

플라즈마 발생 전원장치와 자동정합 회로

Plasma Generator & Auto Matching Network

최 대 규

뉴과워

장 우 진

서울 산업대학교

요 약

반도체 1장을 가공하는데는 약 300개 공정에 3개월이 소요되며, 반도체 3사의 95년도 순이익은 2조5천억 원에 달할 것으로 전망된다.

이렇게 엄청난 부가가치 때문에 업계뿐 아니라 국가적으로도 심혈을 기울이고 있으나 가공기술과 물량에서 선진국일 뿐 반도체를 가공할 수 있는 장비는 전량 외산에 의존하고 있다. 이러한 현상은 미국이나 일본등 반도체 분야 선진국들과의 경쟁에서 뒤쳐질 수밖에 없는 구조적인 단점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해서 반도체 제조 장비의 국산화가 시급하며 그중 하나인 Chamber 내에서 Plasma를 발생시키고 자동 정합할 수 있는 시스템을 설계하고 제작코자 한다.

부족으로 전량 외국에 의존하고 있다.

이에 국가적으로 첨단산업의 육성차원에서 일부 반도체 장비의 국산화가 추진되고있으며, 반도체 제작 약 300개 공정중 60%에 해당되는 Wafer공정용 장비에 집중되고있다.

Wafer 한 장이 만들어지기까지는 약 3개월간의 공정기간이 필요하다. 이 과정에서 Wafer의 불량율을 줄이면 반도체 수율 확대이고, 곧 경쟁력확대라고 말할 수 있으며 이를 좌우하는 가장 큰 요인은 Chamber내 Plasma의 안정성에 있다. Plasma를 생성하기 위하여 외부에서 전계와 자계를 인가하여 주는 전원장치가 필수적이며, 바로 이 전원장치의 안정성이 생성된 Plasma의 질을 좌우한다.

Chamber내의 Impedance를 CPU로 계산하여 자동 매칭을 이루면,인정된 Plasma방전을 일으켜 Wafer에 손상이 가지 않도록 가공할 수 있고, 또한 재료공학,섬유공학 등에 사용하는 피막코팅 및 요철 공해 문제를 야기시키는 습식도금을 건식도금으로 바꿀 수 있다. 이에 따라 고신뢰도의 13.56MHz RF전원장치 및 Auto Matching 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다.

1. 서 론

1. 기술개발의 중요성(필요성)

최근 전세계 PC,멀티미디어,통신기기,FA 등의 발달로 반도체 Memory Chip의 수요가 폭증하고있다. Memory 반도체는 우리 나라 전체 수출량의 약 20%를 담당하며, 전세계 Memory Chip시장 판매량에서 1,2위를 다투고 있으나 막상 반도체를 생산하는 장비는 선진국의 기술이전 회피 및 막대한 연구개발비,설비투자비,그리고 첨단인력

그러므로,국제 반도체 장비의 선진기술 확보를 위해서는 Chamber개발과 병행하여 RF전원장치 및 Auto Matching 시스템의 개발은 필수적이며, 개발 실용화될 경우 전량 수입에 의존하는 전원장치를 수입대체 할 수 있고 반도체 관련장비 산업의 대외-경쟁력 강화와 수출 증대를 도모할 수 있으며 건식코팅 등 주변산업에도 파급효과가 크리라 예상된다.

2. 국내·외 관련기술의 현황

(1)국내 관련기술의 현황

고정주파수 13.56MHz RF전원장치 및 Auto Matching 시스템은 반도체 제조 및 건식코팅시 Main 전원으로서 Chamber내에 Plasma를 생성한다. 발생된 Plasma는 에칭,확산,후처리 등에 주로 사용되고 있으며 그 수요 또한 급속신장하고 있으나 국내 반도체 업체들은 미국이나 일본의 장비 Maker로부터 전량 수입,사용하여 반도체 장비 관련 사업의 선진기술 확보에 어려움이 큰 바 고정주파수 13.56MHz RF전원장치 및 Auto Matching 시스템의 필요성을 실감하게 되었다.

이러한 필요성으로 인하여 국내의 일부업체에서도 수년 전부터 고정주파수 13.56MHz RF전원장치 및 Auto Matching 시스템의 개발을 시도하였으나 반도체 공정상 필요한 24시간 연속 운영시 Power변동이 없을 것,타 장비들에 Noise를 유발하지 말아야 할 것,Wafer 교환시 아주 정확한 Chamber내의 Impedance를 계산하여 Auto Matching 시킬 것 등의 엄격한 품질요구에 미흡한 상태이며, 반도체 제조시 Wafer한 장에 소요되는 시간과 경비가 엄청난 점을 감안할 때 고신뢰도의 RF전원장치와 Auto Matching에 대응할 수 있는 고조파 성분의 제거, 고효율 Power단 설계,Auto Matching Sensor 및 Control 기술 개발은 아직 전무한 실정이다.

