

반사형 음향 현미경의 구성과 그 응용

고 내식*, 문 킨, 진 계식
 경희 대학교 전자 공학과

(The construction of Acoustic Reflection Microscope and
 its application)

Dae-Sik Ko, Kun Moon, Kye-Suk Jun
 Dept. of Electronics, Kyung Hee Univ.

ABSTRACT

In this paper, acoustic reflection microscope system has been built for the purpose of detecting subsurface defects in materials and demonstrated for nondestructive testing application.

100 won coin, aluminum, ceramics, and IC component employed as experimental samples and acoustic reflection microscope was operated in the focused and defocused mode at a frequency of operation of 3 MHz.

It has been found that acoustic reflection microscope has the resolution of 500 μ m and it has been an excellent tool for nondestructive testing

1. 서 론

음향파를 이용한 음향 현미경은 현미경의 역할 뿐만 아니라 영상을 위한 자라미터가 물질의 기계적 성질(밀도, 점성률, 탄성 계수)과 밀접한 관계가 있으므로 정확하게 불투명한 물질을 영상화할 수 있는 장점이 있다. 1) 2)

음향 이미지 처리 기술은 1930 년대에 sokolov 에 의해 처음으로 제시되었으며 1975년 미국의 Quate 와 lemons 는 종래 피스톤형 음향 변환기에 음향 렌즈를 부착하여 고분해능을 갖는 음향 현미경 시스템을 개발하였다. 3) 3) 4)

초기의 음향 현미경은 부과모드에서 동작하므로서 생체의 조직이나 세포를 검사하는데 주로 사용되었으나 1978 년 atalar 는 레이더에서 사용하는 펄스 에코 방법을 이용하여 반사모드에서 동작하는 음향 현미경을 개발하였으며 이것은 두께가 큰 샘플에 적용할 수 있으므로 비파괴 검사에 이용될 수 있다. 5) 6) 7)

본 연구에서는 3 MHz 에서 반사형 음향 현미경 시스템을 구성하고 그 성능을 조사하였으며 음향

현미경 시스템을 focused mode 및 defocused mode 에서 동작시키는 실험을 통하여, 응용분야를 제시하였다.

II. 반사형 음향 현미경 시스템의 구성 및 동작원리

II. 1 시스템 구성

반사형 음향 현미경 시스템은 투과형 시스템과는 달리 효율이 높은 focused transducer를 송수신 겸용으로 사용하고 (1)신호 발생 장치 (2) 음향 변환기 (3) 반사신호 처리 장치 (4)음향 이미지지 처리 장치 (5)기계적 스캐닝 시스템등의 5 개 부분으로 구성되어 그 블록선도는 그림 1 과 같다.

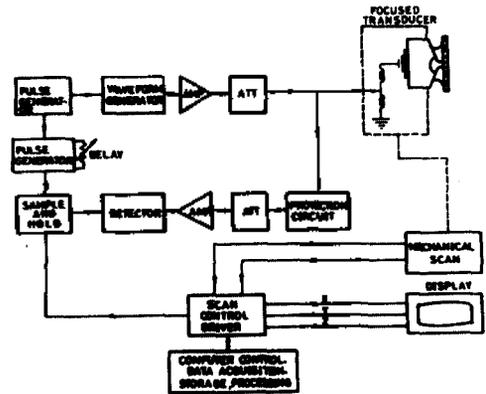


그림 1 반사형 음향 현미경 시스템의 블록선도

II.2 동작원리

음향 변환기에 의하여 변환된 음향파가 샘플 위에 집중되어 전파될 때 음향파의 일부는 샘플

의 방사계수에 따라 광을 표현으로부터 반사한다.

이 방사 신호의 진폭은 광원의 음향 임피던스 값의 곱셈과 렌즈 사이의 거리의 함수로 나타내지므로 모더러의 정도(brightness)를 변화시키는 데 사용될 수 있고 변환기를 2차원적으로 스케일하면서 각 지점의 방사신호를 나치를 영상처리하면 광원에 대한 음향 이미지를 얻을 수 있다. 이와같이 변환기의 송출을 광원표면에 일치시키는 방법을 음향 현미경의 focused mode 동작이라고 하며 광원의 표면상태를 영상화하는데 사용된다. 3) 6) 8)

