

RF Match 의 기구적 최적설계

설용태*, 박성진*, 이의용**

*호서대학교 디지털디스플레이공학과, **㈜에이티에스

초록

본 논문에서는 RF 플라즈마 발생 장치인 RF-Match의 기구적 최적 설계를 제안하였다. RF-Match의 정합소자 구동 기어단의 효율 개선을 위해 베벨기어를 웜기어로 대체 설계하여 백래쉬를 제거하였으며, 정합소자의 고전력 인가로 인한 아크 발생 문제의 해결을 위해 접지를 개선하여 RF-Match의 기구적 성능을 향상 시켰다.

1. 서론

Impedance Match 는 RF Plasma Generator 의 출력을 Chamber 내에 최대로 전달하기 위한 Impedance 정합기로서 Plasma 를 생성하고 유지하는데 중요한 핵심장비이다. Wafer 및 glass 가공은 Impedance Matcher 의 성능 여하에 따라 품질, 생산성 등이 크게 좌우되는데 이것은 챔버내의 plasma density, uniformity가 공정 조건의 많은 비율 차지한다고 말할 수 있다.

반도체/디스플레이 제조 장비의 RF 소스(13.56[MHz]@ etc..)와 챔버간의 임피던스 정합을 위한 RF Match 는 크게 RF 임피던스 정합을 위한 고주파 정합회로단과 제어를 위한 제어단, 기계적인 구조의 기어단으로 나누어진다. 그림 1 은 RF 임피던스의 동작원리를 나타내고 있다. RF Generator 로부터 인가되는 신호원은 RF Match 를 통하여 플라즈마 챔버로 공급되며, 이때 RF Match 의 입력단은 챔버의 임피던스를 RF Generator 의 출력 임피던스와 정합하는 과정을 수행하여 최대의 전력이 챔버로 공급되도록 한다.

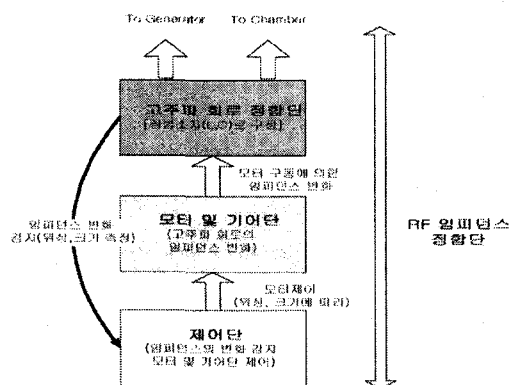


그림 1. RF 임피던스 정합단의 구성

본 논문에서는 RF Match의 고주파 정합소자 및 구동 기어단의 최적 설계를 통하여 RF Match의 성능 향상을 목표로 한다.

2. 최적 설계

1) 임피던스 정합단 용량산정

RF 임피던스 정합단은 플라즈마 챔버와 RF 소스단간에 임피던스 부정합에 의하여 야기될 수 있는 전력 손실 및 반사 전력에 의한 RF 소스의 오동작, 챔버의 불안정성을 방지하기 위하여 챔버내의 임피던스 변화를 실시간으로 감지하여 자동으로 임피던스의 변화를 보정해주는 부품이다.

이러한 정합단의 정합소자에는 냉각방식에 따라 수냉식과 공랭식이 가능한 진공타입과 공랭식 방법에 의한 에어타입의 정합소자가 사용된다. 이러한 정합소자의 용량을 RF 전원발생기를 이용하여 산정한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 정합소자의 용량산정

Forward Power [kW]	Delivery Power [kW]	Vrms[V]	Irms[A]
1 [kW]	934.3	219.20	4.262
2 [kW]	1,866.4	308.67	6.048
3 [kW]	2,796.6	376.79	7.426
4 [kW]	3,715.5	433.76	8.573
5 [kW]	4,610.9	484.40	9.530

본 논문에서는 진공타입의 정합소자를 사용하기에는 전력용량이 낮고 매우 비싼 제조단가의 문제점으로 에어타입의 정합소자를 사용하기로 하였으며 상기 표에 기술된 단점을 개선하기 위하여 다음과 같은 성능개선 연구를 하였다.

열화에 의한 특성변화 짧은 수명주기 및 잦은 반복 동작에 의한 날개가 파손되는 문제점을 해결하기 위해서 정합소자의 소자의 개선 및 접지부의 보강으로 인한 반사전력에 의한 블레이드의 열화를 방지하였다.

