

전자빔 가공기를 위한 고전압 발생 장치 설계

임선종*, 강제훈, 이찬홍(한국기계연구원)

Design for High Voltage Generator of Electron Beam Manufacturing System

S. J. Lim, J. H. Kang, C. H. Lee(Korea Institute of Machinery & Materials)

ABSTRACT

In the manufacture of integrated circuits, photolithography is the lowest yield step in present production lines. Electron beams form a powerful set of tools with which to attack this problem. Electron beams can be used to make patterns that are smaller than can a photolithography. We design a high voltage generator of electron beam manufacturing system. For this purpose, first, the configuration of electron beam manufacturing system was analyzed. Second, the basic configuration of a high voltage generator and test results were presented.

Key Words : 전자빔 가공기, 고전압 발생 장치, SEM(Scanning Electron Microscope)

1. 서론

미세 가공 기술의 측면에서 가공 형상의 크기가 100 nm 이하일 경우 nano 가공, 100 nm - 100 μ m 의 범위이면 micro 가공, 100 μ m - 100 mm 의 범위이면 meso 가공 이라고 할 수 있다. 100 nm 이하인 nano 가공 방법으로는 전자빔 묘화(electron beam lithography)와 소프트 엑스레이 묘화(soft X-ray lithography) 등의 간접적인 방법과 이온 빔 가공(Ion beam machining), STM 혹은 AFM 에 의한 분자 조작법 등의 간접적인 가공 방법이 있다 [1]. 전자빔 가공기는 전자빔을 에너지 전달 매개로 하여 기판 위에서 원하는 위치에 전자빔을 주사하여 주사된 부분의 레지스트만이 감광되고 이로서 기판상에 패턴을 형성시키는 장치이다. 현재 전자빔 가공기 개발을 위해 선택된 방법은 SEM(Scanning Electron Microscope)을 기본으로 하여 전자빔 묘화 장비로 보완하는 방식을 선택하였다. SEM 은 시료의 표면에 가능한 한 작게 초점을 맞춘 전자선을 닿게 하여 전자선이 닿은 부분에서 방출하는 신호를 검출하여 CRT 에 휘도를 변조시키고, 주사상을 그리는 방법으로 동작하므로 가공기로의 활용이 가능하다 [2]. 이를 위해 원하는 위치로 전자빔을 제어할 수 있는 회로와 장치, 필요할 때에만 전자빔을 기판상에 닿도록 하는 전자빔 차단 기능이 추가적으로 필

요하게 된다. 주요 구성 요소는 전자빔을 발생하는 전자총, 전자빔을 대상물에 노광하는 경통부, 전자빔의 초점을 조절하는 전자 렌즈, 가공을 위해 전자빔을 차단할 수 기능을 가진 beam blanker, 시편의 위치를 조절하는 stage 그리고 전자빔을 발생시키기 위한 고압 발생장치로 되어있다 [3], [4], [5].

본 연구는 전자빔 가공기를 위한 고압 발생 장치의 설계를 목적으로 하고 있다. 이를 위해 첫째, 전자빔 가공 장비의 구성을 보이며 둘째, 전자빔 가공 시스템의 성능을 결정하는 고압 발생 장치의 기본 구성과 제작된 장치의 실험 결과에 대해 보이고 있다.

2. 전자빔 가공 시스템

2.1 전자빔 가공 시스템 구성

SEM 을 기본으로 한 전자빔 가공기는 SEM 의 기본 구성 요소를 공통적으로 갖는다. 또한 원하는 시기와 위치에 전자빔을 기판에 닿도록 하는 전자빔 차단 기능이 요구되며 이는 beam blanker 가 수행한다. 전자빔 가공 시스템의 기본 구성 요소의 주요 기능은 다음과 같다.

· 전자총

광원으로 쓰이는 전자를 만들고 가속시키는 역할을 한다. Electrode 와 filament 로 구성되며 filament

를 가열시켜 표면의 원자에 구속되어 있는 전자들을 이탈시키고 anode 에 높은 전압을 가해 전자빔을 형성한다. 형성된 전자빔은 중앙 통로로 이동되며 온도를 높이는 경우 전자 방출 밀도는 높으나 filament 의 수명은 감소된다. 전자총은 고압 발생기에서 발생된 고압이 인가되는 부분이다. 그림 1 은 전자총의 구조를 보이고 있다.

