

초음파 분량법에 의한 레진 내부 결합의 크기 측정에 관한 연구

한 응 교\*, 김 용 재\*\*, 이 범 성\*\*\*, 박 익 근\*\*\*\*

Sizing of Inner Flaw in Resin by using Ultrasonic spectroscopy

Eung-Kyo Han\*, Yong-Jae Kim\*\*, Bum-Sung Lee\*\*\*, Ik-Geun Park\*\*\*\*

ABSTRACT

In manufacturing process of semiconductor package, the thermal stress owing to high temperature in moulding and the bubbles generated in chip bonding process become main causes to produce void. On this study we evaluated quantitatively void size by use of ultrasonic spectroscopy method which analyze the reflective pulses with broad band frequency in frequency domain, and after destructive testing we verified effectiveness of sizing void by use of ultrasonic spectroscopy.

**Key Words :** Spectroscopy, Semiconductor, Void, Sound Pressure, Pulse-echo, Resin, FFT

1. 서 론

종래의 펄스방식 초음파탐상에서 수신 펄스의 음압 (Sound pressure)과 반사시간은 재료 내부에서의 결합의 크기와 위치에 대한 유용한 정보를 가지고 있기 때문에 중요한 변수 중의 하나였다(1).

그러나 이 펄스-에코우(Pulse-echo)기법은 최근에 널리 사용되는 반도체 레진, 세라믹, 복합재료 등의 비파괴 평가에는 한계를 가지고 있다. 특히, 반도체 제조공정에서 몰딩 시의 높은 온도로 인한 열적 응력과 칩 (Chip)의 접착 공정에서 발생하는 기포는 구상결합의 발생에 주요한 요인이 되고, 이러한 레진 내부의 불연속 개재물의 영향은 반도체의 불량요인 중 큰 부분을 차지한다(2). 또한 이는 전 제조품의 품질에도 영향을 미친다. 이러한 구상결합은 불규칙적으로 예측이 매우

어렵고, 이들 내부의 결합의 크기는 반도체의 성능에 상당한 영향을 미친다. 최근에는 고밀도 집적회로 등의 전자부품의 검사에 초음파를 이용한 탐상영상장치가 널리 이용되고 그 내부 결합의 검출에 효과를 올리고 있다(3, 4).

광대역 주파수를 가진 펄스를 이용하여 결합으로부터 반사되는 수신펄스를 주파수 분석법에 의한 결합의 정량화를 제안한 사람은 독일의 Krautkramer였다(5). 그 후 O. R. Gericke(6)는 주파수에 근거한 정보는 결합의 정량적 평가에 유용하다는 것을 입증 하였고, 현재까지 다수의 연구가 있었다. 그리고 근래에는 초음파 센서의 광대역화, 측정기기의 디지털화, 연산처리 기술의 고속화 등에 힘입어 초음파의 수신파형을 주파수 분석하여 결합의 크기를 정량적으로 해석하는 방법(7, 8, 9)이 널리 이용되고 있다.

\* 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 (정회원)

\*\* 한양대학교 일반대학원 정밀기계공학과 계측전공 (정회원)

이에 본 연구에서는 광대역 펄스를 구상결합과 박리상 결합에 적용해 그 수신 펄스를 주파수분석하여 결합형상에 따른 주파의 변화 경향으로 부터 형상을 판별하였다. 그리고 구상결합 모델로써 예폭시 수지 속에 내재된 크기가 서로 다른 강구를 사용하여 반사되는 초음파수신 펄스를 주파수 분석하여 결합모델의 크기에 따른 중심주파수의 변화경향을 구하였다. 또한 실제 반도체 제조 공정에서 사용되는 집적회로용 레진 내부의 자연 발생 구상결합을 탐촉자의 이동에 따른 주파수 변화 경향을 결합모델의 경과와 비교해 자연 발생 구상결합의 크기를 정량화 하고, 파괴 검사 후 광학 현미경을 통하여 레진 내부 결합의 직경과의 오차 정도를 구함으로써 초음파 분량법의 유효성을 검증하고자 한다.

## 2. 이 론

### 2.1 초음파 분량법의 원리

단펄스법에 의한 초음파 분량법은 광대역 주파수 범위에서 초음파 펄스의 주파수 정보를 이용한 스펙트럼 해석법으로써 광대역 주파수 성분을 갖는 초음파 펄스를 시료에 입사시켜 반사파의 주파수 분포 및 주파수의 변화로부터 비파괴적인 재료 평가 및 결합탐상을 하는 것으로서 그 원리는 다음과 같다<sup>(9)</sup>.

