

플라즈마 스퍼터링 공정용 DC 전원장치에 관한 연구

권민준, 이우철
한경대학교

A Study on the DC Power Supply for Plasma Sputtering Process

Min-Jun Kwon, Woo-Cheol Lee
Hankyong National Univ

ABSTRACT

플라즈마 스퍼터링 공정은 반도체, 디스플레이 등 다양한 분야에서 사용되어지고 있는 박막 코팅 공정이다. 플라즈마 스퍼터링 공정의 특성상 안정된 플라즈마를 공급하기 위하여 펄스 전원장치를 요구 하게 된다. 본 논문은 플라즈마 스퍼터링 공정용 DC 전원장치를 통해 안정된 플라즈마를 공급하고 증착 효율을 높이기 위한 연구를 진행한다.

1. 서 론

다양한 분야에 사용되고 있는 플라즈마 스퍼터링 공정은 공정 특성에 맞는 전원장치를 필요로 한다. 플라즈마 공정은 코팅물 종류에 따라 필요로 하는 전원이 분류 될 수 있다. 주로 RF 전원을 필요로 하는 AC 공정과 Pulse 전원을 필요로 하는 DC 공정으로 나뉠 수 있으며 본 논문에서는 DC 공정용 전원 장치에 대하여 다룬다.

DC 플라즈마 공정은 DC 전원을 이용한 공정이며, 공정의 특성상 아크가 빈번하게 발생할 수 있다는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 일정하게 음(-) 전압을 출력함으로써 전하가 과충전되지 않도록 하기 위하여 아크를 방지하는 Pulse 전원장치를 사용하게 된다.

음(-) 전압을 인가하기 위한 방식으로 변압기와 스위치를 통해 음(-) 전압을 출력하는 방법이 일반적으로 간편하게 사용되고 있다. 기존의 장치는, 장치의 단순화에 의해 장비 동작의 안정성이 크다는 장점을 가지고 있지만, 반대로 단순화된 구조에 의해 출력전압을 자유롭게 조정하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 먼저 플라즈마 스퍼터링 공정에 대해 설명하고, 일반적인 플라즈마 스퍼터링 공정용 DC 전원 장치 구조 및 동작에 대한 설명하게 된다. 그리고, 플라즈마 스퍼터링 공정용 DC 전원장치의 성능 향상 및 개선을 위한 연구에 대하여 설명한다. 마지막으로 연구 내용은 시뮬레이션을 통하여 전원장치의 동작을 확인하게 된다.^[1-3]

2. 플라즈마 스퍼터링 공정용 DC 전원장치

1.1. 플라즈마 스퍼터링 공정

플라즈마 스퍼터링 공정은 LCD, 반도체 등 다양한 분야에서 각광받고 있는 산업기술로 진공상태를 이용하여 물리적인 증착

을 일으키는 기술이다. 기본적인 원리는 Ar 과 같은 가스를 담고 있는 진공 챔버(Chamber) 에 전원을 인가하는 것으로 전자와 원자의 충돌을 발생시키게 되는데 이때 빛과 에너지를 발생하며 플라즈마를 발생하게 된다. 이러한 플라즈마 에너지를 이용하여 특정 물질에 원자를 코팅하는 공정이 플라즈마 스퍼터링 공정이 된다. 그림 1과 같이 플라즈마 에너지에 의해 원자가 이탈되는 현상을 스퍼터링 현상이라고 한다.

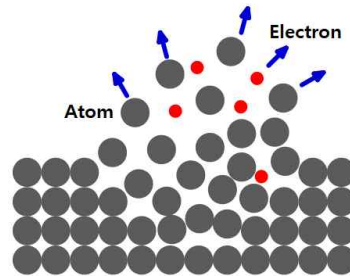


그림 1 스퍼터링 현상
Fig. 1 sputtering phenomenon

플라즈마 스퍼터링 공정은 챔버에 인가되는 전원에 따라 RF 전원을 이용하는 AC 공정과 Pulse 전원을 사용하는 DC 공정으로 나뉠 수 있다. 그림 2는 DC 플라즈마 스퍼터링 공정의 시스템 구성도를 보여준다.

