

초음파 주사 현미경의 분해능 향상을 위한 중첩된 펄스에코 신호의 분리 기법 (디컨볼루션과 웨이브렛 변환의 혼합기법)

장경영*, 장효성**, 박병일**

(Separation of Superimposed Pulse-Echo Signal for Improvement of Resolution of Scanning Acoustic Microscope - Deconvolution Technique Combined with Wavelet Transform -)

Kyungyoung Jhang*, Hyoseong Jang**, Pyoungyll Park**

ABSTRACT

Scanning Acoustic Microscope (SAM) is used as an important nondestructive test tool in semiconductor reliability evaluation and failure analysis. However, inspections of chip attach adhesive interface for thin chip has proven difficult as the reflected signals from the chip top and bottom are superimposed. In this paper, in order to overcome this difficulty, a new signal processing method based on the deconvolution technique combined with the wavelet transform is proposed. The wavelet transform complements a disability of deconvolution technique of which performance largely decreases when the waveform of target signal is not identical to that of reference signal. Performances of the proposed method are demonstrated by through computer simulations using model signal and experiments for the fabricated semiconductor samples, and satisfactory results are obtained.

Key Words : Scanning Acoustic Microscope (초음파 주사 현미경), Resolution (분해능),
Deconvolution (디컨볼루션), Wavelet transform (웨이브렛 변환), Semiconductor (반도체)

1. 서론

최근 반도체의 개발 추세는 고집적화, 고속화와 함께 소형화를 요구하고 있고, 특히 인쇄회로기판의 표면에 실장하기 위해 조립하는 반도체 패키지의 두께는 1~2mm 로 얇아져 가고 있다. 이렇

게 얇은 반도체 패키지를 인쇄회로기판의 표면에 납땀하여 붙이기 위해서는 섭씨 220 도의 납땀장치를 통과 해야 하는데 이때 반도체 내부의 수분의 팽창 또는 다른 요인들에 의해서 들뜸(Delamination)이나 깨짐(Package Crack)과 같이 반도체의 성능에 치명적인 영향을 미치는 결함이 발생할 수 있게 된다.⁽¹⁾

* 한양대학교 기계공학부

** 한양대학교 대학원 정밀기계공학과

** 한양대학교 대학원 정밀기계공학과

일반적으로 이러한 결함들을 검출하기 위하여 초음파 주사 현미경 (Scanning Acoustic Microscope, 이하 SAM 이라한다.)을 이용하는 방법이 널리 이용되고 있으며, 그 검사결과도 높은 신뢰성을 가지는 것으로 검증되고 있다. 이 장치의 원리는 일반적인 초음파 펄스 에코법에 기본을 두고 있으며, 집속형 트랜스듀서를 이용하여 특정 깊이에서의 반사신호를 선택적으로 얻을 수 있고, 또 주사기능을 이용하여 검사체 내부의 수평, 수직면에 대한 초음파 신호를 영상 처리함으로써 들뜸이나 이상 경계면을 쉽게 알아낼 수 있도록 하는 특징이 있다.⁽²⁾

그러나 반도체 패키지의 두께가 얇아지면서 Si 실리콘 칩의 상하부 반사파가 서로 중첩되어 나타나게 되어 실리콘 칩의 상하부 경계면에 대한 들뜸의 검출이나 접착상태의 평가가 어려워지고 있다.⁽³⁾ 특히 이런 경우 집속형 트랜스듀서의 초점을 하부 경계면에 맞추기도 곤란하므로 하부 경계면의 들뜸 결함의 검출은 거의 불가능하다. 물론 사용 주파수를 높이면 펄스에코 신호의 깊이 방향으로의 분해능을 향상시킬 수 있다. 그러나 고주파수의 초음파 신호는 큰 감쇠를 수반하므로 검사할 수 있는 깊이에 한계가 있다. 따라서 25 MHz 이하의 비교적 낮은 주파수를 사용하여 검사할 수 있는 깊이를 최대한 확보하면서 중첩 신호를 분리해 낼 수 있는 기법의 개발이 필요하다.

한편 초음파 Pulse-echo 신호의 깊이 방향으로의 분해능을 향상시키기 위한 방법에 디컨볼루션(deconvolution) 기법이 있다.⁽³⁾ 그러나 이 방법은 반사파의 파형이 송신파와 유사하다는 가정을 전제로 하고 있어 초음파의 전파과정에서 파형의 변화가 심하지 않은 경우에 효과적으로 적용할 수 있다. 따라서 집속형 트랜스듀서를 사용하는 SAM 에서와 같이 전파 깊이에 따라 파형의 변형과 왜곡이 심한 경우에는 이 기법의 적용이 곤란하다. 본 연구에서는 이렇게 SAM에서의 중첩 에코신호를 분리함으로써 분해능을 향상시키기 위하여 웨이브렛 변환과 디컨볼루션 기법을 병용하는 새로운 신호처리 기법의 개발을 목적으로 한다.

