초음파탐상 화상에 의한 이종재 경계면의 미소결함 결정법

A Microdefects Determination Method of the Interface by Ultrasonic Testing Image Processing

김 재 열*, 박 환 규**, 심 재 기**, 조 의 일***
J. Y. Kim, H. K. Park, J. K. Sim, E. I. Cho

ABSTRACT

Recently, it is gradually raised necessity that interface is measured accurately and managed in industrial circles and medical world. An Ultrasonic wave transmitted from a focused beam tranducer is being expected as a powerful tool for NDE of the delamination.

The Ultrasonic NDE of the delamination is based on the form of the wave reflected from the interface.

In this study results, automatically repeated discrimination analysis method can be devided in the category of all kinds of defects on semiconductor package, and also can be possible to have a sampling of partial delamination.

1. 서 론

초음파는 X선과 같이 광학적으로 불가능한 불투명한 물체 내부의 결함검출의 유력한 수단이며 특히 지금까지 널리 사용되어왔던 X선법보다 초음파 검사를 이용하면 탐상상의 검출감도가 높고 복잡한 현상조작이 불필요하기 때문에 최근들어 초음파를 많이 이용하고 있으며 음향적인 특성의 측정이 가능하기 때문에 재료의 탄성적 물성평가 등에도 이용이 가능하다.

또한 자동차 공업에 있어서 배기가스의 규제나 연비의 향상 및 운전성의 양호정도 등에 대해서 경제적이고 고신뢰성이 요구되는 엔진 제어의 고정도화가 필요하게 되고 있으며 micro-computer 및 각종센서를 사용한 고도의 전자제어 기술을 구사하는데 자동차용 반도체 압력센서라든가 각종 자동차용 부품의 미소결함검출 평가에도 이용이 가능하며, 더욱이 고주파의 초음파를 사용해서 반도체 패키지 등의 각종 복합구조 물체의 표면 및 내부의 미소결함 관찰이나 물성평가[1] 및 복합

* 조선대학교 정밀기계공학과, 정회원
** 조선대학교 정밀기계공학과
*** 여수수산대학 기계공학과

재료등의 건전성 평가[2]에 이용되고 있다. 특히 이러한 평가법은 반도체 패키지의 박리부의 정량적인 비파괴검사[3]가 반드시 필요하게 되며 고신뢰성 비파괴검사법의 확립이 요구되어진다. 이종재 경계면의 미소 영역을 대상으로 한 비파괴검사법으로써 촛점형 탐촉자를 이용한 초음파 수침탐상법[4]이 많이 활용되고 있는 실정이다. 이종재료의 경계면에 있어서 접착 또는 박리의 정보는 같은 경계면 미소 영역으로부터의 반사초음파의 파형에 포함되어 있다. 그러므로 본 논문에서는 이종재 경계면 미소 영역을 대상으로 한 고신뢰성 비파괴검사 방법의 기초를 확립하는데 목표를 두고 경계면 정보를 토대로 경계면 반사파 파형을 상세하게 검토하고 이것을 근거로 반사파 파형에서 접착과 박리부를 평가하는 방법이다.

더욱이 본 논문에서는 해석 결과의 능률화를 위해서 탐상 데이타를 화상화하여 접착부와 박리부를 구별하기 위해 반도체 패키지를 대상으로 하여 검토하고 그 유효성을 나타내고자 한다. 또한 고신뢰성 평가를 위해 몰딩한 반도체 패키지를 대상으로 내부미소결함, 경계면의 접착상태, 박리 등의 검출이 중요한 부분이 된다.

2. 수침탐상법 (Immersion testing method)

세라믹스나 전자부품등의 미세결함 탐상법으로써 일반적으로 물속에 시험체를 넣고서 탐촉자와 시험체를 비접촉의 상태에서 검사를 실시한다.[5] 이와 같은 수침법을 대상으로 최근에 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 이처럼 수침법을 이용하면 초음파 beam을 조밀하게 밀어 넣을 수가 있어서 방위각 분해능을 향상시킬 수 있으므로 미소결함의 검출능이 좋아지게 된다. 이 방법을 Fig. 1에서 나타내고 있으며 여기서 탐촉자에 고전압 펄스가 가해지면 초음파가 발생하게 된다.

이와 같은 원리에 의해서 결함의 깊이 $D=(C\times t)/2$로 구해지게 되며, 여기서 D는 결함의 깊이이고, C는 음향속도이며, t는 초음파의 전파시간이다. 또한 Fig.1에서 T는 송신펄스를 나타내고 S는 표면에서 반사되는 펄스이며 F는 결함으로부터 반사되는 펄스를 나타낸다.

