

와전류센서를 이용한 실시간 웨이퍼 박막두께측정 시스템 구현

김남우* · 허창우*

*목원대학교

Real-time wafer thin-film thickness measurement system implementation with eddy current sensors.

Nam-woo Kim* · Chang-Wu Hur**

*MOKWON University

E-mail : gotree94@gmail.com

요 약

반도체소자의 고속실현을 위해서 알루미늄배선에서 40% 가량 성능을 높이는 반면 제조비용은 30%까지 낮출 수 있는 구리를 선호하고 있으나, 식각이 잘 되지 않아 원하는 패턴으로 만들어 내기가 곤란한 공정기술의 어려움과 구리물질이 지닌 유독성문제를 가지고 있다. 기존의 식각기술로는 구리패턴을 얻을 수 없는 기술적 한계 때문에 화학.기계적 연마(CMP)를 이용한 평탄화와 연마를 통해서 구리배선을 얻는 다마스커스(Damascene)기술이 개발됐고 이를 이용한 구리배선기술이 현실적으로 가능하게 됐다. CMP를 이용한 평탄화 및 연마 공정에서 Wafer에 도포된 구리의 두께를 실시간으로 측정하여 정밀하게 제어할 필요가 있는데, 본 논문에서는 와전류를 이용하여 옹고스트롬 단위의 두께를 실시간으로 측정하여 제어 하는 시스템구현에 대해 기술한다.

키워드

Eddy current, Sensor, Cu wafer, CMP.

I. 서론

반도체소자의 금속배선재료로서 알루미늄은 실리콘 산화막과의 부착성이 좋고 가공성이 뛰어나다는 점에서 저항률 특성이나 일렉트로마 이그레이션 내성이 구리보다 약함에도 불구하고 현재 널리 사용되어 오고 있다. 그러나 반도체소자의 고속실현을 위해서는 알루미늄배선 으로는 한계가 있는데 이를 해결하기 위해 알루미늄에 비해 저항이 작아 전자신호를 더욱 빨리 전송할 수 있는 구리를 사용하기 시작했다. 구리를 사용하면 알루미늄에 비해 40% 가량 성능을 높이는 반면 제조비용은 30%까지 낮출 수 있다. 칩 집적도 향상과 단가인하가 반도체 생산업계의 최우선 목표인 것을 생각하면 구리배선의 이러한 장점은 대단한 것이라고 할 수 있다. 구리배선의 이러한 장점에도 불구하고 반도체 분야에서 알루미늄배선이 사용됐던 이유는 구리배선은 알루미늄과는 달리 식각이 잘 되지 않아 원하는 패턴으로 만들어 내기가 곤란한 공정기술의 어려움과 구리물질이 지닌 유독성문제라고 할 수 있다.

그러한 구리배선의 문제를 해결하고자 하는 노력이 반도체장비개발업계의 초미의 관심사였는데, 기존의 식각기술로는 구리패턴을 얻을 수 없는 기술적 한계 때문에 다마스커스(Damascene)기술이라고 하는 방법이 개발됐고 이를 이용한 구리배선기술이 현실적으로 가능하게 됐다. 다마스커스기술이란 유전물질을 절연층 위에 덮고 화학.기계적 연마(CMP)공정으로 평평하게 만든 뒤 절연층에 구리층이 형성되도록 배선층을 만들고 구리가 절연층에 침투되어 특성이 나빠지는 것을 방지할 목적으로 장벽(barrier)층을 형성한 후에 이를 구리로 채운 다음에 CMP공정으로 절연층이 드러나는 곳까지 구리를 갈아내서 구리배선을 얻는 것이다.

현재 구리칩 제조기술은 마이크로프로세서 등 주로 비메모리분야에서 적용되고 있으며 이의 기술선도는 반도체장비업체인 노벨러스, 어플 라이드 머트리얼즈 등을 비롯한 미국업체에 의하여 이루어져 왔다. 따라서 이들 업체는 구리공정에 대한 기술적 노하우를 상당 수준 축적 한데 반해 우리나라는 아직 이 분야에 대해 충분한 기술적

노하우를 확보하지 못하고 있다. 특히 국내 반도체 업체들이 주력하고 있는 DRAM의 경우 구리칩 기술이 실제 적용되기 위해서는 많은 시간이 소요될 것으로 예상되나 결국 세계 DRAM 제조기술을 선도하고 있는 국내 업체가 세계 최초로 구리칩 기술을 DRAM에 도입할 것으로 보여 이에 대한 국내 업체들의 보다 적극적인 기술확보 및 개발 노력이 절실한 시점이다.