웨이브렛 변환 (Wavelet Transform) 기법은 주어진 신호에서 기본 웨이브렛(mother wavelet)이라 불리는 특정 파형과 유사한 성분을 주파수 대역별로 선별하여 분리해 낼 수 있는 기능이 있으며, 따라서 비정상신호 (nonstationary signal) 또는 천이

신호 (transient signal)의 특성을 분석하는데 매우 효과적인 것으로 알려져 있다.^{(4),(5)} 그런데 SAM 신호의 경우 전파함에 따라 주된 주파수 성분이 크게 변화하게 되지만 송신파와 반도체 내부 각 계면에서의 반사파의 기본적인 형태는 크게 달라지지 않는다. 이 기본 형태를 웨이브렛 변환 기법에서 이용하는 기본 웨이브렛에 해당한다고 생각하면, SAM 신호에 웨이브렛 변환 기법을 적용할 수 있다. 이렇게 함으로써 각 계면 반사파를 주파수 대역별 기본 파형으로 분리해 낼 수 있고 여기에 디컨볼루션 기법을 적용하면 주파수 대역 성분이 서로 유사하므로 디컨볼루션 기법의 적용이 가능해진다. 본 논문에서는 이 방법의 원리를 제안하고 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 성능을 검증하고자 하였다.

2. 반도체 패키지에 대한 SAM 신호

SAM 을 이용하여 반도체 패키지의 내부 계면 들뜸을 검사하는데 있어 중요시되는 신호는 실리콘 칩의 상하면 반사파이다. 이 들뜸 패키지 윗면 반사파와 함께 Fig. 1 에 나타낸다. 여기서 $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$ 는 각각 패키지 윗면, 실리콘 칩 윗면과 아랫면 반사파를 나타낸다.

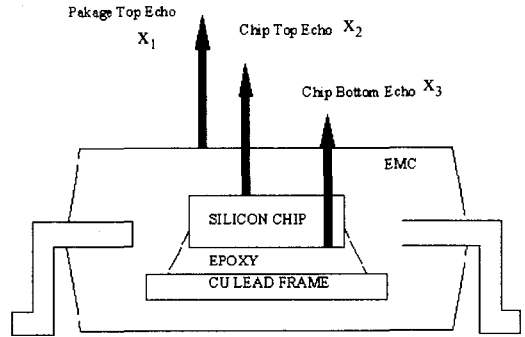


Fig. 1 Echo signals at typical boundaries in semiconductor package

그러나 일반적으로 실리콘 칩의 두께가 비교적 두꺼운 경우에는 전파 시간차에 의해 Fig. 2 (a) 에 나타낸 바와 같이 신호 x_2 와 x_3 가 시간축에서 잘 분리되어 나타나므로 이로부터 실리콘 칩의 윗면과 아랫면에 대한 정보를 정확히 얻을 수 있다. 그러나 실리콘 칩의 두께가 점점 얇아지면 전파시

간차가 작아지고 Fig. 2 (b)와 같이 실리콘 칩 위, 아래 두 경계면에 있어서의 신호를 구분할 수 없게 되어 실리콘 칩의 계면 검사에 어려움을 겪게 된다. 단, 에코의 위상은 계면 사이의 음향임피던스 차이에 의해 결정되며, 진폭은 계면의 접합상태에 따라 달라지게 된다. 일반적으로 들뜸결합이 있는 경우에는 없는 경우에 비해 그 계면의 에코 진폭이 매우 크게 나타난다. 즉, 계면 에코로부터 그 계면의 상태를 알아낼 수 있는 것이다.

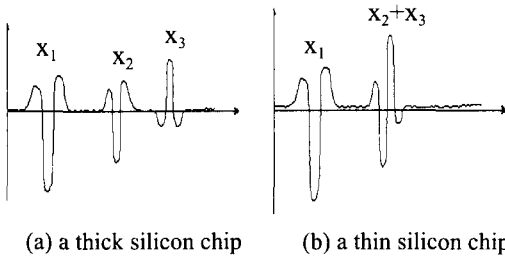


Fig. 2 Typical patterns of echo signal in a semiconductor

3. 디컨볼루션과 웨이브렛 혼합기법

3.1 디컨볼루션

초음파 펄스에코법에서 송수신 신호를 각각 시간 t 의 함수 $S_T(t)$, $S_R(t)$ 로 표시하기로 하면, 수신신호는 다음과 같은 컨볼루션 적분의 형태로 나타낼 수 있다.⁽⁶⁾

$$S_R(t) = \int_0^\infty \rho(x) S_T(t - \frac{2x}{v}) dx \quad (1)$$

즉, 수신신호는 탐촉자로부터 송출된 초음파가 속도 v 로 전파해서 x 의 위치에 있는 반사체에서 반사되어 돌아오는 성분이 x 축을 따라 누적된 결과임을 나타낸다. 단, 여기서 $\rho(x)$ 는 반사체의 반사계수로써 송신점으로 부터의 거리 x 의 함수이다. $\rho=1$ 은 전반사를, $\rho=0$ 은 반사체가 없음을 의미하며 통상 들뜸 결합이 있는 계면에서의 ρ 의 값이 없는 계면에서의 그것보다 매우 크다.

