

Copper CMP시 연마균일성에 관한 기계적 해석

정해도, 이현섭*, 김형재**

부산대학교 기계공학부, 부산대학교 정밀기계공학과*, G&P Technology**

Mechanical Analysis on Uniformity in Copper Chemical Mechanical Planarization

Haedo Jeong, Hyunseop Lee*, and Hyoungjae Kim**

School of Mechanical Engineering in PNU, Department of Precision & Mechanical Engineering in PNU*, G&P Technology**

Abstract : The studies on Cu CMP have focused on material removal and its mechanisms. Although many studies have been conducted on the mechanism of Cu CMP, a study on uniformity in Cu CMP is still unknown. Since the aim of CMP is global and local planarization, the approach to uniformity in Cu CMP is essential to elucidate the Cu CMP mechanism as well. The main purpose of the experiment reported here was to investigate the roles of slurry components in the formation of the uniformity in Cu CMP. All the results of in this study showed that the uniformity in Cu CMP could be controlled by the contents of slurry components.

Key Words : Copper CMP, Uniformity, Citric acid, Hydrogen peroxide, Colloidal silica, BTA

1. 서론

다층구조의 집적회로(integrated circuit)에서 수평배선과 수직배선의 금속 재료로서 알루미늄(Al)과 텅스텐(W)이 주로 사용되어 왔으나, 배선의 미세화로 인하여 electro migration과 RC지연 등의 문제가 대두되었다.[1] 이를 해결하기 위하여 낮은 저항(resistivity)과 높은 electro-migration resistance를 가지는 구리(Cu)를 이용한 다마스(Damascene) 공정이 제기되었고, 칩의 다층화와 고집적화에 따른 구리배선의 화학기계적 연마(CMP; Chemical Mechanical Planarization)에 많은 관심을 가지게 되었다. 많은 연구자들이 구리 CMP를 위한 슬러리(slurry)에 관한 연구를 진행해 왔지만, 아직은 명확한 해답을 얻지 못했다. 또한 대부분의 연구가 화학적으로 슬러리가 구리를 제거하는 매카니즘(mechanism)에 집중되어 있었다. 하지만 CMP는 표면의 요철을 평탄화(planarization)시키는데 그 목적이 있으므로 연마균일성(uniformity)에 관한 연구 또한 매우 중요할 것으로 보인다. 따라서 본 논문에서는 기존의 화학적인 연마 매카니즘을 바탕으로 구리 CMP에서의 연마균일성에 관하여 기계적인 관점에서 접근해 보고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 사용된 구리 CMP 슬러리는 산화제로 과산화수소(hydrogen peroxide), 착화제(complexing agent)로 구연산(citric acid), 연마입자(abrasive)로 콜로이드 실리카(colloidal silica)를 사용하였으며, 슬러리의 pH는 4를 유지하였다. CMP 장비는 G&P Technology의 POLI500을 이용하였으며 모든 실험은 압력 3.1psi, 헤드와 테이블 회전속도 80rpm에서 실시하였다. 구리박막의 두께는 Four point probe(Changmin Tech)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

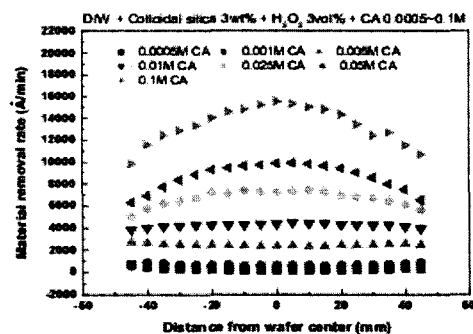


그림 1. 구연산 함량 변화에 따른 연마프로파일.

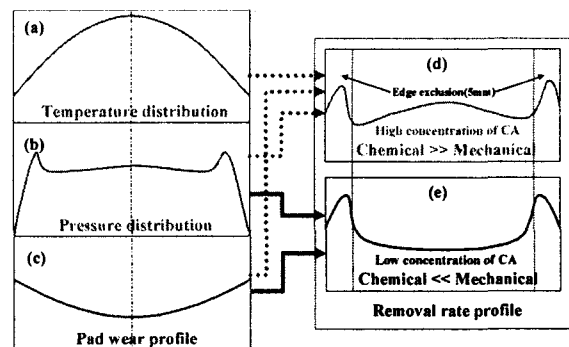


그림 2. CMP에서의 기계적 인자들과 연마프로파일 형성 매카니즘; (a) 온도분포, (b) 압력분포, (c) 패드마모 프로파일, (d) 높은 구연산 함량에서의 연마프로파일, (e) 낮은 구연산 함량에서의 연마프로파일.

그림 1에서와 같이 구연산의 함량이 증가할수록 전체적

인 연마제거량(material removal rate)도 증가하였지만, 웨이퍼의 중앙부근에서 특히 많이 연마되어짐을 알 수 있었다. 이를 설명하기 위해서 그림 2에서와 같이 CMP에서의 온도분포, 압력분포, 패드마모 프로파일의 개념을 도입하였다. 일반적으로 CMP시 웨이퍼상의 온도 분포는 그림 2(a)와 같이 웨이퍼의 중앙부가 외주부보다 높은 형상을 가진다.[2] 압력은 그림2(b)와 같이 웨이퍼의 외주부가 높은 압력을 받는 형상을 가지며[3], 패드마모 프로파일은 패드의 슬라이딩 거리에 의해서 그림2(c)와 같은 형상을 가지게 된다[4]. 구연산의 함량이 높은 경우, 온도분포, 압력분포, 패드마모 프로파일에 의해서 웨이퍼 중앙부근이 빠르게 연마되는 프로파일을 가지게 된다. 하지만 구연산의 함량이 낮은 경우, 함량이 높을 경우보다 상대적으로 온도분포의 영향을 작게 받기 때문에 웨이퍼 중앙부근의 연마속도는 떨어지게 되는 것으로 생각된다.