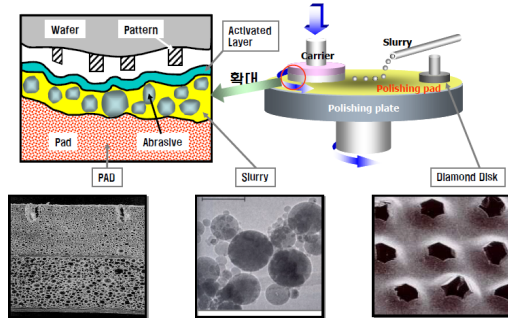


그림 1. CMP의 구성 요소

CMP(Chemical Mechanical Planarization)공정은 화학적인 요소와 기계적인 요소를 포함한 복합적인 메카니즘으로 이루어진다.

이러한 메카니즘을 규명하고, 현상을 분석하기 위하여 모니터링에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 이러한 CMP 모니터링 기술이 개발되어 적용되게 되면, 현재 적용되고 있는 CMP 공정의 메카니즘을 규명할 수 있으며, 또한 여기에 사용되는 실리콘 웨이퍼, 패드, 슬러리와 같은 소모재의 특성을 파악할 수 있기 때문에, 공정 효율을 높일 수 있으며 생산성의 향상 역시 기대할 수 있다. 현재 상용화된 CMP monitoring 분야는 실제 CMP 공정 중에 센싱을 하고, 이를 분석하여, 최적 공정 조건을 찾고자 노력하고 있다.

CMP 공정에 적용되는 공정 조건의 변화에 따라, 또한 이에 사용되는 웨이퍼 박막의 종류 뿐만 아니라, 패드 및 슬러리와 같은 소모재의 종류에 따라 나타나는 신호 특성은 분해능이 다른 센서들을 사용함으로써 확연히 구분될 수 있다. 이러한 원리에 기초하여 와전류 센서(Eddy Current Sensor), 압력 센서(Force Sensor), 전류 센서(Current Sensor), 음향 방출 센서(AE Sensor), 적외선 센서(IR Sensor), 광 변위 센서(Laser Displacement Sensor) 등과 같이 분해 특성이 다른 각각의 센서를 이용하여 CMP 공정을 모니터링 하고, 획득된 신호를 RMS, FFT 등을 이용하여 각각의 특성을 분석하여 사용한다.

이 중에서 와전류센서는 비저항값을 가지는 구리나 텅스텐을 연마할 때 실시간으로 두께를 측정하여 연마가 고르게 되고있는지 모니터링하고 연마 속도 및 평탄화 산포를 고르게 할 수 있도록 제어를 하도록 하는 기술에 사용되는 요소 기술 중 하나이다.

II. 본론

2.1 와전류를 이용한 박막두께 측정 시스템

박막두께 측정을 위한 와전류 센서 시스템은 와전류 센서, 센서에 신호를 드라이브 하고 수신 신호를 받아 처리하는 드라이버 보드, 아날로그 데이터를 디지털로 처리하는 신호처리부로 구성되어 있으며, 구성도는 그림2와 같다.

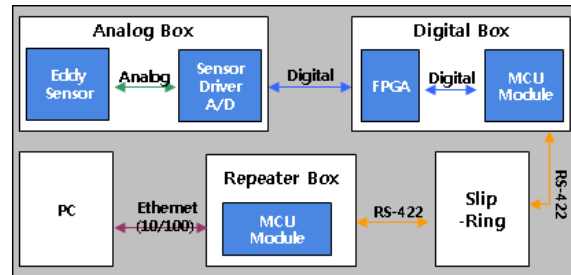


그림 2. 와전류를 이용한 박막두께 측정 시스템 구성도

2.2 시스템 성능 평가

와전류를 이용한 박막두께 측정능력을 확인하기 위해 CMT-SR5000라는 면저항측정기(4 point probe)를 사용하였다. 웨이퍼에 도포된 Cu의 두께를 측정하여 이를 와전류 박막두께 측정결과치와 비교할 기준지표로 삼았다.

