

전자빔 건 헤드 유닛의 정밀제작과 구성 Precision Manufacturing and Assembly of Electron Beam Gun Head Unit

*,#강재훈¹, 허성중²

*J. H. Kang(jhkang@kimm.re.kr)¹, S. J. Heo²

¹ 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부, ²두원공대

Key words : Gun head unit, Electron beam, Precision, Manufacturing, Assembly

1. 서론

최근에 개발되어 반도체 소자의 양산 공정에 적용되는 전자빔을 이용한 노광 시스템은 매우 고가인 관계로 인하여 각종 초소형 센서류와 디바이스, 렌즈 등의 마이크로 시스템, 마이크로 머신, 마이크로 부품 생산을 위한 중소기업 형태의 다품종 소량생산방식 공정이나 연구실, 교육용 규모에서의 쾌속조형 시작품 제조공정 등에 용이하게 적용한다는 것은 거의 불가능하다고 할 수 있다.

따라서 이와 같은 다양한 대상 분야들에 있어서 마스크를 이용하지 않고 전자빔을 이용하여 직접 묘화식으로 가공하거나 마이크로 금형을 성형 제작한 후 간접식으로 생산제조하기 위해서는 저가 형태의 보급형 전자빔 가공시스템이 절대적으로 요구된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 상용화된 주사식전자현미경(SEM: Scanning Electron Microscopy)을 이용하여 비교적 간단하게 전자빔 가공을 수행할 수 있는 시스템을 구축함에 있어서 필수적으로 갖추어야 할 핵심부위인 전자빔 건 헤드 유닛(Electron Beam Gun Head Unit)의 제작을 중점적으로 추진하고 있으며, 본문에서는 현재까지 추진된 결과들을 중심으로 나타내었다.

2. 전자빔을 이용한 나노가공 시스템

주사식 전자현미경을 기본구조로 한 전자빔 가공시스템은 Fig.1에 나타난 바와 같이 고전압 발생장치와 경통, 고진공 챔버 및 대상물을 이동하는 장치와 전기적인 제어부로 크게 분류되어 구성되며, 세부적으로 경통은 빔건 헤드유닛 및 빔집속 코일렌즈, 빔 변형기구, 빔 블랭커, 빔 스티그메이터, 빔 어퍼쳐, 빔 얼라이먼트 등으로 구성되는 한편, 고진공 챔버는 2차 전자검출기와 다축제어형 초정밀 스테이지 등을 갖춘 주요 핵심 H/W 유니트들로써 구성된다.

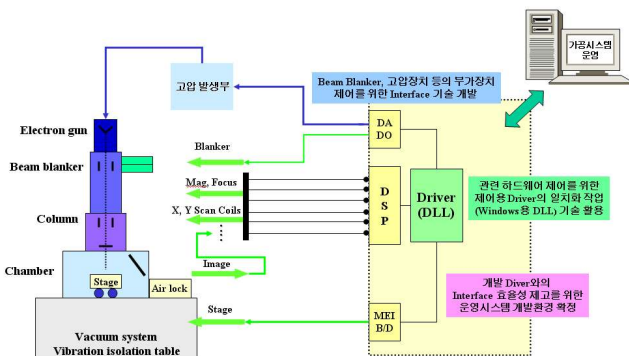


Fig.1 Schematic diagram of electron beam machining system using SEM

현재 반도체 산업 분야에 있어서 초미세 선폭의 패턴성형을 위한 노광공정은 Fig.2에 나타난 바와 같이 레이저빔이나 전자빔 등을 이용하여 마스크를 제작한 후에 스텝퍼 등을 이용한 투사방식으로 패턴을 성형하거나 마스크를 배제한 직접성형 방식으로 패턴을 성형하는 형태들로 분류할 수 있으며, 아직은 여러 가지의 제반 문제점들로 인하여 직접성형 방식이 노광공정에도 부분적으로 적용되기는 하지만 양산 라인에서 보다는 시제품용 분야에

주로 편중되거나 마스크와 미소한 구조물 등의 제작 등에 활용되고 있는 실정이다.