독립된 재료에서 양의 방향으로 진행하는 조화파는 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$u(x, t) = A \cdot \exp[i(\omega t - kx - \phi)] \cdot \exp[-\alpha x] \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서 A는 임의 신호의 진폭이고,  $\omega$ 는 신호의 각주파수이며, k는 파수(Wave number)이다.  $\phi$ 는 위상이고  $\alpha$ 는 재료내에서의 초음파의 감쇠상수이다. 식(1)의 조화파를 이용하여 재료내에서 진행하는 모든 가능한 신호형태를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$u(x, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} A(\omega, t) \cdot \exp[-i\phi] d\phi \right\} \cdot \exp[i(\omega t - kx)] \cdot \exp[-\alpha x] d\omega \quad \dots \dots (2)$$

$x=0$ 인 경우 위의 식은 아래 식(3)과 같다.

$$u(0, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} A(\omega, t) \cdot \exp[-i\phi] d\phi \right\} \cdot \exp[i\omega t] d\omega \quad \dots \dots \dots (3)$$

순방향과 역방향으로 푸리에 변환을 적용하면  $x=0$ 에서  $u(0, t)$ 는 식(4)와 같다.

$$u(0, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} u(0, t) \cdot \exp[-i\omega t] dt \right\} \cdot \exp[i\omega t] d\omega \quad \dots \dots \dots (4)$$

식(3)과 (4)를 비교하면  $x=0$ 에서의 푸리에 변환이 식(3)의 내부 적분과 같아야 하므로 식(5)의 관계를 갖는다.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\omega} \int_{-\infty}^{+\infty} A(\omega, t) \cdot \exp[-i\phi] d\phi \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} u(0, t) \cdot \exp[-i\omega t] dt \\ &= F[u(0, t)] \quad \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

그러므로 식(2)는 식(6)으로 표시되며, 다시 식(7)로 나타낼 수 있다.

$$u(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F[u(0, t)] \cdot \exp[-i(\omega t - kx)] \cdot \exp[-\alpha x] d\omega \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$u(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \{ F[u(0, t)] \cdot \exp[-ikx] \cdot \exp[-\alpha x] \} \cdot \exp[i\omega t] d\omega \cdot \exp[i\omega t] d\omega \quad \dots \dots (7)$$

따라서 거리 x를 진행한 초음파  $u(x, t)$  (0, t)의 주파수 특성함수 사이에는 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$F(u(x, t)) = F(u(0, t) \cdot \exp[-ikx] \cdot \exp[-\alpha x]) \quad \dots \dots \dots (8)$$

그러므로 식(8)로부터의 임의의 거리 떨어진 곳에 있는 결합 등의 주파수 성분을 알 수 있다. 이를 재료평가 및 결합탐상 등에 이용하여 재료내의 박리나 구상결함에 응용할 수 있다. 그러므로 초음파 분량법(10, 11)을 이용하여 수신펄스의 중심주파수를 구함으로써 재료내부에 존재하는 결함에 대한 정보를 얻을 수 있다.

2.2 초음파의 지향특성

Fig. 1은 초음파의 지향특성을 알아보기 위해 사용된 진동자의 반경이 R인 원형평면진동자이다. z축은 진동자면에 수직인 음향 축이며 P점은 원점으로 부터 충분히 먼 거리에 있고 xoz면 상에서 원점으로 부터 ro떨어진 거리에 있다고 한다. 여기에서 xo축은  $\phi=0$ 의 기준선이다. 그러므로  $\cos\delta = \cos\phi \sin\theta$ 가 되고, 또 미소음원  $dS = x d\phi dx$ 로 부터 P점 까지의 거리 r은 다음의 식(9)과 같다.

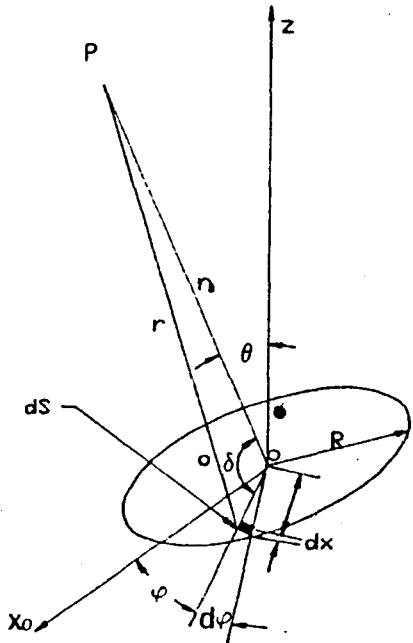


Fig. 1 Directional Characteristics in the Far-Field

$$r^2 = ro^2 + x^2 - 2rox\cos\delta \tag{9}$$

그리고,  $x \ll ro$ 의 조건으로부터 식(10)과 같이 된다.

