주는 결함들이 발생하게 된다. 이러한 결함들을 가장 효과적으로 검출해낼 수 있는 방법은 초음파를 이용한 비파괴 검사법으로 알려져 있으며, 그 검사결과 역시 상당한 신뢰성과 정확성이 있다고 할 수 있다. 인공지능 자동화 검사법에 필요한 알고리즘을 도출하고 화상처리를 통하여 반도체결함을 합리적으로 검증하고자 하며 미지의 입력패턴에서의 적용 가능성을 조사하여 그 응용성의 확장에 기여하고자 한다. 반도체 패키지의 각 접합 계면에서의 결함검출 알고리즘을 개발하여 리얼타임(real time)에 의한 자동검출 시스템 구축이 가능하며 생산성 향상에 본 연구의 목표로 한다.

* 조선대학교 공과대학 기계공학부 교수

** 조선대학교 정밀기계공학과 대학원

2. 관련이론

2.1 푸리에 변환

2.1.1 FFT(Fast Fourier Transform)

푸리에 변환(FFT)은 시간영역의 신호를 주파수영역으로 해석하기 위해 푸리에 적분을 이용하여 변환된다. 푸리에 급수는 주기적인 신호에만 적용이 가능하지만 실제에 있어서는 비주기적인 신호를 다룰 때가 많으므로 비주기적인 신호를 푸리에 변환을 이용하여 주파수 영역에서 해석하게 된다. 푸리에 변환은

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \quad -\infty < t < \infty \quad (1)$$

로 정의되며 이것의 역푸리에 변환은 다음과 같이 표현된다.

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad -\infty < t < \infty \quad (2)$$

이 시간함수를 푸리에 변환하게 되면 아래와 같이 실수부와 허수부로 나타나며 스펙트럼에서는 크기로 나타난다.

$$X(\omega) = X_R(\omega) + jX_I(\omega)$$

$$X_R(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cos \omega t dt \quad (3)$$

$$X_I(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \sin \omega t dt$$

2.1.2 DFT(Discrete Fourier Transform)

DFT란 이산신호에 대해서나 유한한 시간에 걸쳐 수집한 N개의 데이터에 대한 푸리에 변환을 말한다. 각종 계측기나 해석기는 실제 신호를 이산화하여 디지털 신호로 만든 다음 처리하게 된다

표본간격 T를 가지는 DFT는

$$F(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT)e^{-j\omega nT} \quad (4)$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} f_n e^{-j\omega nT}$$

이며 푸리에 변환과 같이 f(t)가 표본점들에서 우함수이면 F(ω)는 실수이며 f(t)가 표본점들에서 기함수이면 F(ω)는 허수이다. F(ω)와 F(-ω)는 공액복소수인 특성을 가지고 있으며 F(ω)는 주기 $\frac{2\pi}{T}$ 로 주파수에 대한 주기적이다. DFT의 실제적인 계산은 유한의 합을 수반하여야 함으로

유한한 이산 신호 x_k 에 대하여 다음과 같이 표현된다.

$$X_m = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_k e^{-j2\pi mk/N} \quad (5)$$

$$m = 0, 1, \dots, N/2$$

단 k는 샘플링한 시간데이터의 갯수를 의미한다.

2.2 신경회로망 알고리즘

본 연구의 주안점은 S.A.T 장비에서 인터페이스 되어지는 화상입력값을 화상처리 하는 부분에서 신경회로망 학습 알고리즘을 통과하면서 최적의 결함 판단을 내리는데 있다. Fig.1는 입력 패턴의 학습을 위한 신경회로망 프로그램의 순서도이다.