이렇게 ρ 의 크기로부터 계면의 상태를 판정할 수 있는데 ρ 의 분포는 송수신신호의 푸리에 변환을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저, $2x/v = t'$ 로 변수치환하고 식 (1)을 푸리에 변환

하면

$$S^{-}_R(\omega) = \int_{-\infty}^\infty \int_0^\infty \rho'(t') S'_T(t-t') e^{-j\omega t'} dt' \\ = \rho^{-}(\omega) S^{-}_T(\omega) \quad (2)$$

을 얻게 된다. 여기서 ρ' , S'_T 은 각각 ρ , S_T 를 t' 에 대한 함수로 표현한 것이며, S^{-}_R , S^{-}_T , ρ^{-} 은 각각 S_R , S_T , ρ 의 푸리에 변환형이다.

따라서, 반사계수의 푸리에 변환은 식(3)과 같이 구할 수 있으며,

$$\rho^{-} = \frac{S^{-}_R(\omega)}{S^{-}_T(\omega)} \quad (3)$$

$\rho'(t')$ 는 $\rho^{-}(\omega)$ 의 역푸리에 변환에 의해 구할 수 있다.

이와 같은 방법으로 반사계수의 분포를 구하는 것을 디컨볼루션 기법이라고 부르며, 반사체의 위치에 대한 정보를 델타 함수적으로 나타내기 때문에 중첩된 신호라 하더라도 매우 정확하게 반사 신호를 구분해 낼 수 있다.

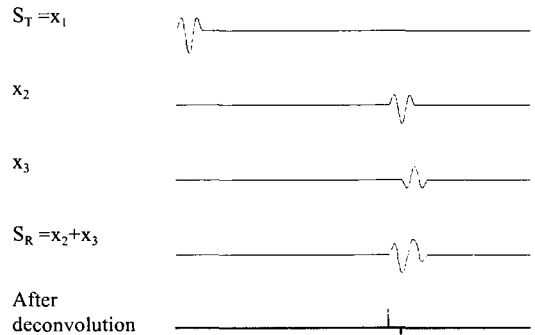


Fig. 3 Separation of superimposed signal using deconvolution technique.

Fig. 3은 이와 같은 디컨볼루션 기법을 SAM 신호에 적용하는 개념을 나타내고 있다. 단, 여기서의 패키지 윗면 에코인 x_1 을 송신신호와 같이 취급하였다. 이것은 SAM 장비로부터 전기적 트리

거 신호가 아닌 실제 송신 초음파 파형을 얻기가 어렵기 때문인데, x_1 은 반도체에 따라 거의 변함이 없는 안정된 신호이므로 대체하여 이용하여도 무방하다. 따라서 x_1 을 송신신호 S_T , x_2+x_3 를 수신신호 S_R 로 취급하였다. 그리고 디컨볼루션 적용후에 나타나는 임펄스의 위치와 크기로부터 계면의 위치 접합상태를 평가할 수 있다.

단, 이 기법은 식(1)에서 알 수 있듯이 송신파형이 전파하면서 변화하지 않는 것을 전제로 하고 있다. 따라서 SAM 에서와 같이 파형의 왜곡이 심한 경우에는 이 기법을 그대로 적용할 수 없다.

3.2 웨이브렛 변환기법

웨이브렛 변환 기법은 시간정보와 주파수정보를 동시에 관측할 수 있으며, 푸리에 해석이 여러 주파수 성분으로 신호를 분리할 수 있듯이 기본 웨이브렛(mother wavelet)이라 불리는 특정 파형과 유사한 성분을 주파수 대역별로 선별하여 분리해 내는 기능을 가지고 있다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 후자의 기능을 이용한다. 즉, 반도체 계면에서의 에코 신호는 전파거리, 매질에 따라서 주파수 성분이 변화하고, 또 초점 영역과 비초점 영역에서의 반사파의 형태가 달라진다. 따라서 앞서 기술한 디컨볼루션 기법을 효과적으로 적용할 수 없다. 그러나 에코의 기본형태는 크게 달라지지 않는다. 이 형태를 기본 웨이브렛으로 생각하고 웨이브렛 변환하면 각 계면 에코 신호를 주파수대역별로 기본 웨이브렛과 유사한 파형으로 분리할 수 있다. 그 중 x_3 의 중심 주파수와 유사한 대역 성분을 선택하여 디컨볼루션 기법을 적용하면 각 계면 에코 신호사이의 파형이 유사하므로 효과적인 분석이 가능하다.

