

# 증착율 개선을 위한 고주파 임펄스 플라즈마 전원장치에 대한 연구

반정현<sup>1†</sup>, 김동성<sup>2</sup>, 한희민<sup>2</sup>, 서광덕<sup>2</sup>, 김준석<sup>1</sup>  
인천대학교 전기공학과<sup>1</sup>, 이엔테크놀로지(주)<sup>2</sup>

## A study on high frequency impulse plasma power supply for improving deposition rate

Jung Hyun Ban<sup>1†</sup>, Dong Sung Kim<sup>2</sup>, Hee Min Han<sup>2</sup>, Kwang Duk Seo<sup>2</sup>, Joohn Sheok Kim<sup>1</sup>  
Incheon University<sup>1</sup>, EN Technology<sup>2</sup>

### ABSTRACT

산업기술이 고도화됨에 따라 다양한 계열의 박막이 필요하게 되었고 고밀도의 플라즈마를 공급하고 안정된 공정의 진행을 위해 순시적인 플라즈마 제어가 가능한 임펄스 전원장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 플라즈마를 이용한 박막증착에서 요구되어지는 고품질의 박막특성을 구현하기 위해 다양한 공정기술이 개발되어 사용되고 있으며, 여기에는 박막을 구현하기 위한 증착 시스템 개발과 공정기술, 그리고 플라즈마를 형성, 유지시키는 고성능의 전원장치가 필요하다. 최근 박막증착 공정이 다양화되고 박막의 고품질화와 고속화 추세에 대응하기 위해서 고밀도의 플라즈마 제어가 가능한 고효율 임펄스 전원 개발이 요구된다. 또한, 에너지 밀도 증가를 위해 고속 임펄스 전원 장치의 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 앞서 연구되어진 저압회로를 부가한 임펄스 전원장치[1]를 수정, 보완한 후속연구로써, 증착율 개선을 위한 고주파 임펄스 플라즈마 전원 장치를 제안한다.

### 1. 서론

산업기술이 고도화됨에 따라 다양한 계열의 박막이 필요하게 되었으며 여기에는 고밀도의 플라즈마를 공급하고 안정된 공정 상태를 유지하고 플라즈마의 순시적인 제어가 가능한 고효율의 임펄스 전원장치가 필요하다. 기존의 임펄스 전원장치는 대부분 충전용 DC전원장치[2]를 이용하여 고압 커패시터를 충전하고 충전된 에너지를 순간적으로 부하에 방전시켜 플라즈마를 발생시키는 구조를 갖고 있다. 이러한 형태는 매우 효율적으로 이온화율이 높은 플라즈마를 발생시킬 수 있으나 전압이 급격하게 감소함으로 인하여 이온화된 전하가 가속할 수 있는 충분한 전계를 인가하지 못하는 단점이 있다. 마그네트론 스퍼터 장치의 핵심은 이온화된 전하가 목표물에 충돌하여 그 에너지를 이용한 목표물의 분산 및 코팅 대상에 대한 증착이므로 단순히 이온화율이 높은 플라즈마의 발생만으로는 소기의 성과를 얻기 어렵다.

본 연구에서는 증착율 개선을 목적으로 에너지 밀도의 증가를 위한 50% Duty Cycle를 가지는 고주파 임펄스의 발생 뿐 아니라, 플라즈마 발생 후에 이온화된 양자입자가 충분히 가속할 수 있는 전계를 인가함으로 증착율을 획기적으로 개선시킬 수 있는 새로운 형태의 복합형 임펄스 전원장치를 개발하였다. 개발된 전원장치는 기존의 임펄스 전원장치와 동일하게 1500~3000V의 임펄스 전압을 인가하여 챔버내에 플라즈마를 형성시킨 후, 이온의 가속에 필요한 전계를 인가하기 위하여 별도의 600~800V 저압을 연속하여 스퍼터링 시스템에 인가하는 구조

를 갖고 있다.

