

# 유한요소해석을 이용한 나노패턴용 메가소닉의 설계 및 성능평가

## Design of a Megasonic for Nano-pattern Cleaning using Finite Element Methods with Performance Evaluation

\*#김현세, 이양래, 임의수

\*#Hyunse Kim (hkim@kimm.re.kr), Yanglae Lee, Euisu Lim  
한국기계연구원 에너지기계연구본부

Key words : Megasonic; Nano-pattern Cleaning; Finite Element Methods

### 1. 서론

최근 반도체 세정 공정에 있어 여러장을 한꺼번에 세정하는 배치식 (Batch Type) 보다는 매엽식 (Single Wafer Cleaning Type) 장비가 많이 사용되고 있다. 매엽식 장비는 차지하는 면적이 작으면서 소요되는 공정 시간은 짧으며, 항상 새로운 약액을 공급할 수 있고 세정 효율은 더 우수한 장점이 있다.<sup>1</sup> 그러나 반도체의 선평이 점차 미세화됨에 따라 나노 파티클 제거와 더불어 미세 패턴 손상 문제도 더불어 해결해야만 했다. 기존의 매엽식 세정장비는 세정이 잘 이루어 지기는 하지만 패턴을 손상시키는 문제가 있었기 때문이다. 이를 해결 할 수 있는 대안으로 대두된 것이 매엽식 메가소닉 장비이다.

매엽식 메가소닉 장비는 한 장의 웨이퍼를 올려 놓고 약액과 함께 메가헤르츠 (MHz) 대역의 초음파를 통한 물리적인 힘을 가하여 파티클을 제거하는 원리를 사용한다.<sup>2</sup> 이와 관련된 연구가 많이 이루어지고 있으며 초음파의 전달 원리에 따라 다양한 방식이 개발 되었다.<sup>3,4</sup> 그 중에 L-type 이 패턴손상을 일으킬 가능성이 가장 적은 것으로 발표된 바 있다.<sup>5</sup>

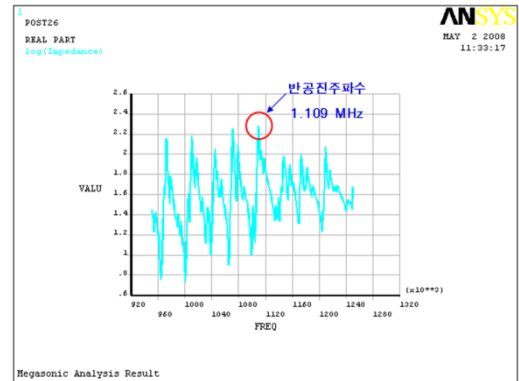
본 연구에서는 기존의 L-type 쿼츠바의 성능을 개선하기 위하여 유한요소해석을 이용하여 메가소닉을 설계하였다. 그리고 해석 결과를 이용하여 쿼츠 웨이브가이드를 제작하였으며 음압을 측정하여 기존의 웨이브가이드와 성능을 비교해 보았다.

### 2. 메가소닉의 유한요소해석

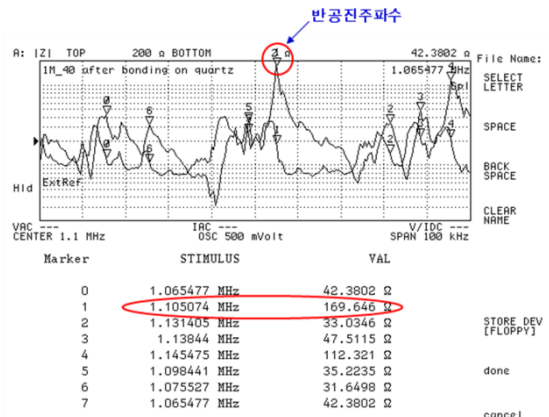
메가소닉 트랜스듀서는 압전소자와 쿼츠 웨이브가이드로 구성되어 있다. 해석을 위해서 상부전극과 하부전극이 포함된 압전소자를 모델링하고 쿼츠바에 부착시켰다. 압전소자의 전극은, 하나의 node 에 전압을 인가하기 위해 각각 Coupling 시켰다. 쿼츠의 물성치는 밀도 2203 kgm<sup>-3</sup>, Young's Modulus 7.24E10 N/m, 포아송 비 0.17 등 이었다.

