

450mm 반도체 CVD 장비 및 300mm F-CVD 공정용 8kW급 주파수 가변형 RF Generator 개발

김대욱, 양대기, 안영오, 임은석, 최대규, 최상돈
(주)뉴파워플라즈마

Development of 8kW Variable Frequency RF Generator for 450mm CVD & 300mm F-CVD process

Dae Wook Kim, Dae Ki Yang, Young Oh An, Eun Suk Lim, Dae Kyu Choi, Sang Don Choi
New Power Plasma Co.LTD

ABSTRACT

450mm 반도체 CVD 장비 개발 및 300mm F CVD (Flowable CVD) 공정 개발에 있어서 공정 마진 확보 및 막질 품질 개선을 위해 주파수 가변형 RF Generator가 필수적으로 요구되고 있다. 20nm이하 STI (Shallow Trench Isolation), PMD (Pre metal Dielectric) & IMD (Inter Metal Dielectric) 미세공정 gap fill에 많은 문제점이 도출되고 있으며, 이유로는 Generator 고정 주파수에서 Matching Time delay 또는 Shooting에 의한 산포의 한계로 파악되었으며, 주파수 가변에 의한 고속 Tune 기능이 요구되어진다. 따라서 400kHz 주파수 가변형 RF Generator 개발을 진행하였으며 본 논문을 통해 개발되어진 장비의 성능과 시험 평가한 결과를 소개하고자 한다.

1. 서론

Flowable CVD공정에 사용되는 가스 특성상 챔버 임피던스가 연속적으로 변화한다. 이로 인하여 간극 채움내 막질 불량 발생되고 디바이스 수율이 나빠지게 된다. 또한 450mm 설비 및 공정에서는 챔버 임피던스 변화폭이 증가하며, 20nm이하 STI (Shallow Trench Isolation), PMD (Pre metal Dielectric) & IMD (Inter Metal Dielectric) 미세공정 Gap fill에 많은 문제점을 안고 있다^[1]. 이러한 문제점에 대한 기존의 고정 주파수형 제너레이터로는 대응에 한계성이 있어 주파수 가변형 제너레이터의 개발이 요구되어 지고 있다. 주파수 가변 기술(Variable Frequency Technology)은 공정 중 챔버 내부 임피던스의 변화에 자동적으로 주파수를 대응할 수 있다. 또한 혼합공정(NF3+NH3, NH3, Liquid)에서의 높은 임피던스 변화에 대하여정합시간이 우수하다는 장점이 있다.

2. 8kW 주파수 가변형 RF Generator 개발

2.1 회로구성 및 동작원리^[2,3]

본 사업의 1차년에 개발된 주파수 가변형 Generator(이하 SFG)는 50mm 반도체 CVD 장비 개발 및 300mm F CVD (Flowable CVD) 공정 개발에 있어서 공정 마진 확보 및 막질 품질 개선을 위해 필수적으로 요구되고 있다. 기본적인 구성은 3상 208[V] 입력 전원을 다이오드로 정류하여 정류된 직류전압을 커패시터를 통해 평활하여 Power Amp 에 안정된 직류를 공급하는 DC LINK 모듈부, 3상 208[V] 입력전원을 공급받아

+5V, +12V, ±12V, 24V 등의 DC전원으로 전환하여 안정된 전원을 Controller 및 PWM Drive 회로에 공급하는 역할을 수행하는 Aux SMPS, 400kHz ±10%의 RF출력을 발생시키기 위한 Power Amp부, 고조파 성분 제거를 위한 LPF(Low Pass Filter)부, 진행전력과 반사전력 및 임피던스 검출을 위한 고정밀 검출회로부, 제어부로 구성되어 있으며, 제어부는 PWM 제어 IC와 Micro Processor를 사용하여 출력 전력 설정, 제어 Mode 설정, 과전압 보호, 과전류 보호 등의 기능을 탑재 하였다. 그림 1은 개발된 SFG의 구성도를 나타내었다.

