

# RF Matcher 의 성능개선 연구

박성진\*, 김원기\*, 이의용\*, 설용태\*, 김준형\*\*, 박영휘\*\*, 채희상\*\*, 전석을\*\*, 윤덕용\*\*\*

\*호서대 반도체 제조장비 국산화 연구센터, \*\*㈜AMK, \*\*\*천안공대

## Advanced RF Matcher Technology for Plasma Equipment

본 논문에서는 RF Matcher 의 동작성능 개선을 위하여 RF Match 제어단의 제어 알고리즘과 하드웨어의 디지털화 방안에 대한 연구를 수행하였다. 개발된 제어단은 최적의 동작성능을 위하여 multi-preset, 이득제어 기능 등 다양한 부가 기능을 갖도록 설계/제작하였고, 또한 LCD 모듈의 설치를 통하여 RF Matcher 의 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 Matcher의 제어단은 고주파 정합단에서 피드백된 위상과 크기 정보를 바탕으로 제어 알고리즘을 거쳐서 서보모터 및 기어단을 통하여 고주파 정합단의 임피던스를 변화시키는 작용을 한다. 이러한 과정을 통하여 RF 신호의 위상과 크기를 가변하며, 이는 궁극적으로 RF 발생기와 챔버 사이의 임피던스를 정합시키게 된다. 현재 사용하고 있는 아날로그 방식 RF Matcher 제어단의 구성 블록도는 그림 1과 같고 모든 제어단은 OP Amp를 기본으로 하는 증폭기와 동작모드 스위칭을 위한 아날로그 멀티플렉서 및 아날로그 스위치로 구성된다.

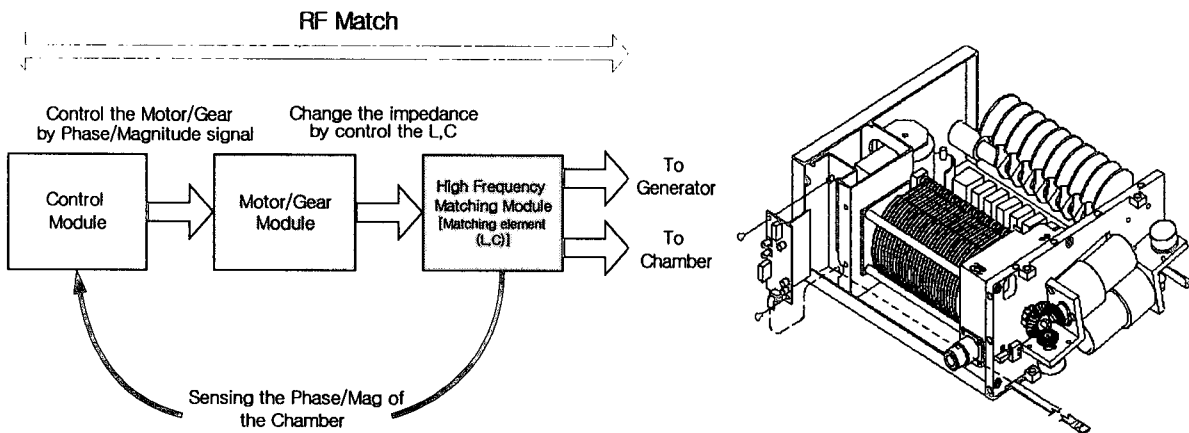


그림 1. RF 임피던스 정합단의 블록도 및 기구도

현재 아날로그 제어단은 제어 회로의 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 Matcher의 지시창 부재로 RF Matcher 및 공정조건의 실시간 파악이 어렵다는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 multi-preset, 이득조절 등 다양한 부가 기능을 갖는 디지털 방식의 제어단을 개발하여 RF Matcher 성능을 개선하였고, LCD 모듈의 부착으로 Matcher 및 공정 상태의 파악이 가능하도록 하였다.

## 2. 실험 방법

디지털 제어단에는 가격대 성능비가 우수하면서 8비트의 CPU내에 8채널의 10비트 D/A 컨버터 및 ROM, RAM, EEPROM을 내장하고 있는 one chip 마이크로 프로세스를 사용하였다. 그리고 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하기 위한 A/D 인버터를 채용하였고 사용자에게 의해 multi-preset을 설정할 수 있도록 하였으며, 인터페이스를 위한 LCD모듈을 장착하였다.

RF Matcher 제어단은 매뉴얼 모드, 프리셋 모드, 오토 모드의 3가지 모드로 동작된다. 매뉴얼 모드는 정합단의 기본 동작을 테스트하기 위한 수동 동작 모드이며, 프리셋과 오토 모드가 실제 공정 중에 사용되는 모드이다. 실제 공정에서는 임피던스 정합시에 프리셋 모드 후 오토 모드로 동작을 한다. 오토 모드의 동작은 챔버의 전압과 전류를 검출하는 제어회로에서 검출된 신호가 피드백되어 최대 전력전송이 가능한 위치로 Load와 Tune을 위치시킨다. 프리셋 모드는 공정 진행 상에서 정합단의 임피던스 정합 성능에 매우 큰 영향을 미치는 중요한 인자로 설정 값에 따라 임피던스 정합 시간에 큰 차이가 있다.