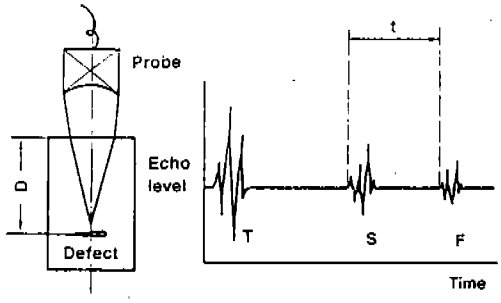


Fig.1 Principle of ultrasonic immersion testing method

2.1 이종재 경계면에 대한 수침탐상법

초음파는 물질의 내부를 전파하고 이종물질의 경계면에서는 부분적으로 투과 및 반사한다. 따라서 투과 및 반사물질은 경계면에 접하는 2개에 물질의 음향 임피던스 Z에 따라 결정된다. 입사파에 대한 반사파의 비율로써 어떤 반사율 r은, 제 1, 제 2물질의 음향 임피던스를 각각 Z_1, Z_2라고 하면, 다음과 같다.

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \tag{1}$$

측정방법은 반도체 패키지에 초음파를 맞추었을 때 반도체 패키지 내에 이종물이나 내부결함이 존재한다면 그 부분에서 초음파의 반사율이 변화하는 것을 가지고 판별한다. 따라서 반도체 패키지에 존재하는 결함으로써 접합부와 박리부가 많은 경우 반사율의 계산이 곤란하다.

그러므로 Fig.2에서는 반도체 패키지 내에 접합부와 박리부가 혼재함으로 반사파의 음압(P)는 박리부(박리율=α)로부터의 음압(P'')와 접합부($1-\alpha$)로부터의 음압(P')의 합으로 나타낸다. 여기서 박리율을 α라고 하면 접합부의 반사음압(P')와 박리부에서의 음압(P'')는 식(2)와 식(3)으로 된다.[6]

$$P' = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}(1-\alpha)\, P_0 \qquad (2)$$

$$P'' \fallingdotseq -\alpha\, P_0 \qquad (3)$$

따라서 합계된 에코우의 반사율(R)은 식(4)와 같다.

$$R = -\left(1 + \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}\right)\alpha + \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \qquad (4)$$

여기서 $r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$ 이므로

에코우 반사율 (R)은 다음과 같다.

$$R = -(1+r)\,\alpha + r \qquad (5)$$

따라서 논리계산에 의하면 박리율에 따르는 음압 반사율은 Fig.3과 같다.

접합경계면의 음압 임피던스의 차이 r값의 대소에 따라 반사율은 (+)와 (-)의 넓은 범위에서 변화하는 것을 알았다. 그러므로 검파파형으로부터 에코우 높이의 절대치를 취해서 화상화하면 박리의 검출이 불충분하다. 따라서 충분한 박리검출을 하기 위해서는 기본파형(reference wave)의 (+)피이크 치와 (-)피이크치에 주목하여 화상화할 필요가 있다. 이밖의 방법으로써 초음파로 접합경계면을 검사하는 경우에는 반사파를 대상으로 하지 않고 Fig.4에서 나타내는 것과 같이 투과율(Fig.4중의 ②)를 이용하면 박리틈이 작을 때나 시험체의 두께가 얇을 때에도 검출능이 향상된다.

Fig.5는 주파수가 25 MHz 일때의 각종 재료에 있어서의 박리층(공기층)의 두께와 음압 투과율의 관계를 나타낸 계산치이다.[7] 이 그림으로부터 명확히 알 수 있듯이 박리층의 두께가 5nm 정도의 미소한 틈에 있어서도 거의 초음파가 투과되지 않으므로 투과법이 유효하다는 것을 알 수가 있다.

