

RF 플라즈마를 사용하는 공정장비의 임피던스 정합특성 개선에 관한 연구

설용태*, 박성진*, 이의용**
*호서대학교 디지털디스플레이공학과
**(주)에이티에스
e-mail : ytsul@office.hoseo.ac.kr,

A study of improving impedance matching characteristic for process equipment of using RF plasma

Yong-Tai Sul*, Sung-Jin Park*, Eui-Yong Lee**
*Dept. of digital display engineering, Hoseo University
** Advanced Technology and Semiconductor Co., Ltd.

요 약

본 논문에서는 RF 플라즈마를 사용하는 공정장비의 임피던스 정합 특성 개선을 위해 RF Match 제어단의 제어 알고리즘과 하드웨어의 디지털화 방안에 대한 연구를 수행하였다. 개발된 제어단은 최적의 동작성능을 위하여 멀티 프리셋, 이득제어 기능 등 부가기능을 갖도록 설계/제작하였고, 또한 LCD 모듈의 설치를 통하여 RF Match의 실시간 상태 파악이 가능하도록 하였다. 개발된 제어단에 대한 실험결과로부터 RF 전력의 over/under shoot, 플라즈마 플리커 등의 현상이 제거되었고, 정합시간이 크게 단축되었음을 알 수 있었다.

1. 서론

RF Match는 RF 제너레이터의 출력을 챔버 내에 최대한 전달하기 위한 임피던스 정합기로서 플라즈마를 생성하고 유지하는데 중요한 핵심 장비이다. RF Match는 제어단의 고주파 정합단에서 피드백된 위상과 크기 정보를 바탕으로 제어 알고리즘을 거쳐서 서보모터 및 기어단을 통하여 고주파 정합단의 임피던스를 변화시키는 작용을 하며, 제어단의 블록도는 그림 1과 같다. 이러한 과정을 통하여 RF 신호의 위상과 크기를 가변하며, 이는 궁극적으로 RF 제너레이터와 챔버 사이의 임피던스를 정합시키게 된다

현재 사용하고 있는 아날로그 방식의 RF Match 제어단은 오피앰프를 기본으로 하는 증폭기와 동작 모드 스위칭을 위한 아날로그 멀티플렉서 및 아날로그 스위치로 구성된다

현재 아날로그 제어단은 제어회로의 유연성 부족으로 인하여 공정 변화에 따른 동작 조건의 가변이 어렵고, 모든 제어신호와 피드백 신호가 아날로그로 처리되므로 경년변화에 따라 특성의 변화가 발생되며 이는 공정의 손실을 초래한다. 또한, RF Match의 지시창 부재로 Match 및 공정조건의 실시간 파악이 어렵다는 단점이 있다.

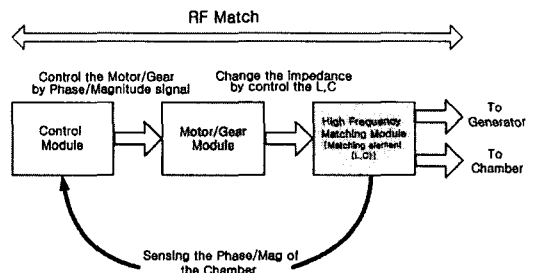
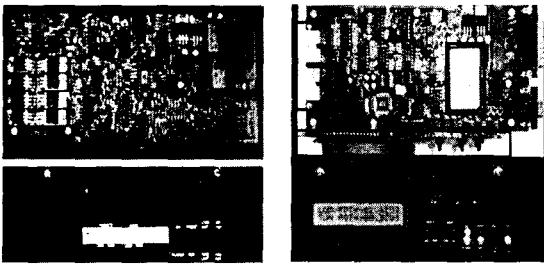


그림 1. RF Match의 제어단 블록도

따라서, 본 논문에서는 멀티 프리셋, 이득조절 등의 부가 기능을 갖는 디지털 방식의 제어단을 개발하여 RF Match 성능을 개선하였고, LCD 모듈의 부착으로 Match 및 장비의 공정 상태의 파악이 가능하도록 하였다

2. 제어보드 설계

디지털 제어단에는 가격대 성능비가 우수하면서 8비트의 CPU내에 8채널의 10비트 D/A 컨버터 ROM, RAM, EEPROM을 내장하고 있는 One-chip 마이크로 콘트롤러를 사용하였다. 그리고 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하기 위한 A/D 인버터를 채용하였고 사용자에게 의해 멀티 프리셋을 설정할 수 있도록 하였으며, 인터페이스를 위한 LCD모듈을 장착하였다. 그림 2는 디지털 제어단과 아날로그 제어단의 비교 그림이다.



(a)아날로그제어단 (b)디지털제어단

그림 2. 디지털 제어단

3. 실험결과 및 고찰

디지털 제어단의 성능 및 신뢰성 평가는 AM사의 P-5000 시스템을 사용하여 표 1과 같은 일반적인 에치공정의 공정조건을 토대로 실험하였으며, 실험 결과 측정 계측기로는 ENI V/I Probe를 사용하였다.