국내에서 현재 사용되고 있는 RF전원 장치와 Matching은 300W,600W,1kW급의 수동 Matching을 사용하며, 학교 및 연구기관이나 건식코팅에 주로 사용하고 있으나, 반도체 제조시 요구되는 저 Noise,출력 전력안정,수율확대 등을 위해서는 1 kW 이상 고효율을 갖춘 고신뢰의

고정주파수 RF전원 장치와 CPU를 장착한 Auto Matching 기술 개발이 필요하다고 사료된다.

(2)국의 관련 기술의 현황

전세계적으로 급속한 팽창 일로의 반도체 산업과 병행하여 RF전원장치와 Auto Matching 시스템도 비약적으로 발전하고 있으며 그중 13.56MHz RF전원장치는 1895년 마르코니의 무선통신 성공이후 부분적으로 사용되어 오다 1932년 세계전파규정회의에서 공업용 주파수로 분류되어 통신 쪽보다는 반도체 장비인 Chamber의 Main 전원으로 사용되어왔으며 1970년대의 VLSI출현과 PC,통신기기,멀티미디어,FA등의 수용급중에 따라 비약적인 성장과 더불어 그 수요가 계속 증가하고있다.

한편, RF전원장치 및 Auto Matching시스템의 세계시장을 선도하고 있는 미국,일본에서 고신뢰의 전원장치를 개발하기 위해 전원장치의 핵심부품인 고주파 전력 트랜지스터,페라이트 코어,진공가변커패시터 등의 부품뿐 아니라 고주파 Filter,CPU를 첨가한 전원 Control장치,AC→DC Converter 등에 막대한 투자를 하고 있으며 미국의 AE社와 일본의 DAIHEN社에서는 Chamber내의 Impedance를 CPU를 사용하여 계산하고 Missile추적 장치의 원

리를 이용하여 Chamber내에 저 충격,고속 Matching을 실현한 시스템을 선보이고 있다.

건식 코팅이나 반도체에서 요구되는 RF전원 및 Matching 시스템은 작업 공정상 고도의 기술을 필요 하기 때문에 위 두 회사에서 개발한 것과 같은 특징을 가진 장치들이 앞으로의 시장을 주도하리라 예상된다.

2. 본 론

반도체 가공 전 공정에서 Chamber와 전원장치를 결합하여 Plasma를 만든 다음 Wafer를Etching,Deposition,Asber,Sputter등 Wafer프로세서용 처리장비가 차지하는 비중이 약 60%이다.

아래그림1은 전원장치와 Chamber를 결합해서 Sputter 장비를 구성한 것이다.

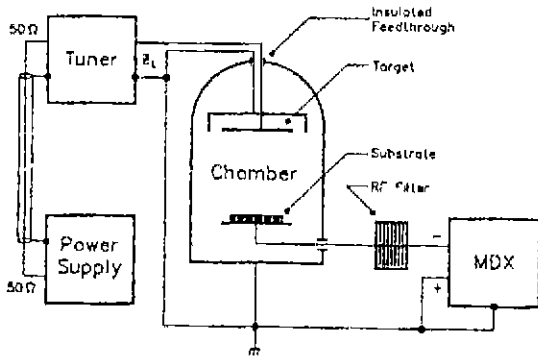


그림1. Sputter 장비 구성도

13.56MHz를 가진 전원장치에서 출력이 발생되면 Chamber를 비롯한 RF Generator의 후단의 Impedance가 50Ω이 되도록 Auto Matching Network(Tuner 라고 도함)가 동작하여 10^{-4} Torr의 초진공으로 배기된 진공 Chamber내에서 불활성 Gas인 Ar을 유입시켜 10^{-3} Torr에서 Plasma방전에 의해 생긴 Ar^+ Ion을 부전위를 가진 Cathode에 부착시킨 Sputter재료(Target)에 충돌 시켜서 생성된 Target의 입자를 반대 위치에 있는 Wafer(Substrate)의 표면에 부착시켜 박을 형성하는 것이 Sputter의 기본원리이다.