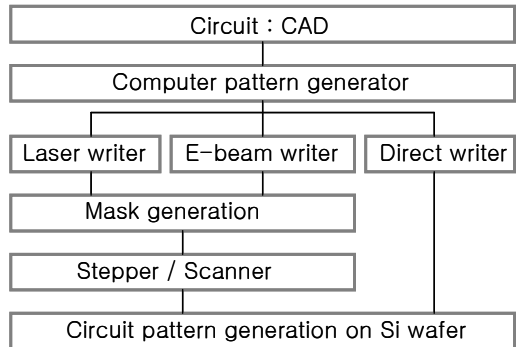


Fig.2 Various micro pattern generation types in semiconductor fabrication field

3. 전자빔 건 헤드 유닛의 정밀제작과 조립

전자빔 건 헤드 유닛에 전달된 최대 약 30kV의 고전압에 의하여 필라멘트(Hair pin 형태의 텅스텐 와이어)가 최대 약 2,500℃까지 가열됨으로써 열이온화로 방출된 전자는 Wehnelt Cap의 음전하에 의하여 좁은 영역으로 집중되며, 음극(Cathode)과 양극(Anode) 사이의 전기장의 영향으로 음극의 홀을 통해 가속화된다. 이 때 방출되는 전자선의 전류는 최대 약 50μA 정도이며, 직경은 약 30~100μm 정도이다.

즉, 고전압에 의하여 필라멘트가 고온으로 가열되면서 전자들이 생성되어 양극으로 가속화되면서 바이어스 저항에 의하여 최대 500V 정도의 저전압으로 형성된 Wehnelt Cap에서 수직방향으로 전자들을 방출하게 된다. 그리고 필라멘트와 Wehnelt Cap 사이의 공간으로 전자들이 집중되는 한편, 최대 약 1mm 이하의 직경을 지니는 Wehnelt Cap의 홀을 통하여 전자들이 보내져 경통의 양극으로 방출된다.

Fig.3에는 경통의 상단에 위치하도록 설계한 전자빔 건 헤드 유닛의 구성도면과 최종적으로 제작하여 조립, 구성된 사진을 비교하여 나타내었다.

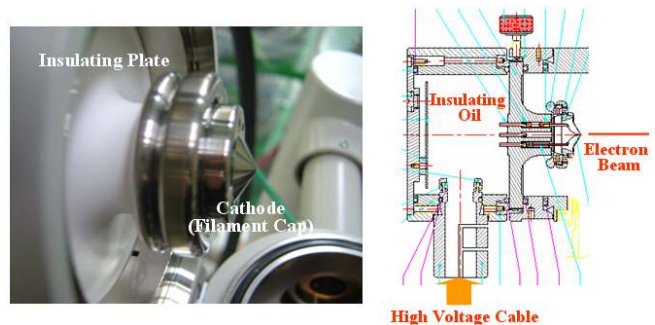


Fig.3 Designed & manufactured electron beam gun head unit

이와 같이 전자빔가공시스템의 전자빔 건 헤드 유닛은 경통부의 상단에 위치하여 고전압을 다루게 되므로 세라믹 절연판과 구조물의 공간에는 내고압용 절연오일이 채워지는 한편, 바이어스 저항(Bias Resistor)을 거치며 필라멘트가 가열되어져 임의의

전자 방출량에 도달할 수 있는 온도가 형성되는 전류가 유연성있게 흐르도록 하는 역할을 주로 수행하게 된다.

Fig.4에는 고전압과 고진공상태와 같은 가혹한 분위기에서 열적강도를 발휘하는 한편, 절연오일의 누수현상을 차단하기 위하여 선정된 순도 99.7%의 고치밀도형 알루미늄 세라믹스를 이용하여 설계 제작한 절연판의 도면과 가공제작 공정을 나타내었으며 Fig.5에는 가소결한 상태에서의 절삭과 연삭 가공공정 사진을 나타내었다.

금형을 이용하여 혼합, 조성한 알루미늄 세라믹스를 성형한 후, 1차적으로 다이아몬드 전착형 공구를 이용하여 직경 1.2, 2.0mm의 홀과 그루브 및 측면의 테이퍼형상을 가공하였다.

그리고 완전소결 공정을 거친 대상물에 대하여 다이아몬드 연삭휠과 다이아몬드 전착형 리머를 이용하여 요구되는 진원도, 내외경 등의 치수 및 형상정도와 고품위의 가공면을 달성하도록 최종 다듬질 가공을 수행하였다.