과산화수소의 함량을 변화시켰을 때, 구연산의 함량을 변화시켰을 때와는 달리 연마 제거율이 과산화수소 함량 2vol%까지 증가했다가 그 이후 서서히 떨어지는 현상을 볼 수 있었으며, 이는 많은 연구자들이 산화제의 첨가에 의한 구리 산화막(Copper oxide)의 생성이 그 원인이라고 밝혔다. 그러나 그림 3에서와 같이 연마프로파일에서는 두드러진 변화를 볼 수 없었다.

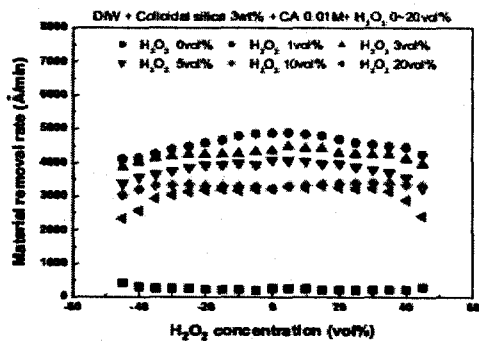


그림 3. 과산화수소 함량 변화에 따른 연마프로파일.

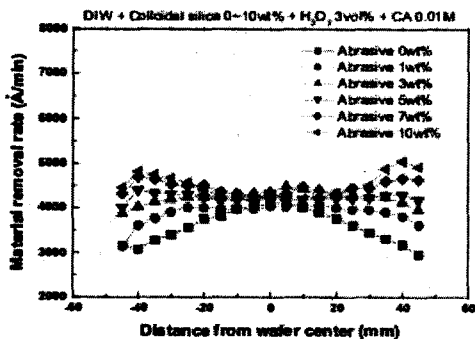


그림 4. 콜로이달 실리카 함량 변화에 따른 연마프로파일.

그림 4는 콜로이달 실리카의 함량 변화에 따른 연마프로파일을 도시한 것이다. 콜로이달 실리카의 함량이 증가

함에 따라서 웨이퍼 외주부의 연마 제거율이 커짐을 알 수 있었다. 따라서 실험에 사용된 조건을 가진 구리 CMP 슬러리에서 콜로이달 실리카는 구리 웨이퍼의 외주부를 기계적으로 제거하는 역할을 하는 것으로 보인다.

따라서, 구리 CMP용 슬러리에 함유된 각각의 요소들은 그림 5와 같은 역할을 한다고 요약할 수 있다.

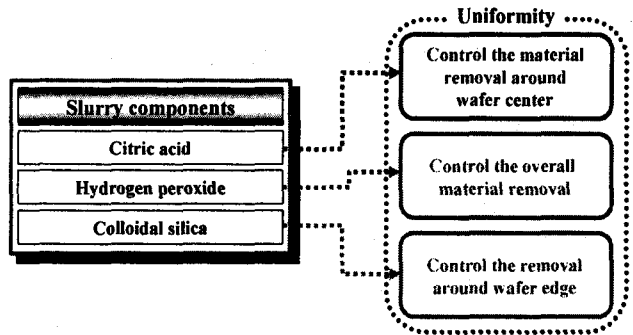


그림 5. 슬러리 구성요소들이 연마균일성에 미치는 영향

4. 결론

본 논문에서는 구리 CMP에서 슬러리 구성요소의 함량 변화에 따른 연마프로파일의 변화를 기계적인 관점에서 접근하였다.

구연산의 함량이 증가함에 따라서 연마프로파일은 웨이퍼의 중앙부가 빠르게 연마되는 형상을 가졌다. 이는 CMP시 온도분포, 압력분포, 패드마모 프로파일의 영향에 의한 것으로 생각된다. 반면, 과산화수소 함량의 변화는 연마프로파일의 변화에 크게 영향을 미치지 못하고 전체적인 연마제거량만을 변화시켰다. 콜로이달 실리카는 웨이퍼의 외주부를 기계적으로 제거함으로써 연마프로파일을 제어하는 역할을 하는 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] C. -K. Hu, B. Luther, F. B Kaufman, J. Hummel, C. Uzoh and D. J. Pearson, "Copper interconnection integration and reliability", Vol. 262, Thin Solid Film, p. 84, 1995.
- [2] Daehye Kwon, Hyoungjae Kim, Haedo Jeong, Engsuk Lee, and Youngjae Shin, "A Study on the Correlation between Temperature and CMP Characteristics", J. of KSPE, Vol. 19, No. 10, p.156, 2002.
- [3] Wei-Tsu Tseng, Yiao-Hsien Wang, and Jyh-Hwa Chin, "Effect of Film Stress on the Chemical Mechanical Polishing Process", J. of the Electrochem. Soc., Vol. 146, No. 11, p. 4273, 1999.
- [4] Hyoungjae Kim and Haedo Jeong, "Effect of Process Conditions on Uniformity of Velocity and Wear Distance of Pad and Wafer during Chemical Mechanical Planarization", J. of Electron. Mater., Vol. 33, No. 1, p. 53, 2004.