식(4)는 웨이브렛 변환의 기본 식을 나타낸다.

$$F(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi_{a,b}^*(t)dt \quad (4)$$

여기서, f 는 변환하려는 신호이고, F 는 f 의 웨이브렛 변환이다. $\psi_{a,b}$ 는 웨이브렛으로 식(5)와 같이 주어지며 *는 위상공액을 나타낸다.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a > 0 \quad (5)$$

여기서 $\psi(t)$ 는 기본웨이브렛, a 는 확대파라미터(dilation), b 는 이동파라미터(translation)를 나타내고, $\psi(t)$ 는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t)dt = 0 \quad (6)$$

이런 조건을 만족하는 파형에는 여러 가지 형태가 있을 수 있는데⁽⁷⁾, 본 연구에서는 Fig. 4에 보이는 바와 같이 SAM 송신 파형과 유사한 파형을 이용하였다. 그리고 Fig. 5는 본 연구에서 제안하는 기법의 개념을 나타낸다.

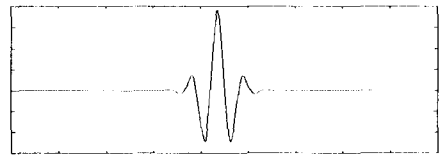
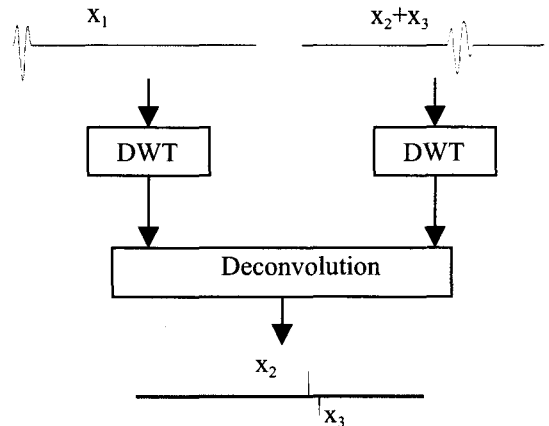


Fig. 4 The mother wavelet used in the wavelet analysis(bior2.8), which is similar to the actual



SAM signal.

Fig. 5 Concept of the proposed method: deconvolution technique combined with wavelet transform.

한편 웨이브렛 분석은 일반적으로 많은 계산량을 요구하게 된다. 여기서는 이러한 단점을

극복하기 위해 이산 웨이블릿 변환 (Discrete Wavelet Transform, DWT)을 이용하였다.^{(4),(5)}

4. 시뮬레이션

4.1 SAM 신호의 모형신호

제안하는 원리의 타당성을 검증하기 위하여 식(7)과 같은 모형을 이용하여 실제 SAM 신호와 유사한 임의의 신호를 발생시켜 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

$$S(t) = a \sin\{w(t - \tau)\} \sin\left\{\frac{w(t - \tau)}{2n}\right\}$$

$$\tau < t < \tau + nT'$$

$$S(t) = 0 \quad t < \tau, \quad t > \tau + nT' \quad (7)$$

여기서 a 는 진폭, ω 는 각주파수($=2\pi f$), τ 는 위상 지연시간, n 은 파수(wave number), T 는 주기를 나타내며, a 와 ω 를 변화 시킴으로써 초음파신호의 감쇠에 따른 진폭과 주파수성분의 변화를 고려할 수 있다. 시뮬레이션에서는 패키지 윗면, 실리콘 칩 상하면 반사파 각각에 대해서 실제 실험 데이터를 근거로 진폭과 주파수를 달리하여 신호를 발생시켰다.

4.2 주파수 성분의 변화가 없는 경우에 대한 디컨볼루션 기법의 적용

첫번째 시뮬레이션은 디컨볼루션 기법의 검증을 위해 주파수 성분의 변화는 없고 초음파가 진행함에 따라 나타나는 진폭감쇠만을 고려한 단순한 경우에 대해서 실시하였다. 즉, 식(7)에서 $f=20\text{MHz}$, $n=1.5$ 로 하고, x_1, x_2, x_3 의 진폭은 각각 1.0, 0.8, 0.6으로 하였다. 그리고 반사신호가 명확히 분리되는 두꺼운 칩과 중첩되어 나타나는 얇은 칩의 경우를 비교하기 위해 각 에코성분에 적절한 시간 지연을 주었으며, 얇은 칩을 가상한 경우에는 두꺼운 칩을 가상한 경우에서보다 x_2, x_3 사이의 시간 지연을 작게하여 중첩되도록 하였다. Fig. 6은 시뮬레이션 결과를 보여준다. 좌측은 두꺼운 샘플, 우측은 얇은 샘플을 가상한 경우이며, 수평축은 시간을 데이터의 샘플링 번호로 나타낸 것이고 수직축은 크기를 상대적으로 나타내었다.