2) 모터 및 기어단 설계

챔버내의 미세한 환경 변화(공정변화, 온도 열)에 의해서 챔버의 임피던스는 변화되며 이러한 임피던스 변화에 신속한 대체가 이루어 지지 않을 때는 RF 소스와 챔버의 임피던스를 부정합 시키는 요인이 된다. 모터 및 기어단은 2 개의 가변모터(Variable motor)와 모터의 회전력을 고주파 정합 회로단에 전달하는 기어로 구성되어, 고주파

회로단의 정합소자인 가변 인덕터와 커패시터의 값을 기계적으로 변화시키는 방법으로 RF 소스와 챔버간의 임피던스 정합을 유도하는 작용을 한다.

현재 상용되는 모터 및 기어단의 문제점은 정확한 임피던스 변화를 유지하기 위한 모터와 기어의 정밀도와 챔버내의 미세한 임피던스 변화에 따른 정합단 임피던스 변화에 많은 시간 소요되며, 정합된 임피던스를 유지하기 위한 모터와 기어 power 부족으로 인한 기어 맞물림의 문제가 발생하며 또한 모터의 회전력을 고주파 정합 회로단으로 전달하는 기어 구조가 복잡하여 효율이 저하 되는 문제점이 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 모터 및 기어단의 가변 리액터와 캐패시터의 구동 속도의 증대를 위한 구조 연구와 에너지 전달 효율을 높일 수 있는 최적 설계를 통하여 구동 효율을 개선 시켜야 한다.

상기의 문제점의 개선을 위하여 본 논문에서는 베벨기어에서 워기어로 대체 제작하여 실험을 하였다. 베벨기어는 기어의 복잡함과 감속기 사용으로 인한 효율의 저하 및 기어의 구조적인 특성으로 인한 백래쉬의 발생으로 인한 반사 전력 발생 등의 문제점을 가지고 있다. 이를 워기어로 교체 제작함으로써 기어 구조를 최적화 시켜 에너지 전달 효율을 높일 수 있었으며, 잦은 정/역 운전에 적합한 워기어의 설계로 백래쉬를 제거 할 수 있었다. 최적 설계된 도면은 아래 그림과 같다.

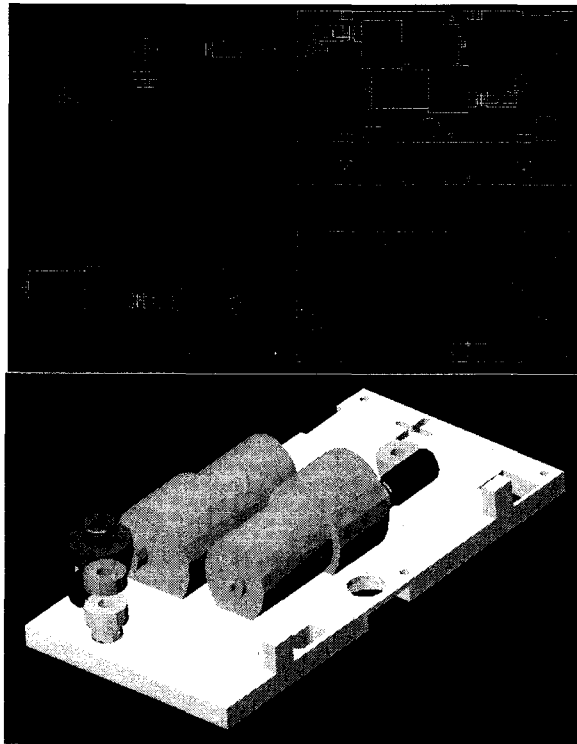


그림 2. 모터 및 기어단의 최적 설계

3. 결론

본 논문에서는 RF Plasma 발생을 위한 RF Match 의 기구단의 최적 설계의 모델을 제시하였다. RF Match 의 임피던스 정합시 주요 부품인 정합소자, 모터 및 기어단을 단순화 및 최적화 설계를 통하여 정합소자의 미세조정이 가능하였으며, 복잡한 기어 구조의 단순화로 정합소자의 구동 효율을 올리어 초기 임피던스 정합시간의 단축 및 아크 발생의 문제점을 해결하였다.

참고문헌

- [1] 설용태, 이의용, 박성진 “RF 정합 특성 개선을 위한 챔버의 임피던스 측정법” Vol.2 No.4 P.13-17
03년 12월, 한국반도체 장비학회
- [2] 박성진, 설용태, 이의용 “RF 플라즈마를 사용하는 공정 장비의 임피던스 정합특성 개선에 관한 연구”
04년 6월 3일, 산학기술 성공학회
- [3] M. Sugawara, Plasma Etching, Oxford University Press, Oxford, 1998
- [4] D. Economou and R. Alkre, "Effect of Potential Field on Ion Deflection and shape Evolution of Trenches during plasma-Assisted Etching," J. Electrochem. Soc, 135, 941 (1998).