

반도체 세정용 Spot Spray Type 메가소닉의 음압특성에 관한 연구

이양래[†] · 김현세 · 임의수 · 우정주* · 김창대**

[†]한국기계연구원, *전남대학교 물리학과, **목포대학교 물리학과

A Study on Acoustic Pressure Characteristics of Spot Spray Type Megasonic for Semiconductor Cleaning

Yanglae Lee[†], Hyunse Kim, Euisu Lim, Jeong-ju Woo* and Chang-Dae Kim**

[†]Korea Institute of Machinery & Materials

*Department of Physics, Chonnam National University

**Department of Physics, Mokpo National University

Abstract

In this study, to analyze characteristics of acoustic pressure for spot spray type megasonic, FEM analysis was performed for variable parameters based on the structure of commercial one. and 2 models of transmitter were designed and fabricated, and then acoustic pressure distribution(APD) of the transmitter was measured and compared to the commercial. The results of this experiment show that maximum acoustic pressure of model 1 was higher to 1.6 times compared to the commercial, and model 2 was higher to 1.23 times. Through the course of this study, design technology of transmitter has been developed by means of FEM analysis and experiment for characteristics of acoustic pressure. Also, it is expected to be useful in the development of high power spray type megasonic that is necessary with advance in semiconductor technology.

Key Words : Megasonic, Spot Spray Type, Acoustic Pressure, Transmitter, horn

1. 서 론

반도체 산업에서 세정기술은 높은 생산성과 고신뢰도를 달성하는데 있어서 매우 큰 역할을 하고 있다. 종래의 화학공정에 의한 반도체 세정은 작은 불순물 입자를 제거하는데 한계를 가지고 있기 때문에, 이를 극복하기 위한 방안으로 메가소닉(megasonic)을 이용한 세정기술이 반도체 세정공정에 적용되고 있다[1,2]. 반도체 세정에 사용되고 있는 메가소닉으로는 배치식(batch type)과 매엽식(single wafer processing type)이 있으며, 배치식은 한번에 여러장의 웨이퍼를 세정하는 방식이고, 매엽식은 한번에 한 장씩 세정하는 방식이다. 배치식은 세정조 내의 음압이 일정하지 않아 음압이 강한 곳에서는 세정이 잘 되는 반면, 약한 곳에서는 세정이

잘 되지 않는 단점이 있다. 또한 반도체 웨이퍼의 크기가 점점 대면적(450 mm)화 되면서 배치식으로 세정하는데는 한계가 있게 되었다. 반면에 매엽식은 세정액을 얇게 분사하면서 메가소닉 진동자(transmitter)를 웨이퍼의 반경방향으로 이동시켜 한 장씩 세정하기 때문에 패턴이 고르면서 높은 세정효율을 나타내고, 오염된 세정액에 의한 역오염도 방지할 수 있는 장점이 있다[3,4].

본 연구는 이러한 매엽식 중의 spot spray type 메가소닉에 관한 것으로서, Fig. 1(b)에서와 같이, 세정액이 압전소자가 부착된 진동자 내부에서 초음파 조사를 받은 후, 혼(horn)의 노즐을 통해 웨이퍼 표면에 분사되어 세정하는 방식이다.

여기서 기존의 상용품(commercial)의 구조를 변수로 하고 그 치수를 기준으로 변화시켜가면서 유한요소법(finit element method)으로 해석하고, 2 가지 모델의 혼을 설계 및 제작한 다음, 최고음압(maximum acoustic

[†]E-mail : yllee@kimm.re.kr

pressure) 등의 음압분포(acoustic pressure distribution, APD) 특성을 측정하여 상용품과 비교 분석하였다.

2. Spot Spray Type 메가소닉 진동자 설계 및 제작

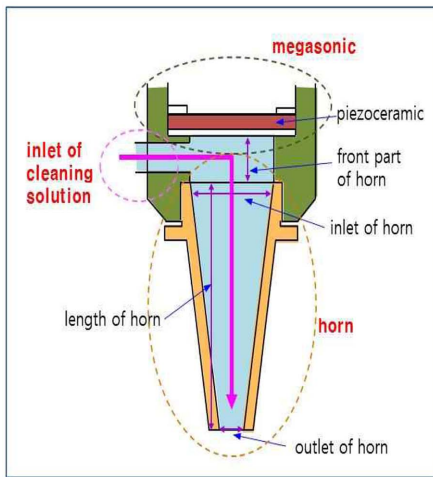
2.1. 진동자의 유한요소 해석

Fig. 1에 상용품과 개념도를 나타내었으며, 진동자는 세정액 유입부(inlet of cleaning solution), 압전소자가 부착된 진동부(megasonic) 및 혼(horn) 부분으로 나눌 수 있다. 여기서 혼은 음압을 증폭시켜주는 부분으로서, 혼의 형상에 따라 음압의 세기 및 분포가 다르게 나타난다[5-8].