모델링을 완료한 후 설계하고자 하는 주파수인 압전소자 공진주파수 1.107 MHz 를 중심으로 1 kHz 간격으로 0.95 MHz 부터 1.25 MHz 까지 조화응답 해석을 수행하였다. Fig. 1 (a)에 해석 결과가 나와있다. 그림에 표시된 부분이 반공진 피크이며 그 값은 1.109 MHz 로 설계하고자 했던 목표 값인 1.107 MHz 에 거의 일치하였다. 이 해석 결과를 이용하여 쿼츠 웨이브가이드를 제작하였으며 압전소자를 부착한 후의 임피던스를 측정하였다. 측정 결과는 Fig. 1 (b)에 나와 있으며, 이 때의 반공진 주파수는 1.105 MHz 로 예측 값과 잘 일치하였다 (0.4% 오차).

제작한 쿼츠 웨이브가이드의 사진이 Fig. 2 에 나와 있다. 오른쪽의 L 모양의 끝단이 크로스 바 (Cross Bar)이며 웨이퍼의 상단에서 초음파를 전달하여 세정을 하게 된다. 음압 분포를 고르게 하기 위해, 이 부분의 모양이 기존의 L-type 에 비해 개선되었다.



(a)



(b)

Fig. 1. (a) The FEM analysis result and (b) the measured impedance graph.

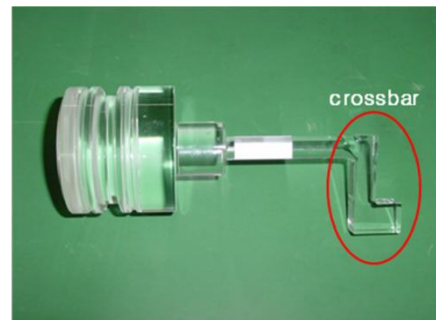


Fig. 2. The quartz megasonic for nano-pattern cleaning.

### 3. 실험결과 및 고찰

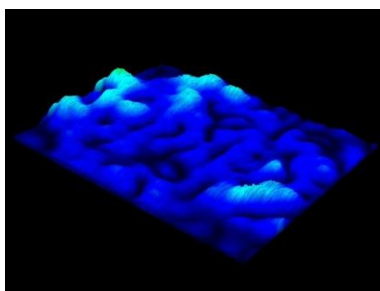
제작한 퀴즈 웨이브가이드의 성능을 평가하기 위해 음압측정장치를 이용하여 퀴즈바 끝단에서 나오는 음압을 측정하였다. 측정은 수조에 잠겨 있는 센서가 세정공정 시에 웨이퍼와 맞닿을 퀴즈바 끝부분의 밑면을 정밀하게 스캐닝 하면서 이루어진다.

성능평가를 위해 기존에 개발되어 상용화된 A-type 제품과 비교를 해 보았다. A-type 의 평균음압이 23.5 kPa 일 때 측정된 결과가 Fig. 3 (a)에 나와 있다. 유사한 조건에서 비교하기 위해, L-type 은 평균음압이 26.2 kPa 일 때 측정을 했으며, 이 때의 음압분포가 Fig. 3 (b)에 나와 있다. 하늘색의 밝은 봉우리 부분이 음압이 높은 지점이며, 짙은 푸른색의 골짜기 부분이 음압이 낮은 부분이다. 이 두 그림을 비교해 볼 때, 전체적인 음압의 분포가 L-type 이 더 고르다는 것을 알 수 있다.

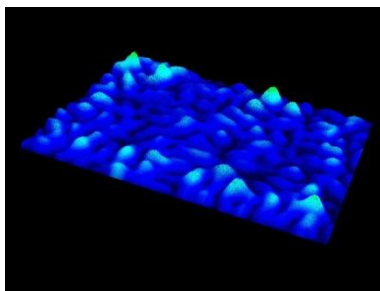
정확한 비교를 위해 각 데이터들의 표준편차를 구해 보았다. 그 결과 A-type 의 표준편차는 15.3 kPa (평균음압 대비 65.0%)의 이고, L-type 은 이보다 낮은 14.4 kPa (평균음압 대비 55.0%)였다. 즉 동일한 평균음압 일 경우 L-type 이 A-type 에 비해 15% 개선되었다고 볼 수 있다. 측정된 데이터를 그래프로 나타내면 A-type 은 Fig. 4 (a), L-type 은 Fig. 4 (b)와 같다.