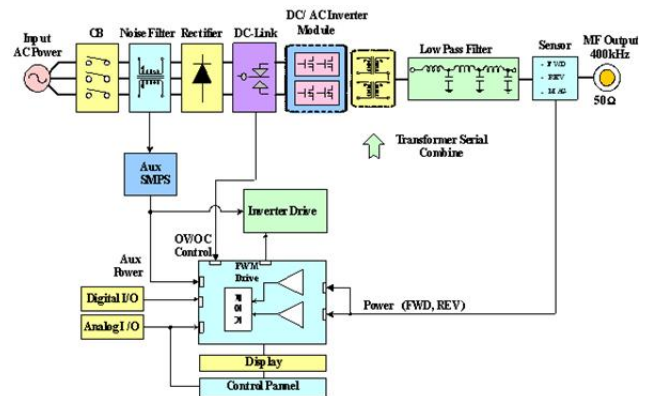


그림 1 고주파 전원장치 블럭도
Fig. 1 Block diagram of MF Generator

2.2 주파수가변기술((Variable Frequency Technology)

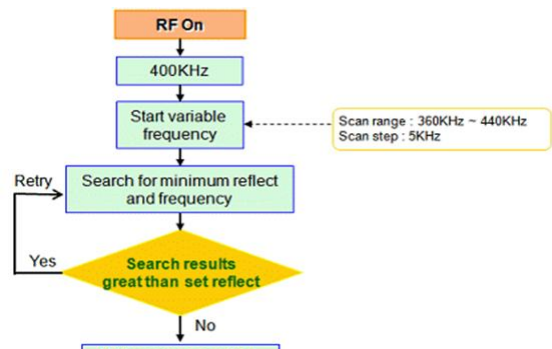


그림 2 주파수 가변 알고리즘
Fig. 2 Algorithm of Variable Frequency

그림 2에서 보여지는 것과 같이 알고리즘의 대략적인 내용은 아래와 같다.

1. Ignition를 위해 Frequency 400kHz에서 RF Power를 출력한다.
2. Frequency 360kHz ~ 440kHz 까지 5kHz 단위로 Auto Scan을 실행 한다.
3. Frequency가 바뀔 때 마다 발생되는 Reflect power를 체크 한다.
4. Auto Scan이 완료가 되면 발생되었던 Reflect Power중 가장 작은 Reflect Power에 해당되는 Frequency를 도출 한다.
5. 도출된 Frequency를 출력하여 최종 Matching을 완료 한다.

2.3 전원장치의 구성 및 제작

그림 3은 실제 제작된 8kW급 MF Generator의 외관도이다. 3상 208V 입력전원, 최대 출력 8,000W, 출력주파수의 가변범위는 360~440kHz까지 가능하다. 출력 정밀도는 $\pm 1\%$ of set point (at 400kHz into a 50 Ω , 1000 8000W), 10W of set point (at 400kHz into a 50 Ω , 100 1000W)를 가진다. 전원장치는 19" 표준랙 Type 기준으로 설계되었으며 가로 482mm * 세로 520mm * 높이 176mm이며 무게는 약 50kg이다.

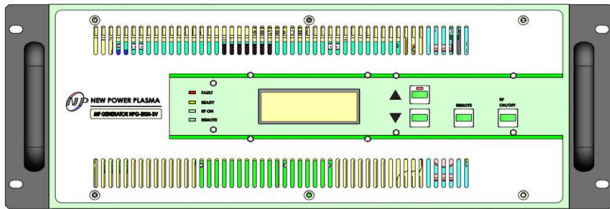


그림 3-1 8kW급 MF Generator 전면부

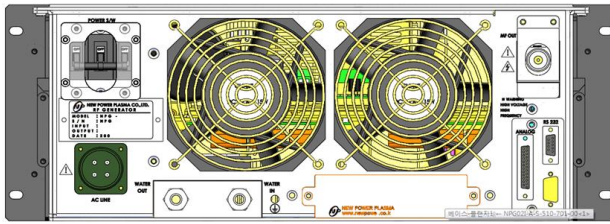


그림 3-2 8kW급 MF Generator 후면부

그림 3 8kW급 MF Generator 사진
Fig. 3 Photograph of RF Power supply

제작된 제너레이터로 플라즈마 환경하에서 아래의 구성으로 시험을 진행하였다. 챔버와 MF Generator 사이에 Matching Network(Model: NPM 10KM, NPP Inc.)을 사이에 두었다.