Spot spray type 메가소닉의 음압특성을 분석하기 위해서 상용품의 horn을 기준으로, horn의 상단(inlet of horn, 7 mm) 및 하단(outlet of horn, 2 mm)의 너비, horn의 길이(length of horn, 35 mm) 및 horn 전단(front part of horn, 6.5 mm)의 길이 등의 파라미터를 변화시켜가며 horn의 하단으로부터 5 mm 아래 지점의



(a) Spot spray type transmitter



(b) Schematic diagram of transmitter

Fig. 1. Spot spray type megasonic (commercial).

음압을 해석 틀을 이용하여 계산하였다. 해석용 유한요소 모델은 Fig. 2에 나타내었고, 2차원 축대칭으로 모델링을 하였다[9-11]. 여기서, 해석상의 기준이 되는 상용품의 특성을 분석해보기 위해서 시간 및 주파수에 따른 음압특성을 해석하고 그 결과를 Fig. 3에 나타내

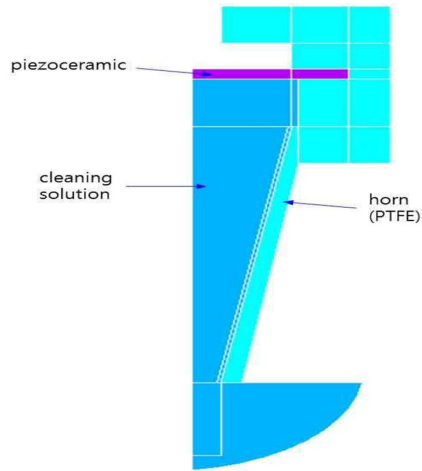
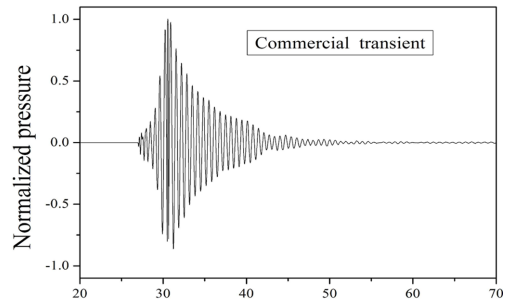
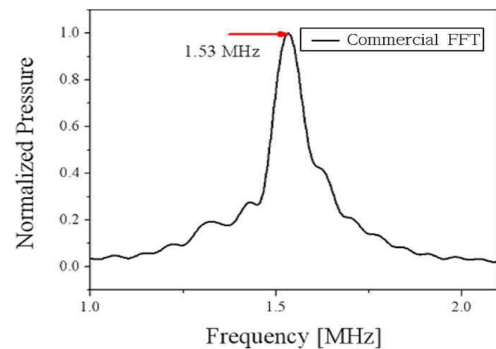


Fig. 2. FEM analysis model of spot spray type.



(a) time domain



(b) frequency domain

Fig. 3. Transient analysis of time & frequency domain.

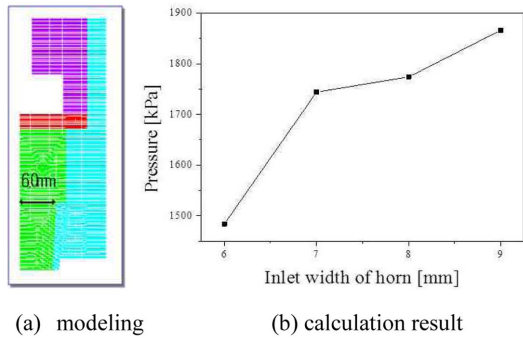


Fig. 4. Calculation of acoustic pressure according to inlet width of horn.

