

표면거칠기 값을 이용한 CMP 패드 미세형상 간소화 Simplification of Microtopography on CMP Pad using Surface Roughness Parameters

*정호빈¹, 이현섭², 최성하¹, 신윤기¹, 이호준¹, #정해도¹

*H.B. Jeong¹, H.S. Lee², S.H. Choi¹, W.K. Shin¹, H.J. Lee¹, #H.D. Jeong(hdjeong@pusan.ac.kr)¹

¹부산대학교 기계공학부 ²부산대학교 정밀 정형 및 금형 가공 센터

Key words : Chemical Mechanical Polishing, Surface Roughness, Polishing pad

1. 서론

CMP 공정이란 연마입자와 화학액을 포함하는 슬러리를 공급하면서 웨이퍼에 가해지는 압력과 패드/웨이퍼의 상대운동을 통하여 표면을 미세 가공하는 공정을 말한다.

연마 패드가 직접 웨이퍼와 접촉하여 공정이 진행되는 만큼 패드가 가지는 특성은 CMP 결과에 큰 영향을 미치는 매우 중요한 인자이며 특히 패드의 표면 거칠기는 연마율에 큰 영향을 미친다. CMP 공정은 패드 표면 돌기들의 높이 분포와 돌기 반경의 크기 분포에 의해 실 접촉면적과 실접촉압력이 결정된다고 알려져 있다. 이 경우 웨이퍼의 연마와 동시에 패드 표면 돌기들의 마멸이 발생하며 이로 인한 실 접촉면적증가에 따른 실접촉압력감소로 인해 연마량이 점점 감소할 것임을 예상할 수 있으며 Park[1] 등은 실험을 통해 이를 검증하였다. 따라서 CMP 공정은 패드의 마멸에 대한 좀 더 깊은 고찰을 필요로 한다.

따라서 본 논문에서는 패드 표면의 거칠기와 연마결과와의 상관관계를 조사하고 연마특성을 파악하는 데 있어 거칠기 값을 좀 더 쉽게 적용할 수 있도록 하기 위한 미세표면형상 모델을 제시한다. 이를 위해서 표면의 마멸 특성을 반영하는 Bearing Area Curve (BAC)의 분석에 의해 얻어지는 값인 Rk 파라미터들을 중심으로 다른 파라미터들과 함께 CMP 특성을 파악하고자 한다.

2. 패드 형상 간소화 모델

패드의 마멸상태를 설명하기 위해서 본 논문에서는 CMP 공정의 특성을 잘 반영하면서도

표면 거칠기값을 편리하게 적용할 수 있도록 하는 패드 미세형상 (Microtopography) 간소화 모델을 제안하고자 한다.

적용되는 파라미터의 종류는 RSm, RS, Rpk, Rk, Rvk, Mr1 이며, 패드의 미세표면형상을 그림 1 에 나타낸 대로 반복적 형상을 가지는 형태로 간소화 한다. RSm 값을 통해 표면의 산과 골의 간격을 정하고 Rpk, Rk, Rvk 를 이용하여 산과 돌기의 높이를 설정한 후 RSm/RS 를 이용해서 하나의 산에 돌기의 수를 표현하였다.

연마에 따른 패드의 마멸을 정량적으로 파악하기 위해서는 그림 2 에서 볼 수 있듯이 거칠기 값을 통해 표면 돌기의 반경을 설정해야 한다. 이를 위해 요철형상의 평균곡률반경을 구하는 식을 사용하였다 (식 1).

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_y} \right) \quad (1)$$

CMP 공정은 산 정상에 위치한 돌기들이 마멸되면서 진행되므로 돌기형상의 높이 Ry 는 Rpk 값과 같다고 볼 수 있으며 따라서 Rx 는 Mr1 과 RS 값의 곱이 된다.

위 식은 돌기의 마멸이 진행되면서 Rx 값 증가하고 Ry 값은 감소하게 되어 이로 인해 돌기의 상당곡률반경 R 값은 점점 더 증가하게 되는 패드의 마멸에 따른 패드의 미세형상 변화를 잘 표현하고 있다. 또한 돌기의 마멸이 거의 다 진행되어 Rpk, 즉 Ry 값이 0 에 가까워질 경우 R 값이 크게 증가하는 것을 보여주기 때문에, 실제 연마공정에서 패드의 마멸이 어느 정도 이상 진행되었을 경우 연마량이 급격히 떨어지는 현상을 설명할 수 있다.