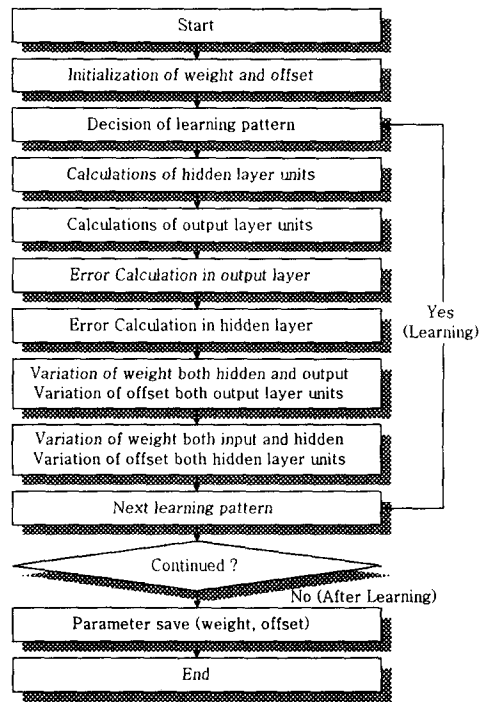


Fig.1 Flowchart of neural network learning.

- (1) 시작 : 신경회로망학습의 초기조건을 결정하는 부분이다.
- (2) 연결강도 및 오프셋의 초기화 : 신경회로망의 상태를 결정하는 연결강도 W_{ji} , W_{kj} 와 오프셋 θ_j , θ_k 를 각각 -0.5부터 0.5사이의 작은 값으로 초기화한다.
- (3) 학습패턴의 결정 : 주어진 학습패턴의 형태를 재확인하고 학습자료 그룹의 규모를 확인하여 프

로그럼 1회 학습의 빈도를 결정한다.

(4) 은닉층 유니트 계산 : 신경회로망 입력층의 뉴론을 연결강도 W_{ji} 와 오프셋 θ_j 로 계산하여 은닉층 유니트를 계산한다.

(5) 출력층 유니트 계산 : 은닉층의 뉴론을 연결강도 W_{kj} 와 오프셋 θ_k 로 계산하여 출력층 유니트를 계산한다.

(6) 출력층에서의 오차 계산 : 학습패턴의 목표출력과 실제출력과의 차로부터 출력층 유니트에 연결된 연결강도의 출력층 유니트의 오프셋에 대한 오차를 구한다.

(7) 은닉층에서의 오차 계산 : 출력층유니트에서 구해진 오차와 은닉층과 출력층간의 연결강도 및 은닉층의 출력으로부터 은닉층유니트에 연결된 연결강도와 오프셋에 대한 오차를 구한다.

(8) 은닉층과 출력층 사이의 연결강도 변경 : 출력층 유니트에서의 오차와 은닉층 유니트의 출력 및 학습율과의 곱을 더하여 은닉층 유니트와 출력층 유니트에 연결된 연결강도를 수정한다.

(9) 출력층 유니트의 오프셋 변경 : 출력층 유니트에서의 오차와 모멘텀과의 곱을 더하여 출력층 유니트의 오프셋을 수정한다.

(10) 입력층과 은닉층 사이의 연결강도 변경 : 은닉층 유니트에서의 오차와 입력층 유니트의 출력 및 학습율과의 곱을 더하여 입력층 유니트와 은닉층 유니트에 연결된 연결강도를 수정한다.

(11) 은닉층 유니트의 오프셋 변경 : 은닉층 유니트에서의 오차와 모멘텀과의 곱을 더하여 은닉층 유니트의 오프셋을 수정한다.

(12) 학습패턴의 증가 : 다음 학습자료를 반복한다.

(13) 학습반복의 종료 : 목표에 도달하면 학습을 중단한다. 연구에서는 목표출력과 계산출력의 오차나 학습횟수를 이용하여 학습을 중단한다.

(14) 파라메타 저장 : 학습 종료시의 최종적인 파라메타를 저장한다.

25MHz를 사용하여 측정하였다. 아래 Fig.2은 본 실험에 사용된 S.A.T장비의 전체적인 시스템 구성도를 나타낸다.

