



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0135541
(43) 공개일자 2013년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/28 (2006.01) H01J 37/244 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0059186
(22) 출원일자 2012년06월01일
심사청구일자 2012년06월01일

(71) 출원인
(주)오로스 테크놀로지
경기도 화성시 삼성1로5길 25(석우동)
(72) 발명자
박태훈
경기도 용인시 수지구 풍덕천1동 현대아파트 111-902
박필화
경기도 용인시 수지구 상현동 서원마을 5단지 금호베스트빌 505동 203

(74) 대리인
특허법인대한

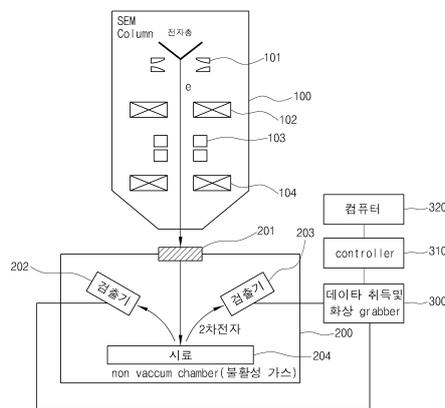
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **주사 전자 현미경**

(57) 요약

주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)이 개시된다. 주사 전자 현미경은 진공(vacuum) 상태에서 열 또는 전계를 가하여 일함수(work function) 이상의 에너지를 가해 많은 전자들(electrons)을 방출하고, 전자빔(electron beam)을 생성하는 전자총, 집속 렌즈, 편향기, 대물 렌즈 및 조리개를 구비하는 경통(column); 전자빔의 가속된 전자들을 인가받아 관찰대상 시료에 조사하고, 상기 시료로부터 방출된 2차전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기(detector)를 통해 제공하는 챔버(chamber); 및 상기 경통과 미세거리로 이격되고 상기 챔버의 경계면에 설치되며, 광축을 중심으로 집속된 전자빔의 전자들(electrons)을 통과시키고 공기를 통과시키지 않으며, 상기 경통(column)으로부터 제공된 전자빔을 상기 챔버로 제공하는 필터를 포함한다. 전자총을 구비한 진공(vacuum) 상태의 경통(column)으로부터 불활성 가스가 주입된 비진공 챔버(non vacuum chamber)의 경계면에 설치된 필터(filter)를 통해 전자빔의 가속된 전자들이 조사된 시료에 방출된 2차전자 등의 검출 신호를 검출기로 감지하고, 챔버(chamber)가 경통(column)과 분리 가능하여 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능하고, 기존 진공 챔버의 부피를 줄이게 되었다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)에 있어서,

진공(vacuum) 상태에서 열 또는 전계를 가하여 일함수(work function) 이상의 에너지를 가해 많은 전자들(electrons)을 방출하고, 전자빔(electron beam)을 생성하는 전자총(electron gun), 집속 렌즈(condensor lens), 편향기(deflector), 대물 렌즈(objective lens) 및 조리개(aperture)를 구비하는 경통(column);

전자빔의 가속된 전자들(electrons)을 인가받아 관찰대상 시료에 조사하고, 상기 시료로부터 방출된 2차전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기(detector)를 통해 제공하는 챔버(chamber); 및

상기 경통과 미세거리로 이격되고 상기 챔버의 경계면에 설치되며, 광축을 중심으로 집속된 전자빔의 전자들(electrons)을 통과시키고 공기를 통과시키지 않으며, 상기 경통(column)으로부터 제공된 전자빔을 상기 챔버로 제공하는 필터(filter);

를 포함하는 주사 전자 현미경.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 챔버는,

관측 대상물인 시료; 및

상기 전자빔(electron beam)의 가속된 전자들이 조사된 상기 시료로부터 방출된 2차전자(secondary electron), 반사 전자 등의 검출신호를 감지하는 적어도 하나 이상의 검출기(detector)를 포함하고, 비진공 챔버(non-vacuum chamber)인 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 시료에 전자빔의 가속 전자들이 조사된 후, 상기 시료로부터 방출된 2차 전자 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기로부터 수신받아 시료 표면 영상의 화상처리를 담당하는 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber);

상기 주사전자현미경의 배율과 각종 파라미터의 제어를 위한 제어기(controller); 및

상기 데이터 취득 및 화상 그래버 및 상기 제어기로부터 고분해능의 나노구조의 시료 표면 영상을 관찰하고 분석하는 컴퓨터;

를 더 포함하는 주사 전자 현미경.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 챔버는,

진공(vacuum) 상태가 아닌 비진공 챔버(non-vacuum chamber)이며, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 5

제1항 또는 제4항에 있어서,

상기 챔버는,

상기 시료 표면에 전자들(electrons)이 달라붙는 것을 방지하기 위해 상기 불활성 가스와 함께 소량의 H₂O 수증기를 같이 주입하는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 챔버는,