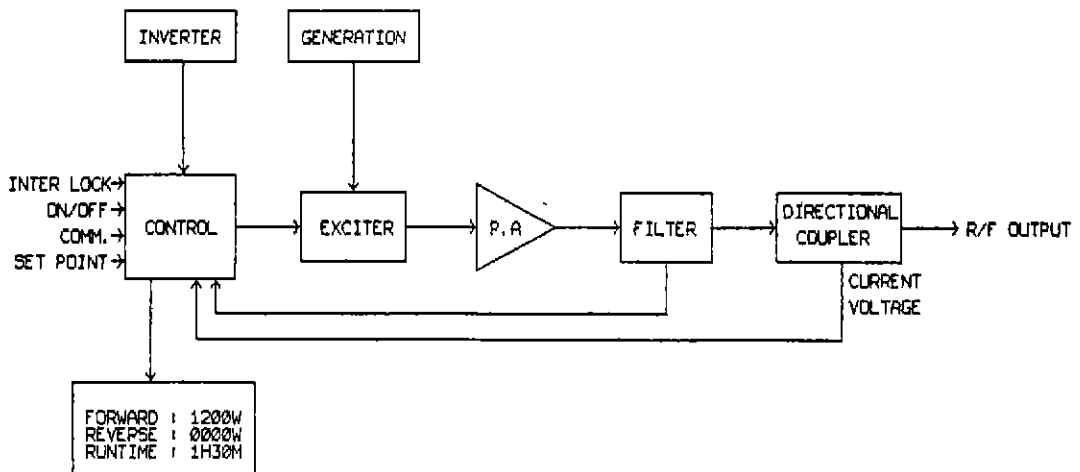
1. RF(Radio Frequency) Generator(전원장치)

그림2는 RF Generator의 구성도이다. 출력제어, Protect, Communication등의 역할을 하는 One Chip CPU Controller를 중심으로 50V의 DC전원을 공급하는 Inverter, 13.56MHz를 발생시키는 Generator용 Crystal 발전기의 미세출력을 Driver증폭한 다음 Power 증폭을 하여 Filter를 거치면 다음 Directional Coupler에서 진행파와 반사파를 감지하여 Controller에 Feed Back 시키면 13.56MHz의 정현파를 얻을 수 있다. 그림3은 RF Generator의 사양이다.

그림3. RF Generator 사양

구 분	사 양
입 력	단상 220[V], ±10%
출 력	1250W, ±2%
출력 임피던스	50Ω
반사 전력	30%
주 파 수	13.56MHz, ±0.005%
고 조 파	50dB 이하

그림2. RF Generator 구성도 ↓



2. Auto Matching Network(자동정합기)

자동 정합기의 역할은 RF Generator와 Chamber사이에 설치되어 RF Generator후단 임피던스를 50Ω에 맞게 13.56MHz 주파수 공진을 시켜 출력을 Chamber내에 최대한으로 공급해주는데 있다.

Matching의 정밀성과 속도는 RF Generator를 보호하고 Noise방지를 하는 측면에서 매우 중요하고 기술개발도 이점에 치중되어있다.

그림4는 일반적으로 사용되는 Matching회로이다.

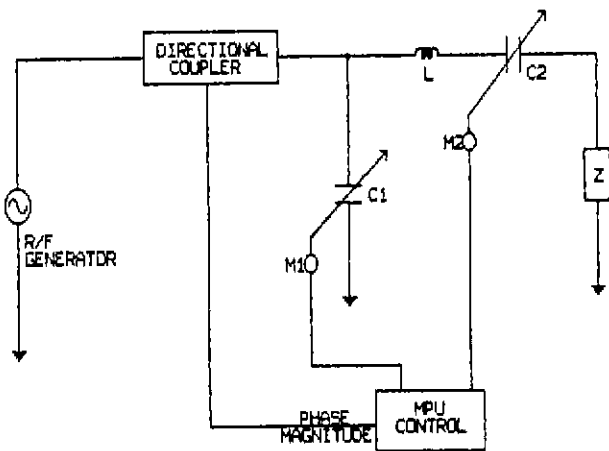


그림 4. Auto Matching Network 회로도

여기에서 Directional Coupler는 Matching Network전단에 설치되어 전압과 전류 위상 차를 ±DC로 바꾸는 역할과 Chamber로 공급되는 전압의 절대치를 ±DC로 바꾸는 두 가지 역할을 하며 이 값이 Controller에 입력되면 Controller는 위상값이 "0"이 되도록 "C2"를 조절하면 Matching 완성되며 RF 출력 600W 이하에서는 공기가변 커패시터가 쓰이고 그 이상은 진공가변 커패시터가 쓰인다.

3. 결 론

이상과 같은 장비를 제작하여 연구용에서 사용해본결과 별문제 없이 쓰이고 있으며 재료공학, 섬유공학, 피막코팅 등에도 광범위하게 사용할 수 있다.

반도체 시장의 세계적인 추세는 대구경 Wafer

(8" →16")化 와 고집적도(64Mega →1Giga)化로 진행중이며, 이는 전원을 비롯한 Chamber등 관련장비의 확대를 의미한다. 고출력,고신뢰도의 RF Generator와 정밀 제어기술을 바탕으로한 Auto Matching Network 제작 기술에 꾸준한 노력을 기울여야할 것으로 생각된다.