

구리 CMP시 슬러리 Flow Rate의 조절

김태건, 김남훈, 김상용*, 서용진**, 장의구
중앙대학교, 동부아남반도체*, 대불대학교**

Control of Slurry Flow Rate in Copper CMP

Tae-Gun Kim, Nam-Hoon Kim, Sang-Yong Kim*, Yong-Jin Seo** and Eui-Goo Chang
Chung-Ang University, DongbuAnam Semiconductor*, Daebul University**

Abstract

Recently advancing mobile communication tools and I.T industry, semiconductor device is requested more integrated, faster operation time and more scaled-down. Because of these reasons semiconductor device is requested multilayer interconnection. For the multilayer interconnection chemical mechanical polishing (CMP) becomes one of the most useful process in semiconductor manufacturing process. In this experiment, we focus on understand the characterize and improve the CMP technology by control of slurry flow rate. Consequently, we obtain that optimal flow rate of slurry is 170ml/min, since optimal conditions are less chemical flow and performance high with good selectivity to Ta. If we apply this results to copper CMP process, it is thought that we will be able to obtain better yield.

Key Words : CMP(chemical mechanical polishing), Slurry, Flow rate, Copper

1. 서 론

급속한 I.T산업의 발달과 더불어 반도체 소자 또한 초소형화 고성능화가 필요 불가결하게 되었다. 이를 극복하기 위하여 반도체 제조에 있어서도 계속된 연구가 진행되어 오고 있고 기술은 점차 발전되어 나가고 있다. 반도체 공정기술에서도 많은 변화가 있어왔다. 반도체 소자의 소형화를 위하여 다층구조로 나아가고 있으며 현재 7-8단계정도의 다층구조를 실현하게 하게 되었다. 다층구조를 실현하기 위하여 가장 핵심적인 공정기술로 CMP(chemical mechanical polishing) 기술을 들 수 있다.[1][2] 1980년대에 제안된 CMP 기술은 소자의 다층 구조를 실현하기 위한 광역 평탄화를 하는 공정이다. 기계적 마찰과 화학적 작용을 동시에 병행함으로써 다층구조의 기본이 되는 광역 평탄화를 실현할 수 있었으며 이를 이용하여 다층구조를 실현할 수 있었다.[3] 이 CMP 과정은 메모리

분야나 비 메모리분야에서 널리 사용되고 있으며 좀 더 향상된 결과를 얻기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, 박막의 종류에 따라서 최적화된 슬러리의 개발이나 패드의 다양화가 활발히 연구되어지고 있다. 금속 배선의 물질에서도 알루미늄보다는 electromigration이 적고 전기저항도가 1/2정도인 구리에 대해서 연구가 활발히 진행되어지고 있으며 CMP분야에서도 구리의 CMP에 대한 연구가 지속적으로 이어지고 있다.[4][5]

본 연구에서도 또한 구리의 CMP과정에 대해서 연구하였으며 화학적 작용에 들어가는 슬러리 flow rate를 조절하여 removal rate와 선택비(selectivity)의 향상 erosion의 감소에 대한 최적화에 대하여 분석하였다. 기존에 CMP공정에서의 슬러리의 종류나 패드의 종류에 따른 정확한 분석이 없었기 때문에 데이터 상으로 만들어진 자료가 없다. 따라서 실험결과를 토대로 그 안에서의 최적화에 대하여 연구를 진행하였으며 변화의 특성을 파악하였다.

2. 실험

그림 1은 CMP 과정을 개략적으로 표현한 그림으로써 CMP장비는 슬러리 및 패드, platen이라 불리는 polishing table등으로 이루어져 있다. CMP 과정에서의 슬러리의 작용은 패드와 웨이퍼 사이에서 화학적 연마작용을 한다. 슬러리는 연마하려는 막에 따라서 달라지는데 역할은 슬러리와 웨이퍼에 실제 접촉점에서 양자의 직접적인 고상 반응이 생기고 이 반응층이 마찰력으로 인해 탈락한다. 공정이 진행해 나감에 따라 웨이퍼와 슬러리가 급속히 반응하여 웨이퍼 표면에 산화층 또는 수화층이 형성되고, 이 생성층상에서 연질의 연마입자가 촉매로 작용하여 웨이퍼표면의 산화를 촉진하고 이 산화층이 연마입자의 마멸 현상에 의해 제거된다.[5] 그림 2는 CMP과정에서의 슬러리와 맞닿는 면을 개략적으로 보여준다.