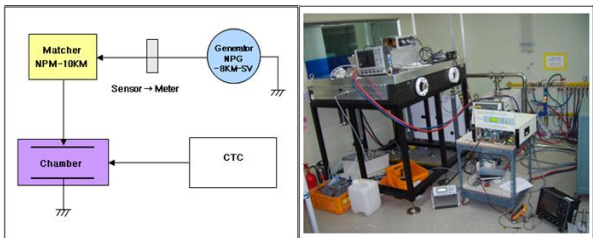


그림 4 실험 환경
Fig. 4 Experimental setup Plasma test

Step Time 20ms, N2 30sccm, 0.024torr, Set Power 5kW, 최적 Matching Point L/T 5.74/4.53, 400kHz(압력 0.034torr일

경우 390kHz)로 잡아 놓고 Test를 진행 하였다. Step Time 20ms에서 기본적으로 최적 Matching을 못하는 현상이 역시 나타났으며, Step Time을 늘릴 경우 최적 Matching Frequency 근처에서 Matching 되는 현상이 나타났다. 시간이 늘어날수록 양호한 결과가 나타남을 알 수 있었다. Step Time 10ms에서는 처음에는 420kHz에서 잡으며 두번째 Scan시에 400kHz에서 Matching되는 현상이 나타났다. 그림 5는 최적 매칭시에 Generator의 출력파형을 나타내었다.

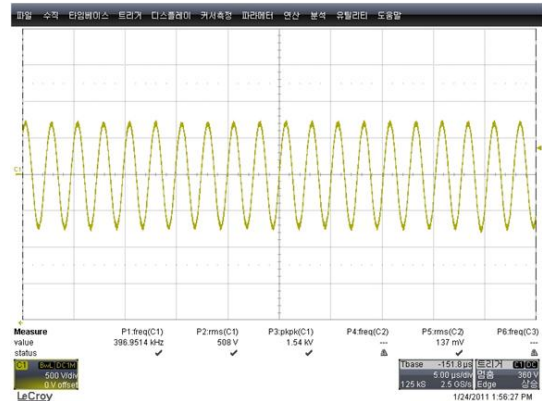


그림 5 최적 매칭시 출력파형
Fig. 5 Output waveform about optimize matching

3. 결론

400kHz 가변 주파수 적용한 국내 Generator 제품은 없으며 국외는 D사가 유일하며 Selective Frequency 기술 적용한 사례는 본 논문에 소개된 제품이 처음이다. 450mm 반도체 CVD 장비 개발 및 300mm F CVD 공정 개발에 있어서 공정 마진 확보 및 막질 품질 개선을 위해 본 개발품이 기여하리라 여겨지며, 차후 연구계획은 파워용량을 더 증대한 15kW급 주파수 가변형 제너레이터를 개발하고자 한다.

이 논문은 지식경제부의 지식경제 기술혁신사업(No. N011100032) 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Honggun Kim; Seungheon Lee; Jun Won Lee; ByeongJu Bae; Yongsoon Choi; Young Ho Koh; Hayoung Yi; Eunkee Hong; Mansug Kang; Seok Woo Nam; Ho Kyu Kang; Chilhee Chung; Jinyung Park; Namjin Cho; Seungmoo Lee, "Novel flowable CVD process technology for sub 20nm interlayer dielectrics," Interconnect Technology Conference (IITC), 2012 IEEE International, vol., no., pp.1,3, 4 6 June 2012
- [2] Dae Kyu Choi, Soo Seok Kim, "The Development of Low Frequency RF Generator for Dry Scrubber", ICOPS 2003 1E07, PP140, 2003, Jun.
- [3] Dae Kyu Choi, "A Study on the plasma Generation Method using PWM Control for Ash Process", A doctoral dissertation, 2005.