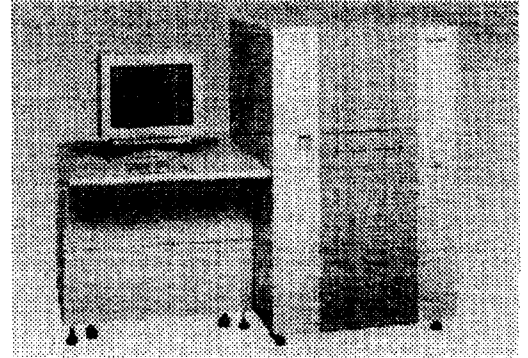


Fig.2 S.A.T system 실물사진

pulser : 초음파를 송신하기 위해서 초음파센서 (probe)에 전압을 인가하는 unit이다.

receiver : 초음파센서는 초음파를 송신한 후 피검체의 표면 및 저면으로부터 반사되어오는 모든 초음파를 수신하여, 그 강도에 따라 전압을 발생한다. 이 반사 echo는 대단히 미약하기 때문에 증폭하는 unit이다.

scanner : 피검체를 올려놓는 수조와 X, Y, Z축의 구동모터와 그것을 control하는 전자장치이다.

data처리장치(컴퓨터, 모니터, 프린터 등) : 초음파 unit들로부터 받은 data를 소프트웨어적으로 처리하여 화상으로 나타내주거나, X, Y, Z축 구동모터를 움직인다.

3.2 초음파를 이용한 해석과 측정원리

- BGA(Micro Ball Grid Array)의 표면의 화상

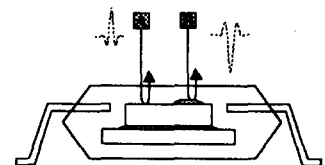


Fig.3 반도체 패키지의 Molding 불량

3. 실험장치 및 결함검출

3.1. 실험장치

본 연구에서 사용된 S.A.T 검사 시스템은 히타치(HITACHI)사의 3축 스캐너를 사용하였고, 변환기는 초점 거리가 15mm이고 주파수는

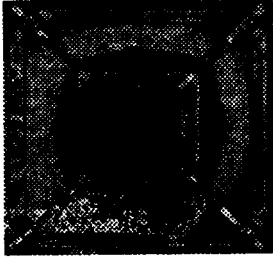


Fig.4 박리부(마이너스)가 붉은색으로 표시

- BGA(Micro Ball Grid Array)의 다이부 화상

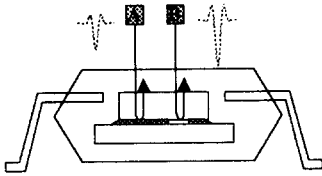


Fig.5 반도체 패키지의 접합부 불량

초음파의 반사율은 일반적으로 경계면에 수직으로 음파가 입사할 때 음파는 거기서 반사하는 성분과 통과하는 성분으로 나뉘어진다. 이 두 개로 나뉘어지는 비율은 경계면에 접하는 물질의 음향 임피던스에 따라 정해진다.

$$R(\%) = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} * 100 \quad (6)$$

R: 음압 반사율(%)

Z1: 입사 매질의 음향 임피던스

Z2: 반사 매질의 음향 임피던스

- 들뜸 불량인 없는 실리콘 칩 위에서의 반사율
수지봉합제의 음향 임피던스(Z1) : 6.76

$$R(\%) = 49.6\%$$

- 들뜸 불량인 있는 칩 위에서의 반사율
수지봉합제의 음향 임피던스(Z1) : 6.76

공기의 음향 임피던스(Z2) : 0

$$R(\%) = -100\%$$

박리(Delamination) 결함이 있을 경우 반사율이 -100%가 되므로 반사파의 상이 역전된다.

3.3 반도체 결함의 종류

본 실험의 반도체 결함은 S.A.T 장비로 검사할 수 있는 반도체 내부 결함으로써, 박리(delamination), 패키지 균열(package crack), 실리콘 칩

균열(silicon chip crack), 기울어 짐(tilt), 기포(void) 등이 있다. Fig.6은 본 실험의 대상 샘플을 나타내고 있다.