$$r = ro - x\cos\phi\sin\theta \tag{10}$$

따라서 P점에 발생하는 속도 포텐셜은 아래의 식(11)과 같이 되고, 이것을 전면적에 관해서 적분하면 식(12)을 얻는다.

$$d\Phi = \frac{V_0}{2\pi r_0} \exp[-ikr_0] \exp[ikx\cos\phi\sin\theta] dx d\phi \dots\dots\dots (11)$$

$$\Phi = \frac{V_0}{2\pi r_0} \exp[-ikr_0] \int_0^R \left[ \int_0^{2\pi} \exp[ikx\cos\phi\sin\theta] d\phi \right] x dx \dots\dots (12)$$

그런데 제1종 제0차, 제1종 제1차 베셀함수를  $J_0, J_1$ 이라고 하면 식(13)와 식(14)의 관계식이 얻어진다.

$$\int_0^{2\pi} \exp[ikx\cos\phi\sin\theta] d\phi = 2\pi J_0(kx\sin\theta) \dots\dots\dots (13)$$

$$\int_0^R J_0(kx\sin\theta) x dx = \frac{R^2}{kR\sin\theta} J_1(kR\sin\theta) \dots\dots\dots (14)$$

그러므로, 식(12)은 식(15)과 같이 표현되고,  $\theta=0$  즉 Z축 방향의 속도포텐셜은 식(16)과 같다.

$$\Phi = \left[ \frac{V_0}{2\pi r_0} \exp[-jkro] \right] \pi R^2 \frac{2J_1(kR\sin\theta)}{kR\sin\theta} \dots\dots\dots (15)$$

$$\Phi_0 = \left[ \frac{V_0}{2\pi r_0} \exp[-jkro] \right] \pi R^2 \tag{16}$$

그러므로  $\Phi = \Phi_0 \frac{2J_1(kR\sin\theta)}{kR\sin\theta}$

로 된다. 이것은 원형음원의 지향특성을 나타내고, 이 관계로부터 기(17)의 원형평면음원의 지향계수가 얻어진다.

$$D_c = \left| \frac{2J_1(kR\sin\theta)}{kR\sin\theta} \right| \dots\dots\dots (17)$$

$D_c$ 는  $\theta$ 에 의해 변화하고,  $\theta=0$ 에서 최대값 1이 된다.

그리고  $kR\sin\theta=3.83$ 에서  $D_c=0$ 이 되고, 이 때의  $\theta$ 를 지향각이라 한다.

또한,  $k=2\pi/\lambda$  이므로  $kR\sin\theta=3.83$ 는 다음의 식과 같이 쓸 수 있다.

$$\theta = \sin^{-1}(3.83 \cdot V/2\pi \cdot R \cdot f) \quad (18)$$

예를들어, 물속에서의 음속을 1480m/sec로 하였을 때 광대역 탐촉자의 주파수 성분이 50MHz, 45MHz, 40MHz일 때의 지향각을 구하여 보면, 각각 0.344°, 0.383°, 0.431°로 지향각이 진동자의 중심에 대해서 점점 퍼져가는 것을 알 수 있다. 초음파 탐상 에서는 펄스를 이용하고, 펄스는 넓은 범위의 주파수성분을 포함하고 있기 때문에 식(18)를 球像 결합에 적용해 보면, 펄스의 경우 주파수는 경사각의 영향으로 초음파 빔의 중심축에 가까울수록 높은 주파수 성분이 분포하고 있고, 중심축으로부터 멀수록 낮은 주파수 성분이 분포되어 있다. 결합의 중심에 초음파 빔의 중심이 일치할 경우는 결합에 의한 반사파는 높은 주파수 성분을 가질 것이고, 탐촉자를 이동하여 중심이 어떤 각도를 어긋날 경우 초음파의 지향성에 의해 결합에서의 수신 펄스는

초음파 빔의 외부의 비교적 중심보다 주파수가 낮은 성분을 받게 될 것이다. 그러므로 고분(PVDF) 탐촉자<sup>(13)</sup>는 주파수 성분이 중심보다 낮은 주파수 성분을 수신하게 되고 이는 결과적으로 주파수의 감소를 의미하게 된다. 이상의 이론을 구상결합에 응용해서 주파수의 변화 경향으로부터 결합의 형상과 크기를 추정할 수 있다.

