

CMP 공정중 발생하는 AE 신호의 FFT 분석 Analysis of AE Signals on CMP Process using FFT Method

*박선준, 박범영, #정해도

*S. J. Park, B. Y. Park, #H. D. Jeong(hdjeong@pusan.ac.kr)
부산대학교 기계공학부

Key words : Acoustic Emission Sensor, Oxide, Cu CMP, FFT

1. 서론

화학기계적 연마(CMP)에서는 화학적 및 기계적 제거에 의해 웨이퍼 표면에서 발생하는 현상을 국부적뿐 만 아니라 전면에 대한 메카니즘 분석 연구가 많이 진행되고 있다. 특히 Cu CMP에서는 스크래치나, 스틱 슬립에 의한 다양한 결함들이 나타나고 있다. 이러한 결함들은 슬러리, 웨이퍼, 패드뿐 만 아니라 프로세스 상태에 의해 복합적으로 발생하게 되며, 이때에 발생하는 신호 또한 다양하다. 이에 적절한 센서를 선택하여 모니터링 하게 되면 상기에 제시된 결함을 줄이는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 웨이퍼 표면에서 발생하는 다양한 신호 중에서 고주파 영역대의 신호를 분석하기 위하여 음향 방출 센서(Acoustic Emission; AE)를 도입하였다. 일반적으로, AE 센서는 높은 주파수 응답으로 연마 과정 동안 마이크로 스크래치, 마이크로 피로, 마이크로 부식 등을 감지하는 데 유용한 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 상하부가 모두 회전하는 구조에 AE 센서 부착을 위하여 슬립 링을 이용하여 시스템을 구축하였다. 측정된 AE 신호를 이용하여 주파수 분석(FFT)을 실시하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

일반적으로 상하가 모두 회전하는 CMP의 특성상, 단순한 유선(Wired)으로는 신호를 획득하는데 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 슬립링을 이용하여 AE 신호를 획득하고자 Fig. 1과 같은 유선 AE 모니터링 시스템을 구축하였다. Fig. 1에서 보면 AE 모니터링 시스템은 웨이퍼 뒷면에 AE 센서를 부착하고 이로부터 획득된 신호는 데이터 수집 장치를 통해 PC로 전송되는 장치로 구성되어 있다. 실험에 사용된 AE 센서는 PAC사의 Nano30s 모델을 사용하였고, 이는 125~750 KHz의 주파수 영역대의 신호를 획득할 수 있다. 그리고 사용한 슬립 링은 노이즈를 줄이기 위하여 Asiantool사의 A2S 수은 슬립 링을 이용하였고 이는 노이즈 특성이 1mΩ 이하로 알려져 있다. 또한 획득된 신호는 각각의 모듈을 통하여 NI사의 PXI6163으로 전송되어 신호 처리를 하였다.

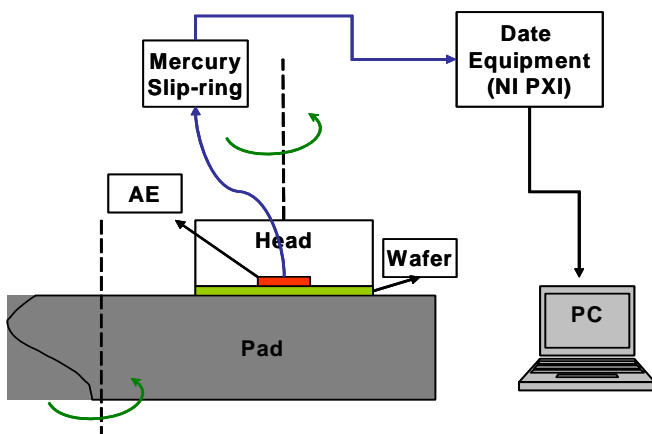


Fig. 1. Schematic of AE monitoring system

2.1 실험 방법

본 연구에서는 CMP 공정에서 발생할 수 있는 신호를 획득하기 위하여 두 가지 즉 Oxide 와 Cu 웨이퍼를 이용하였다. 각각의 웨이퍼를 가공하는 공정에서 연마 조건은 압력 300g/cm², 연마 헤드 및 하정반의 속도는 60/60 rpm, Ex-situ 컨디셔닝으로 일정한 조건을 유지하였다. 이는 동등한 실험 조건을 유지하기 위함이다. 또한 각각의 공정에서 입자의 유무에 의한 특성을 파악하기 위하여 DI water, 슬러리, 다이아몬드 입자를 공정 중에 유입하였다. 슬러리(EPL 3wt% H₂O₂, ILD1300) 및 DIW는 30ml/min로 유입하였고, 입자는 30~40 μm의 다이아몬드 입자를 사용하였으며 패드는 IC1400을 사용하였다. Table 1에서는 실험조건을 확인할 수 있다. 신호의 획득은 1MHz의 샘플링 주파수로 신호를 획득하였고, 각각의 신호에 대하여 주파수 분석을 실시하였다.