본 실험에서 CMP 장비는 EBARA F-REX200을 사용하여 실험을 하였으며, Cu의 배선으로 이루어진 웨이퍼 CMP 공정에서 실험을 진행하였다. 슬러리의 flow rate는 최초 150ml/min을 시작으로 20ml/min씩 flow rate를 증가시켜 관찰하였다. 결국 150ml/min, 170ml/min, 190ml/min, 210ml/min으로 실험을 하였다. CMP 공정시간은 각 변화별로 80초 정도의 시간을 갖고 진행되었으며 removal rate는 시간에 따른 각각의 removal profile을 평균을 내어 계산하였다. 평균값으로 선택비를 계산하였으며 각각의 변화에 따른 erosion과 dishing를 측정 변화에 대한 결함의 향상도 측정하였다.

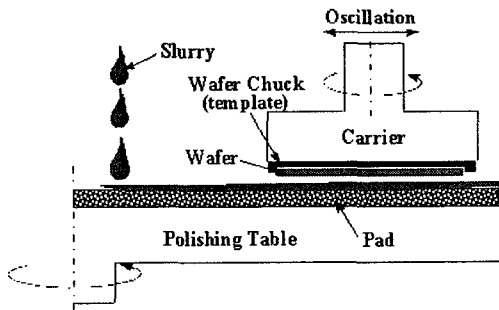


그림 1. CMP 공정의 개략도

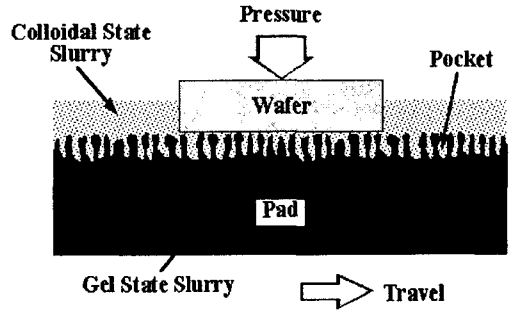


그림 2. CMP 공정의 개략도

3. 결과 및 고찰

그림 3은 시간 순으로 구리와 Ta의 removal profile을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는바와 같이 CMP가 처음 시작할 때는 슬러리의 직접적인 반응이 왕성하게 일어나는 때로 높은 removal rate를 나타내다가 시간이 지남에 따라 점차 감소된 removal rate를 보이고 시간이 더 지나면서 다시 removal rate의 증가 현상을 볼 수 있다. EPD(End Point Detection)가 감지될 때까지의 removal rate를 기록하였으며 그림에서도 알 수 있듯이 슬러리의 flow rate가 변화하면서 각기 다른 removal rate를 나타내는 것을 볼 수 있다. Removal rate는 (pre thickness - post thickness)/time으로 계산되었으며, 각 값의 평균값을 구하여 removal rate를 나타내었다.