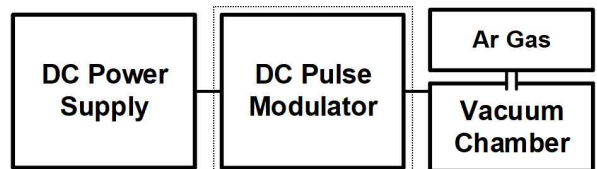


그림 2 DC 플라즈마 스퍼터링 시스템 구성
Fig. 2 DC plasma sputtering system

DC 플라즈마 스퍼터링 시스템은 DC 전력을 전달하기 위한 DC power supply와 과충전 된 전하를 회수하는 동작을 하기 위한 DC pulse 장치 그리고 진공 챔버로 구성되어있다. 공정의 특성상 아크방지에 대한 대책을 필요로 하기 때문에 DC pulse 장치에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 본 논문에서도 DC pulse 장치 성능 향상을 위한 연구를 진행하였다.

1.2. 플라즈마 DC 스퍼터링 전원장치

그림 3은 DC 스퍼터링 전원장치의 일반적인 회로를 나타낸다. 회로는 변압기와 스위치를 통해 비교적 간단한 구조로 아크를 방지하며 플라즈마 공정을 진행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. DC 스퍼터링 전원장치는 스위치 상태에 따라 DC 전원을 출력에 전달하고, 음(-) 전압을 출력하게 된다.

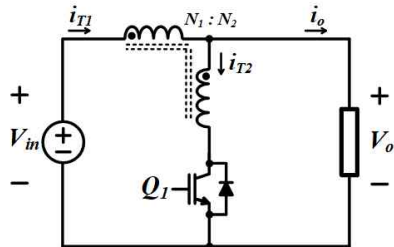


그림 3 DC 스퍼터링 전원장치 회로
Fig. 3 Circuit of DC sputtering power supply

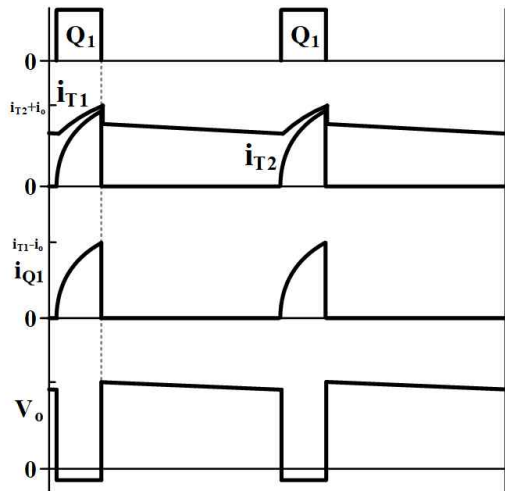


그림 4 DC 스퍼터링 전원장치 동작파형
Fig. 4 DC sputtering power supply operation waveform

1.3. 개선된 DC 스퍼터링 전원장치 연구

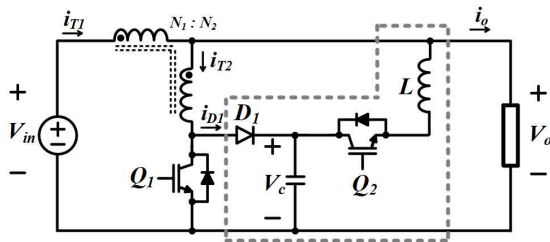


그림 5 DC 스퍼터링 전원장치 회로
Fig. 5 Circuit of DC sputtering power supply

그림 5는 개선된 DC 스퍼터링 전원장치 회로이다. 기존 DC 스퍼터링 전원장치를 개선하기 위한 스위치, 다이오드, 커패시터 그리고 인덕터를 통해 추가적인 회로가 구성된다. 추가 회로는 DC 스퍼터링 전원장치의 출력품질을 향상시키기 위한 동작을 하게 된다.

그림 6은 DC 스퍼터링 전원장치의 동작 파형을 나타낸다. DC 스퍼터링 전원장치의 출력은 일반적인 스퍼터링 장치 출력 전압에 클램핑 전압이 더해진다.

