

## Cu ECMP 공정에서의 전해질 특성평가

권태영, 김인권, 박진구  
한양대학교

### Characterization of Electrolyte in Electrochemical Mechanical Planarization

Tae-Young Kwon, In-Kwon Kim and Jin-Goo Park  
Hanyang Univ.

**Abstract :** Chemical-mechanical planarization (CMP) of Cu has used currently in semiconductor process for multilevel metallization system. This process requires the application of a considerable down-pressure to the sample in the polishing, because porous low-k films used in the Cu-multilevel interconnects of 65nm technology node are often damaged by mechanical process. Also, it make possible to reduce scratches and contaminations of wafer. Electrochemical mechanical planarization (ECMP) is an emerging extension of CMP. In this study, the electrochemical mechanical polisher was manufactured. And the static and dynamic potentiodynamic curve of Cu were measured in KOH based electrolyte and then the suitable potential was found.

**Key Words :** Electrochemical Mechanical Planarization, ECMP, Copper, Potentiodynamic Curve

#### 1. 서 론

미세 반도체 소자 제작 시 Cu의 패턴을 형성하기 위해 Cu CMP(chemical mechanical planarization)공정이 사용되고 있다. 최근 패턴은 더욱 고집적화 되고 요구되는 선폭도 더욱 미세화 되고 있다. 이에 따라 CMP 공정 중 여러 문제점들이 발생하게 되었다. 기존의 CMP공정의 높은 공정 압력은 65 nm 이하의 패턴 형성 시에 다공성의 Low-k 물질에 손상을 입힐 수 있으며 슬러리에 첨가되는 연마제들은 연마 중 웨이퍼에 스크래치와 같은 결함과 입자 오염을 발생시키기도 한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 최근에 새로운 개념의 평탄화 기술인 ECMP (electro-chemical mechanical planarization)가 대두되고 있다. ECMP 기술은 전기화학적 반응을 이용하여 Cu 표면에 passivation layer를 형성하고 부드러운 pad를 사용하여 제거하는 개념으로 공정 시 연마제 및 딱딱한 패드를 사용하지 않을 뿐만 아니라 낮은 압력조건에서 공정을 수행하기 때문에 표면에 스크래치나 입자 오염을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. ECMP 공정에 사용되는 전해질의 종류는 연마하는 재료에 따라 달라지며 전해질의 농도는 passivation layer의 생성과 밀접한 관계가 있다. 본 실험에서는 전해질의 농도에 따른 potentiodynamic curve를 측정하여 passivation 영역을 찾고 static 상태에서 뿐만 아니라 polishing중 in-situ로 potentiodynamic curve를 측정하여 static 상태에서와 실제 polishing 중에서의 차이를 살펴보았다. 이를 통해 passivation 영역에서의 potential에 따른 Cu의 removal Rate과 Cu의 표면 분석을 통하여 최적의 potential을 선정하였다.

#### 2. 실험

ECMP 공정을 수행하기 위해 본 실험에서는 Cu disk

(99%, 직경 50 mm)를 사용하였으며 ECMP 공정과 Cu에 대한 전해질의 전기화학적 반응을 평가하기 위한 potentiodynamic curve는 개조한 ECMP 장비에 EG&G (Potentiostat 273A, Princeton Applied Research)를 연결하여 수행하였다. 개조된 ECMP 장비의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 전해질 내에서 Cu를 working electrode, Pt를 counter electrode로 사용하여 ECMP 장비를 구현하였다. 전해질은 수산화칼륨(KOH 85%)을 선택하였다.

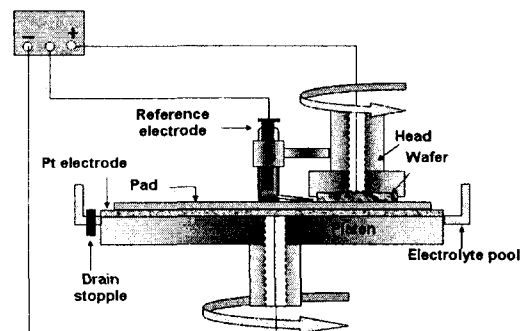


그림 1. ECMP 공정 개략도

개조한 ECMP장비를 사용하여 Cu에 대한 전해질의 potentiodynamic curve를 측정하여 voltage의 변화에 따른 current의 변화를 관찰하였다. 이를 통해 passivation layer가 생성되는 영역을 확인하였고, polishing 중 in-situ로 dynamic 상태에서의 potentiodynamic curve를 측정하여 static 상태와 비교해 보았다.

polishing 시간은 1분간 실시하였으며, 시편에 가해지는 압력은 기존 CMP 공정에서의 공정압력보다 낮은 1 psi 이하의 조건에서 실시하였다. pad는 Rohm & Haas 사의

IC1400를 사용하였으며 ECMP 공정 시 전해질의 반응이 원활하게 이루어지기 위해 hole을 내어 사용하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 KOH 농도 변화에 따른 plat cell에서 static 상태에서의 potentiodynamic curve를 보여준다. 실험에 사용한 모든 농도에서 passivation 영역이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 농도가 증가함에 따라 corrosion potential은 감소하고, corrosion current는 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 농도가 증가함에 따라 Cu 표면에서 더 활발한 환원, 산화 반응이 일어난다고 예상할 수 있다.