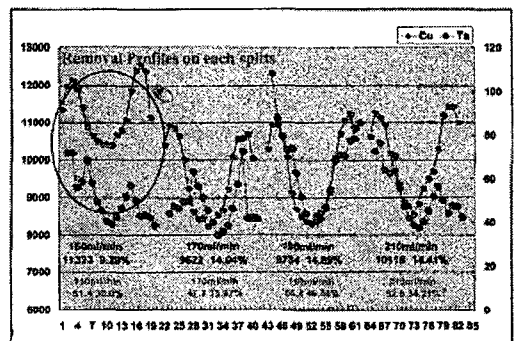


그림 3. Cu와 Ta의 removal profiles

그림 4는 구리와 Ta의 removal rate를 그래프로 나타낸 것으로 슬러리의 flow rate 변화에 따른 removal rate의 변화량을 알 수 있다. Removal rate는 슬러리 flow rate가 210ml/min에서 가장 좋은 것으로 나타났으며, 슬러리의 양이 많아지면 대체적으로 removal rate도 향상되는 경향성을 보이는 것으로 나타난다. 대체적으로 170ml/min 이상의 슬러리 flow rate 조건에서 산업체에서 요구하는 9000Å 이상의 Cu의 removal rate를 보임으로써 우수한 결과를 확보할 수 있었다. 한편 Ta에 대한 Cu의 선택비를 그림 5에 나타내었다. 그림 4의 190ml/min 슬러리 flow rate 조건에서 Ta의 removal rate가 상승하는 것의 결과로 선택비가 해당 조건에서 다소 낮았다. 대체적으로 190ml/min 조건을 제외한 150ml/min, 170ml/min, 210ml/min 조건에서는 산업체에서 요구하는 180:1 이상의 Ta에 대한 Cu의 선택비를 확보할 수 있었다.

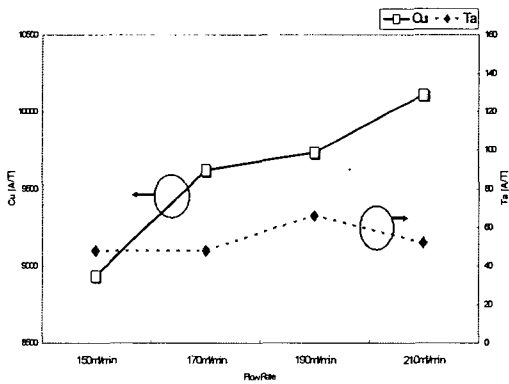


그림 4. Cu와 Ta Removal Rate.

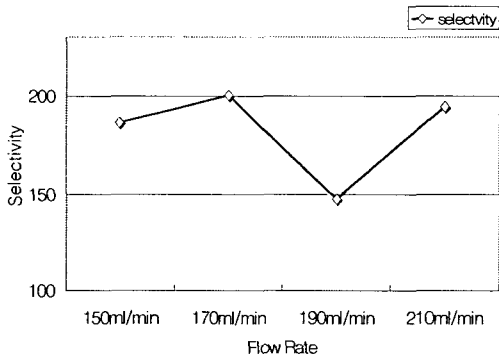


그림 5. Ta에 대한 Cu의 선택비(selectivity).

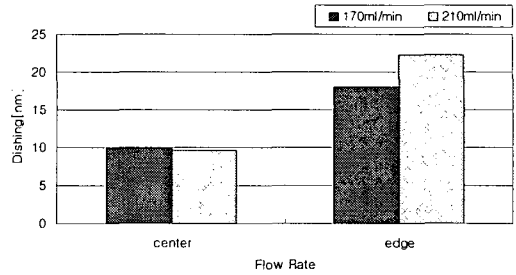


그림 6. Dishing Data 170ml/min 210ml/min.

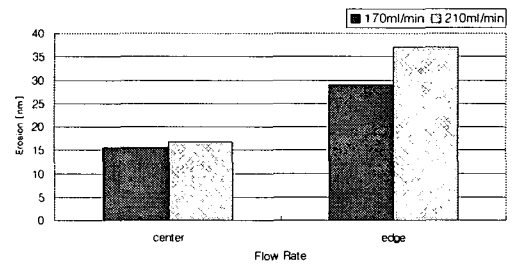


그림 7. Erosion Data 170ml/min 210ml/min.

이상과 같은 removal rate와 선택비 결과를 바탕으로 보다 최적화된 슬러리의 flow rate를 확보하기 위하여 CMP후 erosion과 dishing을 조사하였다. 그림 4, 그림 5의 결과에서 볼 수 있듯이 산업체에서 요구하는 9000Å 이상의 removal rate와 180:1 이상의 Ta에 대한 Cu의 selectivity를 모두 만족하는 170ml/min과 210ml/min의 슬러리 flow rate 조건에 대해서 dishing과 erosion을 조사해 보기로 하였다. 그림 6과 그림 7은 센터칩과 에지칩에서의 dishing과 erosion을 측정된 결과다. 그림에서 알 수 있듯이 센터칩에서는 그리 많은 변화는 볼 수 없었으나 에지칩에서의 170ml/min의 flow rate에서 약 79Å의 향상 효과를 볼 수 있었다. 결함을 낮춘다는 것은 생산라인에서의 수율을 올릴 수 있는 조건으로서 flow rate의 변화로 결함을 줄일 수 있다는 것이 될 수 있다. 결함이 생겨나는 이유로는 매우 많은 원인이 있을 수 있으나, 원인을 정확히 파악하기는 매우 어려운 문제점들이 있다. 실시간으로 결함을 체크할 수 없는 문제점도 있으며 상황에 따른 특별한 이유로서 결함이 일어

