

최대 증착을 위한 20kW 플라즈마 스퍼터용 임펄스 전원 장치

최병준^{1*}, 반정현¹, 김동성², 한희민², 김준석¹
 인천대학교 전기공학과¹, 이엔테크놀로지(주)²

Development of 20kW Plasma Sputtering Impulse Power Supply for Maximum Coating Ability

ByungJun Choi^{1*}, JungHyun Ban¹, DongSung Kim², HeeMin Han², JoohnSheok Kim¹
 Incheon University¹, EN Technology²

ABSTRACT

최근에 들어 반도체 및 디스플레이 분야를 포함하여 태양 전지와 같은 신재생 에너지 분야에서 고품질, 고기능성 박막이 많이 사용되고 있으며, 이에 따라 플라즈마 제어기술 및 코팅 공정기술 개발에 대한 요구가 증가하고 있다. 산업기술이 고도화됨에 따라 다양한 계열의 박막이 필요하게 되었고 고밀도의 플라즈마를 공급하고 안정된 공정을 진행하기 위해 순시적인 플라즈마 제어가 가능한 임펄스 전원장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 임펄스 전원장치에서는 플라즈마 발생에 필요한 고전압 발생만 관점을 두고 있으나 플라즈마의 발생뿐만 아니라 증착율이 높은 상태로 유지되어야 실제 공정의 효율이 증가한다. 본 연구에서는 증착 효율을 극대화하기 위하여 별도의 저압회로를 부가한 복합형 임펄스 전원장치를 제안한다.

1. 서론

산업기술이 고도화됨에 따라 다양한 계열의 박막이 필요하게 되었으며 여기에는 고밀도의 플라즈마를 공급하고 안정된 공정 상태를 유지하고 플라즈마의 순시적인 제어가 가능한 고출력의 임펄스전원장치가 필요하다. 기존의 임펄스 전원 장치는 대부분 충전용 DC전원장치를 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 극격하게 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 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 구조를 갖고 있다.

2. 제안한 임펄스 전원장치에 대한 연구

가. 기존 임펄스 전원 장치

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. 이러한 구조에서는 순간적인 고전압의 인가로 인하여 플라즈마가 원활하게 발생하지만 전압이 급격하게 감소하여 이온이 가속할 수 있는 구간이 매우 짧은 문제가 있다. 이온이 충분히 가속하지 못하는 경우 귀금속으로 이루어진 목표물의 분산에 필요한 에너지를 공급하지 못하기 때문에 결과적으로 코팅 대상에 대한 증착 속도가 저하된다.

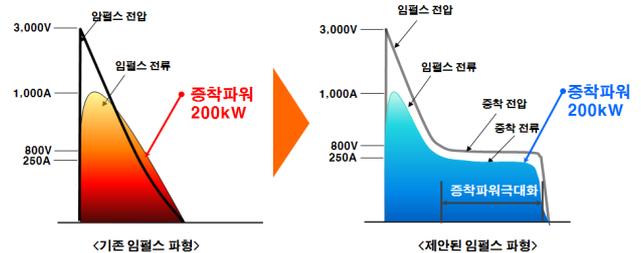


그림 1. 기존 임펄스 파형과 제안된 임펄스파형

나. 제안된 임펄스 전원 장치

그림1의 오른쪽에는 본 연구에서 개발한 전원장치의 출력 파형에 대한 개요도가 도시되어 있다. 기존 장치의 문제점을 개선하기 위하여 임펄스 전압이 인가된 이후 이온의 가속에 필요한 전계를 인가하기 위한 저압의 증착 전압이 연속적으로 인가됨을 볼 수 있다. 위와 같은 출력전압을 얻기 위하여 제안된

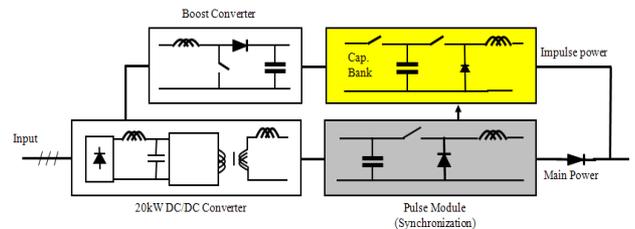


그림 2. 제안된 임펄스 전원장치 구조

전원장치는 플라즈마 발생을 위한 고압 임펄스출력부와 이온의 가속구간을 위한 저압 DC 출력부, 그리고 두파형을 중첩시키기 위한 펄스 모듈레이터부로 구성되었다. 그림2에 제안된 전원 장치의 구조도가 도시되어 있다. 그림의 위쪽에 부스트컨버터

를 이용하여 필요로하는 임펄스 출력전압을 충전하고 이를 부하에 방전하는 고압 출력부가 구성되어 있으며, 그림의 하단에는 공진형 정현파 컨버터를 이용한 저압 DC출력부가 구성되어 있다.

3. 실험장치 구성 및 결과

제안된 전원장치는 현재 완전히 기능적으로 융합된 형태가 아니고 그 구현가능성을 타진하는 단계이며, 기능적 완성도를 높이기 위하여 상용전원장치를 이용한 실험이 수행되었다. 고압 임펄스 전원장치는 3000V의 고압이 출력되도록 설정되었으며 800V DC전원장치로 저압부를 구성하였으며 원하는 파형을 출력하기 위하여 두 전원장치의 출력을 중첩하는 펄스 모듈레이터를 별도로 구성하였다.