상기 주사 전자현미경(SEM)의 상기 챔버(non vacuum chamber)가 경통(column)과 분리 가능한 구조로 이루어져 있으며, 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능한 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 시료는,

상기 주사 전자 현미경에 의해 PCB나 반도체의 층별 정렬 키(alignment key)가 표시된 다층 구조(multi layer)의 시료의 표면 구조와 다층구조의 정렬상태를 확인할 경우, 시료를 동일한 위치에 둔 상태에서 상기 전자총의 가속전압의 전압의 세기를 변경{고전압(high voltage)과 저전압(low voltage)}하여 전자빔을 생성함으로써, 상기 시료에 전자빔을 다층 구조의 시료의 침투 깊이를 달리하도록 조사하여 다층구조 시료의 각 레이어(layer)의 정렬 키를 계측함에 따라 상층부와 하층부의 정렬(alignment) 정도를 확인하는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전자총을 구비한 진공(vacuum) 상태의 경통(column)과 미세거리로 이격된 비진공 챔버(non vacuum chamber)에 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되고, 비진공 챔버(non vacuum chamber)의 경계면에 설치된 필터(filter)를 통해 경통(column)으로부터 주사된 전자빔의 가속된 전자들이 조사된 시료에 방출된 2차 전자 등의 검출 신호를 감지하는 다수의 검출기로 구성되고, 챔버(chamber)가 경통(column)과 분리 가능하여 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능한, 개선된 주사 전자 현미경에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자 현미경은 매우 높은 분해능(high resolution)이 요구되며, 전자(electron)의 과동성에 입각해 광학 현미경(Optical Microscope)의 미세한 크기의 관찰대상물(object, 시료)을 확대하여 분석하며, 시료 표면의 형상의 국소해부학(topography)적 정보, 시료를 구성하는 나노구조의 입자들의 형상과 크기 등의 형태학(morphology)적 정보, 재료 내 원자들의 배열상태 등의 나노구조의 결정학(crystallography)적 정보를 분석할 수 있다.

[0003] 주사 전자 현미경(SEM)의 분해능은 전자총(electron gun)의 종류에 따라 5nm(열방사형), 또는 1~2nm(전계방사형)으로 50~60 만배까지 관찰할 수 있고, 수십 나노미터(nm) 정도의 매우 높은 분해능(high resolution)을 가지고 있으며, 고배율로 관측 대상물(object, 시료)을 관찰할 수 있다.

[0004] 최근 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은 약 1000배 정도까지의 비율로 관찰할 수 있는 광학현미경(Optical Microscope)의 분해능(resolution)이 빛의 파장에 의해 제한되어 광학현미경으로 관찰할 수 없었던 바이러스 등의 미생물까지도 50-100만배까지 높은 배율로 선명하게 관찰하게 되었고, 고진공이 아니더라도 저진공하에서 영상을 관찰할 수 있는 저진공 주사 전자 현미경(LV-SEM, VP-SEM, 또는 ESEM)이 개발되어 수십 마이크로미터에서 나노미터(nm)까지 매우 높은 분해능(high resolution)으로 의학, 생명공학, 생물학, 미생물, 재료공학, 식품공학 등 넓은 분야에 많이 사용되고 있다. 또한, X선 분광분석기(EDS, WDS) 등과 더불어 전자 후

방산란 회절분석기(EBSD)를 장착하여 시편상의 입자 또는 결정에 대한 배향도 분석을 제공하고, 분석을 용이하게 하기 위해 SEM과 개인용 컴퓨터를 연결한 PC 기반의 SEM이 일반화되고 있다.