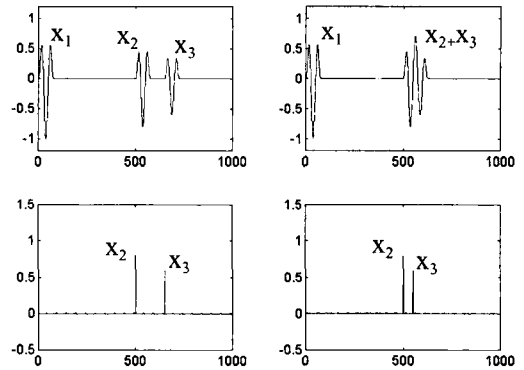


Fig. 6 Simulation results of signal separation by deconvolution technique in case each echo has the same frequency. Left: thick chip, right: thin chip, upper: given signal, lower: after processing.

4.3 주파수 성분의 변화가 있는 경우에 대한 디컨볼루션 기법의 적용

여기서는 실제의 경우를 고려하여 주파수의 변화가 있는 경우를 생각한다. 이러한 경우 단순 필터방식이라 불리우는 식(3)의 계산은 우변의 분모가 0에 가까운 값이 될 때 매우 불안정하게 된다. 이를 방지하기 위해 식(3)의 우변 분모를 식(8)로 대체하여 이용하게 되는데 이것을 위너(wiener) 필터라 부른다.⁽⁸⁾ 여기서 $N(w)$ 는 잡음의 스펙트럼을 나타내는데 대부분의 초음파 신호에서 잡음은 백색 잡음에 유사하고 따라서 본 시뮬레이션에서는 $N(w)$ 를 주파수에 무관한 상수로 가정하는 유사 위너 필터를 이용하기로 하였다.

$$W(w) = \frac{S^{-T'}{}^*(w)}{\left|S^{-T'}(w)\right|^2 + N(w)}$$

$$= \frac{S^{-T'}{}^*(w)}{\left|S^{-T'}(w)\right|^2 + A} \quad (8)$$

즉, $S^{-T'}(w)$ 가 0으로 근접할 때 잡음상수 A 는 필터가 불안정해지는 것을 방지하게 되며 A 의 크기는 $S^{-T'}(w)$ 의 최대크기에 대한 비율로 정해지게 된다.

시뮬레이션을 위한 모형신호는 진폭은 앞에서와 동일하되 주파수 변화를 고려하여 x_1 , x_2 , x_3 의 주파수를 각각 20MHz, 19.8MHz, 19.6MHz로 하였다.

Fig. 7은 시뮬레이션 결과를 나타내는데, 좌측은 두꺼운 칩, 우측은 얇은 칩을 가정한 경우이며, 상단은 모형신호, 중앙은 단순필터만을 이용하였을 경우에 대한 디컨볼루션 결과이다. 두꺼운 시편과 얇은 시편의 경우 모두 이상 발진의 결과를 나타내고 있다. 이에 반해 하단은 유사 위너필터를 이용한 경우의 결과를 나타내며 주기적인 배경잡음이 미약하게 혼재하기는 하나 양호한 신호 분리 효과를 보여주고 있다.

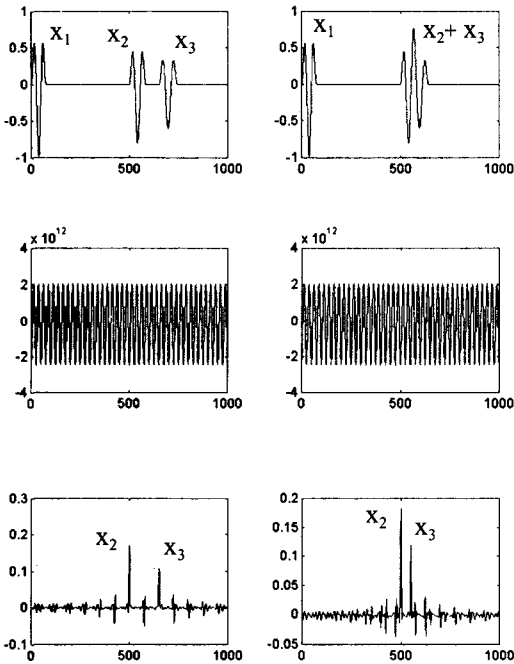


Fig. 7 Simulation results of signal separation by deconvolution technique in case each echo has different frequency. Left: thick chip, right: thin chip, upper: given signal, medium: with simple inverse filter, lower: with wiener filter.

