

CMP에서 패드 그루브의 치수가 연마특성에 미치는 영향

박기현¹, 김형재², 정영석³, 정해도², 박재홍³
부산대원¹, 부산대원², Rodel Nitta³

The Effect of Pad Groove Dimension on Polishing Performance in CMP

Ki-Hyun Park¹, Hyung-Jae Kim², and Young-seok Jeong³, Hae-do Jeong², Jae-Hong Park³
Pusan Uni.¹, Pusan Uni.², Rodel Nitta³.

Abstract

It is very important that get polishing characteristic that to be stable that accomplish planarization of high efficiency in chemical mechanical polishing, and there is repeatability. Groove of pad causes much effects in flow of slurry among various factors that influence in polishing characteristic, is expected to cause change of lubrication state and polishing characteristic in contact between wafer and pad. Therefore, divided factors of pad groove by groove pattern, groove profile, groove dimensions. This research wishes to study effect that dimension of pad groove gets in polishing performance. When changed dimension (width, depth, pitch of groove) of groove, measured change of removal rate and friction force. According as groove dimension changes, could confirm that removal rate and friction force change. While result of this experiment studies effect of pad groove in CMP, it is expected to become small help.

Key Words : Chemical Mechanical Polishing(화학 기계적 연마; CMP), Pad(패드), Groove(홈), Lubrication state(윤활상태), Slurry(슬러리)

1. 서론

1980년대말 미국 IBM사에서 화학 기계적 연마라는 공정을 개발한 이후로, 반도체 산업은 점점 고속화, 고집적화 되어가고 있다. 웨이퍼가 대직경화되고, 초고집적회로(ULSI)에서 최선폭이 미세화되고 있고, 또한 배선의 다층화가 요구됨에 따라 서브마이크론(submicron)이하의 영역을 이룩할 수 화학 기계적 연마를 통한 고성능의 평탄화는 필수적인 요소로 자리매김 하고 있다.

연마 패드는 화학 기계적 연마의 특성에 영향을 미치는 중요한 인자중의 하나이다. 그루브, 경도, 포어, 탄성계수 등 다양한 패드인자중에서 그루브

는 연마특성에 영향을 미치는 패드의 특성을 결정하는 매우 중요한 역할을 한다.

그루브는 슬러리가 패드 전면에 걸쳐 균일하게 분포되고 충분한 슬러리가 웨이퍼의 중심에 도달하도록 이송시켜주는 채널의 역할을 한다. 그리고 패드 표면으로부터 연마 잔류물질을 제거하기 위한 채널로서의 기능을 하여 결함이 생길 가능성을 감소시켜준다. 그리고 슬러리를 보유할 수 있는 저장고의 역할을 하여 패드 표면에서 슬러리 체류시간을 연장시켜주는 기능도 한다. 또한 슬러리의 유동에 영향을 미쳐 연마공정 중 웨이퍼와 패드 표면의 냉각효과를 일으키는 작용도 한다.

따라서 본 실험에서는 화학 기계적 연마와 연마

패드의 상호관계를 알기 위해 그루브의 치수를 변화시켰을 때 연마특성에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

2. 실험

2.1 패드 그루브 설계

패드 그루브 인자는 그루브 패턴과 프로파일, 치수로 구분할 수 있다. 그루브 패턴이란 패드를 위에서 본 평면형상을 말하는 것으로 동심원타입, 직교타입, 방사형타입으로 나눌 수 있다. 그루브의 프로파일은 패드를 단면으로 잘랐을 때 본 그루브의 단면형상으로, 직각형상, 아치형상, 썩기형상 등으로 나눌 수 있다. 그리고 그루브의 치수는 그루브의 폭(w)과 깊이(d) 그리고 피치(p)를 말한다. 따라서 본 실험에서는 다른 조건은 고정하고, 그루브의 치수만 변화시켰다.

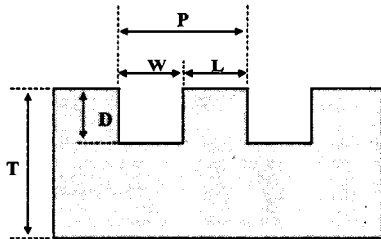


그림 1. 패드 그루브의 프로파일 및 치수.