Table 1 Conditions of Experimental

Parameters	Conditions	Parameters	Conditions
Pressure	300 g/cm ²	Oscillation	None
Velocity	60/60 rpm	Slurry	ILD1300 & EPL
Conditioning	Ex-situ		Thermal oxide
Pad	IC1400	Wafer	& Copper 4"

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 슬립 링을 이용한 유선 AE 시스템은 1MHz의 샘플링 주파수로 신호를 획득하여 주파수 분석을 실시하였다. 연마 조건은 압력 300g/cm², 연마 헤드 및 하정반의 속도는 60/60 rpm, 슬러리(EPL 3wt% H₂O₂, ILD1300) 및 DIW는 30ml/min로 유입하였고, 입자는 30~40 μm의 다이아몬드를 사용하였으며 패드는 IC1400을 사용하였다.

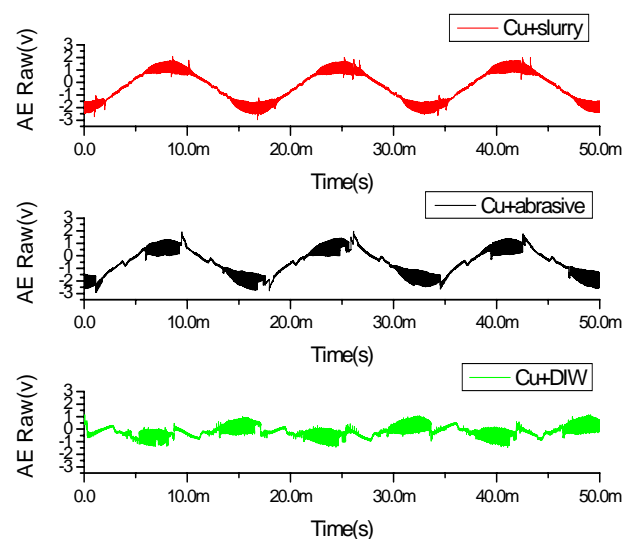


Fig. 2 AE Raw signal of Cu CMP; with slurry, abrasive and DIW

Fig. 2는 Cu CMP 공정 중에 DI water와 슬러리, 다이아몬드 입자를 유입하였을 때의 AE raw 신호를 나타낸다. 연마 후 Cu 표면에서는 입자를 사용한 경우 많은 스크래치가 발생하였음을 육안으로 확인할 수 있었고, 또한 이는 AE 신호의 변화로 나타남을 확인할 수 있었다. 하지만, Oxide 웨이퍼의 표면에서는 육안으로 식별 가능한 스크래치는 거의 발생하지 않았다. 그러나 이러한 원신호의 변화에서가 아니라 특정 주파수에서 발생하는 신호를 찾아내기 위하여 각 신호에 대해 FFT를 실시하였다.

Fig.3은 각 공정의 FFT 결과를 나타낸다. 본 연구에서는 FFT window 함수 중에서 Hamming window 함수(1)를 사용하였다.

$$\text{Hamming Window: } w[n] = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \dots\dots(1)$$

Fig. 3(a)에서는 Cu와 Oxide CMP 공정 중에 다이아몬드 입자를 넣은 결과인데, Oxide에 비해 Cu에서는 주파수의 진폭이 크게 나타남을 확인할 수 있다. 특히 100kHz 이하에