### 2. 제안한 임펄스 전원장치

일반적인 임펄스 전원장치는 고압 DC 충전기를 이용하여 일차적으로 커패시터에 에너지를 충전하고, 충전된 에너지를 출력단의 고전압 스위치를 이용하여 부하로 방전하는 구조를 갖는다. 이때의 출력 파형이 그림1의 왼쪽에 도시되어 있다. 그림1의 오른쪽에는 본 연구에서 개발한 전원장치의 출력파형에 대한 개용도가 도시되어있다. 기존 장치의 문제점을 개선하기 위하여 임펄스 전압이 인가된 이후 이온의 가속에 필요한 전계를 인가하기 위한 저압의 증착 전압이 연속적으로 인가됨을 볼 수 있다.

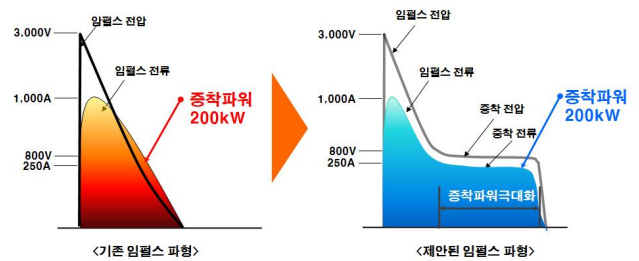


그림 1. 기존 임펄스 파형과 제안된 임펄스파형

### 3. 고주파 임펄스 전원장치 구성 및 동작 사항

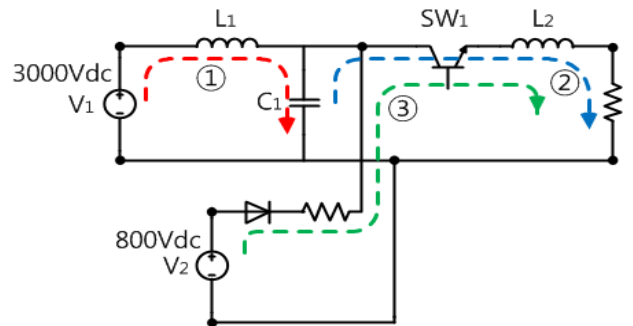


그림 2. 제안된 고주파 임펄스 전원장치의 구성도

그림2는 제안된 고주파 임펄스 전원장치의 간략한 구성도이다. 플라즈마 발생을 위한 3000V 고압 DC전원장치와 이온의

가속 구간을 위한 800V 저압 DC전원장치를 병렬로 구성한다. 그리고 두 과정을 중첩시키기 위한 펄스 모듈레이터부로 구성하며, 증착부하 모델링에 어려움이 있어 저항부하로 구성하였다.

첫 번째 단계 ①에서는 V1 과 L1을 이용하여 고압 임펄스 발생을 위하여 C1 (3kV) 을 충전시킨다. 두 번째 단계 ② 은 SW1을 On 시켜 C1에 충전된 에너지를 L2를 거쳐 저항부하에 방전 하는 단계로써, 플라즈마 발생을 위한 고압 임펄스를 인가한다. 세 번째 단계 ③에서는 C1이 800V 이하 방전 시 V2 를 이용하여 이온의 가속에 필요한 전계를 위한 저압 (800V)을 인가한다.

#### 4. 시뮬레이션

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	L1	L2	C1
Value	0.1mH	5μH	0.5μF

표1은 제안된 고주파 임펄스 전원장치의 충, 방전 특성을 결정하는 파라미터 L1, L2, C1 의 값을 나타낸다. 위 값을 시뮬레이션을 통하여 결정하였다.

##### 가. 시뮬레이션 파형

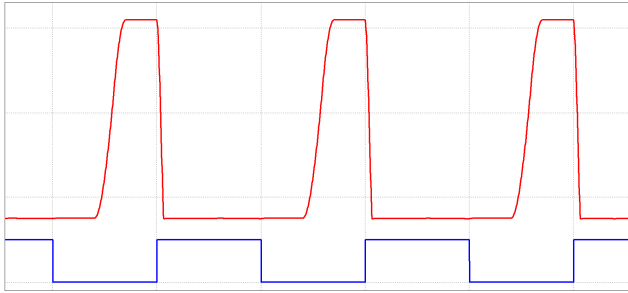


그림 3. 10kHz 고주파 임펄스 전원장치의 C1 충, 방전 및 IGBT 게이트 신호 시뮬레이션 파형 (적색 : 전압 1000V/div, 청색 : 게이트 신호, 시간: 50us/div)

그림 3의 적색 파형은 제안된 고주파 임펄스 전원장치의 C1 의 충, 방전 시뮬레이션 파형을 나타내며, 적색 파형은 IGBT 게이트 신호를 나타낸다. V1, L1 이용하여 C1을 충전하고, SW1을 On 시켜 L2를 통하여 C1을 방전하여 부하단에 고압 임펄스를 발생 시킨다. 주파수는 10KHz, 펄스폭은 50us로써, Duty cycle 50%로 동작함을 확인 할 수 있다.

