

## 전자빔 가공기용 고전압 발생기의 입력 형태에 따른 제어회로의 설계

임선종\*, 이찬홍(한국기계연구원)

### Design of Control Circuit for Various Input Types of High Voltage Generator in E-Beam Manufacturing System

S. J. Lim, C. H. Lee(KIMM)

#### ABSTRACT

Electron beam manufacturing system can be used to make patterns that are smaller than can a photolithography. In this system, High voltage generator is a fundamental element for stable beam. We used high voltage with transformer. However, this instrument has several problems (for examples, dimensions, buying parts, simplicity of control circuit). For solving these problems, a commercial product is considered. This is developed for SEM(Scanning Electron Microscope). In this paper, we designed a control circuit for a commercial product and analyzed performance.

**Key Words** : Electron Beam Manufacturing System(전자빔 가공기), High Voltage Generator(고전압 발생기), High Voltage Control(고전압 제어),

#### 1. 서론

전자빔을 이용한 가공의 경우 선행 조건은 안정된 빔의 발생이며 이것은 고전압 발생기에 가장 큰 영향을 받게 된다. 현재 사용중인 고전압 발생기는 승압용 변압기가 내장된 구성이며 입력 전압으로 펄스형 전압 및 DC 전압을 사용한다. 그러나 크기, 제작시 부품 구매의 어려움, 제어 회로의 간략화 등에서 개선이 되어야 할 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해소하기 위해 전자 현미경을 위해 개발되어 새로운 입력 전압 형태를 가지는 고전압 발생기를 이용할 필요가 있다.

본 연구는 개발중인 가공기에서 이미 사용중인 고전압 발생기의 문제점들을 해소하기 위해 다른 입력 형태를 가진 고전압 발생기로 교체하면서 제어 회로를 설계 및 제작하고 성능을 비교하였다. 비교를 통해 설계된 제어 회로의 성능과 활용 가능성을 확인하였다.

#### 2. 전자빔의 발생과 빔의 이동 경로

본 연구에서 개발중인 가공기의 빔 발생과 이동 경로를 살펴보면 다음과 같다. 고전압 발생기에서 생성된 고전압은 전자총에 공급된다. 전자총은 광원으로 사용되는 전자를 만들고 가속시킨다. 고전압에 의해 가열된 filament는 표면의 원자에 구속된 전자를 이탈시킨다. 이탈된 전자는 anode에 의해 전자빔으로 형성된다. 형성된 전자빔은 bias 전압에 의해 시료 방향으로 이동한다. 전자 렌즈는 전자빔이 자장에 의해 휘어지는 성질을 이용한 것으로 광

축을 따라 진행하는 전자빔에 초점을 형성시킨다. 전자 렌즈는 빔의 이동 경로에서 집속 렌즈 및 대물 렌즈 순서로 구성되어 있다. 전자총과 전자 렌즈 사이에 beam blanker가 위치해 있다. Beam blanker는 빔을 순간적으로 차단하여 가공 패턴을 형성할 수 있도록 한다.<sup>1,2</sup> 빔이 시료에 도달하기 전 빔의 미소 이동을 조종할 수 있는 빔 이동용 코일을 거치게 된다. 단위 전압에 대해 빔의 이동 거리가 정해진 빔 이송용 코일은 가공 패턴을 형성하는 데 중요한 기능을 수행한다.

#### 3. 고전압 발생을 위해 제어 회로 설계

##### 3.1 사용중인 고전압 발생기의 제어 회로

사용중인 고전압 발생기의 제어 회로가 만들어 내는 전압의 종류는 가속 전압, 필라멘트 전압 및 바이어스 전압 등이다. 각각의 전압을 만들어 내기 위해 이용되는 전압은 기준 전압(사용자의 입력으로 결정), 구형파 전압 등이다. 기준 전압은 사용자에게 의해 결정되며 펄스 전압은 고전압 발생기에서 전압의 승압을 위해 사용된다. 구형파 전압을 만들기 위해 하드웨어 타이머인 LM555를 2단으로 구성하였다. 고압 발생기 입력된 전압의 상태는 feedback 전류인 에미션 전류를 감시하여 알 수 있다. 에미션 전류를 감시하기 위해 TL082를 사용하고 있다. 제어 회로는 RS-232C를 통해 사용자로부터 변수를 수신한다. 전자빔 가공기에 전원을 입력한 후 초기 설정 및

진행이 끝나면, 제어부(진공도 및 가공기의 순차 제어를 담당)는 고전압 제어 회로에 24V 전압을 공급하기 위해 제어 신호를 보낸다. 메인 CPU는 Atmega 128 을 사용하고 있다. 기준 전압을 만들기 위해 LM431 을 사용하여 D/A converter 의 입력 신호를 발생시키고 있다. Fig. 3 은 가속 전압에 대한 구형 전압을 발생하는 하드웨어 타이머를 나타내고 있다.