- [0005] 전자 현미경의 기본원리는 전자총(electron gun)에 의해 형성된 일련의 전자들의 인가된 가속전압에 의해 에너지를 가지고 시료를 향해 가속된다. 가속된 전자 빔(electron beam)이 전기장 또는 자기장을 이용한 집속 렌즈(condenser lens)에 의해 전자 빔(electron beam)의 양과 spot 사이즈를 조절하며, 수십, 수백 마이크로미터의 직경을 갖는 대물렌즈(objective lens)의 조리개(aperture)를 사용하여 산란된 것을 걸러주게 된다. 조절된 전자빔(electron beam)은 비점보정기(stigmator) 코일에 의해 전자빔이 광축(Optic)에 일치되도록 정렬(alignment)할 뿐만아니라 빔의 정형화 된다. 정형화된 전자빔이 편향기(Deflector)에 의해 주사(scan) 범위를 설정하여 배율을 결정한다. 이 편향된 전자빔은 분해능(resolution)을 결정하는 대물 렌즈(objective lens)에 의해 시료에 초점을 형성한다. 주사 전자현미경으로부터 시료에 입사되는 전자들(electrons)은 시료내에 포함된 원자 및 전자들과 쿨롱의 상호작용(interaction)에 의해 방출되는 여러가지 검출 신호들, 즉 2차전자(secondary electron), 반사전자(backscattered electron), 투과 전자(transmission electron), 오거 전자(auger electron)들이 있으며, X-ray에 대한 정보를 얻게 된다. 이 정보들에서 진공 준위보다 에너지가 큰 2차 전자의 양을 검출하여 영상 신호로 변환하고, CRT 화면에 나타낸다.
- [0006] 기존 주사 전자 현미경(SEM)의 단점은 부피가 큰 자기형틀을 사용하기 때문에 경통(SEM column)과 본체가 커지고, 자기형 렌즈 제어를 위해 수 밀리 암페어에서 수 암페어의 전류를 정밀하게 공급하기 때문에 제어기의 구조가 복잡하고 부피가 크다. 이러한 주사 전자 현미경의 경통(column)과 제어기(controller)를 줄이기 위한 방법으로 정전기 렌즈(electrostatic lens)를 사용하여 최적의 경통 구조를 얻었으나, 정전기 렌즈(electrostatic lens)의 특성상 수차가 일어나고, 낮은 가속전압으로 인한 배율과 분해능의 한계가 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전자 현미경 본체가 커지더라도 분해능(resolution)을 개선하기 위해 자기형 렌즈 시스템을 도입하였다.
- [0007] 초기 주사 전자 현미경은 크게 본체(chamber)부와 제어부(control unit)로 구성된다. 본체부는 전자총(electron gun)에서 방출된 전자빔(electron beam)을 집속하여 시료 위를 2차원적으로 주사하면서 조사하는 전자 광학계와 관찰 시료를 취급하는 시료 스테이지, 시료의 표면에서 반사되는 2차전자를 포함하는 신호를 검출하는 검출기(detector) 및 제어부를 포함한다.
- [0008] 제어부는 본체를 제어하는 각종 전원(가속전압 전원, 렌즈 전원, 주사 전원 등)과 검출기의 제어 신호를 처리하는 제어기(controller), 검출된 신호를 모니터 화면에 보여주는 컴퓨터로 구성된다.
- [0009] 전자총(electron gun)은 캐소드(cathode)를 가열하여 전자들을 방출시키는 필라멘트 소스(filament source), 방출된 전자들을 집속시켜 제어하는 웨넬트(wehnelt, shield), 그리고 가속시키는 가속전극 애노드(anode)로 구성되고, 캐소드(cathode)에서 전자들을 방출시켜 전자빔(electron beam, 전자선)을 형성 집속하여 최종적으로 시료에 도달하도록 가속시킨다.
- [0010] 집속렌즈(condenser lens)는 자기형 렌즈(magnetic lens)와 정전기 렌즈(electrostatic lens)가 있으며, 전자빔(electron beam)을 집속한다. 현재 상용화된 주사 전자 현미경(SEM)의 렌즈는 대부분이 자기형 렌즈이며, 솔레노이드(solenoid)에 전류를 제공할 때 자기장(magnetic field)이 발생하여 그 자기장에 의해 전자빔을 집속한다. 정전기 렌즈(electrostatic lens)는 같은 전기는 반발하는 척력(repel force)과 다른 전기와는 끌어당기는 인력(attractive force)의 원리로 힘이 생기는 전기장에 의해 전자빔(electron beam)을 집속한다. 정전기 렌즈는 2극 구조 렌즈(bipotential lens)와 3극 구조 렌즈(tripotential lens)가 있으며 빠른 응답 특성과 전압을 제어하기 쉽고, 전체 SEM column(경통)의 부피를 줄일 수 있는 장점이 있다.
- [0011] 주사 전자현미경(SEM)의 경통(column)은 펌프(pump)를 사용해 고진공 상태를 만들며, 주사 전자현미경(SEM)의 분해능을 높이기 위해 스테이지(stage) 상에 놓인 시료 표면을 주사하는 전자빔(electron beam)이 직경이 작아야 하고, 높은 에너지 밀도(energy density)를 가지고 있어야 한다.
- [0012] 주사 전자 현미경의 소스에 전류를 인가하면, 전자들(electrons)이 필라멘트 표면으로 이동하게 되고, 웨넬트에 바이어스 전압(bias voltage)을 인가하므로 필드 에너지에 의해 전자들이 집속하게 된다. 진공(vacuum) 상태의 경통(column) 내에서 집속된 전자빔은 애노드(anode)에 의해 큰 에너지로 가속되고, 가속된 전자빔(electron beam)은 첫번째 집속렌즈(condenser lens)에 의해 빔량을 조절하며, 가늘게 정제된 전자빔을 만든 후 렌즈가 가지는 구면수차를 해결하기 위해 전자빔을 조리개(aperture)로 관통시키게 된다. 다시 두번째 집속렌즈(condenser lens)에 의해 전자빔(electronic beam)이 더욱 가늘게 집속하게 된다. 그런데, 렌즈를 통과한 전자

빔들이 정확히 렌즈의 중심을 통과하지않을 뿐만아니라 렌즈의 기계적인 구조가 오차를 가지기 때문에 필드가 좌우 대칭이 되지 못하여 전자빔이 정형화되지않는 경우가 많다. 이러한 비점 전자빔을 비점보정기(stigmator)를 사용하여 정형을 하고, 편향기(deflector)에서 선택된 배율로 편향시킨다. 그리고 대물렌즈(objective lens)에 의해 최소로 집속된 점(Cross Over Point)을 찾고 focusing하여 시료에 도달하게 된다.