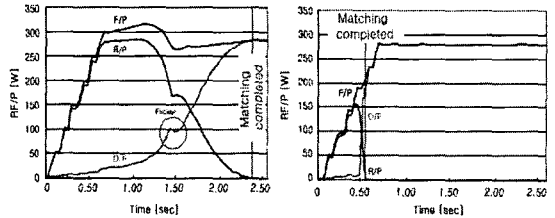
표 1. 실험 공정조건

Recipe	Typical Poly Silicon Etch Process
Pressure	120 mTorr servo
Magnetic filed	30 Gauss
Gas	N2, 100 SCCM
RF power set-point	280 W

그림 3의 (a) 그림은 표 1의 공정조건으로 RF 전력을 인가한 후 챔버 임피던스 정합시까지 시간을

기준으로 전력전달 과정을 그래프로 표현한 것이다.

그림에서 F/P(Forward Power)는 RF 발생기에서 생성되는 전력 값을 나타내며, R/P(Reflect Power)는 RF 발생기와 챔버와의 임피던스 부정합으로 발생하는 반사 손실이다. 그리고 D/P(Delivery Power)는 챔버로 전달되는 실제 전력 값을 말한다.



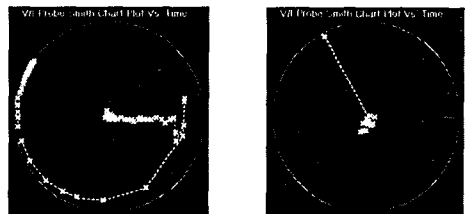
(a)아날로그 제어단 (b)디지털 제어단

그림 3. 성능 비교

그림에서 280W의 임피던스가 정합되어 최대전력 전송이 되는 정합시간은 0.5 sec 이내이며 정합시 RF 발생기에서 발생하는 over/under shoot없이 안정화 되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 실험결과는 마이크로 프로세서 채용을 통한 응답속도 개선 및 멀티 프리셋의 기능을 통하여 얻을 수 있었다.

또한, 기존 아날로그 제어알고리즘을 통한 RF Match와 비교한 결과 정합시간이 현저히 감소함과 플라즈마 폴리커도 제거됨을 알 수 있었다.

그림 4는 ENI VI-Probe에서 제공되는 스미스 차트를 통해서 각 제어단의 성능을 비교한 것이다. (a)의 그림은 아날로그 제어단의 임피던스 정합과정을 나타낸 것이며, (b)의 그림은 디지털 제어단의 임피던스 정합과정이다.



(a) 아날로그 제어단 (b)디지털 제어단

그림 4. 스미스차트를 통한 성능 비교

개발된 디지털 제어단의 마이크로 프로세서의 채용 및 EEPROM을 사용하여 공정 최적값을 적용할 수 있는 preset 기능의 추가와 이득값을 순서적으로

제어함으로 그림 4의 (b)와 같이 정합시간의 단축 및 초기과도 상태를 최소화함으로 공정 안정화를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 RF Matcher의 동작성능 개선을 위하여 제어단의 제어 알고리즘과 하드웨어의 디지털화 방안에 대한 연구를 수행하였다. 실험결과 기존의 아날로그 알고리즘으로 제어하는 RF Matcher보다 정합시간의 단축 및 over/under shoot, 플라즈마 플리커를 제거하였다. 이는 공정 안정화로 생산성 및 수율 향상을 기대할 수 있었고, 지시창의 설치로 고장진단 및 장비 운용의 유연성을 제공하여 효율 증대를 가져왔다.

참고문헌

- [1] Johannes., T. Bartel, B. A. Hebner, J. Woodworth, and D. J. Economou, "Direct Simulation Monte Carlo of Inductively Coupled Plasma and Comparison with Experiments," J. Electrochem Soc, 144, 2448, 1997
- [2] P. Jiang, D. J. Economou, and C. B. Shin, "Effect of Power Modulation on Radical Concentration and Uniformity in a Single-Wafer Plasma Reactor," Plasma Chemistry Plasma Process, 15, 343, 1995
- [3] Y.T.Sul, J.H.Kim, Y.H.Park, "Enhanced HE RF match with digital control," ET Conference(AM), pp.245~249, 2001
- [4] 홍섭희, RF Loadmatching 기술자료, 월간 반도체 pp.98~99, 1999.
- [5] 대한전자공학회, 전파공학, 청문각, pp.48~50, 2001
- [6] 설용태, 이의용, 박성진, "플라즈마 공정 챔버의 임피던스 측정을 위한 Adaptor 개발," 한국 산학기술학회 춘계학술발표 논문집, pp.247~249, 2003
- [7] 박성진, 김원기, 이의용, 설용태, 김준형, 박영취, 채희상, 전석율, 윤덕용, "RF Matcher의 성능 개선 연구," 한국 반도체장비학회 춘계학술대회 발표논문집, pp.71~73, 2003