### 3. 실험장치 및 방법

#### 3.1 실험 장치

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 실험장치의 블럭 다이어그램을 나타낸 것이다. 스캐너에 의해 원하는 위치에서 펄스발생기에 의한 일정 전압을 탐촉자에 가해서 초음파 펄스를 발생시키고, 이 펄스는 수조의 저면에 놓인 반사체에서 반사되어 다시 탐촉자를 통해 리시버로 되 돌아온다.

리시버에서 받은 수신 펄스에는 바나체 내의 결합에 대한 유용한 정보를 가지고 있기 때문에 이를 피크 검출기와 A/D 변환기를 통해서 컴퓨터로 전달해서 화상 처리하고, 이 때 수신 펄스는 동시에 디타이저로서 샘플

Table 1. Specifications of Experimental Apparatus

No	Item	Specification
1	Ultrasonic Pulser (Hitachi AT-050P)	Pulse Voltage : 140~800Vp-p Pulse Repetition Freq : 100Hz ~ 10KHz Damping Adjustment : 51Ω ~ 2KΩ
2	Ultrasonic Receiver (Hitachi AT-100R)	Freq. Characteristics : 1, 5, 10 ~ 140MHz Amp. Adjustment : 0 ~ 60dB, 1dB step Output voltage : 2V <sub>p-p</sub>
3	Peak Detector (Hitachi At-100D)	Trigger Delay Time : 1 ~ 400μs Gate Delay Time : 50ns ~ 800μs Gate Width : 30ns ~ 800μs RF Input Signal : 2V <sub>p-p</sub> Detection Output : +5V Amplifier Band : 140MHz
4	Waveform Digitizer (Hitachi AT-DGI)	NO. of Digitizing bits : 8bits Sampling Intervals : 0.5, 1, 2, 5, 10, 25, 50ns No. of Sampling Points : 64, 128, 256, 512, 1024
5	Scanner	Effective Stroke : 140×140×80mm Scanning Pitch : 0.01 ~ 0.09mm, 0.01 step Scanning Velocity : 15 ~ 200mm/s

플링하고, 컴퓨터에서 주파수 분석하여 초음파 펄스의 주파수 분포 및 중심주파수의 변화를 측정한다. 또한 그 결과를 디스크에 저장하거나 이미지 프로세스를 통해서 CRT상에 나타낸다.

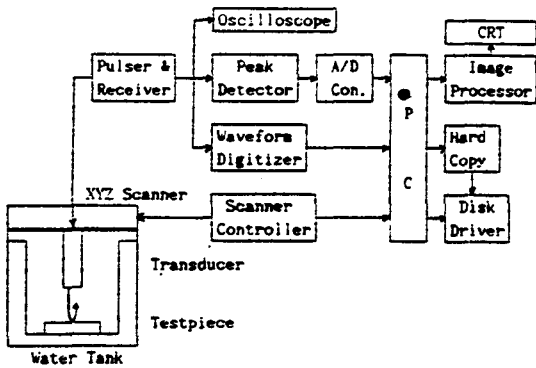


Fig.2 Block Diagram of Experimental System

Table 1에 본 실험에서 사용된 실험장치의 제원을 나타내었다.

Table 2에 실험에서 사용한 수침식 점 접촉형 고분자 PVDF 탐촉자와 PZT 탐촉자를 보이고 있다.

Table 2. Characteristics of Water Immersion Point Focus Type PVDF and PZT Transducers

Material of Probe	(a)PZT	(b)PVDF
Nominal Frequency	50MHz	50MHz
Probe Diameter	6.0mm	3mm
Focal Distance	10mm (in Water)	10mm (in Water)
Beam Width	0.12	0.10mm
Acoustic Impedance	30.0 ( $\times 10^6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ )	3.87 ( $\times 10^6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ )

Fig. 3의 시험편 1과 시험편 2는 형상측정용 실험에 사용하기 위한 원형평면결합과 구상결합을 모델링한 것이다. 또한 2mm의 강구는 초점 부근의 빔폭을 측정하기 위한 초음파 빔의 반사체로서도 사용된다.

시험편 3은 주파수분석에 의해 결합의 크기를 측정하기 위해 사용한 구상결합을 모델링한 아크릴 수지속에 내재된 직경이 강구이고 Fig. 4에 그 자세한 치수를 보이고 있다.