[0013] 도 1을 참조하면, 종래의 주사 전자현미경(scanning electron microscope, SEM)은 (i) 전자빔(electron beam) 2를 발생시켜, 가속전압으로 가속후 주사해 수렴시키는 주사형 전자현미경 경통(column)(1); (ii) 적어도 하나 이상의 막으로 밀폐되는 하나 이상의 조리개(aperture)를 포함한 인터페이스(interface)(3); (iii) 임의 선택의 메카니컬·스테이지(stage)(7)에 접속되는 시료 홀더; (iv) 시료 표면 영상을 획득하는 컴퓨터(16); (v) 컨트롤러(17); (vi) 고전압 공급(high voltage supply)부(18); (vii) 저전력 공급부 및 스캐너(19); (viii) 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber)(20); (ix) 적어도 하나 이상의 펌프(15); (x) 분광계·컨트롤러 및 프로세서(processor)(21), 저에너지 전자(low-energy electron)(12)를 검출하는 측면 전자 검출기(side electron detector)(8); 고에너지 전자(high-energy electron)(13)을 검출하는 중심 전자 검출기(center electron detector)(9); 광자들(photons)(14)을 검출하는 광자 검출기(photon detector) 또는 분광계(spectrometer)(10); 전자빔(2)으로 시료(object)(6)의 상호작용(interaction)에 대한 응답으로 발생한 전류를 측정하는 피코 암페어 계측기(Pico ampere meter)(11) 등, 적어도 하나 이상의 검출기(detectors)를 포함한다.

[0014] 주사 전자현미경 시스템(30)은 시료(object)(6)의 화상(image), 즉 시료(6)의 2 차원 맵을 생성해 점분석을 실시한다. 컴퓨터(16) 및 컨트롤러(17)는 주사 전자현미경 시스템(30)의 다양한 구성요소(component)의 파라미터(parameter)와 동작을 제어한다. 진공 환경(vacuum environment)이 부호 4로 나타났고, 비진공 환경(non-vacuum environment)이 부호 5로 나타냈다.

[0015] 전자빔(electron beam)(2)은 인터페이스(interface)(3)의 하나 이상의 조리개(aperture)를 통해 시료(object)(6)에 조사된다. 조사된 가속 전자들은 2차 전자(secondary electron), 후방 산란 전자(back scattering electron), 특성 X선 및 경우에 따라 캐소드 루미네선스(cathode luminescence)를 발생시킨다. 캐소드 루미네선스(cathode luminescence)는 표면 특성 또는 마커(marker) 또는 분자(labeling molecules)로부터 광 방출(light emission) 때문에 발생한다. 방출된 신호는 검출기를 사용하여 2차전자들이 검출되고, 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber)(20) 및 컨트롤러(17)를 통해 컴퓨터(16)로 나노구조의 시료 표면 영상을 출력한다.

[0016] 그러나, 주사 전자현미경(SEM)은 진공 챔버(vacuum chamber)를 펌프(pump)로 진공(vacuum) 상태를 만들려면 시간이 많이 걸리고 가격이 많이 들며, 진공 챔버 안에 시료가 크면 진공 챔버가 커져야 하므로 펌프로 진공(vacuum) 상태를 만드는게 많은 시간과 노력이 드는 문제점이 있었다. 또한, 주사 전자 현미경(SEM)의 경통(column)과 진공 챔버(vacuum chamber)가 일체화되어 분리되어 사용하지 못하여 불편한 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 전자총을 구비한 진공(vacuum) 상태의 경통(column)과 미세거리로 이격된 비진공 챔버(non vacuum chamber)에 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되고, 비진공 챔버(non vacuum chamber)의 경계면에 설치된 필터(filter)를 통해 경통으로부터 주사된 전자빔의 가속된 전자들이 조사된 시료에 방출된 2차전자 등의 검출 신호를 감지하는 다수의 검출기로 구성되고, 챔버(chamber)가 경통(column)과 분리되어 다양한 경통(column)과 인터페이스를 가능하게 하는, 개선된 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명의 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은, 진공(vacuum) 상태에서 열 또는 전계를 가하여 일함수(work function) 이상의 에너지를 가해 많은 전자들(electrons)을 방출하고, 전자빔(electron beam)을 생성하는 전자총(electron gun), 집속 렌즈(condensor lens), 편향기(deflector), 대물 렌즈(objective lens) 및 조리개(aperture)를 구비하는 경통(column); 전자빔

의 가속된 전자들(electrons)을 인가받아 관찰대상 시료에 조사하고, 상기 시료로부터 방출된 2차전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기(detector)를 통해 제공하는 챔버(chamber); 상기 챔버의 경계면에 설치되고, 광축을 중심으로 집중된 전자빔의 전자들(electrons)을 통과시키고 공기를 통과시키지 않으며, 상기 경통(column)으로부터 제공된 전자빔을 상기 챔버로 제공하는 필터(filter)를 포함한다.