일편 광을 내부의 결함을 검출하고자 할 때는 변환기를 광원에 접촉시켜 중심이 광원의 내부에 형성하도록 한다. 이러한 동작 모드를 음향 현미경의 defocused mode 동작이라고 부르며 defocused mode 에서 광원은 그림 2 의 같이 longitudinal bulk wave, shear bulk wave, 그리고 rayleigh wave등의 음향파가 발생한다. 그러어 longitudinal wave 와 shear wave 는 전파속도가 서로 다르므로 각각 다른 각도에서 굴절되어 광원 내를 전파하며 서로 다른 위치에서 주입을 갖는다. 그러므로 defocused mode 동작에서 광원 내부에 입사된 에너지는 focused mode 동작에 비하여 증가한다. defocused mode 에서 음향파의 일부는 rayleigh angle 로 광원에 입사되어 광원의 표면층 따라 전파하는 탄성 표면파를 발생시킨다. 탄성 표면파는 광원 내부로 1/4 파장 길이 만큼 침투할 수 있으므로 그 파장 내의 결함이 존재한다면 그 부분의 음향임피던스가 변화하여 그 영향을 감출할 수 있는 것이다. 6) 7)

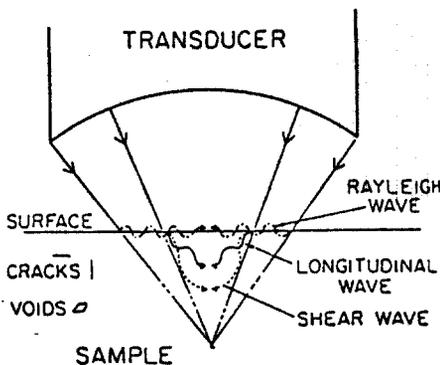
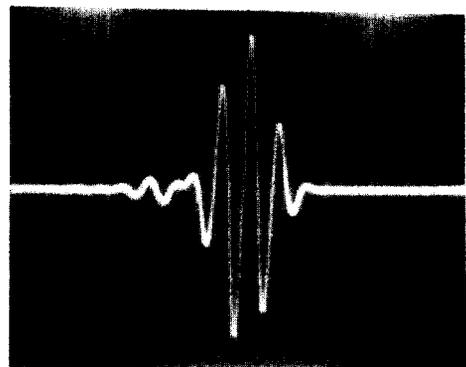


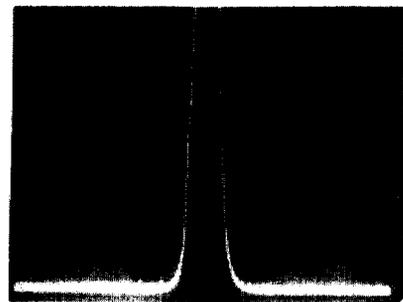
그림 2. 광원의 내부에 결함있는 음향현미경의 동작의 구성

III. 방사형 음향 현미경 시스템의 성능

본 연구에서 설계된 음향 변환기는 중심주파수 3 MHz 인 focused transducer로서 F/number 1.0, 비대각폭 45°, 초점거리 16 mm, focal spot size= 0.5 mm, aperture angle=30°이다. 변환기의 특성을 조사하기 위하여 임펄스를 변환기에 인가하고 pulse-echo방법에 의하여 얻어진 임펄스 응답과 스펙트럼은 그림 3 과 같다. 그림 3-(a)에서 약 1.5 μ sec에 걸쳐 수개의 pulse-lobe가 발생하였고 그림 3-(b)의 스펙트럼은 중심 주파수 3 MHz에서 최대폭을 나타내었으며 3 dB정도로부터 신호인 비대각폭은 45°로서 매우 광대역성임을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 임펄스 응답의 주파수 특성

본 연구에서 구성된 음향 현미경 시스템의 성능을 조사하기 위하여 그림 4 (a)와 (b)의 광원 광원에 대하여 각각의 광원으로 조사된 후 256 개의 1 mm 방사선으로 A/D 변환된 데이터를 광원표면의 미소한 변화에 의하여 나타낸 결함영역이 발생함을 알 수 있다.

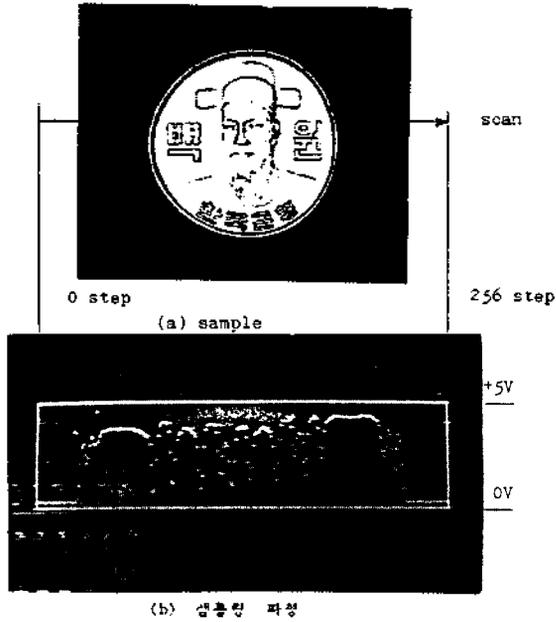


그림 4. (a) 샘플에 대한 변환기의 스케닝 방식
(b) A/D 변환의 입력 및 출력 신호

IV. 응용

반사형 음향 현미경 시스템의 응용범위를 조사하기 위하여 광통신용 100원 주화, 일부미늘, 세라믹스, 집광피로늄을 선택하고 본 시스템의 Focused 및 defocused mode 동작에서 실험하였다.