Table 2. Specifications of Testpieces

No	Specification
Testpiece 1	Diameter of Steel Ball(mm) : 2 Material : Stainless Steel(SUS 304)
Testpiece 2	Diameter of Steel Column(mm) : 2 Material : Stainless Steel(SUS 304)
Testpiece 3	(Steel Ball in Acrylic Resins) Diameter of Ball(mm) : 0.5~1.5mm, Step 0.1 except for 1.4mm Material : Stainless Steel(SUS 304)
Testpiece 4	Resin of LSI Package Component : Epoxy (23Vol%), Silicon (74Vol%)

### 3.2 시험편

본 실험에서 사용한 시험편의 제원을 Table. 3에 나타내었다.

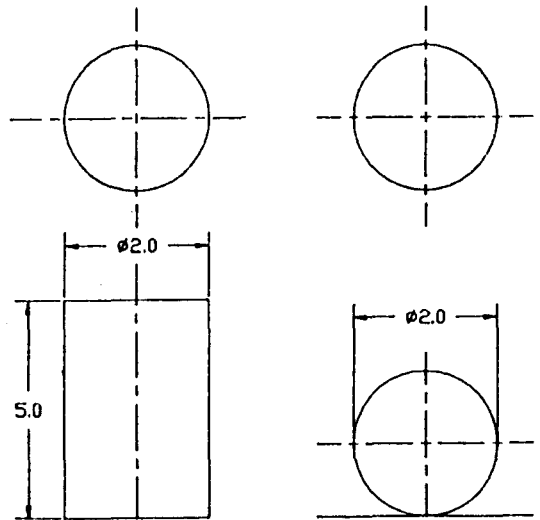


Fig. 3 Dimensions of Testpiece 1, 2

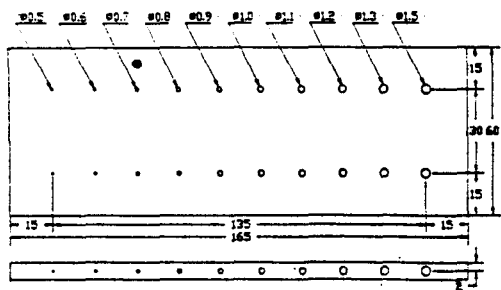


Fig. 4 Dimensions of Testpiece 3

### 3.3 실험 방법

결합 모델 및 LSI-패키지용 레진에 내재한 구상결함에 대한 주파수 분포를 측정하기 위한 전반적인 실험 절차를 Fig. 5에 나타내었다.

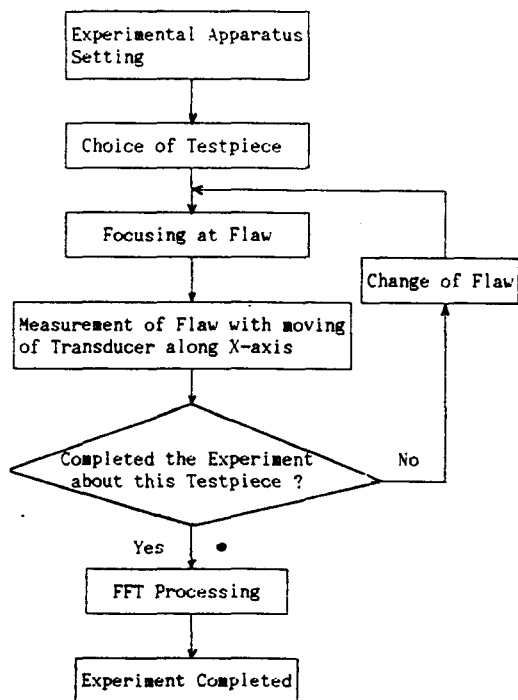


Fig. 5 Block Diagram of Experimental Procedures

#### 3.3.1. 탐촉자의 초점부근의 빔폭 조정

본 실험에서 사용한 초음파 탐촉자는 점 접촉식이다. 빔폭은 분해능의 면에서 중요하므로 빔이 집중되어 초점

이 형성되었을때 초점부근의 빔폭을 구한다. 측정 방법은 수조의 저면에 직경 2mm의 강구를 놓고 먼저 z축 방향으로 초점거리 만큼 탐촉자를 이동시키고, 다시 x-y-z축 방향으로 스캐너를 미소하게 이동시켜 수신펄스의 오실로스코프상의 파형의 진폭이 최대가 되게 한다. 이때가 강구의 중심에 초점이 맞춰진 때이다. 이 상태에서 오실로스코프상에 나타나는 에코치의 1/2, 즉 -6dB 강하하도록 스테너를 조작하였을 때의 탐촉자의 이동거리를 빔폭으로 정의한다. 그 후 동일한 방법으로 z축으로 50 $\mu$ m씩 움직여 초점길이 부근의 빔폭을 측정한다. 이상의 실험 방법을 PZT 탐촉자에도 적용한다.