- [0019] 상기 챔버는, 관측 대상물인 시료; 및 상기 전자빔(electron beam)의 가속된 전자들이 조사된 상기 시료로부터 방출된 2차전자(secondary electron), 반사 전자 등의 검출신호를 감지하는 적어도 하나 이상의 검출기(detector)를 포함한다.
- [0020] 상기 주사 전자 현미경은, 상기 시료에 전자빔의 가속 전자들이 조사된 후, 상기 시료로부터 방출된 2차 전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기로부터 수신받아 시료 표면 영상의 화상처리를 담당하는 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber); 상기 주사전자현미경의 배율과 각종 파라미터의 제어를 위한 제어기(controller); 및 상기 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber) 및 상기 제어기(controller)로부터 고분해능의 나노구조의 시료 표면 영상을 관찰하고 분석하는 컴퓨터를 더 포함한다.
- [0021] 상기 챔버는, 진공(vacuum) 상태가 아닌 비진공 챔버(non vacuum chamber)이며, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 챔버는, 시료 표면에 전자들(electrons)이 달라붙는 것을 방지하기 위해 불활성 가스와 함께 소량의 H₂O 수증기를 같이 주입하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 상기 챔버는 주사 전자현미경(SEM)의 상기 챔버(non vacuum chamber)가 경통(column)과 분리 가능한 구조로 이루어져 있으며, 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따른 개선된 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은 전자총을 구비한 진공(vacuum) 상태의 경통(column)과 미세거리로 이격된 비진공 챔버(non vacuum chamber)에 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되고, 비진공 챔버(non vacuum chamber)의 경계면에 설치된 필터(filter)를 통해 경통으로부터 조사된 전자빔의 가속된 전자들이 조사된 시료에 방출된 2차전자 등의 검출 신호를 감지하는 다수의 검출기로 구성되고, 챔버(chamber)가 경통(column)과 분리 가능하여 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능하고, 부파가 큰 챔버도 쉽게 제작이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 종래의 주사 전자현미경의 구성도이다.
- 도 2는 주사 전자현미경에서 집속렌즈와 대물렌즈의 광진행 경로 모식도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 개선된 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 발명의 구성 및 동작을 상세하게 설명한다.
- [0027] 도 3은 본 발명에 따른 개선된 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)의 구성도이다.
- [0028] 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은 주사전자현미경의 진공(vacuum) 상태의 전자총(electron gun)을 구비한 경통(column)과 미세한 거리로 이격되고, 비진공 챔버(non vacuum chamber)의 경계면에 설치된 필터(filter)에 의해 전자들을 통과시키면서 공기는 통과시키지 않으며, 진공(vacuum) 상태가 아닌 불활성 가스가 주입된 non-vacuum chamber내에 시료와 2차전자(secondary electron)를 감지하는 다수의 검출기로 구성된다.
- [0029] 또한 상기 챔버(chamber)는 경통(column)과 분리 가능하기 때문에 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능할 뿐 아니라 챔버가 큰 경우라도 손쉽게 제작할 수 있는 것을 특징으로 한다.