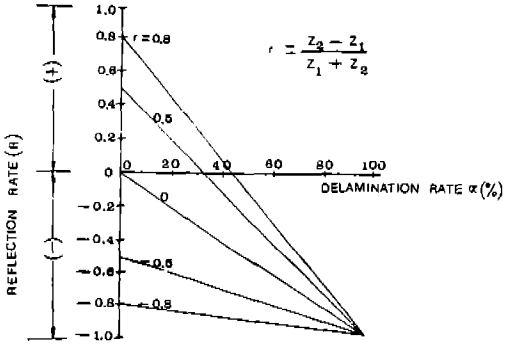


Fig.3 Reflection rate between junction part and delamination part

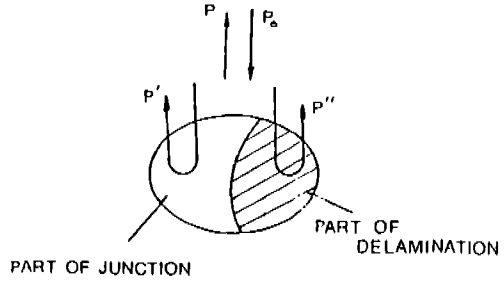


Fig.2 Display of reflection rate

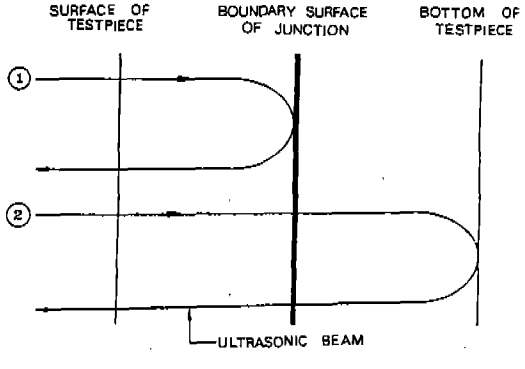


Fig.4 Detection method by transmission wave

2.2 반도체 패키지에 대한 수침탐상법의 적용

반도체 패키지에 대한 초음파 탐상 데이타를 기록하기 위해 XYZ-Scanner를 사용해서 탐상 데이타를 얻기위한 Scanning Acoustic Tomograph (SAT)의 작동원리를 Fig. 6에 나타냈다. 또한 반도체 패키지에 대해서 포커싱하는 방법으로써 탐촉자로부터 발생되는 초음파는 물이라는 매체를 통하여 전달되고 수지(resin)의 표면에 닿으면 일부는 반사되고 일부는 투과하는데 여기서 반사하는 파가 수지의 표면파이다.

또한 Fig. 7에서는 물과 수지에서의 초음파의 전파속도가 다르기 때문에

$$L_R = \frac{V_R \times T_R}{2} \tag{6}$$

$$L_W = \frac{V_W \times T_W}{2} \tag{7}$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 L, V, T는 각 초음파가 전달되어 가는 거리와 속도 및 전파시간을 의미하며 첨자 R과 W는 수지(resin)부와 물(water)부분을 나타낸다. 따라서 IC 패키지의 구성 및 재질을 안다면 T_W와 T_R을 구할 수 있기 때문에 게이트를 설정하는데 정확성을 기할 수 있다.

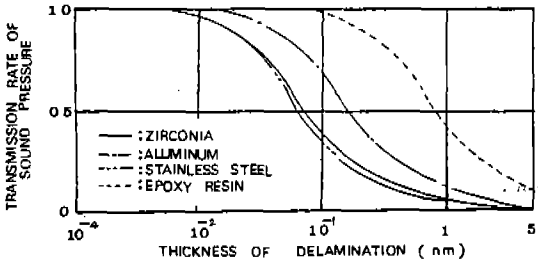


Fig.5 Change of ultrasonic transmission rate by thickness of delamination (Frequency : 25 MHz)

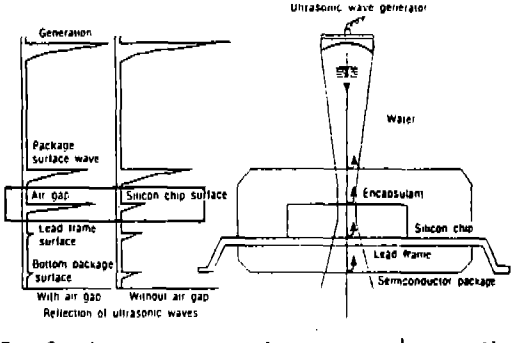


Fig.6 Scanning acoustic tomograph operation principle

3. 초음파 신호의 화상처리 장치 및 방법

반도체 패키지를 대상으로 초음파시험에 이용되는 3축 스캐너를 갖는 측정장치로써 데이타 수록 시스템에 이용하였다. 여기서 탐촉자의 개구각, 촛점거리, 주파수 특성, 송수신기의 주파수특성, 증폭특성에 주의를 기울일 필요가 있다.

또한 A-SCOPE만의 관찰에서는 재료중의 깊이 방향 1 line에 따르는 정보밖에 조사되지 않고 시험편 전체를 조사하는 데에는 엄청난 시간이 소요되기 때문에 실용적이지 않다. 그래서 탐촉자를 상하의 Z, 수평의 XY 면내를 자유로이 이동가능한 주사장치를 설치하고 각 설정위치로부터의 신호를 컴퓨터로 효율 좋게 검출가능한 C-SCOPE 방식을 표준으로 했으나 각 방향에서 이동피치는 컴퓨터로부터 임의로 설정가능하다. 따라서 본 장치에서는 소정 게이트내의 신호 피이크치를 검출하고 이것을 A/D 변환으로부터 컴퓨터에 기억한다. 일정 피치마다 데이타를 샘플링하여 기억시킨 것으로부터 시험편의 소정깊이에 있어서 초음파 에코우 정보를 수집한다.