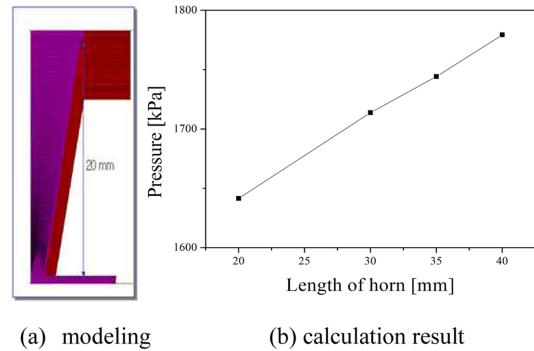


Fig. 6. Calculation of acoustic pressure according to length of horn.

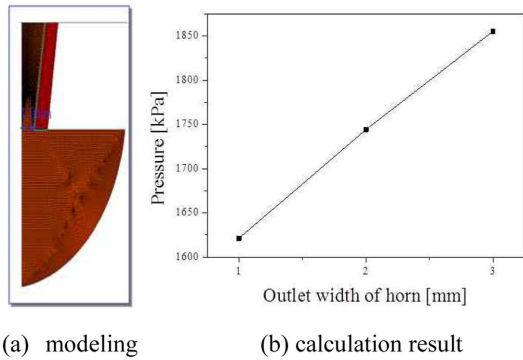


Fig. 5. Calculation of acoustic pressure according to outlet width of horn.

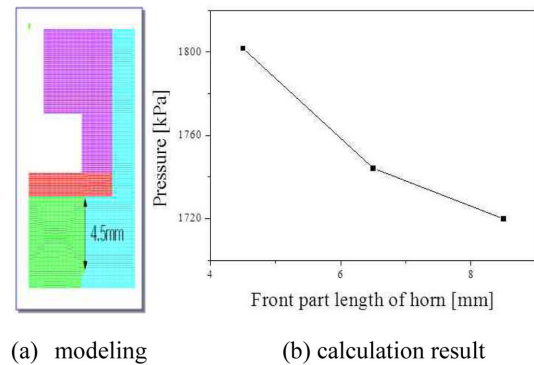


Fig. 7. Calculation of acoustic pressure according to front part length of horn.

었으며, 중심주파수는 1.53 MHz 이다.

혼 상단의 너비에 따른 음압특성을 알아보기 위해서 상단의 너비를 상용품의 7.0 mm를 기준으로 6.0, 7.0, 8.0 및 9.0 mm로 변화시키는 반면, 다른 파라미터들은 그대로 적용하여 해석을 수행하였다. 해석결과는 Fig. 4에 나타내었으며, 상단의 너비가 넓을수록 음압은 증가하는 경향을 나타내었다.

아울러 혼 하단의 너비에 따른 음압특성을 알아보기 위해서 하단의 너비를 상용품의 2.0 mm를 기준으로 1.0, 2.0 및 3.0 mm로 변화시키는 반면, 다른 파라미터들은 그대로 적용하여 해석을 수행하였으며, 이때 혼의 각도는 그대로 유지되도록 하였다. 해석결과 Fig. 5에 나타난 바와 같이 혼 하단의 너비가 넓을수록 음압은 증가하는 경향을 나타내었다.

또한, 혼의 길이에 따른 음압특성을 알아보기 위해서 혼의 길이를 상용품의 35 mm를 기준으로 20, 30, 35 및 40 mm로 변화시키는 반면, 다른 파라미터들은 그대로 적용하여 해석을 수행하였으며, 이때 혼의 각도

는 그대로 유지되도록 하였다. 해석결과 Fig. 6에 나타난 바와 같이 혼의 길이가 길수록 음압은 증가하는 경향을 나타내었다.

한편, 혼 전단의 길이에 따른 음압특성을 알아보기 위해서 상기에서와 마찬가지로 전단의 길이를 상용품의 6.5 mm를 기준으로 4.5, 6.5 및 8.5 mm로 변화시키는 반면, 다른 파라미터들은 그대로 적용하여 해석을 수행하였다. 해석결과는 Fig. 7에 나타내었으며, 혼 전단의 길이가 길수록 음압은 감소하는 경향을 나타내었다.