#### 3.3.2. 구상결함 판별법

실험에 사용한 시험편은 2종류의 Fig. 3의 (a), (b)에서 보인 바와 같이 원형평면결함(박리상 결함)을 모델링한 圓柱와 구상결함(Void)을 모델링한 강구를 수조의 밑바닥에 놓고 각각의 모델에 초음파의 초점을 맞추어 그 반사 신호 파형을 샘플링하고 주파수 분석에 의하여 중심주파수를 측정한다. 그 후 탐촉자를 x축으로 25 $\mu$ m씩 이동하여 위와 같은 과정을 통하여 중심주파수의 변환 경향을 살펴본다. 이 때 탐촉자의 이동은 오실로스코프상에서 신호파형이 잡음레벨 이하로 사라질 때까지로 한다

#### 3.3.3. 결합 모델의 크기와 주파수와 관계

아크릴 수지속의 일정한 깊이에 내재된 미소 결합 모델의 하나에 초점을 맞추고 수신펄스가 없어질 때까지 x축으로 25 $\mu$ m씩 움직여 그때의 수신펄스를 샘플링하고 주파수 분석한다. 주파수분석 시의 샘플링 시간과 간격과 각각 1024개와 50ns로 하였다. 다음에는 차례로 모델을 변화시켜 가면서 위의 방법에 따라 실험한다. 데이터로부터 결합모델의 크기 변화에 따른 주파수분포 및 중심주파수의 변화를 측정한다.

#### 3.3.4. LSI 패키지용 레진에 내재한 결함에 대한 주파수 분포

결함의 중심에 스캐너의 중심을 맞추면 수신펄스의 에너지레벨과 오실로스코프상의 파형의 진폭이 커진다. 이때가 결함의 중심에 빔의 중심이 일치한 때이다. 앞서의 실험 방법과 같이 수신펄스가 없어질 때까지 탐촉자를 x축 방향으로 25 $\mu$ m씩 움직여 그때의 수신펄스를 샘플링하고 주파수분석한다. 결함을 모델링한 강구에

서의 주파수 분포, 중심주파수와 LSI-패키지용 레진에 내재한 자연발생 구상결함에서 반사하는 수신펄스의 주파수 분포, 중심주파수를 비교 함으로써 결함의 크기를 추정할 수 있다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 빔폭 측정결과

Fig. 6에서 보는 바와 같이 실험에서 사용한 점 접촉형 수침식 PVDF 탐촉자는 초점 부근에서 약 0.10mm의 빔폭을 가지고, 탐촉자를 이동함에 따라 조금씩 변화해 간다. PVDF 탐촉자는 진동자 자체가 곡면이므로 중심에서 곡선 모양으로 변화한다. 이에 대해 PZT 탐촉자는 음향렌즈에서의 손실의 영향으로 초점에서의 빔폭이 0.128mm 정도로 PVDF 탐촉자에 비해 20%정도 큰 것을 볼 수 있다. PVDF 탐촉자는 기존의 PZT 탐촉자보다 빔폭이 작기 때문에 레진 내부의 자연발생 구상결함과 같은 보다 미소한 결함을 분해능 좋게 검출할 수 있음을 알 수 있었다.

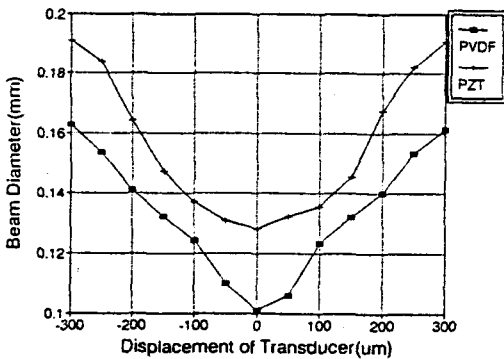


Fig. 6 Beam Width at Focus

##### 4.2 구상결함 판별법의 결과

Fig. 7은 원형평면결함 모델과 구상결함 모델에 탐촉자를 C-스캔한 후 수신펄스를 주파수분석하여 탐촉자의 이동에 따른 중심주파수와와의 관계를 나타낸 것이다.