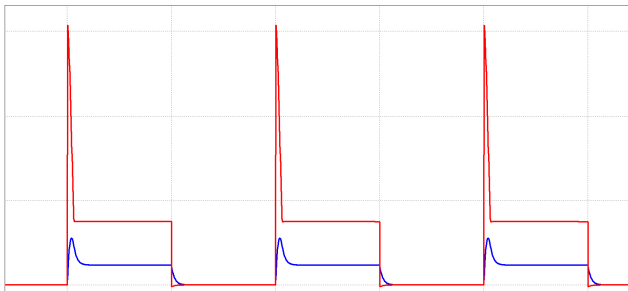


그림 4. 10kHz 고주파 임펄스 전원장치의 출력 시뮬레이션 파형 (적색 : 전압 1000V/div, 청색 : 전류 1000A/div, 시간: 50us/div)

그림 4는 제안된 고주파 임펄스 전원장치의 시뮬레이션 출력 파형을 나타낸다. 출력전압이 3000V 까지 인가되고 전류는 500A 까지 상승하는 것을 확인 할 수 있다.

#### 4. 실험

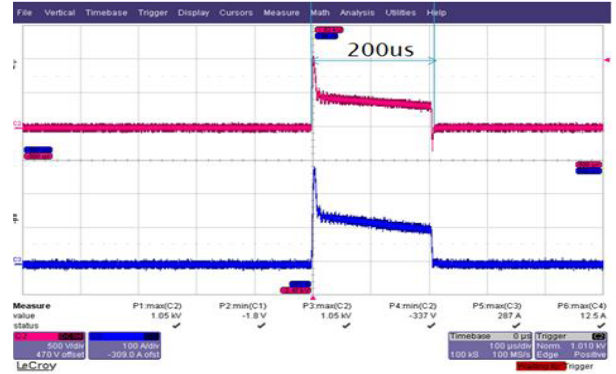


그림 5. 임펄스 전원장치의 출력 파형 (전압 1000V/div, 시간: 100us/div)

실험은 계속 진행 중이다. 현재 그림 5와 같은 주파수 500Hz, 펄스폭 200us의 동작 까지 진행된 상태이며, 추후 구성 장치의 수정, 보완을 거쳐 최종 목표치인 주파수 10kHz, 펄스 폭 50us인 고주파 임펄스 전원장치를 개발 할 예정이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 마그네트론 스퍼터 시스템에서 증착율 개선을 위한 충분한 에너지 밀도를 얻기 위해 고주파 임펄스 전원장치를 제안 하였다. 제안된 전원장치에서는 고주파 임펄스 출력부와 별도로 저압출력부를 장착하여 이온의 가속에 필요한 전계를 인가함으로써 증착율을 개선하는 방식을 제시하였다.

조만간 목표치를 만족하는 고주파 임펄스 전원장치가 개발 될 것이며 본 시스템의 제품화가 이루어지면 코팅 분야의 획기적인 발전과 유관 국가 경쟁력에 활력을 불어넣을 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 중소기업 기술개발지원 사업(중소기업청)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### 참 고 문 헌

- [1] 최병준, 반정현, 김동성, 한희민, 김준석, “최대 증착을 위한 20kW 플라즈마 스퍼터용 임펄스 전원장치”, 전력전자 학술대회 논문집, pp 516~517 (2pages), 2010
- [2] 신병철, 송두익, 정창용, 유동욱, “임펄스 Generator용 고주파 고압 전원장치 개발”, 전력전자 학술대회 논문집, pp. 573~576 (4pages), 1999
- [3] H. Akiyama, and et. al, “Industrial applications of pulsed power technology,” IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation, vol.14, No. 5, pp.1051 1064, Oct 2007.