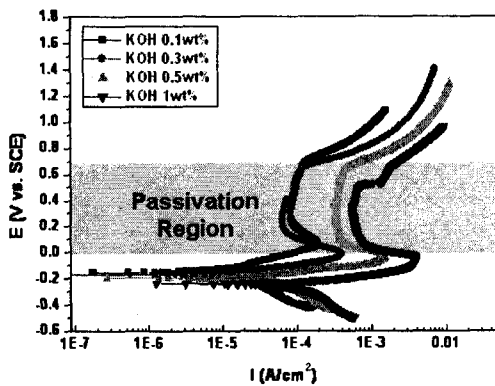


그림 2. KOH의 static 상태에서의 Potentiodynamic curve

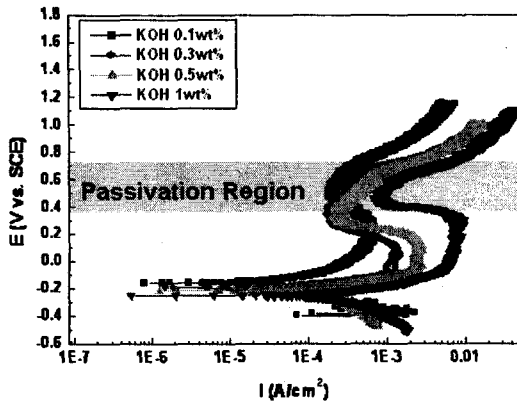


그림 3. KOH의 dynamic 상태에서의 Potentiodynamic curve

그림 3는 polishing 공정 중에 in-situ로 측정된 dynamic potentiodynamic curve를 보여준다. static 상태에서 보다 passivation 영역이 줄어들었으며, passivation 영역의 전류 값의 기울기가 증가하였다. 이것은 passivation layer가 생성됨과 동시에 polishing 중 pad에 의한 제거효과에 의해 current density가 약간 증가하는 것이라 생각되어진다. 또한 높은 전해질 농도에서도 Passivation 영역이 감소함을 알 수 있다. 이 실험을 통하여 static 상태에서의

potentiodynamic curve와 실제 polishing 중에 측정되는 dynamic 상태에서의 potentiodynamic curve가 큰 차이를 보인다. 그러므로 static 상태에서의 potentiodynamic curve만으로 ECMP 공정에 사용되는 potential을 예상하고 결정하기보다는 dynamic상태에서의 potentiodynamic curve를 측정하여 선택하는 것이 중요하다.

### 4. 결론

ECMP 공정은 기존의 CMP 공정과 다른 전기화학적 반응을 이용하여 Cu 표면에 형성되는 passivation layer를 제거하여 평탄화를 이루는 공정이다. 전해질 내에서 potentiodynamic curve를 측정해봄으로써 passivation layer가 생성되는 passivation 영역을 확인할 수 있으며 dynamic 상태에서 측정된 potentiodynamic curve는 polishing중 pad에 의한 passivation layer의 제거효과에 의해 static 상태에서 보다 passivation 영역이 감소하며 current density는 증가함을 확인할 수 있었다. 그러므로 ECMP 공정에 사용되는 최적의 potential을 찾기 위해서는 dynamic 상태에서 potentialdynamic curve를 측정하여 선택하는 것이 중요하다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2006-000-11275-0) 지원과 Post BK 21사업 그리고 교육부, 인적자원개발부, 산업자원부, 노동부의 재정적 지원으로 수행한 최우수 연구실 육성 과제의 연구비로 수행 되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

### 참고 문헌

- [1] P. C. Goonetilleke, D. Roy, "Electrochemical-mechanical planarization of copper: Effect of chemical additives on voltage controlled removal of surface layer in electrolytes", Materials Chemistry and Physics, Vol. 94, p. 388, 2005.
- [2] C. M. Pettit, D. Roy, "Role of iodate ions in chemical mechanical and electrochemical mechanical planarization of Ta investigated using time-resolved impedance spectroscopy", Materials letters, Vol 59, p. 3885, 2005.
- [3] S. Kondo, et al., "Novel electro-chemical mechanical planarization using carbon polishing pad to achieve robust ultra low-k/Cu intergration", IEEE, 2005
- [4] D. Zeidler, Z. Stavreva, et al., "Characterization of Cu chemical mechanical polishing by electrochemical investigation", Microelectronic Engineering, Vol. 33, p. 259, 1997.