

스윙 암 컨디셔너의 기구학적 해석을 통한 CMP 패드 프로파일 변화에 관한 연구

오지현**, 김영민**, 이호준**, 이상직**, 김형재*, 정해도**

한국생산기술연구소*, 부산대학교 대학원 기계공학부 정밀가공시스템 전공 **

A Study on Pad Profile Variation Using Kinematical Analysis on Swing Arm Conditioner

Jiheon Oh, Yongmin Kim, Hojun Lee, Sangjik Lee, Hyoungjae Kim* and Haedo Jeong**

Korea Institute of Industrial Technology*, Precision Manufacturing System Div., Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National Univ.**

Abstract: A CMP Process has many factors that affect result of a polished wafer. Dominant factors are velocity, pressure and temperature in process. A pad profile is also considered as affecting factor of CMP. According to variation of a pad profile, the each part of a wafer is differently pressured. It appears to affect the uniformity of a wafer. A pad profile varies as a swing arm conditioner which have been ordinarily used in industry. A swing arm conditioner has several sectors in its swing path. This study aims that a wafer get a good uniformity as swing arm conditioner's path on pad is analyzed and simulated. Through the simulation, tendency of pad profile after conditioning will be predicted and the result of simulation compared with the result of experiment. The optimized pad profile would be made by to vary swing arm's velocity on each sector. In order to maintain the optimized profile, conditioner design or swing arm's velocity should be changed and designed.

Key Words : kinematical analysis, swing arm conditioner, pad profile, pad wear

1. 서 론

반도체 웨이퍼의 표면을 경면화 혹은 평탄화하기 위해 화학기계적연마(CMP) 기술이 적용되고 있다. CMP는 일반적으로 폴리우레탄 (PU)를 발포 성형한 패드상에 웨이퍼를 가압하여 회전이동시켜 제거가공을 하며, 일정한 연마율을 유지시키기 위해 패드 컨디셔닝 (Conditioning)을 실시시간으로 시행한다[1]. 패드 컨디셔너는 다이아몬드 입자가 도금 등에 의해 규칙적으로 고정된 디스크 형태를 가지며, 이는 CMP장비에서 스윙 암 (Swing arm)에 말단부에 지지되어 자전과 요동운동을 하면서 패드를 가압 제거한다. 스윙 암 컨디셔너의 개략도를 [그림 1]에 나타낸다.

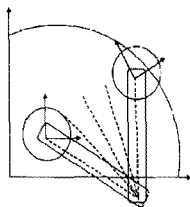


그림 1.

패드의 제거는 컨디셔너의 압력, 패드와의 상대속도, 컨디셔너가 패드에 머무르는 시간에 따라 달라지며, 이는 Preston 방정식 (1)으로 나타낼 수 있다[2].

$$Q = k \cdot V \cdot P \cdot t = k \cdot P \cdot S \quad (1)$$

(Q: 제거량 V:속도, P: 압력, k:상수값)

$V \cdot t$ 는 거리 S로 나타낼 수 있으며 이 식으로부터 제거량 Q는 거리 S에 비례하는 것으로 알 수 있다. 스윙 암 컨디셔너에 있는 다이아몬드 입자는 패드 위에서 [그림 2]와 같은 궤적을 그린다.

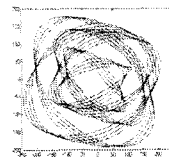


그림 2.

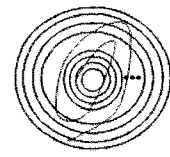


그림 3.

패드 제거 시뮬레이션은 반경 방향으로 나누어 진 구간에 다이아몬드 입자가 그리는 궤적의 길이를 계산하였다. 각 구간의 궤적의 길이를 계산함으로써 패드중심에서부터 패드의 가장자리까지 패드 제거량을 나타낼 수 있었다.

2. 실험

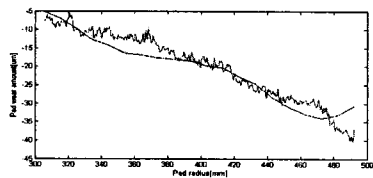
2.1 실험장치

실험장치는 지앤티테크놀로지(주)의 8인치용 CMP장비인 POLI-500을 이용하였으며, 컨디셔닝에 의한 제거량을 측정할 수 있는 패드 프로파일러 PMS-800이 탑재되어 있다. 다이아몬드 컨디셔너는 KINIC사의 #100 전착 다이아몬드 디스크를 스윙 암에 부착하여 실시하였다. 표 1은 실험 조건을 나타낸다.

