

## 반 접촉 상태를 고려한 CMP 연마제거율 모델

김기현\*(서울대학교 대학원 기계항공공학부), 오수익(서울대학교), 전병희(인덕대학)

주제어 : Chemical mechanical polishing, Semi-contact mode, Wear model, Slurry hydrodynamics, 상대속도

화학적 기계연마 공정(CMP)은 반도체 웨이퍼를 수 천Å/min의 MRR로 2µm 이내의 TTV(Total Thickness Variable) 조건을 만족시키는 초정밀 광역 평탄화 기술이다. 일반적인 CMP 방법은 서로 다른 회전 중심을 갖고 동일한 방향으로 회전하는 웨이퍼와 다공성 패드 사이에 연마액인 슬러리를 넣어 연마하는 것이다. CMP 공정기술은 1990년 대 중반에 개발되었으나, 아직까지 연마 메커니즘이 완벽하게 밝혀지지 않았다. 따라서 장비를 최적화하기 위해 실험에 의존적일 수밖에 없으나, 이러한 방법은 막대한 자금과 노력뿐만 아니라 상당한 시간을 필요로 하기 때문에, 앞으로 가속될 연마대상 재료의 변화 및 다양화 속도에 발맞출 수 없다. 이러한 배경에 의해 이론적인 접근에 바탕을 둔 공정 시뮬레이션이 절실히 필요하게 되었고, 실제 이와 관련한 많은 연구들이 있었다. 연구 방향은 크게 두 가지로 나뉘는데, 하나는 웨이퍼와 패드 사이에 슬러리 막이 존재한다는 slurry hydrodynamics에 의한 연구이고, 다른 하나는 웨이퍼와 패드가 직접 접촉한 상태에서 연마가 진행된다는 contact mechanics에 의한 것이다. 그러나 CMP공정에서 실제 기대되는 형태는 fig. 1에 보이듯이 반 접촉인 상태를 유지하는 것이므로, slurry hydrodynamics와 contact mechanics가 동시에 고려되어야만 한다. Fig. 2는 contact mechanics에 바탕을 두어 예측한 MRR의 비와 S.H.Li 등의 실험으로부터 얻어진 MRR의 비를 비교한 그래프이다. 계산한 MRR은 슬러리 입자에 의한 abrasion wear 만의 의해 연마가 진행된다고 가정하여 구하였는데, 이는 CMP 공정시간 동안 웨이퍼 각 위치에서의 패드에 대한 상대 궤적의 길이를 구하고 이를 웨이퍼의 전체 면적으로 면적분하여 구할 수 있다. 대부분의 기존 abrasion wear model에서 웨이퍼 위의 모든 위치의 패드에 대한 상대속도가 동일하다는 가정 하에 MRR을 예측하였는데, 본 논문에서의 방법에 의하면 실제 조건에서의 계산결과를 얻을 수 있다. 실험결과와 계산 결과의 양상이 상당히 유사한 것을 확인할 수 있으나 패드의 속도가 높아질 경우 예측된 결과가 실험값보다 높게 나왔는데, 이는 상대속도에 종속되는 MRR 인자가 있음을 의미한다. 이러한 현상은 slurry hydrodynamics에 의해서 설명할 수 있는데, 속도가 증가하는 경우 슬러리의 유압이 높아져 유효 두께가 증가하게 되며 이는 웨이퍼의 마모에 영향을 주는 슬러리 입자 개수의 감소를 가져오게 되고, 결과적으로 MRR값이 예측한 값보다 작게 나오게 되는 것이다. 또한 유효 두께의 증가는 패드의 경도에 따르므로, 동일한 패드에서 압력에 상관없이 동일한 그래프가 나오고 다른 패드의 경우에 차이가 생기는 현상이 나오게 된다. 본 논문은 CMP에 적용되어 온 기존 abrasion wear 모델이 수정되어야 한다는 것을 증명하고 있고, 수정된 모델로 마모에 참여하는 슬러리 입자의 개수가 상대속도와 pad의 물성에 관련된 함수임을 보이고 있다.

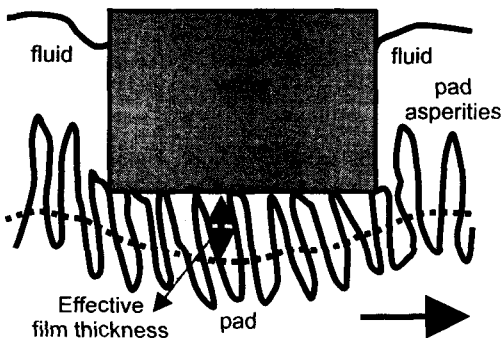


Fig. 1 Expected configuration of Semi-contact mode during CMP process

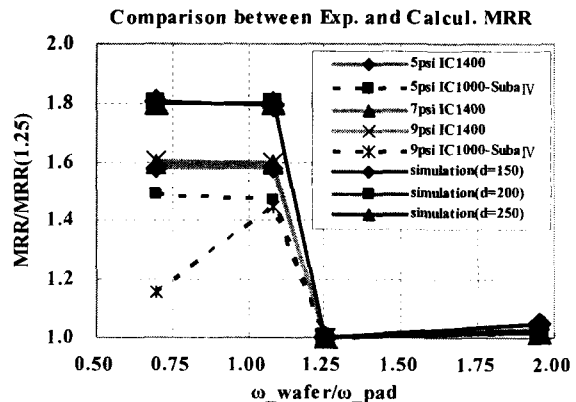


Fig. 2 Comparison between experimental data of S.H.Li et al. and calculated MRR data