일반적으로 결함의 상태는 초음파 에코우의 크기로부터 평가되며 리시버로 증폭된 신호를 oscilloscope로 관측하면 시험편 내부의 결

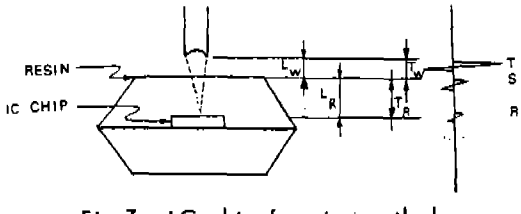


Fig.7 IC chip focusing method

함상황을 알 수 있다. 하지만 미세한 결함의 경우는 oscilloscope 만의 관측으로는 비능률적이므로 본 논문에서는 원화상을 얻기 위해서 초음파의 발신파로부터 게이트 설정의 시작점까지가 최소 50nsec 이며 게이트의 폭은 30nsec 로 된다. 그러므로 반도체 패키지 표면 아래부근의 결함을 검출 가능하게 하고 또한 높은 분해능으로써 미소결함의 화상화가 가능하게 되며 RF 신호안의 게이트 범위내의 정(+)과 부(-)의 피이크치를 검출하고 A/D 변환 후 컴퓨터 메모리에 기억된 메모리 데이타는 화상 입·출력 장치로부터 신호 레벨을 휘도 레벨로 변환하여 모니터 TV로 출력한다.

본 장치에서는 255 계조의 휘도 레벨을 채용하였다. 이것은 계조가 작고 미소한 결함으로부터 작은 신호를 못보고 빠뜨려 버린 것에서 기인된 것이다. 또한 해석 결과는 칼라 표시(colour display)로 표시하는 것도 가능하나 컴퓨터에 의한 화상 데이타로부터 결함 크기의 검출, 에코우 레벨 빈도 분포, 2치 화상화, 화상의 강조등의 처리를 하는 장치로써 Fig.8은 디지탈 화상처리 시스템을 표시한 것이다.

4. 경계면 반사파의 파형

4.1 파형의 변화

본 논문에서는 수침 촛점형 탐촉자를 사용하여 반도체 패키지 내부 및 표면에 발생한 결함을 검출할 때 결함부근의 기본파형(reference wave)은 Fig. 9와 같다. 여기서 시간축 200ns 부근의 대진폭파형은 수침 촛점형 탐촉자로부터 보내진 송신펄스가 물속으로 전파되어 측정대상의 표면인 경계층까지의 도달시간으로 반도체 패키지 시험편의 표면으로부터의 반사파이고 400ns 부근의 작은 진폭중의 크게 되는 부분이 결함으로부터의 반사파이다.

또한 수침 촛점형 탐촉자를 이용하여 수중에서 고체 접합면에 초음파를 입사할 때에 반사 에코우의 강도를 Fig. 10에 나타낸다. Fig.

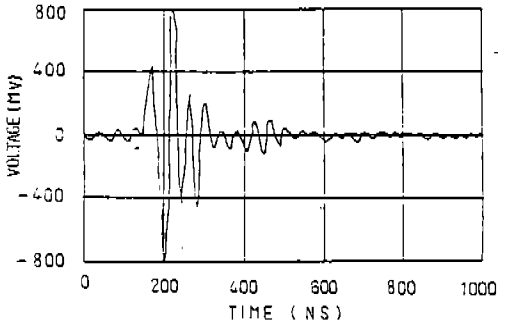
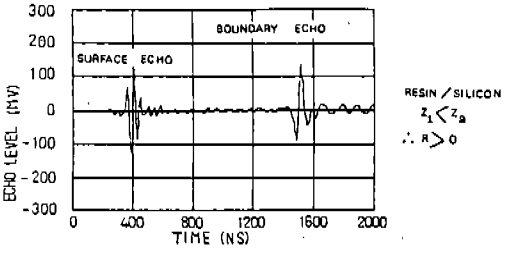
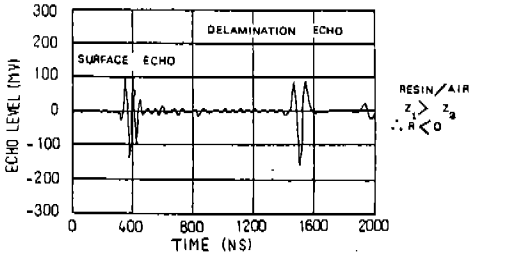