이상의 해석결과를 종합해 보면 혼 상단 및 하단의 너비가 넓을수록, 길이가 길수록 음압은 증가하는 반면, 혼 전단의 길이가 길수록 음압은 감소하였다

2.2. 진동자의 설계 및 제작

상기의 해석결과를 기반으로 혼의 각도, 길이, 상단 및 하단의 너비 등을 분석하여 2가지 모델의 혼을 설계 및 제작하였다. 제작된 혼은 Fig. 8에, 이것을 이용

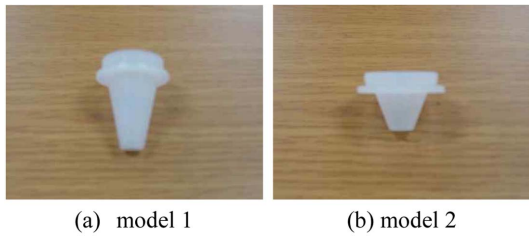


Fig. 8. Fabricated horn for spot spray type megasonic.



Fig. 9. Fabricated transmitter for spot spray type megasonic.

Table 1. Dimensions of fabricated horn

Parameter	Commercial	Model 1	Model 2
Inlet of horn (mm)	14	18	18
Outlet of horn (mm)	4	4	4
Length of horn (mm)	35	35	19
Front part of horn (mm)	4.5	5	5
Angle of horn (°)	16	22.6	40

하여 제작한 진동자는 Fig. 9에 나타내었으며, 설계 제작한 dimension은 Table 1과 같다.

3. 음압분포 측정 및 분석

제작된 2가지 모델의 혼에 대한 성능을 알아보기 위해서 전용 음압분포 측정장치를 이용하여 normalize된 음압의 분포를 측정한 후, 상용품과 비교하였다. 본 실험에서는 혼 하단으로부터 일정거리 떨어진 X-Y 평면상의 음압분포를 측정하여 Fig. 10~12에 나타내었다.

상용품은 혼 하단으로부터 1 mm 지점에서 최고음압 38%를 나타내었으며, 거리가 멀어질수록 점점 감소하였다. 모델 1은 혼의 하단으로부터 3.7 mm까지 점점 증가하다가 이 지점에서 최고음압 61%를 나타내었고, 거리가 멀어질수록 점점 감소하였다. 모델 2는 혼의 하단으로부터 6.3 mm까지 점점 증가하다가 이 지점에서 최고음압 47%를 나타내었으며, 이후 점점

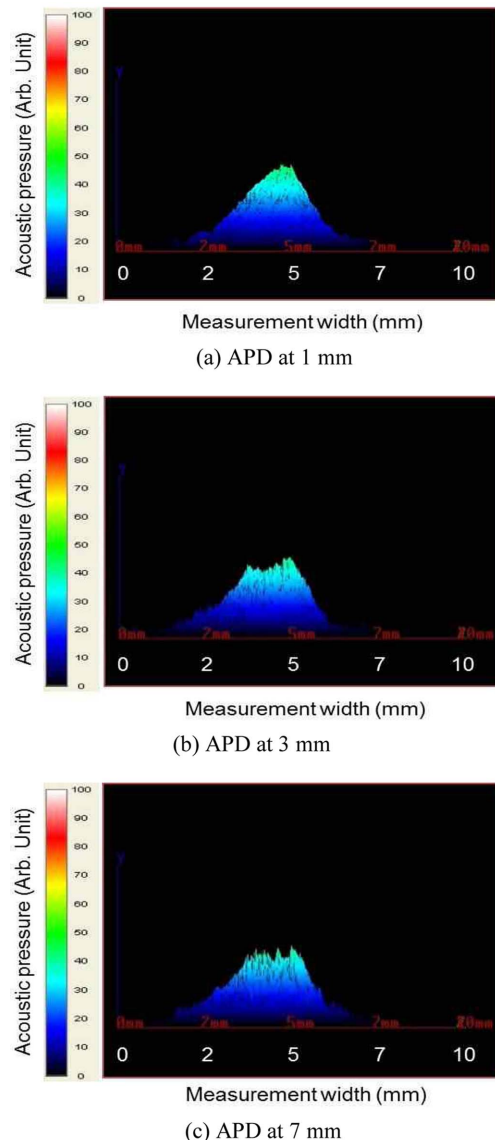


Fig. 10. APD at a distance from outlet of horn for commercial.

감소하였다.

상기 결과에서 모델 1은 상용품에 비해서 최고음압이 약 1.6배 높게 나타났으며, 이는 혼의 각도가 크기 때문인 것으로 분석된다. 모델 2는 상용품에 비해서 최고음압이 1.23배 정도 높게 나타났으며, 모델 1에 비해서 혼의 각도가 크어도 음압이 더 낮게 나타난 것은 어느 각도 이상에서는 포화되기 때문인 것으로 분석되었다.