그림 6. 실험장치의 구성

그림 4.에는 진공챔버가 아닌 저항부하에 대한 제안된 전원장치의 출력파형이 도시되어 있다. 출력전압이 3000V까지 인가되고 전류는 100A까지 상승하는 것을 확인 할 수 있다.

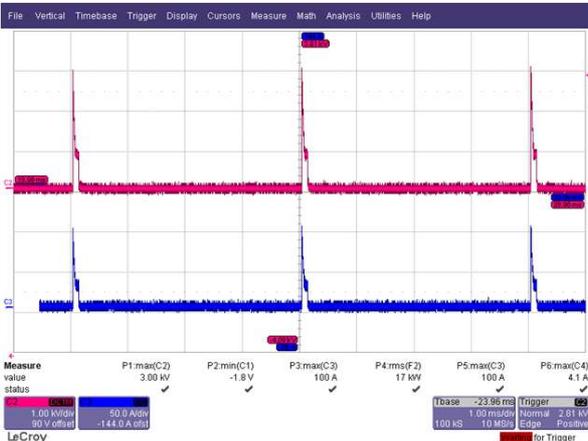


그림 7. 제안된 전원장치의 출력파형(3000V)
(상:출력전압 1kV/div, 하:출력전류 50A/div)

그림 5.에는 부하조건을 변경하여 임펄스 전원의 최대 출력을 실험한 파형이 도시되어 있다. 부하저항의 부유용량에 의해 전압은 최대치인 3000V까지는 상승하지 못하고 약 1.83kV까지 상승하고 전류는 최대 517A까지 출력되어 순시전력이 약 182kW의 전력을 공급하는 것을 볼 수 있다.

그림 6.은 실부하에 대한 출력파형을 도시하였다. 충분한 용량의 플라즈마 챔버를 구하지 못하여 5kW급 간이 챔버에 대하여 실험하였으며 부하의 부유용량으로 인하여 전류가 수직으로 상승하지 못하는 문제가 있으나 저항 부하와 거의 유사한 동특성을 유지하며 플라즈마가 발생되는 것을 확인할 수 있다.

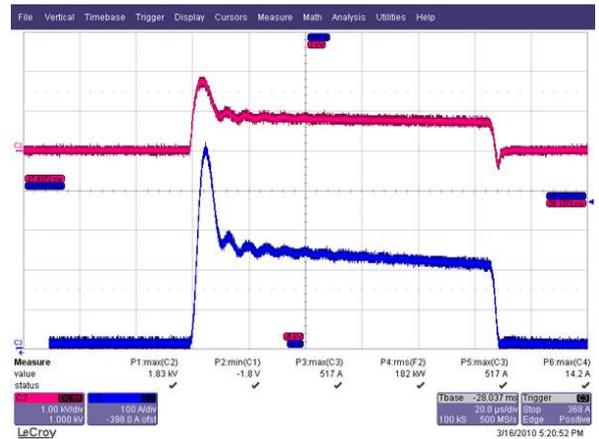


그림 5. 제안된 전원장치의 출력파형(최대출력)
(상:출력전압 1kV/div, 하:출력전류 100A/div)

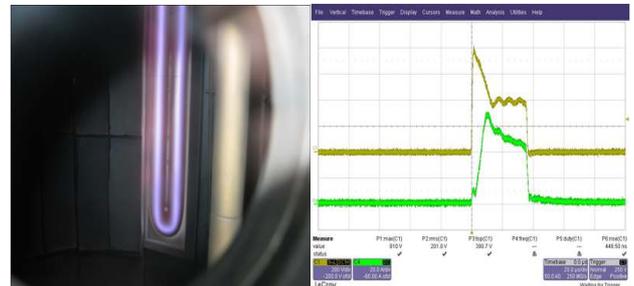


그림 6. 제안된 전원장치의 출력파형(실부하 출력)
(상:출력전압 200V/div, 하:출력전류 20A/div)

4. 결론

본 연구에서는 마그네트론 스퍼터 시스템에서 증착율을 획기적으로 개선시킬 수 있는 새로운 형태의 복합형 임펄스 전원장치를 제안하였다. 제안된 전원장치에서는 임펄스 출력부와 별도로 저압출력부를 장착하여 이온의 가속에 필요한 전계를 인가함으로써 증착률을 개선하는 방식을 제시하였다. 아직 완전한 단일형태의 전원장치로 구성되어 지지 않았으나 조만간 완전한 복합형 전원장치로 재구성될 예정이며 본 시스템의 제품화가 이루어지면 코팅 분야의 획기적인 발전과 유관 국가 경쟁력에 활력을 불어넣을 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 중소기업 기술개발사업(중소기업청)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] 신병철, 송두익, 정창용, 유동욱, "임펄스 Generator용 고주파 고압 전원장치 개발", 전력전자 학술대회 논문집, pp. 573~576 (4pages), 1999
- [2] 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.
- [3] W. Jiang, ant et. a., "Compact solid-State switched pulsed power and its applications," Proceedings of the IEEE, vol. 92, no. 7, pp.1180-1196, July 2004.