

전자빔 가공시스템용 경통의 구축

강재훈*, 이찬홍, 최종호 (KIMM 지능형정밀기계연구부)

Establishment of Column Unit for Electron Beam Machining System

J. H. Kang*, C. H. Lee, J. H. Choi (Intelligent Precision Machine Dept., KIMM)

ABSTRACT

It is not efficient and scarcely out of the question to use commercial expensive electron beam lithography system widely used for semiconductor fabrication process for the manufacturing application field of various devices in the small business scope. Then scanning electron microscope based electron beam machining system is maybe regarded as a powerful model can be used for it simply. To get a complete suite of thus proper system, column unit build up with several electro-magnetic lens is necessarily required more than anything else to modify scanning electron microscope.

In this study, various components included several electro-magnetic lens and main body which are essentially constructed for column unit are designed and manufactured. And this established column unit will be used for next connected study in the development step of scanning electron microscope based electron beam machining system.

Key Words : Electron beam (전자빔), SEM (전자현미경), Machining system (가공시스템), Column (경통)

1. 서론

반도체산업 분야와 관련한 IC 소자의 경우에 있어서는 더욱 초고집적화 되어지는 회로의 필요성에 대응하기 위하여 최근에 전세계적으로 0.13 μ m의 패턴성형 기술이 개발되어 상용화되고 있으며, 90nm 이하까지도 도달할 수 있다는 가능성을 확인한 바 있다. 상대적으로 가격이 저렴하고 사용이 용이하여 널리 적용되던 기존의 광학식 노광장비는 해상도의 한계로 인하여 가능한 최소 선폭이 약 0.2 μ m 정도로 국한되며, 이보다 더욱 미세한 선폭의 경우에 있어서는 X-ray 혹은 전자빔 등을 이용한 방식에 의존하게 되는 추세이다.

이와 같은 경향은 Fig.1에 나타낸 바와 같이 반도체 관련 기술의 개발이 더욱 가속화되면서 라인 패턴성형에 대한 요구 정도가 과거에 비하여 급속히 변화되어 2001년에는 이미 향후 2년 이내에 70nm급의 초미세 선폭을 목표로 하고 있다는 것과 이러한 목표를 달성하기 위해서는 KrF, ArF의 자외선 빔을 거쳐 보다 더 파장이 짧은 F2의 극자외선 빔 혹은, 전자빔을 노광원으로 채택할 수 밖에 없을 것이라는 예측에 의해서도 확인할 수 있다.

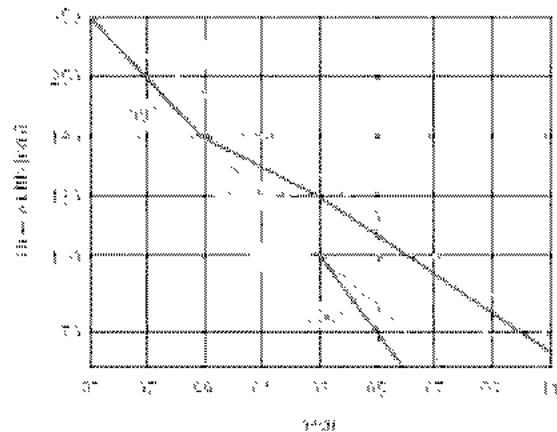


Fig.1 Down-sizing tendency prediction of pattern width in semiconductor fabrication field

그러나 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 소

량생산방식 공정이나 연구실, 교육용 규모에서의 패속조형 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 핵심부위인 경통(Column)의 제작을 중점적으로 추진하고 있으며, 본문에서는 현재까지 추진된 결과들을 중심으로 나타내었다.

2. 주사식 전자현미경을 기본으로 한 전자빔 가공 시스템의 구축

현재 반도체 산업 분야에 있어서 초미세 선폭의 패턴성형을 위한 노광공정은 Fig.2에 나타낸 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 시제작용 분야에 주로 편중되거나 마스크와 미소한 구조물 등의 제작 등에 활용되고 있는 실정이다.