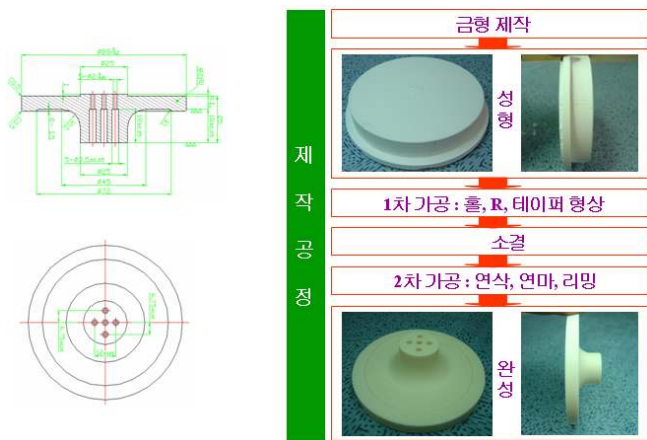


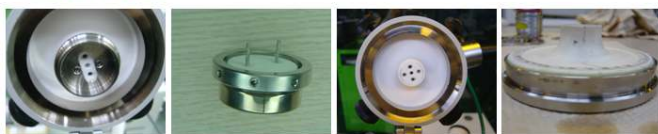
Fig.4 Designed & manufactured ceramic isolation plate



Fig.5 Mechanical machining process of ceramic isolation plate

Fig.6에는 정밀하게 제작된 세라믹 절연판과 Wehnelt Cap를 비롯한 다양한 구성요소부품들로 이뤄진 전자빔 건 헤드 유닛을 순차적으로 조립하는 한편, 핀을 이용하여 고전압케이블을 연결하고 절연액을 주입하여 완성하는 단계를 상하면에서 사진 촬영하여 나타내었으며 Fig.7에는 년WOFH 제작하는 Wehnelt Cap의 NC가공공정 사진을 나타내었다.

• Lower Side View



• Upper Side View



Fig.6 Assembly step of electron beam gun head unit

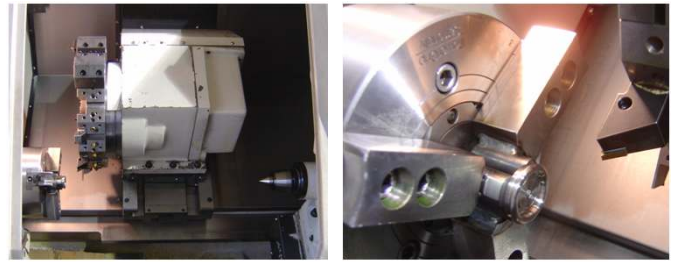


Fig.7 NC machining process of Wehnelt Cap

Fig.8에는 각 구성요소부품들과 구조물을 설계 및 가공제작한 후 조립구성한 전자빔 건 헤드 유닛을 주사식 전자현미경에 장착한 상태를 사진으로 나타내었다.

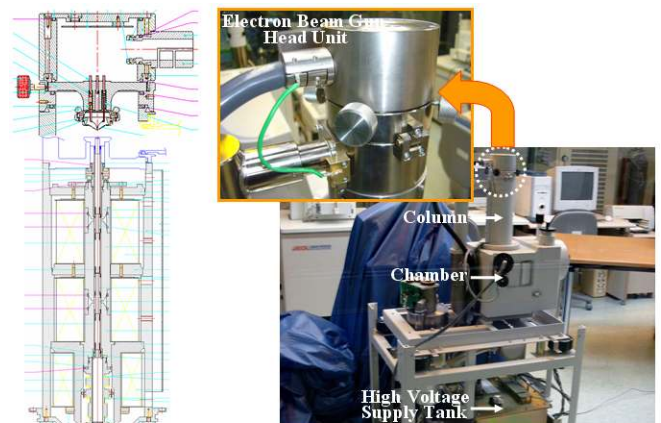


Fig.8 Designed & manufactured electron beam gun head unit

4. 결 론

본 연구에서는 최종적으로 주사식 전자현미경을 기본 구조로 한 보급형 전자빔 가공시스템을 개발하는 목표를 달성하고자 핵심부위라고 할 수 있는 전자빔건 헤드유닛을 설계, 제작 및 조립하여 구성하는 내용을 중점적으로 다루어 수행하였다. 향후에는 이와 같이 구축된 전자빔 건 헤드 유닛을 주사식 전자현미경에 직접 장착하여 성능평가 실험을 수행한 후, 보완 개선을 통하여 최종적인 최적 모델링화를 구현할 예정이다.