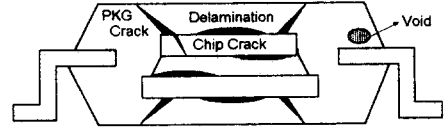


Fig.6 The sort of inspectable badness

3.3.1 박리(Delamination)

박리(Delamination)은 성형된 물질의 들뜬 형태(剝離)를 말한다.(Fig.7)

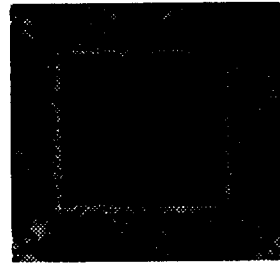


Fig.7 Delamination (phase inversion)

3.3.2 Popcorn Cracks

Crack은 다이(Die)의 방열에 수직으로 깨지는 현상을 말한다.(Fig.8)



Fig.8 Popcorn crack (B-Scan image)

3.3.3 다이 기울어짐(Die Tilt)

다이 기울어짐(Die tilt)은 Fig.9와 같이 Die가 경사지게 되는 현상이다.



Fig.9 Die tilt (B-Scan image)

3.3.4 다이 접착 기포 (Die Attach Voids)

Die Voids는 Fig.10과 같이 접착중에 접합면에 수분이나 공기가 함유되어 있을 때 나타나는 현상을 말한다.

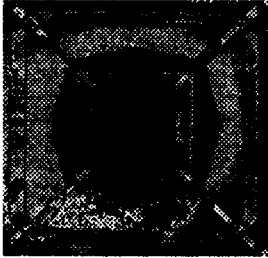


Fig.10 Die attach voids

4. 실험결과 및 고찰

Scan Area의 모양, Scan Area Size, 해상도, Scan후 화상의 밝기, 샘플 받침대의 높이, 측정물의 높이, Z-Axis의 높이등의 조건을 설정한다.

4.1 화상(Image) Display 종류

- Standard : 파형의 (-)부분만을 data로 간주함에 따라 (-)부분의 echo의 세기로 명암을 표시한다.(Fig.11)

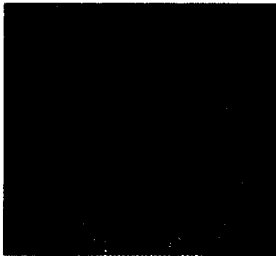


Fig.11 Standard Display

- Absolute : 파형의 (+),(-)를 전부 data로 받아들여 전체 echo의 세기로 명암을 표시함에 따라 echo가 큰 것은 밝게 나타나고 작은것일수록 어둡게 나타난다.(Fig.12)

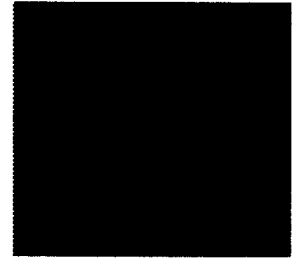


Fig.12 Absolute Display

- Depth : Time of Flight라고 하며 파가 되돌아오는 시간에 따라 명암을 표시한다. 즉 빨리 돌아오는 것은 밝게 나타나고 늦게 돌아오는 것은 어둡게 나타난다. 그러므로 Die Top은 Die Pad보다 돌아오는 시간이 빨라 밝게 나타난다.(Fig.13)

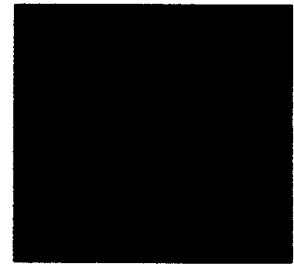


Fig.13 Depth Display

- PCM(Polarity Compare Method) : 극성을 비교하여 (-)파형을 밝게 나타낸다.(Fig.14)

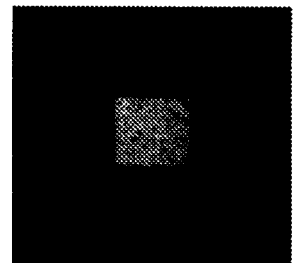


Fig.14 PCM(Polarity Compare Method) Display

4.2 화상처리 순서도(Flowchart)

본 연구에서는 화상처리에서 다른 이론을 바탕으로 아래 그림 Fig.15의 순서도 차례로 입력 화상을 처리하였는데, 먼저 히스토그램을 작성하고 임계값을 정한후 명도(Bright)와 채도(Contra

st)를 조정하고 평활화한 후 2치화를 하였고, 다시 오차율을 고려하여 결합 정도를 추정 할 수 있었다. 이 방법은 먼저 2치화하고 평활화 한 후 외곽선을 추출하는 보편적인 화상처리와 순서를 달리하는데, 얻고자 하는 결과 값이 틀림에 원인을 찾을 수 있었다.