300mm 웨이퍼의 중앙부에서 -147mm ~ +147mm 까지의 범위를 109 포인트 샘플링을 하여 좌우 대칭으로 중앙을 기준으로 54개 위치의 값을 읽어 데이터를 준비하였다.

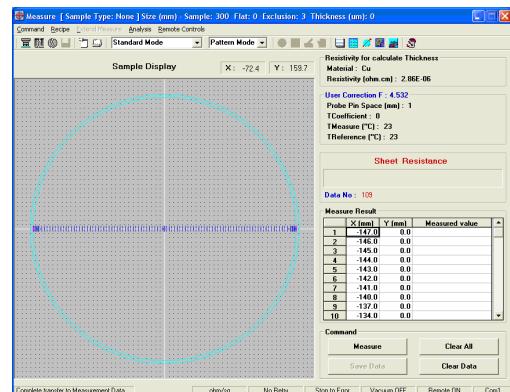


그림 3. CMT-SR5000 면저항측정 화면

이때 측정된 값을 두께로 환산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{두께}(\text{\AA}) = \text{비저항값} / \text{면저항기 측정값} * 10^{10}$$

일반적으로 텅스텐과 구리의 비저항은 20℃에서

텅스텐 = $3.5 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 구리 = $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 이다.

다양한 두께 및 형태로 cu를 증착시킨 300mm 웨이퍼를 3종을 본 논문에서 개발한 센서를 이용하여 동일한 위치를 측정하고 면저항측정기의 측정치와 비교하였다.

2.3 측정결과 및 비교

측정결과 Edge에서 10mm영역을 제외한 280mm(93.3%)의 영역에서 측정된 두께가 계측 데이터와 일치함을 확인하였고, 에지의 데이터가 불 일치한 원인은 와전류의 특성상 와전류 센서 주변의 금속 매질의 분포가 분균일 하거나 센서의 직경대비 금속이 차지하는 면적이 작을 때 주로 발생하는 에지효과(Edge Effect)로 인한 것으로 센서의 크기 및 주파수, 측정 시료와의 거리 조절을 통해 개선이 필요하다.

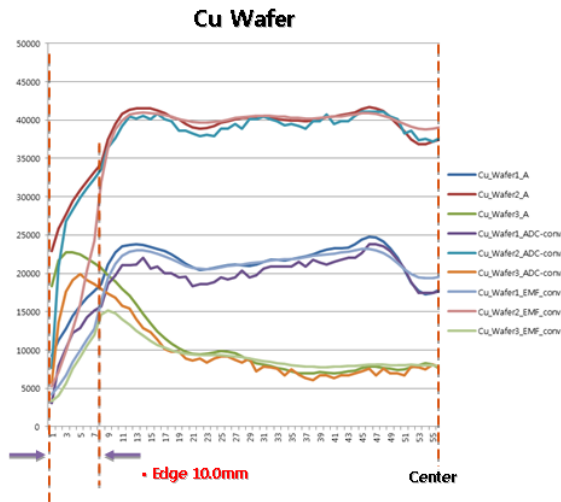


그림 4. CMT-SR5000 측정 결과와 시험결과 비교

III. 결론

본 논문에서는 와전류센서를 이용한 실시간 웨이퍼 박막두께측정 시스템을 구현하고 성능을 측정 확인하였다. 측정결과 Edge에서 10mm영역을 제외한 280mm(93.3%)의 영역에서 측정된 두께가 계측데이터와 일치함을 확인하였고, 센서의 크기 및 주파수, 측정 시료와의 거리 조절을 통해 에지효과(Edge Effect)를 극복한다면 CMP공정에서 더 넓은 범위의 두께를 실시간으로 측정하는 요소 기술로 적용이 가능하다.