주파수의 변화는 시험편의 형상에 따라 특이한 경향을 보이고 있다. 원형평면 결함의 경우는 반사체 중심과 빔의 중심사이의 거리가 변화해도 거의 일정한 중심주파수를 갖는 반면에 구상결함 모델은 결함의 크기가 작을 수록 큰 변화를 보인다. 이는 원형평면결함의 경

우는 반사원이 변화해도 항상 빔의 노정은 일정하지만, 구상결함의 경우는 반사원이 연속적으로 변화함에 따라 빔의 노정도 연속적으로 변화하기 때문이다.

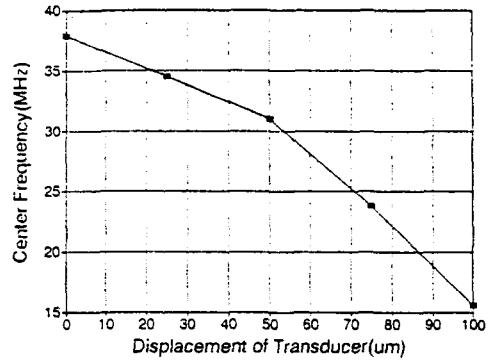


Fig. 7 Relation Between Central Frequencies and Shapes of Flaw

##### 4.3 미소결함 모델의 크기와 주파수 해석결과

아크릴 수지내에 내재한 크기가 다른 강구에 각각 초점을 맞추고 탐촉자를 x축으로 25μm씩 움직여 그때의 수신펄스를 주파수 분석한 결과를 Fig. 8에 보이고 있다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 수신펄스의 중심주파수는 중심으로부터 이동해감에 따라 감소해 가는 경향을 보이고 있다. 비교적 큰 결함모델은 크기에 따라서 중심주파수가 변동해 가는 경향으로부터 실제 결함의 크기가 형상을 추정할 수 있다.

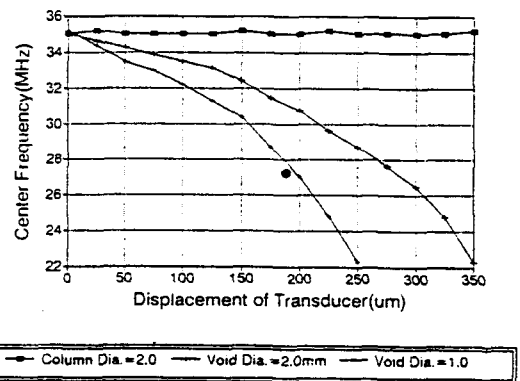


Fig. 8 Relation Between Flaw sizes and Central Frequencies

4.4 LSI Package용 Resin에 내재한 결함의 주파수분포 결과

Fig. 9은 LSI 패키지에 내재한 결함에 초점을 맞추어 수신펄스를 취하고 주파수분석에 의하여 탐촉자의 이동 거리에 따른 주파수분포를 나타낸 것이다. 탐촉자가 중심에서 멀어질 수록 중심주파수 또한 결함모델의 경향과 같이 작아진다. 이로부터 결함의 형상은 구상결함임을 알 수 있다.

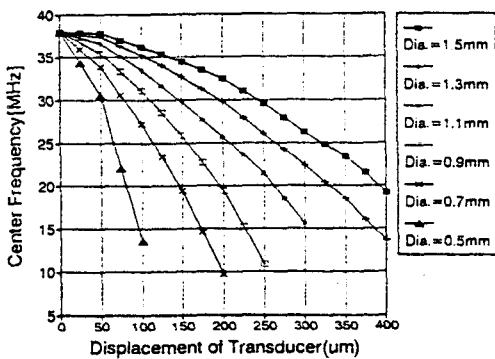


Fig. 9 Relation Between Central Frequencies and Voids in Resin

Fig. 10에 자연발생 구상결함의 직경을 구하기 위해 결함 모델의 결과 Fig. 9에서 탐촉자의 이동거리를 일정하게 하였을 때 중심 주파수와 결함의 크기와의 관계를 보이고 있다. 위의 Fig. 10로부터 구상결함은 약 C 52mm 정도인 것을 알 수 있다.