4.4 웨이브렛 변환의 적용

여기서는 본 논문에서 제안하는 웨이브렛 병용 기법의 적용효과에 대해서 검토하였다. 시뮬레이션에 사용된 신호의 파라미터는 Fig. 7의 경우

와 동일하나 파형의 왜곡을 고려하기 위해 약간의 비대칭성을 주었다.

Fig. 8은 시뮬레이션 결과로서 모형신호와 함께 웨이브렛 변환 기법의 적용 전후에 대한 디컨볼루션 결과를 비교하여 나타낸다. Fig. 7에서와 마찬가지로 좌측은 두꺼운 칩, 우측은 얇은 칩을 가정한 경우이며, 상단은 모형신호, 중앙은 웨이브렛 변환 적용 전의 디컨볼루션, 하단은 적용 후의 디컨볼루션 결과이다. 웨이브렛 변환 기법을 적용한 후의 결과가 그렇지 않은 경우에 비해 불필요한 임펄스의 발생이 크게 줄어들 뿐만 아니라 원래 신호의 크기 정보(x_3 가 x_2 의 75%)가 보전됨을 알 수 있다.

한편 제안하는 신호처리 기법을 적용하였을 때 재현되는 임펄스 신호의 상대적인 진폭은 원래 신호의 기준신호에 대한 상대적인 진폭과 3% 미만이었음을 여러 경우에 대한 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다.

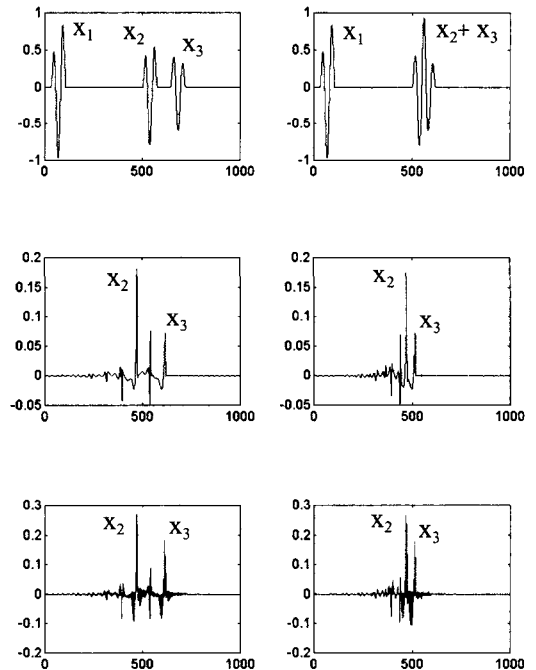


Fig. 8 Simulation results of signal separation by deconvolution technique combined with wavelet transform. Left: thick chip, right: thin

chip, upper: given signal, medium: without wavelet transform, lower: with wavelet transform.

5. 실험

5.1 실험장치의 구성

실험에 사용된 SAM은 SONIX사 제품으로 제어용 컴퓨터, 초음파 신호발생기와 수신기, A/D 변환기 그리고 X, Y, Z 방향으로 검사가 가능한 스캐너로 구성되어 있다. 사용가능한 주파수 영역은 10MHz에서 200MHz이다. Fig. 9에 시스템의 구성도를 나타내었다.

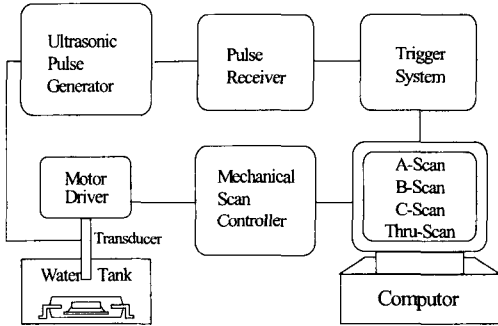


Fig. 9 Schematic diagram of experimental set up.

5.2 시편

시편으로서 실리콘과 비슷한 재질을 가지며 두께의 조절이 용이한 글래스가 사용되었다. 1.0mm 두께의 글래스가 두꺼운 시편으로서 명확하게 분리되는 신호를 얻기 위해 사용되었으며 0.1mm 두께의 글래스가 얇은 시편으로서 중첩되어 나타나는 신호를 얻기 위해 사용되었다. Fig. 10은 제작한 시편의 모양을 나타낸다.