Fig.9 Experimental result of RF wave defect part of semiconductor package



(a) Junction signal at bonding boundary



(b) Delamination signal at the bonding boundary

Fig.10 Experimental result of ultrasonic echo signal at bonding boundary

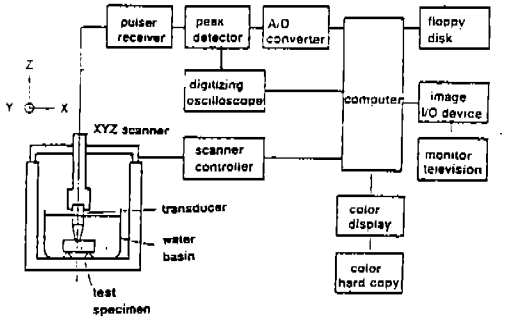


Fig.8 Block diagram of digital image processing

10의 (a)는 초음파가 전파되어 이종재로 구성된 수지부분과 실리콘 칩 부분이 경계층을 형성하고 있는 부분으로부터 잘 접합된 경우의 반사 에코우이고 (b)는 경계층인 수지부분과 실리콘 칩 사이에 공기가 있는 것으로써 잘 접합되지 않은 박리를 갖고 있는 경우이며 내부에 공기층이나 수막층이 존재하기 때문에 경계면에서의 위상이 반대로 됨을 알수가 있다.

4.2 해석 모델

수침 촛점형 탐촉자로부터의 송신펄스파의 파형을 $f(t)$라고 나타내면 Fourier 적분을 이용해서

$$f(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)\exp(j\omega t)\,d\omega \quad (8)$$

$$F(\omega)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\exp(-j\omega t)\,dt \quad (9)$$

여기서 ω는 초음파의 각 주파수, t는 시간이고 $F(\omega)$는 Fourier spectrum이다. 여기서 수침 촛점형 탐촉자로부터 보내지는 초음파의 경로를 Fig. 11과 같이 모델화 하였다. Fig. 11에 있어서 $D, h, L(h), i_S, i_I$는 각각 탐촉자 직경, 재료 1의 두께, 탐촉자로부터 재료 1과 재료 2의 경계면까지의 거리, 재료 1 표면에서의 입사각, 재료 1과 재료 2의 경계면에서의 입사각이다.

식(8)을 근거로 해서 표면반사파, 경계반사파가 탐촉자를 나와서 탐촉자로 되돌아 갈때까지의 반사, 굴절에 의한 영향 계수를 각각

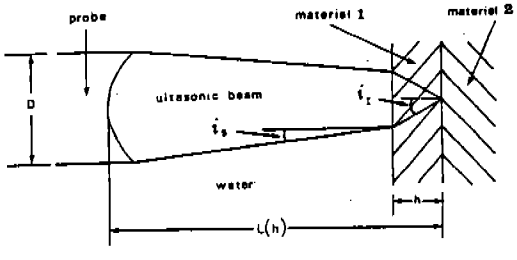


Fig. 11 Model of Ultrasonic Wave Beam

$S(\omega)$, $I(\omega, h)$ 또한 재료 1 및 물속에 있어서 초음파의 감쇠계수를 각각 $\alpha(\omega)$, $\alpha^W(\omega)$라고 나타내면 재료 1의 표면으로부터의 반사파파형 $f_S(t)$ 및 재료 1과 재료 2의 경계면으로부터의 반사파형 $f_I(t)$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.[8]

$$f_S(t)\simeq\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega)F(\omega)\exp\{-2\alpha^W(\omega)L(0)\}\exp(j\omega t)\,d\omega \quad (10)$$

$$f_I(t)\simeq\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} I(\omega,h)F(\omega)\exp[-2\alpha^W(\omega)\{L(h)-h\}]\exp\{-2\alpha(\omega)h\}\exp(j\omega t)\,d\omega \quad (11)$$

$S(\omega)$, $I(\omega, h)$를 복소수로 나타내면

$$S(\omega)=|S(\omega)|\exp\{j\phi_S(\omega)\} \quad (12)$$

$$I(\omega,h)=|I(\omega,h)|\exp\{j\phi_I(\omega,h)\} \quad (13)$$

여기서 $|S(\omega)|$, $\phi_S(\omega)$, $|I(\omega,h)|$, $\phi_I(\omega,h)$는 각각 $S(\omega)$의 절대값, $S(\omega)$의 편각, $I(\omega,h)$의 절대값, $I(\omega,h)$의 편각을 나타낸다.