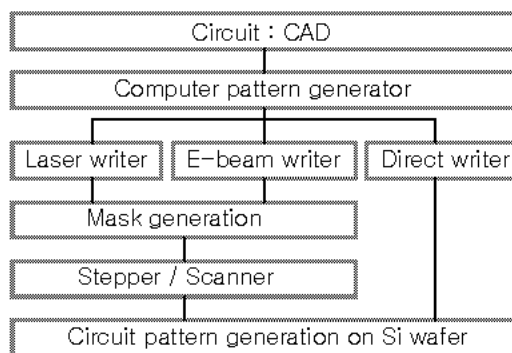


Fig.2 Various micro pattern generation types in semiconductor fabrication field

이와 같은 노광 및 직접 성형 등의 제거가공 외에도 전자빔을 응용한 분야로는 원천적인 초기의 목적인 주사식 전자현미경 측정을 비롯하여 금속재료

등의 표면개질 처리, 용접, CVD와의 중합처리 등을 들 수 있다.

전자빔을 이용한 가공기술은 주사식 전자현미경을 사용하는 과정에 있어서 전자파의 흐름을 집중하여 조사하면 집중된 에너지가 열에너지로 변환되어 대상물 표면의 일부가 용융되어져 국부적으로 소실된다는 현상으로부터 착안된 것이다.

주사식 전자현미경을 기본구조로 한 전자빔 가공 시스템은 Fig.3에 나타낸 바와 같이 고전압 발생장치와 경통, 진공 챔버 및 대상물을 이동하는 장치와 전기적인 제어부로 크게 분류되어 구성되며, 세부적으로 경통은 빔건, 빔집속 코일렌즈, 빔 변형기구, 빔 블랭커, 빔 스티그메이터, 빔 어퍼처, 빔 얼라이먼트 등으로 구성되는 한편, 챔버는 2차 전자검출기와 다축제어형 초정밀 스테이지 등을 갖춘 주요 핵심 H/W 유니트들로써 구성된다.

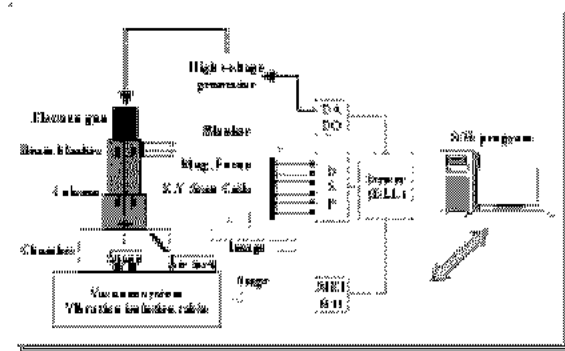


Fig.3 Schematic diagram of electron beam machining system using SEM

3. 경통(Column)의 역할

경통은 Fig.4에 나타낸 바와 같이 고전압 발생장치로부터 생성된 가속전압에 의하여 전자빔을 형성하고 조절하는 부위로서 전자들이 광속에 유사하게 가속되도록 하는 한편, 다수의 전자기적인 코일 렌즈에 의하여 패턴 성형을 수행할 수 있을 정도의 극미세한 형태를 지니는 프로브가 되도록 포커싱하는 역할을 한다.

즉, 고전압 발생장치에 의하여 발생된 고전압은 고전압 케이블과 필라멘트로 전달되어져 전자가 형성된 후, 음극부로부터의 이와 같은 전자들은 양극부로 이동되며 초기의 형태로 임의의 전자빔을 이루게 된다.

전자빔은 고진공 상태의 경통부로 전달되며 빔 얼라이먼트용 전자코일렌즈에서 우선 전자빔이 정렬된 후, 빔 컨덴싱용 전자코일렌즈와 빔 어브젝트용 전자코일렌즈에서 적절하게 축소되고 전달되며 빔

스캐닝 전자코일렌즈에 의하여 전자빔이 주사되어진다.

빔 스캐닝 전자코일렌즈는 빔 쉬프트용 전자코일렌즈와 빔 스티그네이터용 전자코일렌즈와 일체형으로 같이 구성되어 상의 이동(편향)과 비점 보정 역할을 선택적으로 수행하며 전자빔이 최종적으로 주사 되도록 한다.

이와 같이 전자빔 가공 시스템의 경통부는 모두 6종류의 전자코일렌즈가 조립, 구성되어져 최종적으로 요구되는 전자빔의 역할을 수행하게 된다.