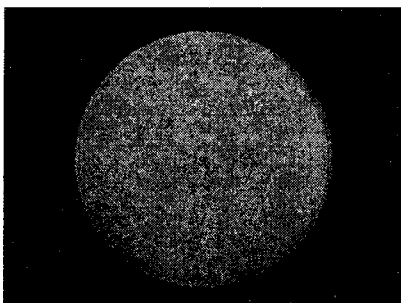


그림 2. 동심원타입의 그루브 패드 제작.

2.2 연마율 및 마찰력 측정

패드 그루브의 치수에 따른 연마특성을 평가하기 위하여 사용된 CMP 장치는 G&P Tech사의 POLI-400을 사용하였다. 그리고 연마공정중 발생하는 웨이퍼와 패드의 마찰력의 변화를 측정하기 위하여 그림 3과 같은 시스템을 구성하였다.

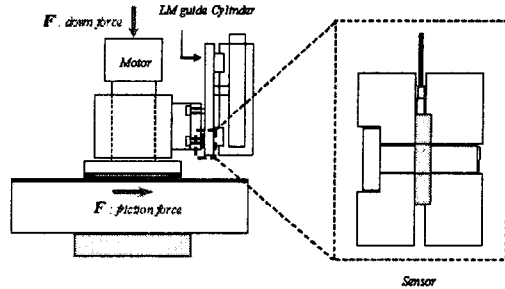


그림 3. 마찰력 측정 장치 개략도

그리고 본 실험에서 사용된 실험조건을 표1에 나타내었다. 세부 실험조건은 MINITAB 14를 사용하여 실험계획법으로 선정하였다. 연마 압력은 $40\text{--}600(\text{g}/\text{cm}^2)$ 으로 범위를 규정하였고, 테이블과 헤드의 속도는 $30\text{--}90(\text{rpm})$ 으로 하였다.

표 1. 실험조건.

Polishing Parameters	Condition
Pad	Circular type
Slurry and flow rate	ILD 1300, 150ml/min
Conditioning pressure	$60\text{g}/\text{cm}^2$
Polishing time	60sec
Conditioning time	20sec
Wafer	4" SiO ₂
Polisher	POLI-400(G&P Tech.)
Film thickness measure	Rudolph Auto EL-III

3. 결과 및 고찰

패드 그루브의 치수변화는 패드 표면에 걸쳐 분포되고 있는 슬러리의 유동과 패드 강성을 변화시킬 수 있다. 패드에 홈을 만드는 경우 패드의 유효강성이 감소되고, 패드 두께에 대한 그루브의 깊이가 깊어지면 패드는 굽힘 강성이 낮아진다.

3.1 그루브의 치수에 따른 연마율

그루브 폭에 따른 연마율은 큰 상관관계를 보이지 않음을 그림 4에서 알 수 있다. 그러나 $w1$ 의 연마율이 상대적으로 낮은 이유는 그루브 폭이 작고, 또한 패드면적에 대한 그루브면적의 비율이 매우 작아서 슬러리의 동압에 의해 지지되는 것과 같은 현상을 발생시켰기 때문으로 보인다. 그루브 폭이 증가함에 따라 웨이퍼의 가장자리의 연마율이 높아지는 가장자리 효과는 감소하는 것을 그림

5에서 알 수 있다. 이러한 현상은 패드 강성의 관점에서 보았을 때 그루브 폭이 증가하는 것은 상대적으로 패드의 강성이 감소하는 것을 의미한다. 따라서 패드의 강성이 감소함에 따라 가장자리 효과가 감소하는 것이다.[1,3]

