

스퍼터된 Cu 웨이퍼의 연마횟수에 대한 CMP특성

이우선*, 손동민*, 박진성*, 김주승*, 정찬문*, 서용진**
*조선대학교, **대불대학교

CMP characteristics of sputtered Cu films for polishing time

Woo-Sun Lee*, Dong-Min Son*, Jin-Seong Park*, Ju-Seung Kim*, Chan-Mun Jeong**
*Chosun University, **Daebul University

Abstract - Cu CMP process control for global planarization of semiconductor surface were studied on a platen polisher by using an experimental copper slurry containing ceria as the abrasive component.

In order to understand the process, a design of experiment was conducted. From the experiment, the effects of polishing parameters such as polishing pressure, platen speed, and speed of wafer carrier on the removal rate of copper and the uniformity in copper removal were calculated and discussed.

In this study, process parameters of Cu CMP and WIWNU(Within Wafer Non Uniformity) were presented.

1. 서 론

현재 반도체 산업은 마이크로프로세서(microprocessor)에서부터 대형 선박에 이르기까지 폭 넓은 사용 범위로 우리 나라 산업에 차지하는 비중은 막대하다. 또한, 짧은 주기로 급속히 변해 가는 소비자의 다양한 요구에 부응하기 위해 반도체 기술의 발전은 빠른 속도로 진보하고 있으며, 특히 소형화 및 고속화에 대한 기대 심리는 반도체 칩의 고집적화 및 고속화를 위한 기술 수준을 한층 더 고도화시키고 있다.

반도체 소자의 고집적화가 진행됨에 따라 한정된 셀(cell)면적 내에서 다수의 소자를 만들 수 있는 미세패턴 기술이 필요하며, 특히 마이크로프로세서의 경우 고성능 다기능을 갖추기 위해 미세패턴 외에도 다층 금속 배선을 이용하게 된다. 미세패턴을 형성하기 위해서는 노광장치의 광원과 관련한 파장(λ)의 감소가 필요하며, 파장이 감소함에 따라 해상도(Resolution)는 향상되나, 초점심도(Depth of focus)의 감소로 다층배선 공정의 누적되는 단차들은 한계를 가져왔다. 또한, 알루미늄 배선 재료가 구리로 교체되고, Low-K의 절연물질이 개발되는 등의 새로운 재료 기술이 등장함에 따라, 그에 적합한 광역평탄화 기술이 요구되었다.

이러한 기술적 문제들을 만족시키기 위해 1980년대 중반부터 IBM이 사용했던 국부 뿐만아니라 광역평탄화가 가능한 CMP(Chemical Mechanical Polishing)라는 화학·기계적 연마 기술을 공정에 도입하게 되었다. 본 논문에서는 연마시간에 따른 연마량, 상대속도와 가공압력 증가에 따른 평균 연마속도에 대하여 알아보고, 상대속도와 가공압력에 따른 웨이퍼 면내 연마 불균일성(Within Wafer Non Uniformity)을 알아보았다.

2. 본 론

실험에 쓰인 웨이퍼는 (100) Si 4인치 웨이퍼이며 Substrate위에 Cu를 Sputter를 이용하여 약14000 [Å] 증착했다. 연마 패드는 Rodel사 제품으로 suba

IV위에 IC1000을 붙인 폴리우레탄 패드를 사용하였고, 슬러리(slurry)는 ceria 연마입자 포함한 수용액에 그 밖의 첨가물을 함유한 슬러리를 사용하였다.

CMP공정의 순서는 웨이퍼를 넣기 전 패드 표면을 패드컨디셔너를 이용하여 슬러리를 제거하고 건조시켰다. 또한, 웨이퍼 뒷면의 오염을 감소시키기 위해 웨이퍼 캐리어 표면은 DI water로 세척하였다.