IV.1 코채 표면에 대한 음향 이미지

그림 5, 는 100 원 및 10 원 주화 샘플에 대하여 스케닝 범위를 3cm x 3 cm 로 하고 음향 현미경을 Focused mode 에서 동작시켜 얻어진 데이터들을 256 x 256 점소에 대응시켜 영상처리한 결과이다. 그림 5, 에서 영상의 질이 다소 저하되었으나 이것을 본 실험에서 사용한 레이저의 크레이 레벨이 16 으로 제한된 원인으로 분석된다.

IV.2 광속내부의 결함 검출

반사형 음향 현미경 시스템의 defocused mode 동작을 이용한 응용분야를 조사하기 위하여 직름이 3.2 cm 이고 높이가 3 mm 인 원수형의 일부미늘을 샘플로서 사용하여 표면으로부터 1 mm 깊이 부근에 0.3 mm 에서 1.0 mm 의 원형 결함을 임의로 제작하고 음향 현미경 시스템을 defocused

mode 에서 동작시켰을 때 얻어진 결과에 대한 음향 이미지는 그림 6 과 같다. 그림 6 에서 본 시스템의 해상도는 0.5 mm 이므로 원형 결함의 모두 일부미늘 중 하나임에 관계없이 내향이동각 해석은 집광상태에서 이루어진다. 일부미늘에 의해 표면파 (Rayleigh surface wave) 속도는 2850 m/sec 로써 결에서의 표면파 속도는 2960 m/sec 로 산사르므로 일부미늘의 결은 음향 이미지를 얻을 수 있는 것으로 예상되며 결의 직경도 음향 현미경 시스템은 결을 매우 정밀 검출할 수 있다.

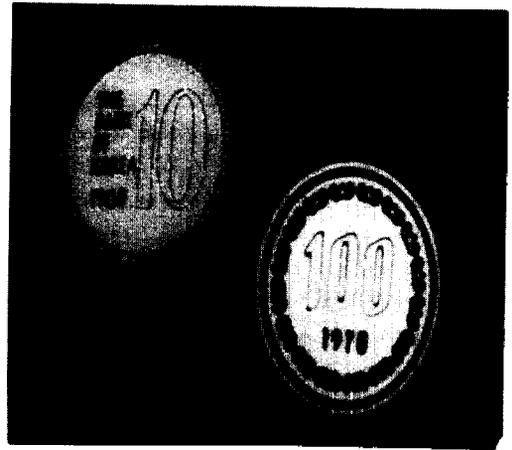


그림 5. 코채표면에 대한 음향 이미지

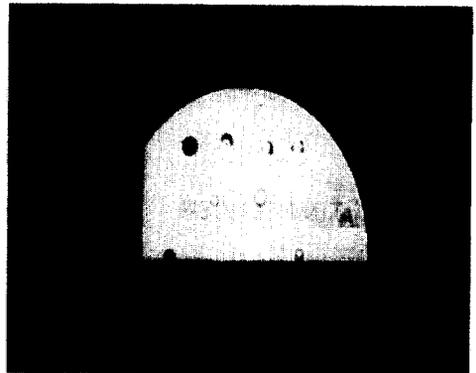


그림 6. 광속내에 대한 음향 이미지

IV.3 세라믹스 내부의 결함 검출

그림 7 은 직경이 4.5cm 두께가 0.15 mm 인 광통신용 집광렌즈 BSC(BTIO) 세라믹 렌즈에 결로써 0.5mm 직경 속에 내부에 0.3mm 직경의 결을 광통신용 렌즈하고 음향 현미경의 defocused mode에서 동작시켜 얻어진 것으로 결의 크기는 직경이 9 mm 이고 높이가 3 mm 이며 결내에는 균열형이다. 그림 7 에서 보는 바처럼 내부의 결함이 뚜렷한 영상으로 나타남을 알 수 있다.