날수 도 있다. 이러한 결함을 최대한 줄이는 것이 현재 중요한 연구과제 임에 분명함을 말하지 않을 수 없으며 슬러리 flow rate의 조절에 의한 결함의 최소화는 공정상에서 충분히 고려될 만한 사항이라 사료된다. 그림과 같은 결과를 보았을 때에 본 실험에서 슬러리의 flow rate는 Cu의 removal rate와 Ta에 대한 Cu의 선택비를 고려한 결과 170ml/min과 210ml/min의 좁혀지게 되었으며, 여기에 결함 감소를 염두에둔 수율 향상적인 면과 생산비용을 검토해 볼 때에 비록 removal rate가 고려할 수 있는 범위내에서 낮은 170ml/min의 슬러리 flow rate 조건이 가장 적합하다는 결론을 내릴 수 있었다.

4.결 론

실험의 결과적으로 볼 때 슬러리 flow rate의 증가에 있어 removal rate의 향상을 야기할 수는 있었으나, 산업체에서 요구하는 removal rate와 선택비를 만족하며, erosion 측면에서 향상된 결과를 보인 170ml/min를 최적화된 조건이라 판단하였다. 공정상에서 슬러리 flow rate의 증가는 공정비용의 상승을 뜻하는 것으로 공정비용의 절감의 효과도 얻을 수 있다. 본 실험에서는 170ml/min에서 가장 좋은 결과치를 얻을 수 있었지만 만약 슬러리의 변화와 패드의 변화에 의해 그 결과치는 다른 결과를 보여줄 수도 있을 것이다. 모든 슬러리와 패드에서의 flow rate의 변화에 대하여 실험을 할 수 없었지만, 특정한 flow rate에 의해 removal rate와 공정 결함감소에 대한 향상이 있을 수 있다는 것은 확인할 수 있었다. CMP 기술은 실제 반도체 제조 공정에 도입된지가 상대적으로 오래되지 않았고 최적화된 공정조건이 아직 명확히 규정되어져 있지 않기 때문에 앞으로도 많은 보완 연구가 필요할 것이다. 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 패드와 슬러리의 개선에 맞춰서 슬러리의 flow rate의 최적화에도 지속적인 연구가 있어야 된다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00375-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] William J. et al. "Application of Chemical Mechanical Polishing to the Fabrication of VLSI Circuit Interconnections", Journal of the Electro chemical Society. VOL.138 pp555-561, June1991.
- [2] Nasby R D, Sniegowski J J, Smith J H, Montague S, Barron C C, Eaton W P, McWhorter P J, Hetherington DL, Apblett C A and Fleming J G 1996 Application of chemical mechanical polishing to planarization of surface-micromachined devices IEEE Solid State Sensor and Actuator Workshop (Hilton Head Island, SC, June1996) pp 48-53
- [3] 김상용, 서용진, 김태형, 이우선, 김창일, 장의구, "Chemical Mechanical Polishing(CMP)공정을 이용한 Multilevel Metal 구조의 광역평탄화에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 제11권, 제12호, p. 1084, 1998.
- [4] S. Kondo, N. Sakuma, Y. Homma, and N. Ohashi, "Slurry chemical corrosion and galvanic corrosion during copper chemical mechanical polishing", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, No. 11, p. 6216, 2000.
- [5] J.-P. Kim, N.-H. Kim, S.-Y. Kim, E.-G. Chang, "Optimization of Condition of Chemical Additives in Copper CMP Slurry," International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT) & IUMRS 2003, Abstracts, p. 552, Dec. 7-12, 2003, Suntec City, Singapore.
- [6] T. Dpi, T. Kasai, and T. Nakagawa, "半導體平坦化CMP技術", 1998.