### 4. 결론

본 연구에서는 L-type 퀴즈바의 성능을 개선하기 위하여 상용 유향요소해석을 이용하여 메가소닉을 설계하였다. 그 결과 반공진 주파수는 1.109 MHz 로 설계하고자 했던 목표값인 1.107 MHz 에 거의 일치하는 퀴즈 웨이브가이드의 치수를 구할 수 있었다. 이 결과를 이용하여 제작한 퀴즈바의 반공진 주파수는 1.105 MHz 로 측정되었으며 예측값과 잘 일치하였다 (0.4% 오차). 성능평가를 위해 기존에 개발되어 상용화된 A-type 제품과 비교를 해 보았으며, 동일한 평균음압 일 경우 L-type 이 A-type 에 비해 15% 개선되었음을 알 수 있었다. 그러므로 본 개발 장비를 나노패턴의 세정공정에 적용한다면 패턴의 손상 없이 효율적으로 세정할 수 있을 것으로 기대된다.

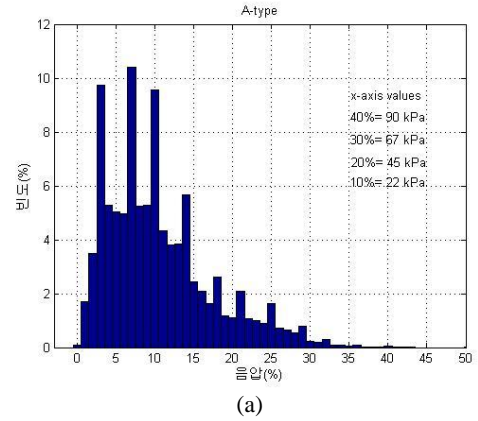


(a)

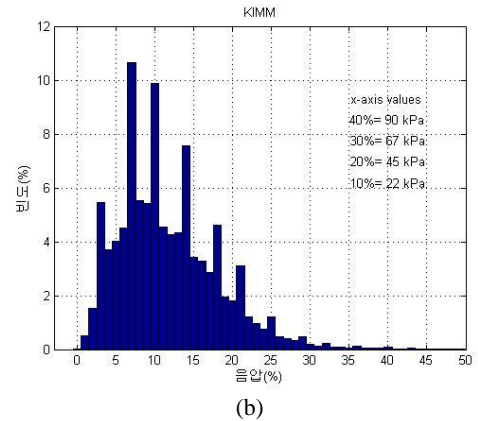


(b)

Fig. 3. Measured acoustic pressure distributions of (a) the conventional megasonic (A-type) and (b) the developed one (L-type).



(a)



(b)

Fig. 4. Acoustic pressure distribution graphs of (a) the A-type and (b) the L-type.

### 후기

본 연구는 지식경제부 중기거점기술개발사업 (MM8610)의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Park, I. S., Choi, S. J., Hong, C. K., Cho, H. K. Lu, Y. Q., Baiya, E., Rosato, J. J., Yalamanchili, M. R. and Hansen, E., "Meeting the Critical Challenges for 65 nm and beyond Using a Single Wafer Processing with Novel Megasonics and Drying Technologies," ECS Trans., **1** (3), 172-179, 2005.
2. Lee, Y., Lim, E. Kang, K. Kim, H. Lee, S.-H. and Park, J.-G., "Acoustic Field Analysis of a T Type Waveguide in Single Wafer Megasonic Cleaning and Its Effect on Particle Removal," Proceedings of UCPSS, 65-66, 2006.
3. Lui, L., Walter, A. and Novak, R., "Single-Wafer Tool Performs Re-contamination Free in Wet Wafer Cleaning," ECS Trans., **1** (3), 150-157, 2005.
4. Lippert, A., Engesser, P., Gleissner, A., Koffler, M., Kumnig, F., Obweiger, R., Pfeuffer, A., Rogatschig, R. and Okorn-Schmidt, H., "Keys to Advanced Single Wafer Cleaning - Gas Contend, Bubble Size Distribution and Chemistry," ECS Trans., **1** (3), 158-163, 2005.
5. 김현세, 이양래, 임의수, 강국진, 박진구, 이상호, "매엽식 메가소닉 세정용 L 타입 웨이브가이드 음장해석," 한국음향학회 추계학술대회 논문집, **25** (2), 189-190, 2006.