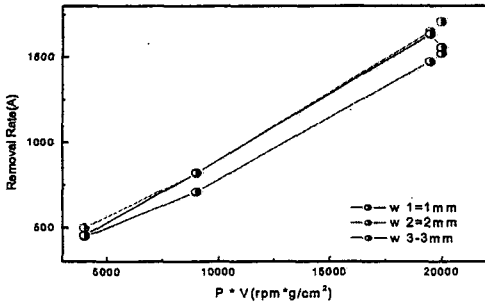


그림 4. 그루브 폭에 따른 연마율 결과

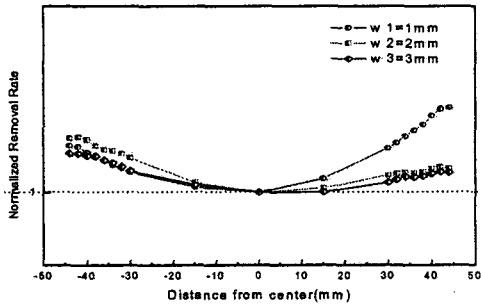


그림 5. 그루브 폭에 따른 웨이퍼 프로파일

그루브 깊이에 따른 연마율과 웨이퍼의 형상을 그림 6, 7에 나타내었다. 그루브의 깊이가 증가함에 따라 연마율은 전영역에서 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 그루브 깊이가 증가함에 따라 슬러리 보유할 수 있는 체적은 증가하지만, 대부분의 슬러리가 연마에 참여하지 못하고 그루브쪽으로 빠져나가기 때문으로 생각된다. 그리고 깊이가 증가함에 따라 가장자리 효과가 심해지고 연마불균일도 또한 증가한다는 것을 알 수 있다. 이 현상은 일정깊이 이상의 그루브 깊이는 연마지점에 슬러리를 공급하는 채널로서의 그루브가 깊이가 증가함에 따라 연마지점으로 슬러리가 원활하게 공급되지 못하기 때문에 가장자리 효과가 더 심해진 것이라고 보여진다.

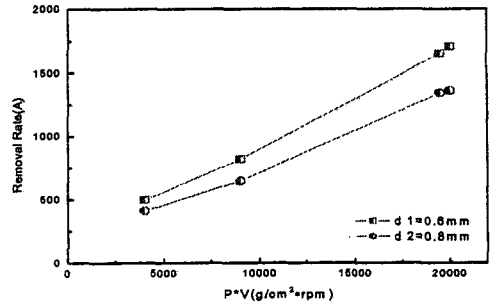


그림 6. 그루브 깊이에 따른 연마율

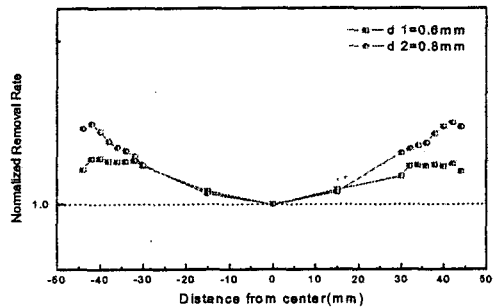


그림 7. 그루브 깊이에 따른 웨이퍼 프로파일

그루브 피치에 따른 연마율과 웨이퍼의 형상을 그림 8에 나타내었다. 그루브 피치가 증가하는 것은 인접한 그루브간의 간격이 멀어지는 것이므로 연마지점까지 슬러리가 공급되는 확률이 감소하는 것을 말한다. 또한 피치가 증가하는 것은 패드에 존재하는 그루브의 개수가 작아지는 것을 의미하므로 상대적인 패드 강성의 증가를 의미한다. 따라서 피치가 증가할 경우 상대적인 패드 강성의 증가로 웨이퍼의 형상에 가장자리 효과가 심해지는 것을 그림 9에서 볼 수 있다.