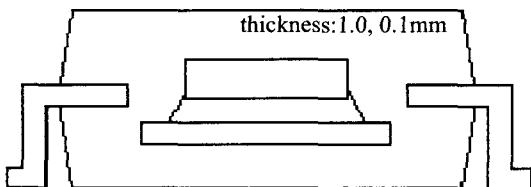
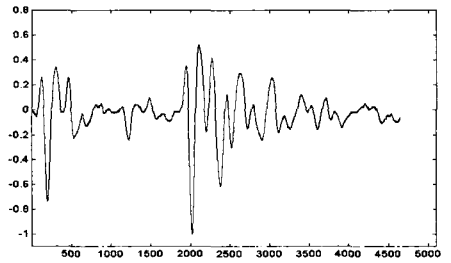


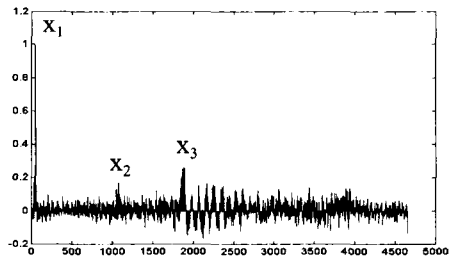
Fig. 10 Schematic diagram of cross section of fabricated specimen.

6. 실험결과 및 고찰

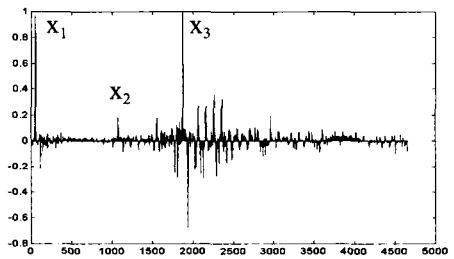
Fig. 11과 Fig. 12는 제안하는 기법을 실제의 데이터에 적용한 결과를 나타낸다. Fig. 11은 두꺼운 칩, Fig. 12는 얇은 칩에 대한 결과로서, 각 그림의 (a)는 SAM 장치에서 얻은 원래의 신호, (b)는 디컨볼루션만 적용하였을 때 (c)는 디컨볼루션과 웨이블릿의 혼합기법 적용의 결과이다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 11 Experimental result of thick chip specimen; (a) original signal, (b) after deconvolution without wavelet transform processing, (c) after deconvolution with wavelet transform processing.

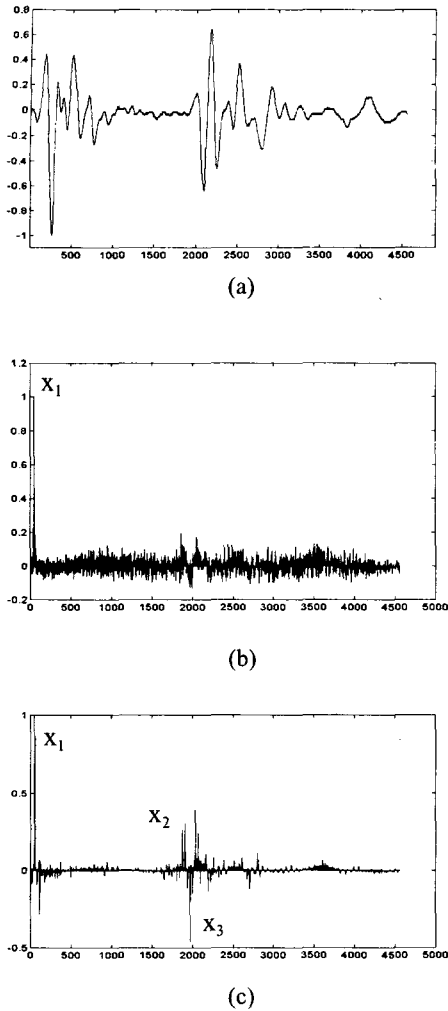


Fig. 12 Experimental result of thin chip specimen; (a) original signal, (b) after deconvolution without wavelet transform processing, (c) after deconvolution with wavelet transform processing

먼저 Fig. 11 을 살펴보면 (a)에서 이미 신호 x_2 와 x_3 가 분명하게 분리되어 나타나는 것을 볼 수 있다. 단, x_2 의 진폭이 상대적으로 매우 작은 것은 칩의 하부 계면 검사의 목적상 SAM의 초점을 칩(여기서는 글래스)의 아랫면에 맞추었기 때문이다. 그리고 x_3 의 뒤에 여러 개의 피크 성분이 따라오

는 것은 칩 내부에서의 다중반사와 에폭시, 리드 프레임등 칩의 하부 계면에서의 에코들이다. (b)는 디컨볼루션만을 적용하였을 때의 결과를 나타내는데 잡음이 많이 존재하는 것을 알 수 있으며 x_2 , x_3 의 진폭정보 역시 원래의 신호와 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. (c)는 제안된 신호처리 즉, 디컨볼루션과 웨이브렛의 혼합기법을 적용한 결과를 나타내는데 x_2 , x_3 의 신호가 원래 위치에 재현되었으며 더욱이 진폭의 상대적인 크기 정보가 온전하게 복원되었음을 알 수 있다. x_3 이후의 일련의 임펄스 성분들은 앞에서 언급한 바와 같이 다중반사와 타 계면의 에코를 나타낸다.