- [0030] 본 발명에 따른 주사 전자 현미경(SEM)은 경통(column)(100), 비진공 챔버(non vacuum chamber)(200), 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber)(300), 제어기(controller)(310), 컴퓨터(320)로 구성된다
- [0031] 본 발명에 따른 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은 진공(vacuum) 상태에서 열 또는 전계를 가하여 일함수(work function) 이상의 에너지를 가해 많은 전자들(electrons)을 방출하고, 전자빔(electron beam)을 생성하는 전자총(electron gun)(101), 집속 렌즈(condensor lens)(102), 편향기(deflector)(103), 대물 렌즈(objective lens)(104) 및 조리개(aperture)를 구비하는 경통(SEM column)(100); 상기 비진공 챔버(200)의 경계면에 설치된 필터(filter)(201)를 통해 공기를 필터링하고 집속된 전자빔의 가속된 전자들(electrons)을 인가받아 관찰대상 시료(204)에 조사하며, 상기 시료(204)로부터 방출된 2차전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기(detector)(202,203)로 감지하여 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber)(300)로 제공하는 비진공 챔버(non-vacuum chamber)(200)를 포함한다.
- [0032] 상기 챔버(200)는, 관측 대상물인 시료(204); 및 상기 전자빔(electron beam)의 가속된 전자들이 조사된 상기 시료(204)로부터 방출된 2차전자(secondary electron), 반사 전자 등의 검출신호를 감지하는 적어도 하나 이상의 검출기(detector)(202,203)를 포함한다.
- [0033] 상기 주사 전자 현미경(SEM)은 상기 시료(204)에 전자빔의 가속 전자들이 조사된 후, 상기 시료(204)로부터 방출된 2차 전자(secondary electron) 등의 검출 신호를 적어도 하나 이상의 검출기(detector)(202,203)로부터 수신받아 시료 표면 영상의 화상처리를 담당하는 데이터 취득 및 화상 그래버(grabber)(300); 상기 주사전자현미경의 배율과 각종 파라미터의 제어를 위한 제어기(controller); 및 상기 데이터 취득 및 화상 그래버(300) 및 상기 제어기(310)로부터 고분해능의 나노구조의 시료 표면 영상을 관찰하고 분석하는 컴퓨터(320)를 더 포함한다.
- [0034] 상기 챔버(200)는 진공(vacuum) 상태가 아닌 비진공 챔버(non-vacuum chamber)이며, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 중 어느 하나의 불활성 가스가 주입되어 사용된다.
- [0035] 상기 챔버(200)는, 시료 표면에 전자들(electrons)이 달라붙는 것을 방지하기 위해 불활성 gas와 함께 소량의 H₂O 수증기를 같이 주입하거나 소량의 H₂O 수증기를 주입하는 것을 특징으로 한다,
- [0036] 상기 비진공 챔버(non vacuum chamber)는 경통(column)과 분리 가능한 구조로 이루어져 있으며, 다양한 경통(column)과 인터페이스가 가능한 것을 특징으로 한다.
- [0037] 상기 시료(204)는, 상기 주사 전자 현미경(SEM)에 의해 PCB나 반도체의 층별 정렬 키(alignment key)가 표시된 다층 구조(multi layer)의 시료에 대한 표면 구조와 표면 상태를 확인하고 관찰할 경우, 상기 전자총(101)의 가속전압을 변경(고전압(high voltage)과 저전압(low voltage))으로 각각 달리 공급하여 전자빔(electronic beam)을 생성하고, 상기 시료(204)에 전자빔을 다층 구조(multi layer)의 시료(204)의 침투 깊이를 달리하여 조사함으로써 다층구조 시료(204)의 각 레이어(layer)의 정렬 키를 확인할 수 있어 상층부와 하층부의 정렬(alignment) 정도를 확인하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 일반적으로, 전자총(electron gun)은 열 방사형 전자총(TEG:thermionic electron gun)과 전계(electric field)를 이용하는 전계방사형 전자총(FEG:field emission electron gun)으로 분류된다. 열 방사형 전자총은 전자(electron)가 음극 재료를 벗어날 수 있는 일함수(work function) 에너지를 열 에너지로 공급하여 고체물질의 전자를 방출한다. 웨넬트 실린더(Wehnelt cylinder) 음극인 필라멘트와 양극단(anode plate) 사이에 가속전압을 제공하고, 가속전압에 의해 필라멘트로부터 방출된 전자는 양극판으로 가속되며, 가속된 전자들은 양극판 가운데에 광축의 홀(hole)을 통해 아래 방향으로 방사되어 전자빔을 형성한다. 이때, 웨넬트 실린더는 필라멘트에서 방출된 전자들을 모으는 역할을 한다.
- [0039] 전계방사형 전자총(FEG:Field Emission Gun)을 장착한 전계방사형 주사 전자 현미경(FESEM)은 전자빔의 휘도가 열방사형 전자총에 비하여 1000배 정도 높고 나노 스케일의 작은 방사원의 크기와 분해능(resolution)이 1.6nm 이하로 매우 높으며 1~5kV 정도의 낮은 가속전압으로 10만~100만배의 고배율로 나노구조의 시료 표면 형상을 관찰할 수 있다.
- [0040] 전계방사형 전자총(101)은 고진공에서 단결정의 텅스텐 재료를 사용하여 전자 방출 효율이 높으며, 열을 가하지 않는 상온형(CPE: Cold Field Emitter), 열을 가하는 고온형(TFE: Thermal Field Emitter)과 쇼트키형(SFE:Shorrtkey Field Emitter)으로 나누어 진다. 전계방사형 전자총(101)은 전자총 재료에 10⁸V/cm 정도의 높은 전계(electric field)를 가하면 고체 물질의 에너지 장벽이 낮아져 전자들이 방출되고, 고체 물질로부터 방

출된 전자들은 10,000~30,000V의 고전압을 걸어 가속시킨다.

[0041] 전자총(electron gun)(101)은 고체 물질 내의 열 또는 전계를 가하여 일함수(work function) 이상의 에너지(진공에서 에너지 준위와 페르미 에너지의 차이값)를 가하면 전자들(electrons)은 고유의 위치에서 많은 수의 전자들을 방출하고, 전자빔(electron beam)을 생성한다.