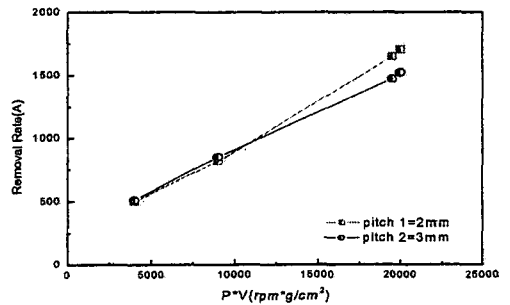


그림 8. 그루브 피치에 따른 연마율

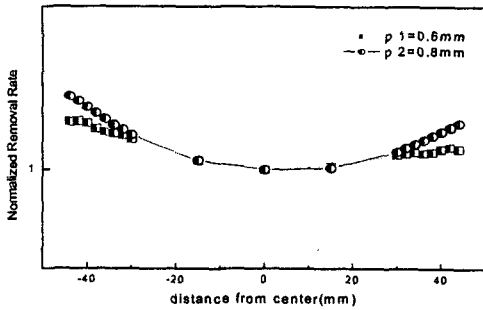


그림 9. 그루브 피치에 따른 웨이퍼 프로파일

3.2 그루브의 치수에 따른 마찰계수

그루브 폭과 깊이에 따른 마찰계수의 결과를 그림 10에 나타내었다. 연마율과 마찬가지로 큰 차이를 보이지 않는다. 이것은 마찰력에 큰 영향을 미치는 슬러리 입자가 변함이 없고, 또한 패드의 기계적인 물성들이 동일하기 때문에 그루브의 치수 효과가 미치는 영향은 미약하기 때문으로 보인다. 그러나 패드를 그루브화 시키거나 일정한 패드 두께에서 그루브의 깊이가 깊어지면 패드의 유효강성이 감소된다. 즉 상대적으로 부드러운 패드의 특성을 보인다는 것이다.

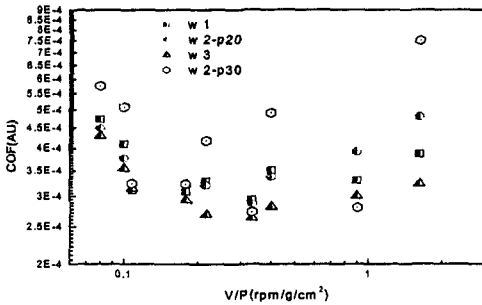


그림 10. 그루브 폭과 깊이에 따른 마찰계수

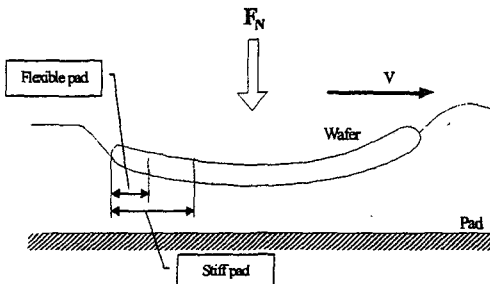


그림 11. 패드의 강성에 따른 변형 그림

그림 11에서 볼 수 있듯이 패드의 강성이 큰 경우에는 패드의 변형이 미치는 영역이 더 넓고, 패드의 강성이 작은 패드의 경우에는 변형이 미치는 범위가 더 작게 된다. 따라서 패드의 변형영역이 넓은 강성이 큰 패드일수록 가장자리 효과가 커지고, 이에 따라 마찰계수 또한 커지는 것으로 생각된다.

4. 결론

일정한 패드 두께에서 그루브의 치수 변화에 따른 연마특성을 평가하였다.

그루브 치수에 따라 연마율은 약한 상관관계를 보이지만, 웨이퍼의 프로파일은 폭이 증가함에 따라 상대적인 패드 강성의 감소를 초래하여 가장자리 효과는 감소하였다. 그루브 깊이가 증가함에 따라 연마율은 감소하였으며, 이것은 그루브의 깊이가 슬러리 유동을 방해하는 역할을 하여 연마지점까지 슬러리 공급을 감소시킨 결과라고 보여진다. 그루브 치수에 따른 마찰계수는 폭과 깊이가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있었고, 피치에 따른 연마율은 미약함을 알 수 있었다. 그루브 치수가 변함에 따라 패드의 유효강성이 변화하여 발생한 결과라고 보여진다.

참고 문헌

- [1] A. Richard Baker, "The origin of the edge effect in CMP", Electrochemical Society Proceeding, Vol. 96-22, p. 229, 1996.
- [2] H.J. Kim, "A study on the interfacial characteristics and its effect on material removal in CMP", Ph. D Thesis, PNU, 2003
- [3] D. Wang, J. Lee, K. Holland, T. Bibby, S. Beaudoin, and T. Cale, "Von mises stress in chemical mechanical polishing processes", J. Electrochem Soc., Vol. 144, No. 3, p. 1121, 1997.
- [4] M. R. Oliver, "Chemical-Mechanical Planarization of Semiconductor Materials", p. 29, 167, 2003.