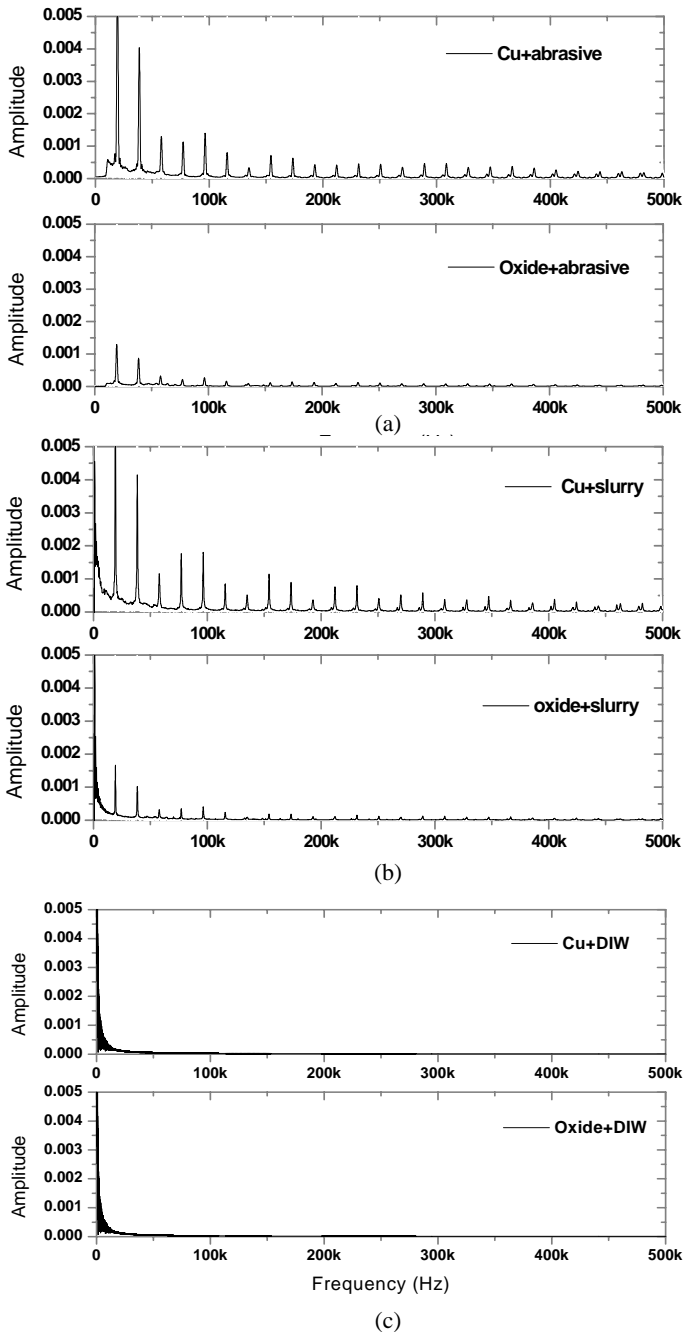


Fig. 3 Result of FFT; (a) with abrasive (Dia), (b) with slurry(EPL 3 wt%, and ILD1300), (c) with DI water

서는, 진폭의 변화가 확연히 차이가 남을 확인할 수 있었다. 특히 20, 40 kHz 부근에서 큰 진폭의 변화가 나타남을 확인할 수 있었다. Fig. 3 (b)에서는 각각의 공정 중에 slurry의 유입에 따른 신호의 분석 결과인데, (a)와 유사한 결과를 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 60, 80,100 kHz 부근에서 큰 진폭의 변화가 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 Fig. 3 (c)에서 각각의 공정 중에 DI water의 유입에 따른 신호 분석 결과를 보면, DI water를 유입하면서 획득된 신호인데, 이는 단순한 웨이퍼와 패드의 마찰에 의한 신호는 거의 검출되지 않음을 확인할 수 있다. 이는 상하부가 모두 회전하는 구조에서 회전에 의해 발생하는 신호가 아닌, 연마에 관여하는 입자에 의한 신호를 검출할 수 있음을 보여준다. 상기의 이러한 결과는 CMP 공정 중에 입자에 유입에 의해 발생하는 신호를 AE 센서를 이용하여 검출 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 CMP 공정에서 발생하는 여러가지 신호 중에서 AE sensor를 이용하여 미세한 신호 검출을 통해 CMP 결과와의 상관관계를 알아보고자 하였다. 실험 결과, Cu CMP에서는 Oxide CMP에 비해 다이아몬드 입자나 슬러리와 같은 입자의 영향을 많이 받음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Oxide에 비해 Cu 웨이퍼가 연질이기 때문에 입자에 의한 스크래치나, 크랙 등이 더 많이 발생하기 때문으로 사료된다. 또한 본 연구에서 획득된 AE 신호를 분석해 보면, 단순히 회전 신호에서 발생하는 신호는 미미하며, 또한 이러한 신호를 필터링 하면 입자에 의해 발생하는 신호의 주파수를 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 각각의 연마 결과에 따른 표면 분석이 이루어지지 않아 연마 결과와 획득된 AE 신호의 진폭변화를 비교할 수 없었다. 이에 각각의 공정에 따른 특정주파수 영역대의 해석 및 연마후의 표면 분석에 관한 연구는 추가적으로 이루어져야 할 필요성이 있다.

후기

본 연구는 산업자원부의 부품소재기술개발사업 (50nm 급 반도체용 Oxide CMP 장비의 부품소재 개발)의 지원에 의해 진행되었음.

참고문헌

1. M., Berman et al., "Review of In-Situ & In-line Detection for CMP Applications, Semiconductor Fabtech", 8th edition: 267-274, 1998.
2. Y. Lee et al, "Acoustic Emission Monitoring for the Diamond Machining of Oxygen-free High-conductivity Copper", J. Materials Processing Technology, 127: 199-205, 2002.
3. B. Karpuschewski et al, "Grinding Monitoring System Based on Power and Acoustic Emission Sensor", Annals CIRP, 49/1:235-240, 2000.
4. 양보석, "기계설비의 진동 상태 감시 및 진단," 인터비전, 137-147, 2006.