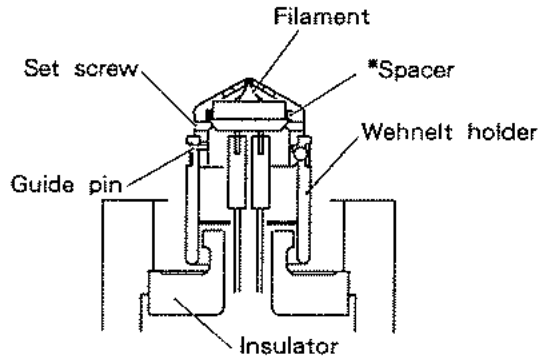


Fig. 1 Structure of electron gun

. 전자 렌즈

전자가 자장에 의해 휘어지는 성질을 이용해 전자를 한곳에 모으는 역할을 한다. 광축에 원대칭을 이루는 자장은 광축을 따라서 진행하는 가속된 전자가 나선형 궤적을 이루며 초점을 형성하게 한다. 전자 렌즈는 condenser lens 와 objective lens 로 되어 있다. Condenser lens 는 전자총에서 나온 전자빔을 모아 주는 역할을 하며 전자빔의 세기를 결정한다. Objective lens 는 시료에 조사되는 빔의 크기를 결정하는 기능을 수행한다.

. 축조정 코일

전자총의 중심축과 objective lens 의 중심축이 다른 경우 condenser 에 들어가는 전자선이 어긋나는 경우 생기며 이는 분해능을 저하시킨다. 전자총의 바로 밑에서 전극 코일을 통해 X-Y 축 방향으로 적당량 편향하여 condenser lens 의 축에 일치시키는 기능을 수행한다.

. Stigmator

오염물 등에 의해 생기는 산란 전자 등은 전자빔을 비뚤어지게 한다. 이 결과 초점이 맞지 않고 해상도가 떨어지게 된다. Stigmator 는 이를 보정하는 역할을 하며 전류를 통해 보완하는 방법을 사용한다.

. Beam blanker

자장에 의해 전자빔이 굴절되는 효과를 이용해 blanking plate 에 전류를 보내고 생성된 자장으로 전자빔은 blanking plate 로 모이게 된다. 따라서 시편 가공을 위해 일시적으로 beam 을 차단할 수 있는

기능을 가진다.

. 진공용 stage

E-beam 가공기용 stage 는 전자빔으로 가공하는 대상물을 고진공 상태에서 이송하기 때문에 electric charge 가 없어야 하며 gas 의 발생이 없는 재료를 사용하여야 한다. 따라서 고진공 상태에서 작동할 수 있는 스크류 및 기어를 사용하고 있으며 stage 의 재질은 bare 알루미늄을 사용하고 있다.

그림 2 는 전자빔 가공기의 구성을 보이고 있다.