웨이퍼를 연마기에 장입하는 동시에 연마 패드에 슬러리를 20초간 분당 100ml의 속도로 공급하여 패드의 표면은 충분히 적셔준 후 연마를 시작하였다. 연마가 끝날 때마다 패드의 컨디셔닝을 10분씩 진행하였고, 슬러리는 상온에서 공급되며, 연마하는 동안 계속해서 섞여졌다. 연마압력은 2psi~7psi에서, 속도는 동일한 상대속도를 얻기 위해 패드와 웨이퍼 캐리어 모두를 같은 속도 20rpm~70rpm으로 회전시키며 수행하였다.

구체적 실험은 공정변수를 변화시켜 연마율과 WIWNU(Within Wafer Non Uniformity)를 구하면서 실시하였다. CMP 후에 남은 Cu의 두께는 CDE ResMap 4-point probe를 이용하여 측정하였고, 물리적 양은 AFM 표면사진을 통하여 분석하였다.

그림 1은 가공 압력을 3[psi]로 일정하게 고정시키고 상대속도를 30[rpm], 50[rpm], 70[rpm]으로 변화시킬 때, 상대속도에 따른 평균연마속도와 웨이퍼 반경의 연마속도 변화를 나타내었다. 평균 연마속도는 웨이퍼의 동일한 지점에서 연마 전의 두께와 연마 후의 두께의 차이를 연마시간(T)으로 나눈 값의 평균으로 구하였고, 평균 연마속도를 측정한 결과 상대속도가 10[rpm]씩 증가함에 따라 평균연마속도는 약214[Å/min]씩 선형적으로 증가하였다. 이것은 상대속도가 증가함에 따라 웨이퍼 표면과 접촉되는 슬러리 입자의 개적이 증가하여, 평균 연마속도가 증가하게 된 것이다.

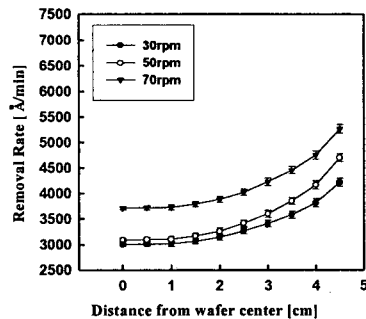


Fig. 1 Removal rate on the distance from wafer center according to wafer carrier(=platen) rotation speed

또한, 실험에 사용된 웨이퍼 캐리어는 평평한 형태를

가지므로 웨이퍼 표면에 가해지는 하중은 웨이퍼 전면에 동일하며, 웨이퍼 반경에 따른 연마속도는 일정하므로, 연마속도는 연마면에 공급되는 슬러리 량에 의해 결정된다. 그러므로 CMP공정 중 웨이퍼의 중심에는 슬러리의 공급량이 적고, 웨이퍼의 가장자리에는 슬러리의 공급량이 많은 것이다. 이것이 웨이퍼 중심의 연마속도가 웨이퍼의 가장자리보다 감소하게된 이유이다.

그림 2는 상대속도에 따른 WIWNU(Within Wafer Non Uniformity)를 나타내었다. WIWNU는 식(1)과 같이 웨이퍼 면내 최대 연마속도와 최소 연마속도의 차를 평균 연마속도의 두 배한 값으로 나누어 계산하였다.

$$WIWNU(\%) = \frac{RR_{max} - RR_{min}}{2RR_{avg}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

RR_{avg} : 평균 연마량

RR_{max} : 최대 연마량

RR_{min} : 최소 연마량

상대속도에 따른 WIWNU의 변화는 30(rpm)=17.23(%), 50(rpm)=16.56(%), 70(rpm)=17.77(%)로 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 상대속도가 웨이퍼 표면의 광역평탄화에 큰 영향을 미치지 못함을 의미한다.

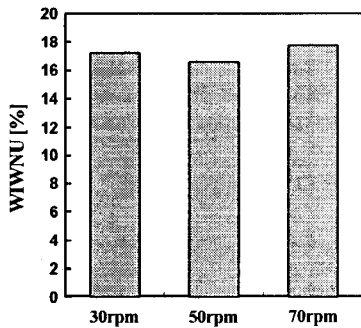


Fig. 2 WIWNU of copper for three rotation speed at the a constant slurry flow rate.