주파수 ω의 임의의 값에 대하여 $h=h_1$과 $h=h_2$ (여기에서 h_1은 재료 1의 두께, h_2는 재료 2의 두께이다)로 되는 2가지 경우의 경계면 반사파의 진폭 스펙트럼의 비를 $X(\omega)$로 하고

$$A(\omega)=\alpha(\omega)-\alpha^W(\omega)\frac{\tan i_I}{\tan i_S} \quad (14)$$

로부터 System전체로 해서 감쇠계수 $A(\omega)$를 정의하면

$$A(\omega)=\frac{ln\,X(\omega)}{2(h_2-h_1)} \quad (15)$$

다음으로 각 주파수 ω의 임의의 값에 대해

서 $h_1 = h_2 = h$로 되는 경우의 경계면 반사파의 진폭 스펙트럼과 표면 반사파의 진폭스펙트럼 비를 $Y(\omega)$라고 해서

$$B(\omega) = \frac{|I(\omega, h)|}{|S(\omega)|} \tag{16}$$

로부터 $B(\omega)$를 정의하면

$$B(\omega) = Y(\omega) \exp\{2A(\omega)h\} \tag{17}$$

따라서 식(11)에 식(12), (13), (14), (16)을 대입해서 정리하면 경계면 반사파 파형은 다음과 같이 된다.

$$f_I(t) \cong \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} B(\omega) S(\omega) F(\omega) \exp\{j\Delta\phi(\omega, h)\} \exp\{-2A(\omega)h\} \times \exp\{-2\alpha^W(\omega) L(0)\} \exp(j\omega t) d\omega \tag{18}$$

여기서

$$\Delta\phi(\omega, h) = \phi_I(\omega, h) - \phi_S(\omega) \tag{19}$$

이다. $\Delta\phi(\omega, h)$는 초음파 beam의 경계면 반사파와 표면파의 위상차이다.[9]

5. 해석 결과

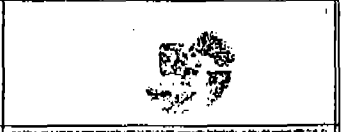
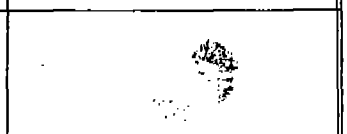
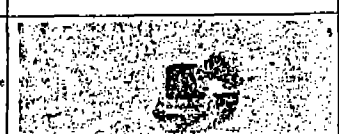
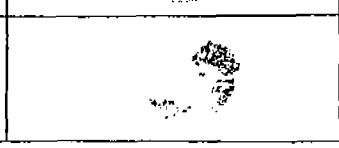
원화상안의 대상물을 주위의 배경으로부터 분리하는 처리로써 초음파 주파수 25 MHz에 의한 검출결함에 대해 영역분할을 위한 2치화상처리를 실시한다.

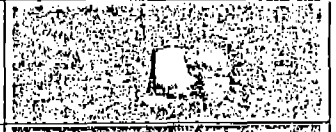
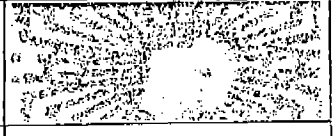
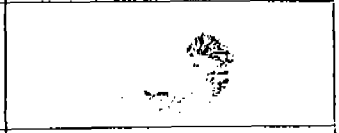
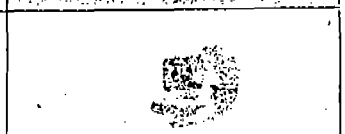
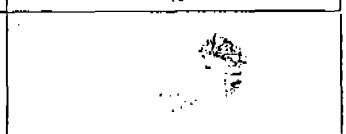
Fig. 12는 원화상의 경우를 판별분석법을 반복적으로 적용하여 자동적으로 영역분할을 실시한 것이다. 따라서 Fig. 12에서 (a)의 (i)은 원화상이며 (ii)는 2치화의 문턱값(이하 Th라 칭함) 즉 Th1 = 102의 경우이며 레벨값은 103～255로 이것을 256계조로 나눈것을 나타내고 그림중의 (iii)은 레벨값 0～102까지를 256계조로 나눈것을 나타내고 있다. 그러므로 Fig 중 (a)는 Chip 부근의 여러 결함을 중점적으로 표시한 것이다. Fig. 12중의 (b)의 (ii)는 Th1 = 102의 화상에 대하여 다시 2치화한 경우로써 Th2 = 145의 경우이고 레벨값 146～225까지를 표시한 것이고 그림중의 (iii)은 Level값 103～145까지를 256계조로 나타낸 것이다. 그림(b) 중의 (iii)은 Chip 부근과 그 주위에 내재해 있는 결함을 나타내고 있다. Fig. 12중 (c)의 (ii)는 Th1 = 102의 화상에 대하여 다시 구한 Th0 = 37의 경우로 레벨값 38～102까지를 256계조로 나눈것을 나타내고 있다. 그림중 (iii)의 경우는 리이드 프레임 부근과 그 배경부를 중점적으로 구한 2치 화상이다.