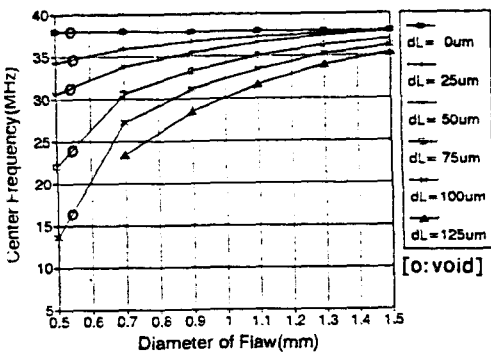


Fig. 10 Relation Between Flaw models and Voids in Resin

오실로스코프로부터 표면과 파형과 결함에코우 파형간의 지연시간을 읽어 거리를 구한 후 이 깊이 만큼 연마하여 관찰한 파괴검사 후의 현미경 사진(X40)으로부터 레진내 자연발생 Void의 크기는 그 직경이 0.5mm 인 구형 결함이며 4%의 오차 범위 내에서 자연발생 구상결함의 크기를 정량화 할 수 있었다.

5. 결 론

광대역 특성을 가진 점집속형 PVDF 탐촉자를 이용하여 재료 내부의 결함의 형상 및 크기를 정량화하고, 이로부터 초음파 분광법의 유효성을 검증하는 이상의 실험에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 수신 펄스를 주파수 분석하여 탐촉자의 미소한 이동에 대한 중심주파수의 변화를 비교한 결과 중심주파수는 결함의 형상에 따라 변화하고, 이를 LSI-패키지 내의 자연발생 구상결함에 적용한 결과 결함의 크기는 0.52mm였다. 이는 파괴 검사 후의 Void의 크기와 약 4%의 오차를 나타내었고, 이로부터 초음파 분광법에 의한 결함의 정량화는 유효성이 있음을 알 수 있었다.
- 2) PVDF 점집속형 탐촉자는 초점 부근에서의 빔폭이 음향렌즈에서의 손실의 영향을 받는 PZT 탐촉자보다 빔폭이 20% 정도 작으므로 고분해능을 요구하는 보다 미소한 구상결함의 측정에 적합함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. G. S. Mills, "Time-Domain Analysis of Ultrasonic Pulse Diffraction for Defect Characterization", Material Evaluation, pp. 256~258
2. A. J. Yerman, James F. Burgess, Richard O. Carlson, "Hot Spots Caused by Voids and Cracks in the Chip Mountdown Medium in Power Semiconductor Packaging", IEEE Transactions on Components, Vol. CHMT-6, No. 4, pp. 473~479
3. 五十嵐賢一, "半導體プロセスニオケル蓄像處理", 電氣學會雜誌, 昭和 60年, 5月, 第105卷, 第5號, pp. 443~446



4. 韓應教, 金在烈, “超音波を利用した半導體パッケージ微小缺陷検出のための火傷處理”, 日本非破壊検査學會, 平成2年, 第39卷, 第9號, pp. 829~830.
5. J. Krautkramer, “Fehlergrossenermittlung mit Ultrashall”, Arch. Eisenhuettenw, Vol. 30, pp. 693~703, 1959.
6. Otto. R. Gericke, “Defect Determination by Ultrasonic Spectroscopy”, Journal of Metals, Vol. 18, No. 8, pp. 932~937, Aug. 1971
7. H. L. Whsaley and Laszlo Adler, “Flaw Characterization by Ultrasonic Frequency Analysis”, Material Evaluation, Vol. 29, No. 8, pp. 182~192, Aug. 1971.
8. H. L. Whaley, K. V. Cook, Laszlo Adler and R. W. McClung, “Application of Frequency Analysis in Ultrasonic Testing”, Material Evaluation, pp. 19~24, 1975
9. 韓應校, 朴翼根, 崔萬鎔, “초음파 Spectroscopy에 의한 두께의 측정을 위한 다중 반사파의 시뮬레이션”, 韓國非破壊検査學會, 제21호, Vol. 12, No. 1, pp. 9~15, 1992
10. 安居院 猛, 中鶴正之 著, “FFTの使い方”, 秋葉出版(株), 1987
11. 南 茂夫, “科學計測のための波形データ處理”, CQ出版社, 1986.
12. 山本美明, “草陰波基礎工學”, 日刊工業新聞社, pp. 54~58, 昭和 56年.
13. 韓應校, 黃汐泰, 李範成, 朴俊緒, 小倉幸夫, “高分子 PVDF 振動子를 이용한 点集束超音波振動子の 特性”, 韓國非破壊検査學會, 第22號, Vol. 12, No. 2, 1992