디지털 제어단의 성능 및 신뢰성 평가는 AM 사의 P-5000 시스템과 ENI V/I probe 를 사용하여 수행하였다. 실험에 사용한 공정 조건은 표 1 과 같다.

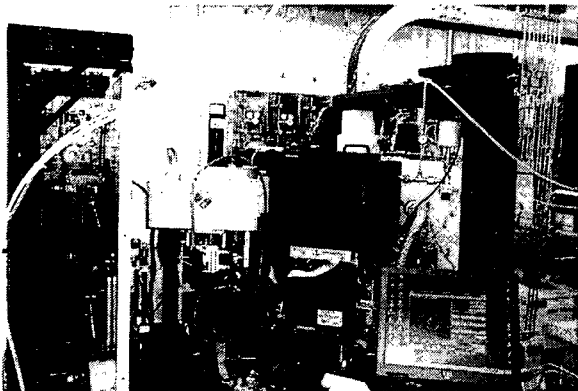


그림 2. 디지털 정합단의 test 환경

표 1. Typical Poly silicon etch process

Typical etch Recipe	
Pressure	120m Torr servo
Magnetic field	30 Gauss
Gas	N2, 100 sccm
RF Power	280W (same result at 1,000W)

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 3 의 왼쪽 그림은 표 1 의 공정조건으로 실험한 결과로 RF 전력을 인가한 후 챔버 임피던스 정합시까지 시간을 기준으로 전력전달 과정을 그래프로 표현된 것이고, 스미스차트로 표현된 그림은 오른쪽과 같이 나타났다. 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.

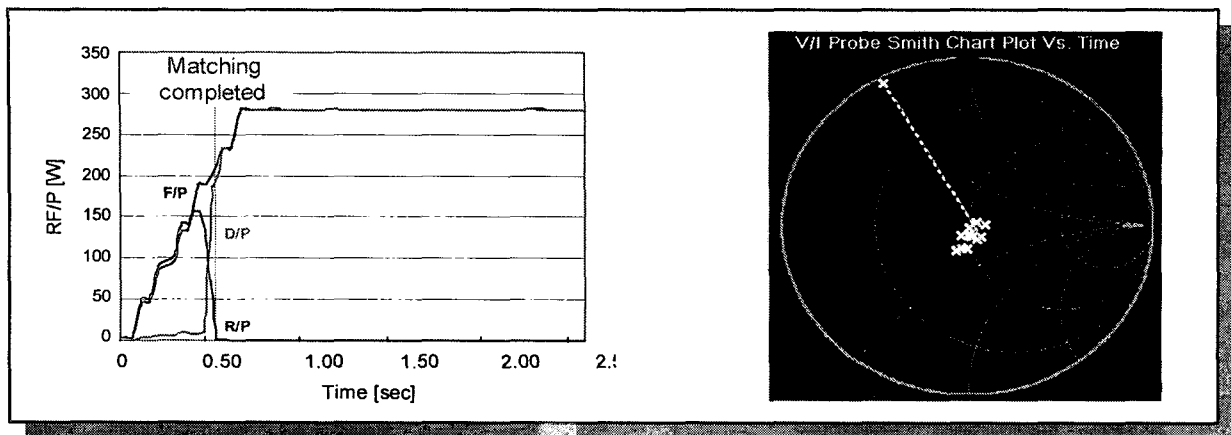


그림 3. 개선된 RF 정합 특성

그림에서 280W의 임피던스가 정합되어 최대 전력전송이 되는 정합시간은 0.5sec 이내이며 정합시 RF 발생기에서 발생하는 over/under shoot 없이 안정화 되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 실험결과는 multi-preset 과 이득조정 등 다양한 추가적인 기능을 통하여 얻을 수 있었다. 또한, 기존 아날로그 제어알고리즘을 통한 RF Matcher 와 비교한 결과 정합시간이 현저히 감소함과 플라즈마 플리커도 제거됨을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

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

#### 참고문헌

- [1] Johannes, T. Bartel, G. 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] R. Wise, D. Lymberopoulos and D. J. Economou, "Rapid Two- Dimensional Self-Consistent Simulation of Inductively Coupled Plasma and Comparison with Experiments," *Appl. Phys. Lett*, 68, 2499 (1996).
- [3] 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).
- [4] D. P. Lymberopoulos, and D. J. Economou, "Spatiotemporal Electron Dynamics in Radio Frequency Glow Discharges," *J. phys. D: Appl. phys.*, 28, 727 (1995).