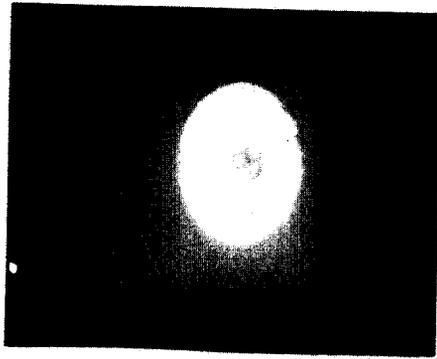


그림 7. 세라믹스에 대한 송광 이미지지

IV.4 집적 회로 조각 내부에 대한 송광 이미지지

그림 8 은 송광모서 집적 회로 조각 (GD74LS 154)을 (백색하리 그 package 중 제거하지 않고 송광 현미경을 defocused mode 에서 동작시켜 집적 회로 조각의 내부를 영상화한 것으로서 송광 이미지는 조각 내부의 배선도면을 보여주고 있지만 질로 저하되었음을 볼 수 있으나 이것은 본 연구에서 구상한 송광 현미경 시스템이 제한된 분해능 (0.5 mm) 과 일정한 광도가 나고 비비한 광 배율으로 동작된다. 그러나 분해능을 향상시키고 영상정도를 개선한다면 이러한 좋은 송광 이미지를 얻을 것으로 예측되며 본 송광 현미경 시스템을 반도체 산업 분야에 응용한다면 이파괴 검사 도구로서 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

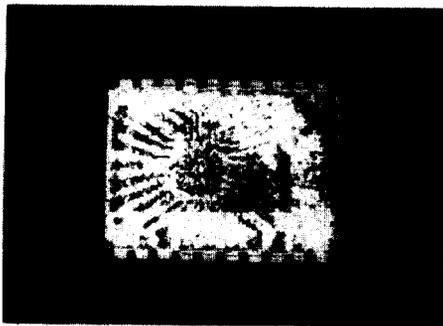


그림 8 집적회로 조각에 대한 송광 이미지지

V. 결 론

본 연구에서는 방사형 송광 현미경 시스템을 구상하고 그 동작원리의 실험을 통해 동작의 우수성을 검토하여 방사형 송광 현미경이 반도체 산업에 응용될 수 있는 분야에 대한 송광모서, 비파괴 검사, 임플란트 영상화 등

하여 본 시스템의 성능과 응용분야를 제시하였다.

이를 위하여 100 원 주파를 송광모 사용하고 송광 현미경 시스템을 focused mode에서 동작시켰을 때 송광 표면상에 대한 송광 이미지지를 얻을 수 있었다.

송광모서 일부비늘, 세라믹스, 집적회로등을 선택하고 송광 현미경을 defocused mode 에서 동작시켰을 때 송광 내부에 존재하는 결함과 집적 회로 내부 배선도면을 영상화 할 수 있었으며 송광모 분해능은 0.5 mm 이었다.

본 연구의 결과 방사형 송광 현미경 시스템은 현미경으로서의 역할뿐만아니라 금속이나 세라믹스 재료를 사용하는 임플란트 제작과 고출력을 요구하는 항공 우주 산업 및 반도체 산업분야에서 재료의 특성조사나 결함 비파괴 검사도구로 응용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

앞으로 송광회 및 회로 그리고 고밀도 반도체 산업에서 송광 현미경의 활용하는 최적화 도구로서의 활용을 위하여 본 연구를 향상시키는 연구가 계속되어져야 하겠다.

REFERENCE

1. C.F.Quate,et,al., " Acoustic microscopy with mechanical scanning - 3-view," Proc.IEEE, Vol 67, PP.1092,1979
2. C.F. Schuelel, "Fundamentals of digital ultrasonic imaging"IEEE Trans., Sonic & Ultra, Vol,SU-31, No.4, PP.195-202, July 1984
3. R.A.Lemons "Acoustic microscopy by mechanical scanning " B.L.Report, No.2456 ,Stanford Univ, PP. 19-24, May 1975
4. B.K.Narasimasinghe, "Scanning acoustic microscopy J. of microscopy, Vol,129, PP 63-73, Jano. 1982
5. L.W.Rossler, "Acoustic microscopy-1979" Proc. IEEE, Vol.67, Pt. A, April 1979
6. A.Abdan, "Acoustic reflection microscope"Ph.D. Dissertation,Stanford Univ, 1978
7. B.T.Khatib Yusuf, "Acoustic imaging of subsurface defects in composite & samples with rough surfaces" Ultrasonic Symposium, Vol.2, PP 746-749, Oct., 1983
8. B.E. Schuelel, " The influence of front end H/W on digital ultrasonic imaging" IEEE,Trans., Sonic & Ultra, (Vol,SU-31 No.4, PP 295-305 July 1984
9. 고대성, 장민, 김재성, " 송광현미경의 응용에 관한 연구 " 전기, 전자, 정보, 통신의 개척과 발전, 1987, 7, PP 159-159