개발하고자 하는 전자빔 가공시스템은 주사형 전자현미경을 기본구조로 하며 초미세 가공과 더불어 주사형 전자현미경의 측정기능을 수행하도록 해야 하므로 상의 이동(편향)과 비점 보정 역할을 하는 빔 쉬프트용 전자코일렌즈와 빔 스티그네이터용 전자코일렌즈가 생략되지 않는다.

그리고 전자에 예민하게 반응하는 레지스트로 도포된 실리콘 웨이퍼 등의 대상물을 임의의 위치로 이동할 수 있는 스테이지에 장착하여 전자들이 공기의 분자들과 충돌되어 분산되지 않도록 하기 위한 진공 챔버 내에 넣은 후, PC와 전기적인 회로에 의하여 시스템을 정밀 제어함으로써 가공을 수행하게 된다.

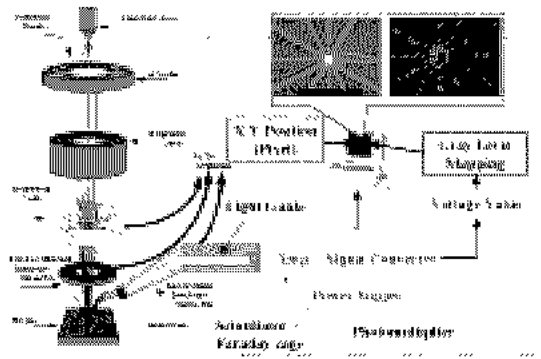


Fig.4 Principle of electron beam machining and secondary electron detecting

4. 경통(Column)의 제작구성

Fig.5는 설계된 전자빔 가공시스템의 경통부에 대한 조립구성도이며 6종류의 전자코일렌즈를 표기하여 나타내었다

빔 컨덴싱용 전자코일렌즈와 빔 어브젝트용 전자코일렌즈는 높은 전류가 부가되어 자속밀도가 형성됨으로써 임의의 직경을 지니는 점자빔을 축소하고 전달하는 역할을 하여야하므로 코일의 직경도 크고 전자코일렌즈의 크기도 커야 한다.

상대적으로 이외의 전자코일렌즈들은 낮은 전류

가 부가되어 전자빔의 조절 역할을 담당하게 되므로 코일의 직경도 작고 전자코일렌즈의 크기도 작아야 한다.

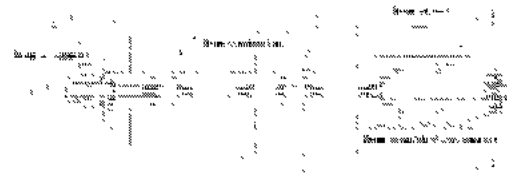


Fig.5 Construction draft of Column unit

전자코일렌즈를 제작하기 위하여 소재로서는 일반적으로 코일 형태로 권선하여 사용하는 전선인 마그네틱 와이어를 적용하였다.

마그네틱 와이어는 일반적인 마그네틱 와이어형과 자기 용착형으로 구분할 수 있으며, 마그네틱 와이어 형태의 동선을 구입하여 알콜에 함침하며 비교적 직경이 커서 태선으로 분류되는 코일을 권선하는 방식으로 채택하였다.

마그네틱 와이어로 분류되는 PVF 동선은 폴리비닐호말 수지를 주성분으로 한 니스 유체를 동선에 소성·피복한 것으로서 내마모성과 내열충격성, 내화학성, 내습성 등이 우수하여 모터, 발전기, 변압기와 가전제품 등에 폭넓게 사용되고 있는 바, 이와 같은 특성들을 유사하게 지니는 한편, 구입이 용이하고 비교적 저렴하며 에나멜 성분을 피복하여 자체적인 발열 작용을 충분히 억제한 2중 동선을 대체하여 사용하였다.

빔 컨덴싱(축소)용 전자코일렌즈와 빔 어브젝트(대물)용 전자코일렌즈는 직경 2mm의 코일을 사용하였으며, 이외의 전자코일렌즈는 직경 0.2mm의 코일을 사용하였다.

직경 2mm의 코일은 태선에 속하는 한편, 해당되는 전자코일렌즈의 형상이 단순하므로 일정한 장력을 부가하며 권선하기 위해서는 자동 권선기를 이용하는 것이 바람직하다.