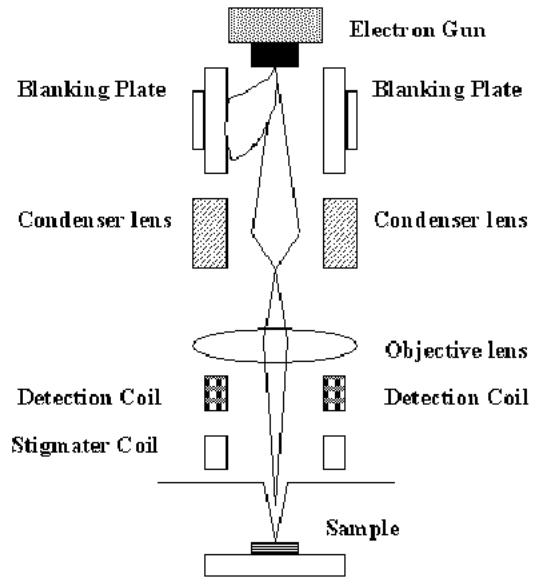


Fig. 2 Structure of electron beam manufacturing system

3. 고압 발생 장치

3.1 고압 발생 장치의 기본 구성

전자빔을 발생하는 전자총은 열전자를 발생시키는 filament, 발산된 전자를 집속하는 wehnelt, 집속된 전자를 가속시키는 anode 로 구성된다. 각 부위에 대해 인가되는 전위는 전집 전위의 anode 에 대해 filament 는 “-” 전압이고 wehnelt 에는 filament 보다 낮은 “-” bias 전압이다. 이러한 구성은 filament 에서 방사된 열전자는 wehnelt 전극에 가해진 bias 전압의 전계에 의해 집속되고, 가속 전압에 의해 형성된 전계에 의해 anode 를 향해 가속된다.

개발중인 고압 발생 장치는 filament, bias 및 가속 전압 등으로 구분되는 전압을 발생한다. 크기는 가속 전압이 1 - 30 kV 이고 filament 의 전압이 8 V 이며 bias 전압은 약 1.3 kV 이다. 편의상 고압 발생 장치는 제어부와 승압부로 구분될 수 있다. 제어부는 15.75 kHz 와 7.875 kHz 의 구형파 발생 회로, 승압을 위한 변압기 및 transistor 회로 등으로 구성되며 가속전압의 크기를 조절한다. 그림 3 은 제작된

제어부를 보이고 있다.

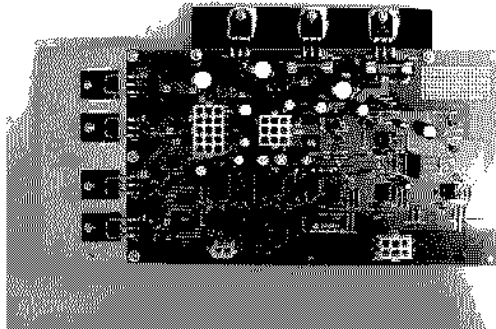


Fig. 3 Control part

승압부는 제어부에서 발생한 구형파 전압을 이용해 filament, bias 및 가속 전압을 생성한다. 고전압 승압부는 고압으로 인한 절연 파괴를 방지하며 유도 전압으로 인한 누설 전류를 차단하기 위해 절연유 속에 설치된다. 그림 4는 제작된 승압부의 모양을 보이고 있다.

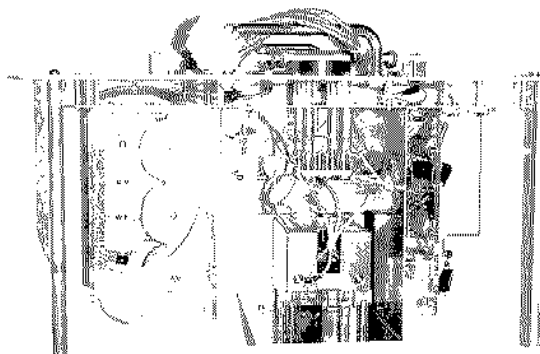


Fig. 4-1 가속 전압 발생부

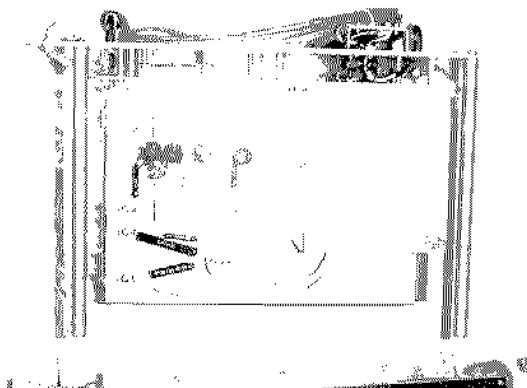


Fig. 4-2 Filament 전압부

3.2 고전압 발생 장치의 시험

제작된 고압 발생 장치의 시험은 제어부의 check point 의 파형을 검사하는 것으로 진행하였다.