Fig. 13은 압전소자로부터 발생된 초음파가 혼의 내

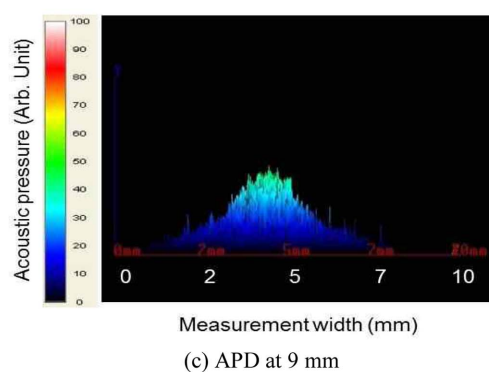
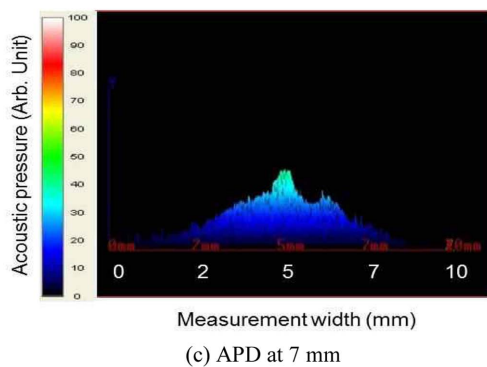
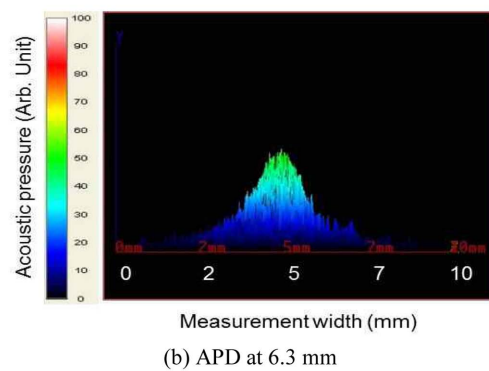
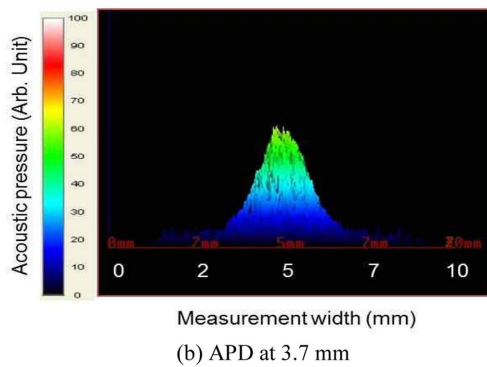
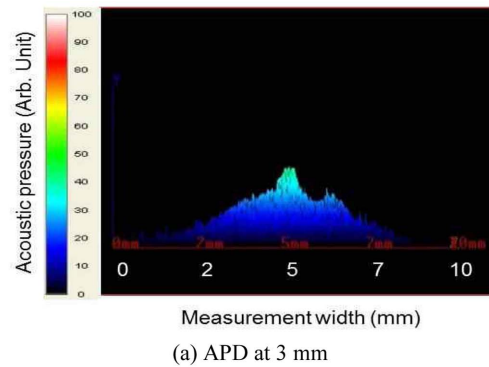
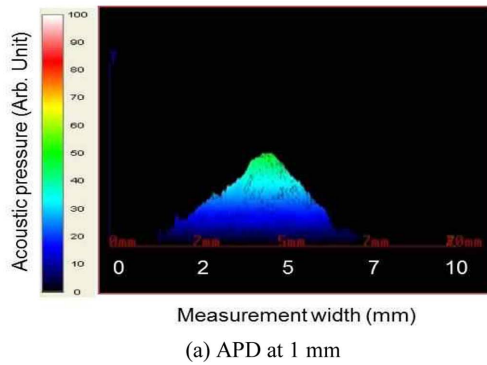


Fig. 11. APD at a distance from outlet of horn for model 1.

Fig. 12. APD at a distance from outlet of horn for model 2.