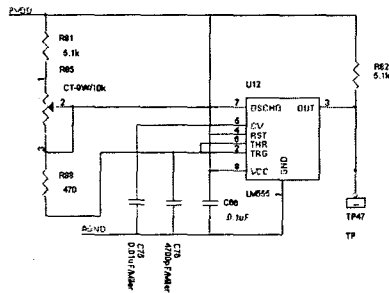


Fig. 3 Hardware timer

### 3.2 새로운 형태의 입력 전압을 가진 고전압 발생기의 제어 회로

현재 사용을 고려중인 고전압 발생기는 Spellman 사의 제품으로 제어기를 구성하기 위해 필요한 신호를 다음과 같이 정리하였다. Table 1 은 제어 입력과 신호 입력을 보인다.

Table 1 Control/Signal inputs

Control/Signal inputs
Accelerator program voltage : 0 - 7.32 V
Bias program voltage : 0 - 10 V
Filament power program : 0 - 10 V

Table 1 에 주어진 제어 입력 신호 사양에 맞추어 제어 회로를 설계하였다. 가속 전압, 필라멘트 및 바이어스 전압은 사용자 화면으로부터 입력되며 이 값은 RS-232C 를 통해 수신된다. 가속 전압의 경우 0 - 6.15 V 의 변화 폭을 가질 수 있다. 바이어스는 약 6.3 V 로 유지되며 필라멘트는 4.06 V 로 유지된다. Fig. 6 은 가속 전압 제어를 위해 설계된 회로이다. 설계된 제어 회로를 바탕으로 고전압 발생기에 입력되는 전압과 출력 전압을 Table 2 에 나타내었다.

Table 2 Input voltage and acceleration voltage

Input voltage(V)	Acceleration voltage(kV)
0.23	1

1.22	5
3.69	15
6.15	25

에미션 전류에 대한 감시는 그림 7 과 같이 설계된 회로를 사용하였다. MC34081 을 사용하여 구성하였으며 에미션 전류를 전압으로 변환 후 처리하도록 하였다.

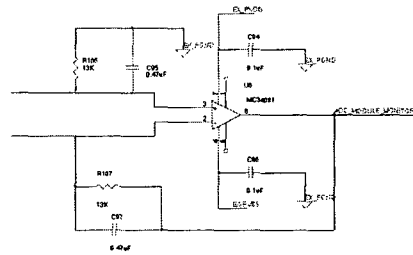


Fig. 7 Emission current monitor circuit

고전압의 특성상 상온에서 약 10 kV 까지 측정하였으며 고전압의 크기가 입력 전압에 비례하여 증가함을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

현재 사용중인 고전압 발생기의 사용상의 문제(물품 구매의 어려움, 사용 공간, 제어 회로의 간략화)들을 해결하기 위해 새로운 형태의 입력 전압을 가지는 고전압 발생기를 사용하기 위해 제어 회로를 설계하여 실험한 결과 다음의 결론을 이끌어 내었다.

- (1) 설계된 제어 회로의 각 점검 points 에 대해 신호를 점검한 결과 안정된 전압이 출력되어 제어 회로의 안정성을 확인하였다.
- (2) 설계된 제어 회로를 이용해 고전압 발생을 실험한 결과 기존의 고전압 발생기와 같은 성능을 내는 것을 확인하여 기존의 고전압 발생기를 대체할 수 있음을 확인하였다.
- (3) 기존 고전압 발생기의 문제들인 공간상의 문제, 물품 구매의 어려움, 제어 회로의 복잡성 등을 해결하여 가공기의 장점을 확보하였다.

### 참고문헌

1. G. R. Brewer, "Electron-Beam Technology in Microelectronic Fabrication", Academic press, pp 60-213, 1980
2. J. I. Goldstein and D. E. Newbury, "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis", Plenum press, pp 21- 270. 1992.