그림 3은 상대속도를 50(rpm)으로 일정하게 고정시키고 가공압력을 3(psi), 5(psi), 7(psi)로 변화시킬 때, 가공압력에 따른 평균연마속도와 웨이퍼 반경의 연마속도 변화를 나타내었다. 가공압력이 증가함에 따라 평균 연마속도 1(psi) 증가할 때마다 약487(A/min)씩 선형적으로 증가하였다. 이것은 웨이퍼 캐리어에 가해지는 하중이 증가함에 따라 웨이퍼와 패드 사이의 슬러리에 가해지는 하중이 증가하고, 하중이 증가함에 따라 웨이퍼와 패드사이의 간격은 감소한다. 그러므로 웨이퍼와 접촉되는 슬러리 입자의 수는 더욱 증가하여 연마속도가 증가한 것이다. 가공압력의 변화는 그림 1에서 보여준 상대속도 변화에 따른 평균 연마속도 변화 214(A/min)보다 훨씬 큰 값으로 변하므로, 평균 연마속도를 증가시키는데는 가공압력의 변화가 상대속도의 변화보다 훨씬 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

그림 4는 가공압력에 따른 WIWNU(Within Wafer Non Uniformity)를 나타내었고, 가공압력이 증가함에 따라 WIWNU는 3(psi)=16.56(%), 5(psi)=10.9(%), 7(psi)=7.23(%)로 차츰 감소하였다. 그림 3에 상대속도 증가에 따른 WIWNU의 변화는 거의 없는 반면에, 가공압력 증가에 따른 WIWNU의 변화는 차츰 감소하였다. 이것은 가공압력이 웨이퍼 표면의 광역평탄화를 좋게 하는데 매우 중요한 영향을 미친다는 것을 의

미한다.

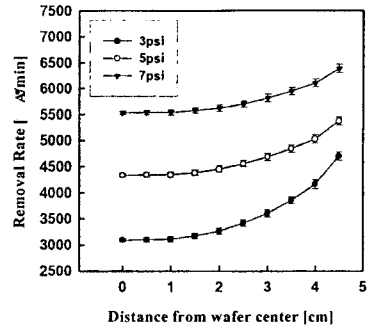


Fig. 3 Removal rate on the distance from wafer center according to polishing pressure

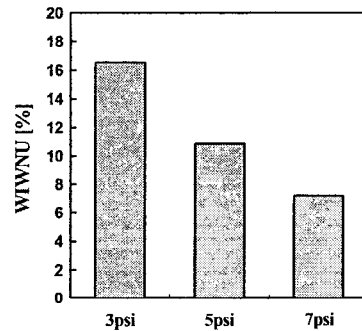


Fig. 4 WIWNU of copper for three polishing pressure at the a constant slurry flow rate.

3. 결 론

본 연구에서는 Cu CMP의 공정변수 변화에 따른 연마실험을 통하여 평균 연마속도를 변화시킬때는 가공압력을 변화시키는 것이 훨씬 더 효율적이고, Cu CMP에서 대두되는 커다란 문제 중 하나인 웨이퍼 면내 연마불균일성(WIWNU)을 개선하는데 역시 가공압력을 높이는 것이 효과적이라는 결론을 얻었다.

본 연구는 한국 학술진흥재단 연구비 지원에 의해서 연구되었다.(KRF-2002-005-D00011)

(참 고 문 헌)

- [1] L. M. Cook, J.Non-Cryst. Solids, 120, 1990, pp152
- [2] R. Jairath, J. Farkas, C. K. Huang, M. Stell, and S. M. Tzeng, Solid State Tech, July, 1994, pp.71
- [3] F. B Kaufman et.al., "Chemical Mechanical Polishing for Fabricating Patterned W Metal Features as Chip Interconnects", Journ of Electrochemical Society, Vol.138, No.11, pp3460-3464, 1991.
- [4] Jia- Zhen Zheng, Vincent Huang S.K., Mark Toh W.S., Charlie