Fig. 12중 (d)의 (i)는 Th1 = 102보다 큰 경우이며 레벨값은 103～255이고 (ii)는 Th2 = 145보다 큰 경우이며 레벨값 146～255를 나타내고 있고 그림중 (iii)은 (ii)의 화상에 대하여 2치화 한 것으로 Th3 = 186보다 큰 레벨값 187～255까지를 나타낸 것이다.

Fig. 12중 (e)의 (i)은 원화상이고 (ii)의 경우는 Th2 = 145보다 큰 레벨값 146～225까지이며 Fig. 12중 (b)의 (ii)와 같다. 또한 (iii)의 경우 Th3 = 186보다 큰 레벨값 187～255까지로서 Th2보다도 Th3쪽이 선명하다. Fig. 12중 (f)의 (i)은 원화상이며 (ii)는 Th2 = 145에서 2치화한 것으로 레벨값 146～255가 흑색으로 나타내고 있으며 이것은 사진에서는 반대이고 (iii)의 경우는 Th3 = 186에서의 2치화로 레벨값 187～255가 흑색으로 사진과는 반대이다.

이상에서 알 수 있듯이 Th2에서는 Chip 부분에 결함이 확실하게 남아 있음을 알 수 있다. Fig. 12중 (g)의 (i)은 원화상이며 이것을 4치화하는 것으로써 그림중 (ii)는 영역 1 (TH0′ = 56 이하) 즉 레벨값 0～56까지를 256계조로 나타낸 것이고 (iii)은 영역 2 (TH0′ = 56 이상, TH1 = 104 이하)로 레벨값 57～104까지를 표시한 것이다. Fig. 12에서 (h)의 (i)은 영역 3 (TH1 = 104 이상, TH 2 = 181 이하)의 경우로써 레벨값 105～181까지를 256계조로 나눈 것이며 (ii)는 영역 4

TEST NUMBER		THRESHOLD VALUE	RESULTS OF ULTRASONIC IMAGES
(a)	(i)	Original image	
	(ii)	Th1 = 102 103 ~ 255	
	(iii)	0 ~ 102	
(b)	(i)	103 ~ 255	
	(ii)	Th2 = 145 146 ~ 255	
	(iii)	103 ~ 145	
(e)	(i)	Original image	
	(ii)	146 ~ 255	
	(iii)	Th3 = 186 187 ~ 255	
(f)	(i)	Original image	
	(ii)	Th2 = 145 Binary images	
	(iii)	Th3 = 186 Binary images	

TEST NUMBER		THRESHOLD VALUE	RESULTS OF ULTRASONIC IMAGES
(c)	(i)	0 ~ 102	
	(ii)	Th0 = 37 38 ~ 102	
	(iii)	0 ~ 37	
(d)	(i)	103 ~ 255	
	(ii)	146 ~ 255	
	(iii)	Th3 = 186 187 ~ 255	
(g)	(i)	Original image	
	(ii)	0 ~ 56 Th0' = 56	
	(iii)	57 ~ 104 Th1' = 104	
(h)	(i)	Th1' = 104 105 ~ 181	
	(ii)	Th2' = 181 182 ~ 255	

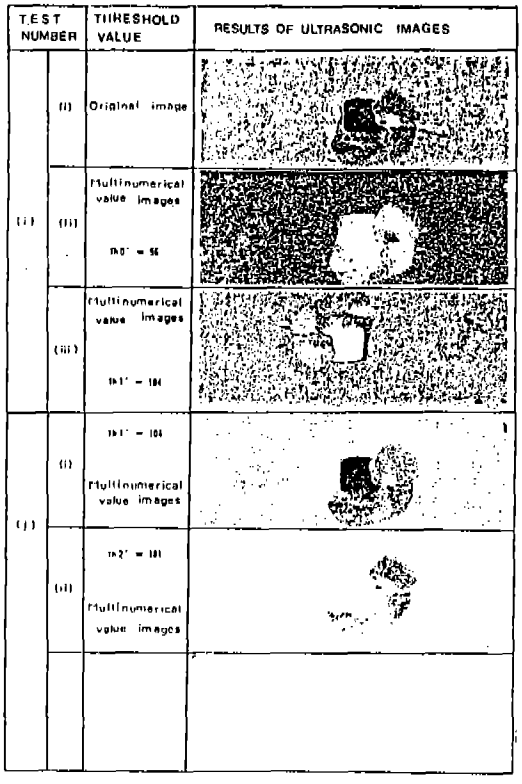


Fig.12 Experimental result of binary image processing of moulded semiconductor package

(TH2=181 이상)는 레벨값 182~255까지의 경우이다.