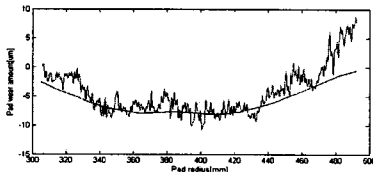
표 1. 실험 조건

		sector 1	sector 2	sector 3	sector 4
swing arm's velocity	Exp.1 [mm/s]	100	80	60	40
	Exp.2 [mm/s]	100	100	100	100
	Exp.3 [mm/s]	40	60	80	100
Pad velocity: 60 rpm, Conditioner velocity: 60rpm					
Conditioner pressure: 3.177kg.f (53g.f/cm ²), DI water					

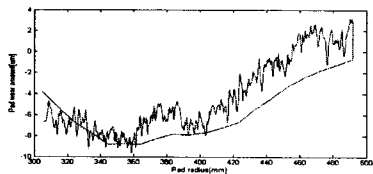
실험 조건의 sector-1은 패드 중심에서 가장 가까운 부분이며 sector-4는 패드의 가장자리 부분이다. 시뮬레이션과 실험에서는 컨디셔너의 자체 회전각속도와 패드의 회전각속도를 같게 하였고 컨디셔너의 압력을 일정하게 유지시켰다. 그림[4]의 결과 값에 나타난 측정 값은 패드 제거량을 나타낸 것이다. 제거량은 컨디셔닝 전후의 패드 프로파일 값의 차이를 말한다. 컨디셔닝을 수행하기 전 패드 프로파일 형상에 영향을 받지 않기 위해 컨디셔닝 시간을 20분으로 비교적 길게 유지하였다.



Exp. 1



Exp. 2



Exp. 3

그림 4. 시뮬레이션과 실험 결과의 비교
(파란색; 시뮬레이션 결과, 붉은색; 측정결과)

3. 결과 및 고찰

부드러운 선이 시뮬레이션 결과이며 거친 선이 측정결과 값을 나타낸다. 시뮬레이션 결과는 그림에서 보듯이 프로파일러로 측정된 결과와 매우 비슷한 경향을 보였다. Exp.3. 과 같이 스윙 암이 지나가는 구간의 속도를 패드 바깥 쪽으로 갈수록 증가시켰을 경우 패드의 제거는 패드 중심에서 많이 일어났으며 Exp1. 같은 경우 패드 바깥 쪽에서 제거가 많이 일어난 것을 볼 수 있다.

4. 결론

예측할 수 있듯이 컨디셔너가 패드에 오래 머무른 부분에서 패드 제거가 많이 일어나는 것을 볼 수 있다. 또한 스윙 구간의 가운데에 평행한 면이 조금 나타났다. 이를 통해서 컨디셔너의 스윙구간이 길어지면 패드의 전면에서 일정한 제거가 일어나는 것을 알 수 있다. 즉 컨디셔너가 패드 밖까지 오버행을 하여 컨디셔너의 직선구간을 늘리는 경우와 컨디셔너 크기를 작게 하여 직선구간을 늘리면 패드전면에 일정한 패드 제거가 가능하게 될 것이다.

웨이퍼의 CMP 공정중에는 패드 전면에 일정한 마멸량을 유지할 필요가 있다. 이는 CMP에 의한 웨이퍼 연마균일성에 직접적인 영향을 미치기 때문이다. 즉, 일정한 연마량은 최적의 패드 프로파일에서 컨디셔너에 의한 패드 프로파일을 쉽게 변화시키지 않으며 패드 프로파일에 의한 Wafer의 연마영향력을 크게 줄일 수 있다. 그림[5]에서는 컨디셔너 스윙을 오버행 했을 때와 스윙 암의 구간 속도를 같게 한 Exp.2의 프로파일을 비교했다. 그림[6]에서는 컨디셔너의 반지름을 30mm로 줄였을 때 나타나는 패드 프로파일을 비교해서 나타내었다.

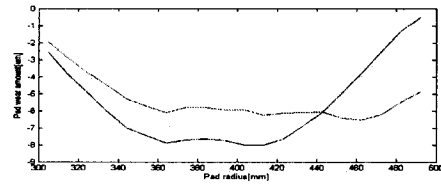


그림 5.

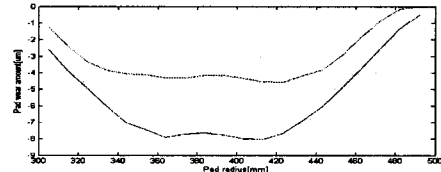


그림 6.

이 연구를 통해서 CMP 를 수행할 때 다이아몬드 입자가 패드 위에 그리는 궤적이 연마에 큰 영향을 끼치는 것이 확인 되었다. 그리고 스윙암 컨디셔너를 사용함으로써 원하는 패드 프로파일을 만들 수 있으며 일정한 연마 상태를 가져가므로써 CMP 공정시 컨디셔닝과 wafer 연마로 인해 바뀌는 패드 프로파일을 최적화할 수 있었다..

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-01003-0)지원으로 수행되었음

참고 문헌

- [1] B.J. Hooper, G. Byrne, and S. Galligan, "Pad conditioning in chemical mechanical polishing", Journal of Materials Processing Technology, 123, pp. 107-113, 2002
- [2] F.W. Preston, "The theory and design of plate glass polishing machines," Journal of the Society of Glass Technology, Vol. 11, pp. 214-256, 1927