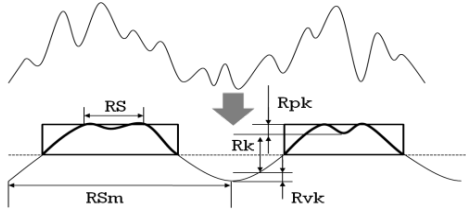


Fig. 1 The pad simplification model using roughness parameters.

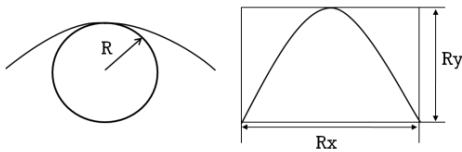


Fig. 2 The mean radius of curvature of the asperity.

3. 패드 마멸 실험

패드의 마멸에 따른 연마특성을 파악하기 위해 패드 컨디셔닝 없이 웨이퍼 연마를 진행하였다. 실험조건은 표 1 과 같으며 1 분씩 연마를 진행하면서 패드의 표면 거칠기 값과 연마율을 측정하였다.

연마시간에 따른 돌기의 상당곡률반경 R 값의 변화와 그에 따른 연마율의 변화를 아래 그림 3 에 나타내었다. 패드의 마멸이 진행되면서 R 값이 선형에 가깝게 증가하는 모습과 그에 따른 실접촉면적 증가로 인한 연마율 감소를 확인할 수 있으며 이는 선행연구자들의 결과와도 일치한다.

이로써 본 논문에서 제안한 패드 미세형상 간소화 모델을 통해 패드 마멸 정도를 파악하고 그에 따른 연마경향을 예측하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

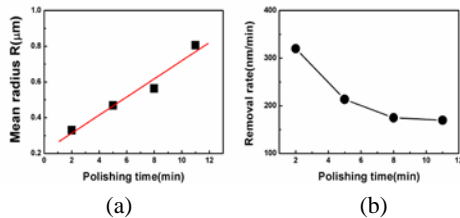


Fig. 3 (a) Mean radius R with polishing time and (b) material removal rate with the polishing time.

Table 1 Experimental conditions

Variables	Conditions
Polisher	POLI-400(G&P Technology)
Film thickness measure	K-MAC ST 5030SL
Pad	IC1000/Suba400 stack pad
Slurry and Flow rate	ILD 3225, 150ml/min
Pressure/Velocity	420 g/cm ² , Head/Platen 60rpm
Roughness measure	Mitutoyo SJ-301

4. 결론

본 논문에서는 연마 패드의 표면돌기의 마멸이 CMP 결과에 미치는 영향을 파악하기 위하여 거칠기 파라미터들을 이용한 패드 미세형상의 간소화 모델에 관하여 연구하였다. 본 모델을 이용하여 표면돌기의 상당곡률반경을 제시하였으며, 실험을 통하여 본 연구에서 제시한 모델이 패드의 마멸에 따른 연마율의 감소를 설명할 수 있음을 보였다.

본 연구에서 제시한 모델은 향후 CMP 에서의 실접촉면적과 연마율 모델링에 관한 연구에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

후기

한국 연구재단 교육과학기술부의 선도 연구센터 육성사업 학제간 융합분야 (NCRC)로부터 지원받아 수행되었음.

참고문헌

1. Park, K.H., Kim, H.J., Chang, O.M., Jeong, H.D., Effects of pad properties on material removal in chemical mechanical polishing, journal of Materials Processing Technology, 187-188(2007), 73-76
2. Greenwood, J. A.(1984). A Unified Theory of Surface-Roughness. Proceedings of the Royal Society of London Series a-Mathematical Physical and Engineering Sciences 393(1804)
3. J. Luo, D.A. Dornfeld, Material removal mechanism in chemical mechanical polishing: theory and modeling, IEEE Trans. Semicond. Manuf. 14 (2) (2001) 112-133.