

유한요소해석을 이용한 1 MHz Near-field 메가소닉 진동자 설계

Design of a 1 MHz Near-field Megasonic Waveguide using Finite Element Method

*#김현세, 이양래, 임의수

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

Key words : Megasonic, Finite element method (FEM), Nano-pattern cleaning

1. 서론

세정 공정은 여러 가지 반도체 제조 공정을 진행하기에 앞서, 미세한 파티클들을 제거해 주는 공정이다. 근래에 반도체 소자가 점점 더 집적화되고 패턴의 선폭이 미세해지고 있으며, 이에 따라 제거해야 할 파티클의 사이즈도 점점 더 작아지고 있다.¹ 기존에는 여러 장을 한꺼번에 세정하는 배치식 (Batch Type)을 많이 사용하였으나, 웨이퍼의 크기가 대구경화 되고, Wet-bench 내에서 재오염되는 문제를 막기 위해, 매엽식 (Single Wafer Cleaning Type) 장비를 점차 적용하고 있다.²

이러한 요구 조건들을 만족시키기 위해 화학액과 초음파를 같이 사용하여 세정하는 매엽식 메가소닉에 대한 연구가 이루어지고 있다.^{3,4} 메가소닉 세정의 원리는, 약액과 더불어 초음파 진동을 통해 물리적인 힘을 가하여 세정을 하는 것이다.⁵ 그러나 기존 장비들은 음압이 불균일함으로 인해, 패턴 손상 문제가 발생한다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 웨이브 가이드의 구조가 간단하며, 세정효율은 더 높이면서 패턴손상 문제는 방지하는 1 MHz Near-field 메가소닉 진동자를 설계하고 제작하고자 하였다. 웨이브 가이드의 설계를 위해 압전소자가 부착된 퀴츠 소재의 웨이브가이드를 해석하였다. 또한 Near-field 메가소닉 진동자에서 나오는 음압분포를 예측하였다. 이러한 해석 결과를 바탕으로, 퀴츠 웨이브가이드를 제작하고 음압분포를 측정하여 기존에 나와 있는 메가소닉과 성능을 비교하였다.

2. Near-field 메가소닉

Near-field 메가소닉은 Fig. 1 (a)와 같이 압전소자와 퀴츠 Horn 진동자 및 발전기로 이루어져 있다. Fig. 1 (b)에는 퀴츠 소재로 제작한 Near-field 메가소닉이 나와 있다. 위쪽의 커버 안에 압전소자가 부착되어 있고, 발전기로부터 1 MHz 주파수의 전원을 공급받아 작동하게 된다. 압전소자의 진동이 아래쪽의 투명한 부분에서 전달이 되어, 초음파를 통해 웨이퍼 위에 있는 미세한 파티클들을 약액과 함께 제거할 수 있게 된다.

3. 유한요소해석

Near-field 메가소닉을 설계하기 위하여 시스템의 임피던스 특성을 상용유한요소해석 프로그램인 Ansys 를 이용하여 해석하였다. 그 결과 메가소닉의 반공진 주파수는 Fig. 2 (a)와 같이 982 kHz 였으며, 이는 측정값인 988 kHz 와 잘 일치하였다. 이번에는 Near-field 메가소닉이 물에 접한 경우의 음압 분포를 해석한 결과, Fig. 2 (b)와 같이 퀴츠의 끝단에 접해있는 물의 음압 분포가 고르게 나옴을 예측할 수 있었다.



Fig. 1 (a) System configuration of the near-field megasonic waveguide with the electric generator and (b) the fabricated waveguide.

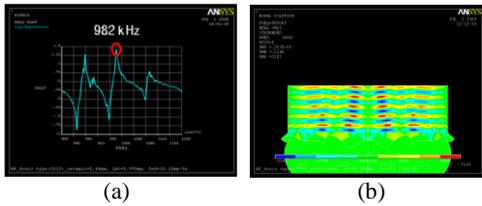


Fig. 2 (a) Impedance graph and (b) acoustic pressure distribution by FEM analysis.

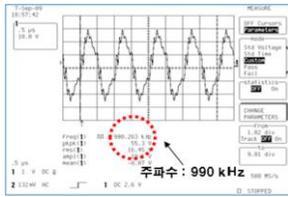


Fig. 3 Operating frequency graph of the electric generator.

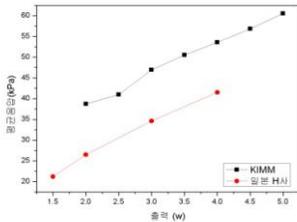


Fig. 4 Average acoustic pressure vs. input power.

4. 실험

실제로 해석 결과를 이용하여 메가소닉 웨이브가이드를 제작하고, 발진부의 구동 주파수를 Fig. 3 과 같이 990 kHz 로 튜닝 하였다. 그리고 성능을 평가하기 위해 음압분포 측정장치를 이용하여 음압을 측정하였다. 그 결과, Near-field 메가소닉의 평균음압은 같은 입력 파워 일 때 기존 제품에 비해 Fig. 4 와 같이 약 30% 우수하게 나왔다. 이는 실제 공정 시 더 효율적으로 세정할 수 있음을 의미한다.

5. 결론

본 연구에서는 구조가 간단하며, 세정효율은 더 높으면서 패턴손상 문제는

방지하는 메가소닉 진동자를 설계하고 제작하였다. 유한요소해석 프로그램을 사용하여 웨이브 가이드를 해석한 결과 메가소닉의 반공진 주파수는 982 kHz 였으며, 이는 측정값인 988 kHz 와 잘 일치하였다. 또한 음압분포를 예측한 결과, 접해있는 물의 음압 분포가 고르게 나옴을 알 수 있었다. 마지막으로, 웨이브가이드를 제작하고 음압분포를 측정하였으며, 그 결과 같은 입력 파워 일 때 기존 제품에 비해 약 30% 우수하게 나옴을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 개발한 장비를 실제 공정에 적용한다면, 더 효율적으로 세정할 수 있다고 판단된다.

후기

본 연구는 2009 년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행하였습니다.

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. 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.
3. Lippert, A., Engesser, P., Gleissner, A., Koffler, M., Kumnig, F., Obwegger, 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.
4. Kim, H., Lee, Y. and Lim, E., "Design and fabrication of an L-type waveguide megasonic system for cleaning of nano-scale patterns," Current Appl. Phys., **9**, e189-e192, 2009.
5. Kanegsberg, B., "Critical Cleaning," CRC Press, 239, 2001.