[0042] 도 2는 주사 전자현미경에서 집속렌즈와 대물렌즈의 광진행 경로 모식도(전자빔의 지름이 d_0 에서 d_1 으로, d_1 에서 d_p 로 반확대되는 광진행 경로 모식도)이다.

[0043] 주사 전자현미경(SEM:scanning electron microscope)에서 전자총(electron gun)(101)으로부터 생성된 전자빔(electron beam)은 전자기렌즈의 자장을 이용하여 굴절되고 수렴한다. 주사 전자현미경에서 시료 표면에 전자총(electron gun)(101)으로부터 발생된 전자빔 조사를 최대한 하도록 정렬된 광축에 따라 집속렌즈(condensor lens)(102)의 강한 여기로 전자빔의 크기를 최소화하고, 대물렌즈(objective lens)(104)의 조리개(aperture)와 시료의 짧은 작동거리(W:working distance)로 전자빔의 크기를 최소화하고, 전자 검출기(202,203)의 수집 효율을 증대하며, 초점 조절-비점 수차 보정을 반복하여 최적의 고분해능의 시료 표면 형상을 획득하여 나노구조의 미세구조를 분석한다.

[0044] 주사 전자현미경에서 렌즈에 의해 전자빔의 크기가 축소되는데 이를 반확대(demagnification)라고 하며, 반확대 전후의 전자빔(electron beam)이 크기를 각각 d_0, d_1 이라 하고, 렌즈로부터 대상물과 영상까지의 거리를 l_0, l_1 라고 하면 렌즈의 초점거리는 다음 수학적식1과 같이 계산된다.

수학적식 1

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{l_0} + \frac{1}{l_1}$$

[0045]

[0046] 전자빔이 반확대(demagnification)되는 배율 m 은 수학적식(2)와 같이 거리 관계에 의하여 결정된다. 렌즈에 흐르는 전류를 증가시키면 자기장의 크기가 증가하고, 초점거리가 짧아진다. 짧아진 초점거리는 영상까지의 거리 l 을 짧게 하고 배율을 증가시킨다.

수학적식 2

$$m = \frac{d_0}{d_1} = \frac{l_0}{l_1}$$

[0047]

[0048] 전자총(101)에서 생성된 d_0 지름의 광원은 집속 렌즈(condensor lens)(102)에 의해 d_1 지름으로 반확대되고, 이를 다시 대물 렌즈(objective lens)(104)에 의해 d_p 지름으로 반확대되어 최종 프로브를 형성하게 된다.

[0049] 집속 렌즈(condensor lens)(102)의 세기가 세면, 도 2의 광진행 경로 모식도에서 도시된 바와 같이 반확대(demagnification) 배율이 커져 프로브의 크기가 작아지게 되고 전자현미경의 분해능이 높아지게 된다.

[0050] 반면에 집속 렌즈(102)의 수렴각(또는 분산각) α_1 이 커져서 대물렌즈(objective lens)(104)에 부착된 조리개(aperture)를 통과하여 최종 프로브에 도달하는 전류량이 작아지게 되고 화질은 나빠지게 된다.

[0051] 만일, 집속렌즈(102)의 세기가 약하면, 그 반대로 프로브의 지름이 커지고 분해능이 나빠지지만 프로브의 전류량이 커져 화질이 좋아지게 된다.

[0052] 전자빔은 렌즈의 작용에 따라 퍼졌다 모였다 하면서 한 위치에서 영상을 관찰한다. 집속렌즈(condenser lens)(102) 및 편향기(deflector)(103) 아래에 위치하고 있는 대물렌즈(objective lens)(104)는 전자빔을 반확

대하는 역할과 더불어 시료 바로 위에 위치하며 시료의 초점을 맞추는 역할을 한다.