반면에 직경 0.2mm의 코일은 세선에 속하는 한편, 해당되는 전자코일렌즈의 형상이 상대적으로 단순하지 않으므로 치구를 제작하여 수작업으로 권선하는 것이 바람직하나 정밀하게 권선하기 위해서는 역시 보빈을 제작하여 자동 권선기로 권선할 수도 있다.

Fig.6에는 자동 권선기를 이용하여 제작한 빔 축소/대물 전자코일렌즈를 나타내었다.



Fig.6 Condensing & object electro-magnetic lens

Fig.7에는 빔 스캔(주사)용 전자코일렌즈와 빔 쉬프트(상 이동/편향)용 전자코일렌즈, 빔 스티그네이터(비점 보정)용 전자코일렌즈가 연계되어 일체화로 구성되기 위한 단일 형태의 보빈(바디)에 대한 설계도면을 나타내었으며 Fig.8에는 이와 같은 전자코일렌즈들의 제작 예를 나타내었다.

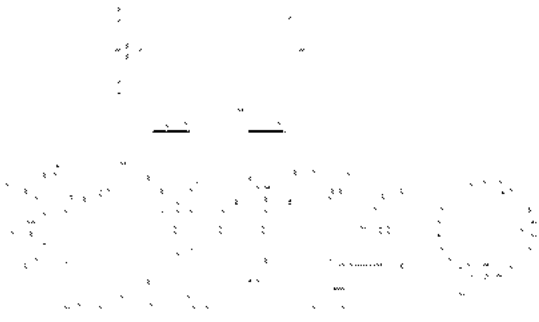


Fig.7 Bobbin structure for electro-magnetic lens



Fig.8 Scan, shift, stigmator electro-magnetic lens

Fig.9에는 이와 같은 빔 스캔(주사)용 전자코일렌즈와 빔 쉬프트(상 이동/편향)용 전자코일렌즈, 빔 스티그네이터(비점 보정)용 전자코일렌즈가 설계 후 제작된 단일 형태의 보빈(바디)에 의하여 연계되어 일체화로 구성, 제작된 시제품품을 나타내었다.

Fig.10에는 6종류의 전자코일렌즈들 외에 구성되는 폴리쉬와 압판, 슬리브, 절연판 및 각종 부품들을 제작하여 조립하는 경통의 예를 나타내었다. Fig.10에 나타난 금속재질의 구성 부품들은 전자코일에 의하여 형성되는 자장의 높은 균일성을 위하여 고순도

의 순철소재로 정밀가공하여 제작한 것들이다.



Fig.9 Construction of bobbin & 3 types electro-magnetic lens

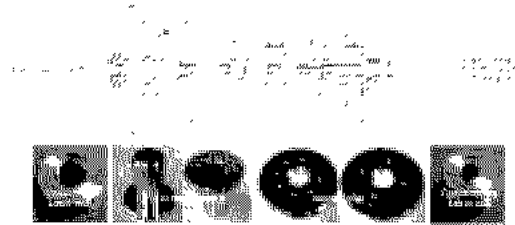


Fig.10 Construction of column unit

Fig.11에는 제작, 구성한 후 조립완성된 경통과 SEM에 이를 장착한 후, 성능평가 실험을 위하여 준비된 상태를 나타내었다.

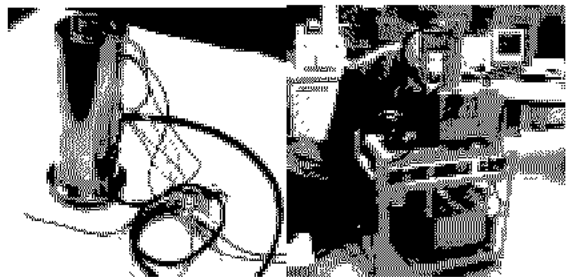


Fig.10 Assembled status of column unit

5. 결론

본 연구에서는 최종적으로 주사식 전자현미경을 기본 구조로 한 보급형 전자빔 가공시스템을 개발하는 목표를 달성하고자 핵심부위라고 할 수 있는 경통을 제작, 구성하여 조립 완성하는 내용을 중점적으로 다루어 수행하였다.

향후 조립 완성된 경통을 SEM에 장착하여 성능평가 실험을 수행한 후, 보완 개선을 통하여 최종적인 최적 모델링화를 구현할 예정이다.