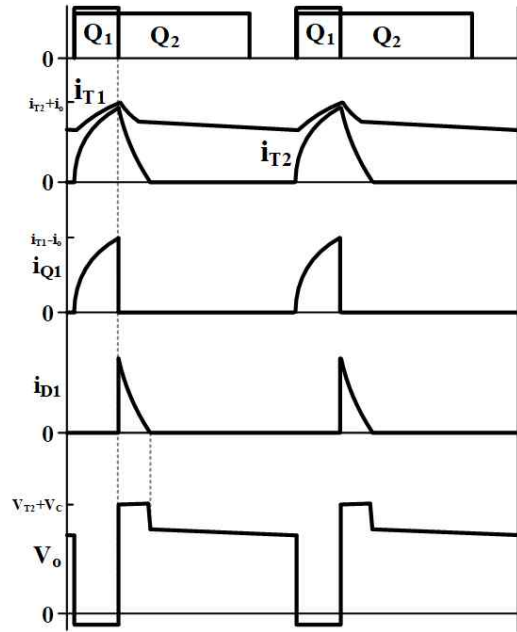


그림 6 DC 스퍼터링 전원장치 동작 파형
Fig. 6 DC sputtering power supply operation waveform

DC 플라즈마 전원장치의 출력은 아크방지를 위해 인가된 음(-) 전압에서 순방향 전압으로 되돌아오면서 이온화 상태를 유지하며 이그니션기능을 하게 된다. 이때 전압 클램핑을 이용해 이온화 상태 및 이그니션 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

1.4. 시뮬레이션

연구내용을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 프로그램은 Powersim 프로그램이 사용되었다. 시뮬레이션은 먼저 일반적인 구조의 플라즈마 DC 전원장치의 동작을 살펴본 후 논문에서 설명하고 있는 개선된 플라즈마 전원장치에 대한 시뮬레이션을 실시하게 된다.

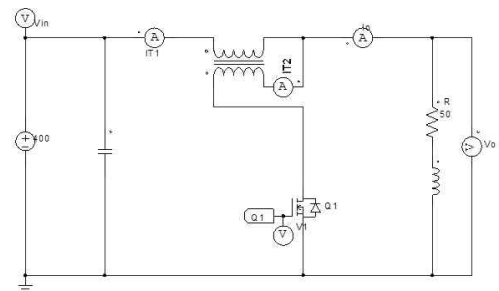


그림 7 시뮬레이션 회로
Fig. 7 Simulation circuit

그림 7은 일반적인 DC 스퍼터링 전원장치 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 회로이다. 회로의 구성은 설명한 내용과 같이 변압기와 스위치를 통한 비교적 단순한 구조로 구성되어 있다.

그림 8은 플라즈마 DC 전원장치의 동작파형이다. 파형을 게이트 파형, 변압기 1, 2차 측 전류, 스위치 전류 그리고 출력 전압 파형을 보여준다. 스위치 상태에 따라 출력전압은 양(+) 전압 및 음(-) 전압을 출력할 수 있으며, 스위치를 통해 펄스

주파수 및 폭을 조절할 수 있다는 것을 알 수 있다.

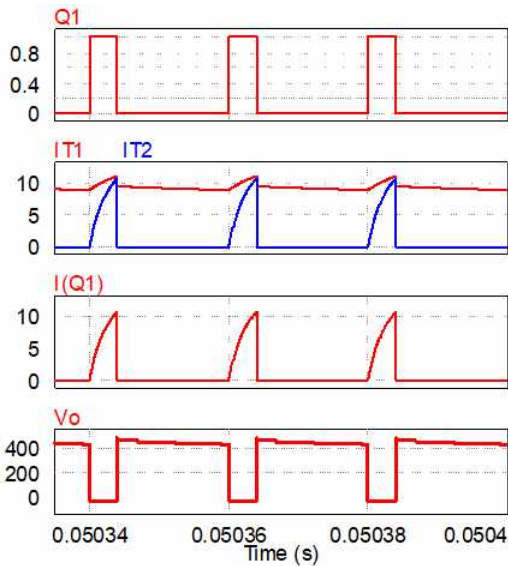


그림 8 시뮬레이션 파형
Fig. 8 Simulation waveform

다음은 개선된 플라즈마 전원장치에 대한 시뮬레이션을 실시하게 된다. 일반적인 기존의 플라즈마 전원장치에 대한 시뮬레이션 회로에 스위치, 다이오드, 커패시터 그리고 인덕터를 통해 추가 회로를 구성되게 된다. 이전 시뮬레이션과 동일한 조건에서 시뮬레이션을 실시하게 된다.