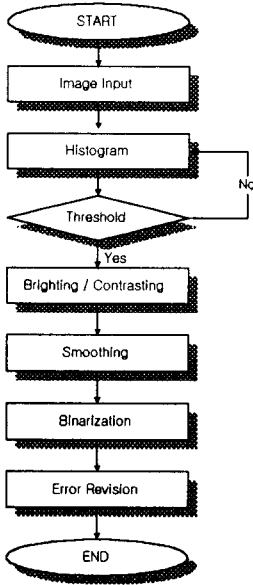


Fig.15 Flowchart of program

5. 결론

기계 전자부품이나 반도체의 다중박막 (Multi-Layer) 구조 모델에 대한 초음파검사의 적용으로 접합경계면의 결합검출에 관한 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 반도체 검사법에 의하여 박리(Delamination), 다이 균열(Die Crack), 기포(Void)의 유무를 확인할 수 있었다.
- 2) S.A.T로 입력된 화상을 결합을 판별할 수 있는 데이터로 변환하는 과정에서 보다 정확한 결과를 도출하기 위한 수단으로 먼저 화상으로부터 숫자정보를 추론하고 유용한 정보를 정량화 하였다. 이때 손상된 입력화상은 신경회로망 알고리즘을 적용하여 패턴인식을 하고자 하여 각종 숫자의 입력패턴을 복합적으로 구성하고 신경회로망을 이용하여 학습시킨 후 시뮬레이션을 통하여

형성된 모의 손상입력에 대한 패턴인식 가능성을 확인하였다.

3) 반도체 결합추출 알고리즘 개발로 반도체 결합검사 자동화의 기틀을 마련하였고, 현재 개발 중인 다양한 반도체를 포함한 기계 전자부품 패키지별 데이터베이스를 구축한다면, 온라인상태에서 보다 많은 검사를 수행할 수 있는 인공지능형 자동검사 시스템 구현이 가능하리라 본다.

후 기

본 연구는 1999년도 과기부와 한국과학재단 지원인 조선대학교 수송기계 부품 공장자동화연구센터의 지원에 의해 연구되었음

6. 참고문헌

- 1) 김재열, "초음파를 이용한 반도체 패키지의 미소결합검출을 위한 화상처리에 관한 연구", 한양대학교 대학원 박사학위논문, 1990
- 2) David. Broek., "The Practical Use of Fracture Mechanics" Kluwer Academic Publishers, pp.123-167, 1988
- 3) E. Oran Brigham., "The Fast Fourier Transform and Its Applications" Prentice-Hall, pp.131-166, 1888
- 4) J. L. Rose, J. B. Nestleoroth and K. Banlasubramanian, "Utility of Feature Mapping in Ultrasonics Non-Destructive Evaluation", Ultrasonics, Vol.26, pp.124-131, 1988
- 5) Gordon S. Kinond., "Acoustic Waves" Prentice-Hole, pp.1-14, pp.92-110, 1987
- 6) David. Broek, "Elementary Engineering Fracture Mechanics" Martinus Nijhoff Publishers, pp.33- 116, 1986
- 7) Rose, J. L., "Element of a Feature-Based Ultrasonic Inspection System", Materials Evaluation, Vol.42, No.2, pp210-218, 1984
- 8) Rose, J. L., Jeong, T. H., Alloway, E., and Cooper, C. T., "A Methodlogy for Reflector Classification Analysis in Complex Geometric Welded Structures", Materials Evaluation, Vol.42, No.1, pp.98-106, 1984