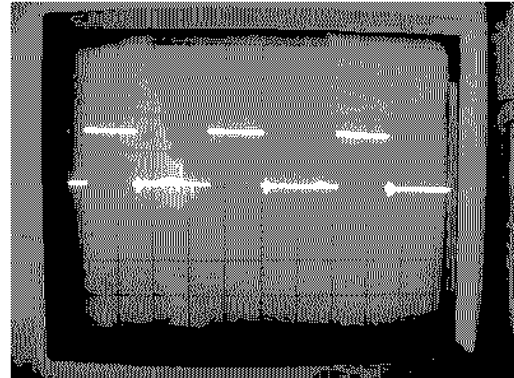


Fig. 5 Signal for filament

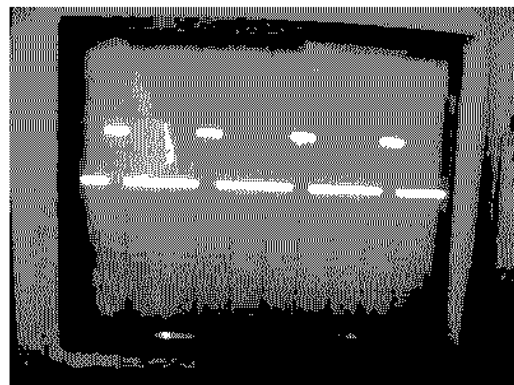


Fig. 6 Signal for anode

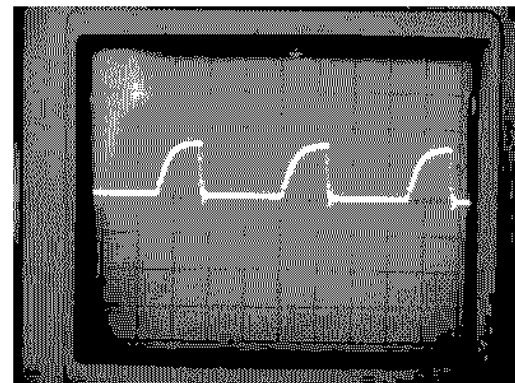


Fig. 7 Signal for bias

각 check point 는 filament , bias 및 가속 전압 (anode)에 해당한다. Filament 에 대한 check point 의 출력은 35 μ s 의 주기와 15 μ s 의 구형파 pulse 폭을 기준으로 한다. 가속 전압에 대한 파형은 55 μ s 의 주기와 15 μ s 의 구형파 pulse 폭을 기준으로 한다. Bias 전압에 대한 파형은 35 μ s 의 주기와 15 μ s 의

사다리꼴 파형을 기준으로 한다. 그림 5, 6 및 7 은 **check point** 에서 검사된 파형을 보이고 있다.

4. 결론

미세 가공을 위한 전자빔 가공기용 고전압 발생 장치는 가공기의 성능을 결정하며 보다 안정된 전압을 발생하는 것이 무엇보다 중요하다. 고전압 발생 장치의 개발을 통해 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 고압 발생 장치에서 승압부의 경우 가속 전압이 최고 30 Kv 까지 유지되어 절연 및 누설 전류에 대한 대책으로 절연유내에 설치하였으나 전체 시스템의 측면에서 개선점이 요구되고 있다.

(2) 제작된 고압 발생 장치에서 **check point** 의 신호를 이용한 간접 시험의 결과에서 주요 신호인 **filament, bias** 및 가속 전압에 대해 안정된 신호를 얻을 수 있었다. 이것으로 고압 장치가 전자총에 연결되었을 때 안정된 전자빔을 발생할 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

(3) 고압 발생 장치의 개발을 통해 안정된 전자빔 발생을 위한 설계 기술을 확보할 수 있었으며 추후 고출력의 전자빔 가공기 개발에 응용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. 산업기술연구회, “2002 년도 기본사업 보고서,” 2003.
2. 황인옥, 김재천, “주사전자현미경의 기초,” 반도출판사, 1994.
3. C. R. Brewer, “Electron-Beam Technology in Microelectronic Fabrication,” Academic Press, 1980.
4. J. I. Goldstein, “Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis-a text for biologists, Materials Scientists, and Geologists”, Plenum Press, 1992.
5. 최보경, “전자빔 직접 주사를 위한 전자 주사 현미경의 개조에 관한 연구”, 포항 공대 학위 논문, 1991.