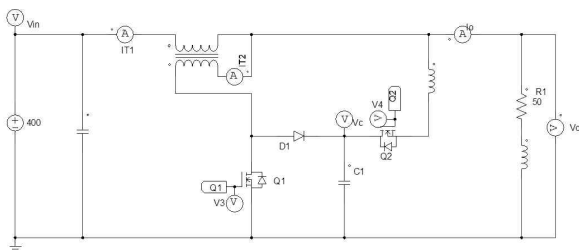


그림 9 시뮬레이션 회로
Fig. 9 Simulation circuit

그림 9는 개선된 플라즈마 DC 전원장치의 시뮬레이션 회로를 보여준다. 그림 10은 시뮬레이션 결과 파형을 보여준다. 파형은 기존의 스위치 및 추가된 스위치의 동작, 변압기 1, 2차 측 전류, 스위치 전류, 다이오드 전류 그리고 출력전압 파형을 보여준다. 스위치 Q1이 동작하는 구간에는 일반적인 펄스전원장치와 같은 동작을 하며 출력단에 음(-) 전압을 출력하는 역할을 하게 된다. 여기에 추가된 회로를 통해 스위치 Q1이 도통되어있는 구간동안 발생하는 전류를 Q1이 개방되는 순간 커패시터를 충전시키게 된다. 결국 충전된 전류가 모두 방전되기 전까지 커패시터 전압 및 변압기 전압의 합이 출력으로 전달되어 출력은 전압 클램핑 효과를 보게 된다.

시뮬레이션 결과를 통해 플라즈마 전원장치는 스위치 동작에 따라 출력전압은 양전압 및 음전압을 출력하고, 전압 클램핑이 발생할 수 있도록 하며 보조 스위치를 통해 클램핑 전압 또한 조절할 수 있음을 알 수 있다.

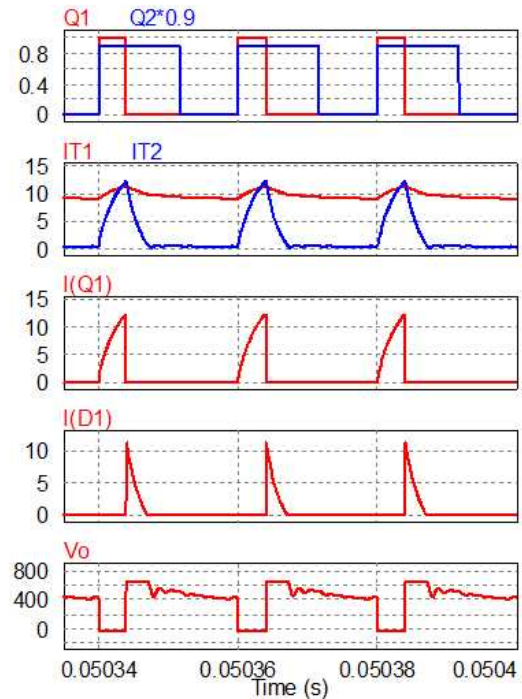


그림 10 시뮬레이션 파형
Fig. 10 Simulation waveform

3. 결론

본 논문은 플라즈마 공정용 DC 전원장치에 관한 연구를 진행하였다. 기존의 플라즈마 공정용 DC 전원장치는 단순화된 구조를 통해 장비의 안정성이 크며 구성이 간편하다는 장점을 가지고 있다. 플라즈마 스퍼터링 공정은 공정 및 특성에 따라 아크방지를 위한 음(-) 전압 인가, 이온화 상태 유지, 이그니션 전압 등 다양한 조건의 전원 품질을 위한 제어환경을 요구하게 된다. 이에 본 논문에는 DC 플라즈마 전원장치의 출력품질 향상을 위한 연구를 진행하였으며 회로 동작 및 특성에 대하여 설명하였다. 논문의 연구 내용은 시뮬레이션 프로그램을 통하여 동작 및 특성을 확인할 수 있었다.

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. NRF-2019R1D1A1B03031532)

참고 문헌

- [1] W. Somkhunthot, T. Burinprakhon, I. Thomas, T. Seetawan, and V. Amornkitbamrung, "Biopolar Pulsed-DC Power Supply for Magnetron Sputtering and Thin Films synthesis", *Elektrika*, Vol. 9, no. 2, pp20-26, 2007.
- [2] J. Sellers, "Asymmetric bipolar pulsed DC: Theenabling technology for reactive PVD," *Surface and Coatings Technology*. vol. 98, no. 1, pp. 1245-1250(6), Jan. 1998.
- [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.