한편 Fig. 12 를 보면 원래신호 (a)에서 x_2 와 x_3 가 분리되지 않고 중첩되어 나타나는 것을 알 수 있다. 이 경우에는 칩의 아랫면의 위치를 알 수 없기 때문에 SAM의 초점을 칩의 아랫면에 맞추기 곤란하고, 따라서 부득이 칩의 윗면에 초점을 맞추었다. 그러나 칩의 두께가 매우 얇은 관계로 x_2 , x_3 신호의 진폭은 모두 비교적 크게 나타났다. 그러나 (b)에서 디컨볼루션만 적용한 결과를 보면 잡음에 비해 x_2 , x_3 신호를 명확히 구별하기 어려운 것을 알 수 있으며 반면에 제안하는 방법을 적용한 결과 (c)에서는 두꺼운 칩에서와 마찬가지로 x_2 , x_3 가 잘 분리되어 나타나며 진폭의 상대적인 크기 정보가 온전하게 복원되었음을 알 수 있다. 또한 두 신호간 시간차를 Fig. 11 (c)와 비교해보면 정확하게 시편의 두께 차이에 비례하는 10 배의 차이가 있음도 알 수 있다. 단, Fig. 12 의 x_2 의 위치가 Fig. 11 에서와 다른 것은 시편 제작시 두꺼운 글래스의 윗면이 얇은 글래스보다 패키지 윗면에 가깝게 설치되었기 때문이다.

이상의 결과는 제안하는 기법의 효과를 실험적으로 보여준 것이라고 할 수 있다.

7. 결론

본 논문에서는 초음파 주사 현미경 (SAM)을 이용하여 반도체 칩의 계면 접합상태를 평가할 때 계면 에코의 중첩으로 인한 평가 곤란 문제를 극복하기 위하여 디컨볼루션과 웨이브렛 변환을 병용하여 중첩 에코를 분리하는 새로운 신호처리 기법을 제안하였다. 성능을 검증하기 위하여 실제 SAM 신호에 유사한 모형신호를 발생시켜 시뮬레

이션을 실시하였으며 그 결과 단순 디컨볼루션에
서보다 잡음이 적고 진폭정보가 오차 3% 이내로
정확하게 신호분리가 가능함을 확인할 수 있었다.

또한 실리콘 칩을 얇은 유리판으로 대체한 반도
체 패키지를 제작하여 실험한 결과 제안하는 기법
에 의해 중첩된 에코가 잘 분리됨을 실험적으로
검증하였다.

이 연구결과는 그동안 경험에 크게 의존해오던
얇은 반도체 칩의 계면 상태 평가를 용이하게 하
고 반도체 결함 분석의 신뢰도를 크게 향상시키
는데 기여할 것으로 기대되며, 또한 여기서는 다루
지 않았지만 잡음이 혼재하는 경우에는 웨이브렛
변환의 필터링 기능으로인해 제안하는 기법이 더
욱 큰 효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 1998 년 한국학술진흥재단의 학술연구
비에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. T. M. Moore, R. G. McKenna, "Characterization of
Integrated Circuit Packaging Materials," ch4.
Moisture Sensitivity and Delamination, Butterworth-
Heinemann, 1993.
2. T. M. Moore, "C-mode Acoustic Microscopy
Applied to Integrated Circuit Package Inspection,"
Solid state Electronics, Vol. 35, No. 3, pp. 411-421,
1992.
3. K. I. McRae "Deconvolution Techniques for
Ultrasonic Imaging of adhesive joints," Materials
Evaluation. Vol. 48, No. 11, pp. 1380-1384, 1990.
4. Amara Graps, "An Introduction to Wavelets,"
IEEE Computational Science & Engineering, Vol. 2,
No. 2, Summer 1995.
5. D. E. Newland, "An Introduction to Random
Vibrations, Spectral and Wavelet Analysis,"
Longman Scientific & Technical. 1993.
6. S. F. Russell, "Theory of Spread Spectrum
Ultrasonic Evaluation," Review of Progress in
QNDE, Vol. 13, pp. 841-846, 1994.
7. Michel Misiti, Yves Misiti, Georges Oppenheim,
Jean-Michel Poggi, "Wavelet Toolbox User's

Guide," The Math Works, 1996.

8. M. A. Sapia, "Deconvolution of Ultrasonic
Waveforms using Adaptive Wiener Filter," Review
of Progress in QNDE, Vol. 13, pp. 855-862, 1994.