부를 통과하여서 혼의 하단 밖, 가상의 세정대상면으로 분사될 때의 초점위치를 나타낸 것으로서[12], 음압분포 측정결과를 기반으로 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 spot spray type 메가소닉의 음압특성을 분석하기 위해 상용품을 기준으로 혼의 파라미터를 변화시키면서 FEM 해석을 수행하여 2가지 모델의 혼을 설계 및 제작 하였다.

이를 통해 제작된 모델과 상용품의 음압분포를 측정하여 비교하였으며, 그 결과, 상용품의 최고음압이 38%인데 비해 모델 1은 61%로 1.6배, 모델 2는 47%로 1.23배 더 높게 나타났다.

이상과 같은 FEM 해석 및 실험에 기반한 음압특성 연구를 통하여 혼 설계기술을 확보하게 되었으며, 이는 반도체 기술의 발달과 더불어 요구되고 있는 고출력의 spot spray type 메가소닉 개발에도 유용할 것으로 기대된다.

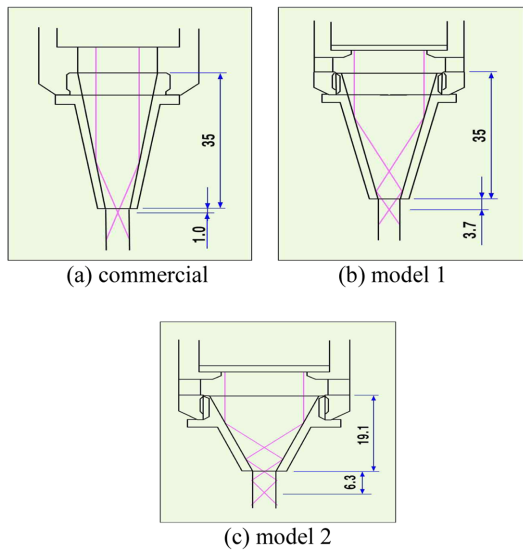


Fig. 13. Focal point of beam on the outside of horn.

감사의 글

본 논문은 2010년도 지식경제부 재원의 에너지자원 기술개발사업으로 지원을 받아 수행한 연구과제 결과 중 일부이다.

참고문헌

1. Kim, H. S., Lee, Y. L., Lim, E. S., "Design and fabrication of an L-type waveguide megasonic system for cleaning on nano-scale patterns", *Current Applied Physics* 9, 189-192, 2009
2. Hauptmann, M., Brems, S., Camerotto, E., Zijlstra, A., Doumen, G., Bearda, T., Mertens, P. W., Lauriks,

- W., "Influence of gasification on the performance of a 1 MHz nozzle system in megasonic cleaning", *Microelectronic Engineering* 87, 1512-1515, 2010
3. Koo, J., Kim, T., Jung, C., Lee, J., Kim, T., "Effects of wafer and iso-propyl alcohol relative humidities on single wafer cleaning system performance", *International Journal of heat and Mass Transfer* 50, 4275-4285, 2007
4. Zamani, D., Dhane, K., Mahdavi, O., McBride, M, A., Yan, J., "Surface cleaning of small structures during spin rinsing of patterned substrates", *Micro-electronic Engineering* 108, 57-65, 2013
5. Dale Ensminger, "ULTRASONICS, Fundamentals Technology Applications", MARCEL DEKKER, INC, 111-159, 1988
6. HAMONIC, B. F., Wilson, O. B., Decarpigny, J.-N., "Power Transducers for Sonics and Ultrasonics", Springer-Verlag, 35-47, 1990
7. Zelenka J., "Piezoelectric Resonators and their Applications", ELSEVIER, 46-63, 1986
8. Pollard, H. F., "Sound Waves in Solids", Pion Limited, 1-17, 1977
9. Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppers, A. B., and Sanders, J. V., "Fundamentals of Acoustics-3rd ed.," John Wiley & Sons, pp. 7-20, 99-198, 1965.
10. Peric, L., "Coupled Tensors of Piezoelectric Materials State," MPI, pp. 17-56. 2004.
11. NYE, J. F., "Physical Properties of Crystals," Oxford Science Publications, pp. 131-147.1984
12. Krautkramer, J., and Krautkramer, H., "Ultrasonic Testing of Materials-2nd ed.," Springer-Verlag. pp. 17-40, 62-85, 1977

접수일: 2013년 9월 23일, 심사일: 2013년 11월 20일,
게재확정일: 2014년 2월 28일