Fig.12에서 (i)의 (i)은 원화상이며 (ii)는 4치화로 영역(0~56)이 흑색으로 사진과는 반대임을 알 수 있다. (iii)은 4치화로써 영역 2 (57~104)도 흑색을 나타내고 있으며 사진과는 반대이다. Fig.12에서 (j)의 (i)은 4치화로써 영역 3 (105~181)이 흑색을 보이고 있으며 (ii)는 4치화로써 영역 4 (182~255)는 흑색이다.

이상에서 보는 바와 같이 4치화의 적용은 효과적임을 알 수 있다. 따라서 지금 까지의 결과로 보면 $Th_1=102$의 부근에서 배경부를 제거할 수 있었으며 Th1=104~Th2=181의 영역은 Chip 부와 박리부의 일부에 해당된다. 또한 그림중 Th3=186의 경우는 부분 박리부로써 Chip 부분의 주변 엣지부에 여러 가지 결함이 존재하고 있는 것을 보이고 있으며 칩엣지(Chip edge)의 우측상단의 A부분은 비교적 많은 결함을, 좌측하단의 B부분은 비교적 적은 결함을 나타내고 있다.

그 이유로써는 칩엣지부 경우의 공기층에 의한 박리도 있겠지만 우측상단(A부분)은 초음파의 진행 방향에 크랙결함의 진전방향이 수직으로 되기 때문에 많은 양의 초음파가 반사되고 있으며, 좌측하단(B부분)의 경우는 크랙 진전방향이 경사지게 진행하므로 초음파가 투과되는 양이 많기 때문이다.

6. 결 론

본 논문에서는 이종재료 경계면의 미소영역의 접착 및 박리의 정보를 얻기 위해 반도체 패키지가 모울딩 된 것을 시험편으로 하여 경계면의 반사파형 변화에 의한 화상해석의 결과는 다음과 같다.

(1) 반도체 패키지의 각종결함에 판별분석법의 반복적인 적용으로써 그 영역 분할이 가능하였으며 박리 부분만의 추출도 가능하였다.

(2) 물과 시험편을 포함한 시스템 전체로 해서 감쇠계수 $A(\omega)$가 주파수 의존성을 갖고 있음을 알았다. (여기서 ω는 초음파의 각 주파수이다.)

참 고 문 헌

1. 野中差夫：超音波による顕微・探傷技術, 計測と制御, Vol.28, No. 5. pp.410~415, (1989)
2. YOSHIRO TOMIKAWA, YUKIHARU IWASE, KISHIO ARITA, and HIROAKI YAMADA: Nondestructive Inspection of a Wooden Pole Using Ultrasonic Computed Tomography, IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, and FREQUENCY CONTROL, VOL. VFFC-33, NO.4, PP.354~358, 1986.
3. 尾上守夫, 孫珍鉉：ディジクル再生による超音波ホログラフィー検査, 非破壊検査, 秋季大會講演概要, pp.594~596, (昭 51)

4. Fuminobu Takahashi, Katsumichi Suzuki and Takahiro Kanamori : Digital signal processing in Acoustic Focused Image Holography, pp. 685~6979.
5. W. A. Simpson : Time-Domain Deconvolution : A New Technique to Improve Resolution for Ultrasonic Flaw Characterization in stainleaa steel Welds, Materials Evaluation/44/pp. 998~1003, July 1986.
6. 有竹猛：超音波探上映像装置 AT5000, 比破壊検査, 第38巻 第5號, pp.257~259.（平成元年）
7. 小倉幸夫：超音波探傷技術の最近の動向, ジョイテック, pp.99~103, 1989年 9月號
8. J.P. POWERS, CAPT J.Y.R. DE BLOIS, LT.R.I. O'BRYON AND LT.J.W. PATTON : A Computer-Aided Ultrasonic Imaging System, Plenum Press, pp.235~248
9. ECKART E. HUNDT and ELMAR A. TRAUTENBERG : Digital processing of ultrasonic Data by Deconvolution. IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND ULTRASONICS, Vol. SU-27, No.5, pp.249~252, SEPTEMBER, 1980