- [0053] 조절된 전자빔(electron beam)은 비점보정기(stigmator) 코일에 의해 전자빔이 광축(Optic)에 일치되도록 정렬(alignment)하고 빔을 정형화한다. 편향기(Deflector)는 정형화된 전자빔을 주사(scan) 범위를 설정하여 배율을 결정한다.
- [0054] 편향기(deflector)(103)는 편향제어회로에 의해 전류와 전압을 인가하여 전자빔을 주사할 범위를 자기장과 전기장의 세기를 제어하여 결정하고, 설정된 배율로 편향시켜 주사영역(scanning area)을 결정한다.
- [0055] 대물렌즈(objective lens)(104)의 조리개(aperture)는 작은 hole로 전자빔(electron beam)의 형태로 전자 외의 산란전자들을 걸러주며, 전자빔(electron beam)의 직경을 작게 하는 역할을 한다. 대물렌즈(104)의 조리개(aperture)는 주사 전자 현미경(SEM)에서 경통(column)을 따라 수직으로 입사되는 전자 빔이 렌즈 중심부에 도달하지 못하며 구면수차(spherical aberration)를 일으킬 확률이 있는 전자들과 전자들을 걸러주어 한 점에 초점이 맞추도록 한다
- [0056] 대물렌즈(objective lens)(104)의 조리개(aperture)와 시료(object)까지의 작동거리(working distance)가 짧으면, 대물렌즈의 세기가 세고 렌즈의 반확대 배율이 높기 때문에 프로브의 크기가 작아지므로 분해능이 좋아진다.
- [0057] 반면에 대물렌즈(104)의 수렴각(또는 분산각) α_p 가 커지므로 시료상의 수직 방향으로 초점이 맞는 범위에 해당하는 피사계 심도(depth of field, 시료의 높낮이가 있는 경우 초점이 맞는 범위에 해당하는 높낮이 또는 깊이)가 작아지게 되는데, 작동거리 W가 길면, 대물렌즈의 세기가 약하고 프로브의 크기가 커져 분해능이 나빠지더라도 대물렌즈의 수렴각 α_p 가 작아 피사계 심도(depth of field)가 깊어진다.
- [0058] 전자광학계(electron optics system)에서 전자총과 전자기 렌즈의 작용에 의하여 미세한 전자빔 형태로 만들어지는 프로브는 광축을 기준으로 시료 표면에 집속된 전자빔을 조사하면서 2차전자(secondary electron)와 후방 산란 전자 신호를 검출기(detector)(202,203)로 획득하여 나노구조의 시료 표면 형상 이미지를 획득한다. 렌즈의 수차는 구면수차(spherical aberration), 색수차(chromatic aberration), 및 비점수차(astigmatism)가 존재한다.
- [0059] 비점수차(astigmatism)는 렌즈의 세기가 광축을 중심으로 비대칭 일 때, 렌즈를 통과한 전자빔이 한 초점에 모이지 않고, 길쭉한 모양으로 되는 것을 말한다.
- [0060] 조절된 전자 빔(electron beam)은 비점보정기(stigmator) 코일에 의해 전자빔이 광축(optic axis)에 일치되도록 정렬(alignment)하고 빔을 정형화한다. 정형화된 전자빔이 편향기(deflector)(103)에 의해 주사(scan) 범위를 설정하여 배율을 결정한다. 이 편향된 전자빔은 분해능(resolution)을 결정하는 대물 렌즈(objective lens)(104)에 의해 시료(204)에 초점을 형성한다.
- [0061] 편향기(deflector)(103)는 편향제어회로(미도시)에 의해 전류와 전압을 인가하여 전자빔을 주사할 범위를 자기장과 전기장의 세기를 제어하여 결정하고, 기 설정된 배율로 편향시켜 주사영역(scanning area)을 결정하는 역할을 한다.
- [0062] 주사 전자 현미경(SEM)에서 광축을 중심으로 집속된 전자빔을 시료(204)에 주사시, 대물렌즈(objective lens)(104)에 의해 시료(204) 면에 집속된 전자빔은 이중 편향 코일(주사 코일)에 의해 시료 면의 관찰 영역을 종/횡 방향으로 이동할 주사하게 된다.
- [0063] 집속된 전자빔이 조사된 시료(object)(204)는 비탄성 산란 과정에서 가속된 전자들의 에너지나 모멘트가 시료의 원자에 전달된다. 에너지를 전달받은 원자는 평형상태에서 벗어나 여기된 상태로 갔다가 기저 상태로 되돌아오게 된다. 이 과정에서, 시료 표면에 2차전자, 음극냉광, 포논 진동의 신호가 발생한다.
- [0064] 전자빔(electron beam)의 전자빔의 가속전자들이 시료(204)에 조사된 후, 외각전자의 구조 및 분포의 화학적인 결합, 결정의 방향성, 표면 상태, 가속전자와 전도대(conduction band) 또는 가전자대(valance band) 전자간의 운동역학적 비탄성 산란에 의해 후방 산란 전자의 영향으로 약 50 eV 이하의 에너지를 가진 2차 전자(secondary electron)가 방출된다. 2차 전자(secondary electron)는 시료에 조사된 전자빔의 가속전자들과 시료의 원자 내 외각전자의 반응에 의해 발생하며, 시료의 표면 형상을 감지하는데 사용하는 가장 중요한 신호이며, 대부분 3~5 eV 정도의 작은 에너지를 가진다. 후방 산란 전자는 시료에 입사된 전자빔의 전자기 시료와의 반복적인 탄성 산란 과정에서 진로가 바뀌어 시료를 이탈한 전자이다.

[0065] 시료에 조사된 전자빔(electron beam)은 일부 시료와의 상호작용을 통해 시료 표면 영상의 신호들인 2차전자와 후방산란전자 신호가 발생하고, 나머지 시료에 흡수된 전자들은 접지 회로를 따라 시료를 빠져나가게 된다.

[0066] 주사 전자현미경(SEM)의 전자검출기(202,203)는 전자빔의 가속 전자들이 시료에 조사되면, 가속된 전자들이 조사된 시료의 원자나 전자와 쿨롱의 상호작용(interaction)에 의해 탄성, 비탄성 산란되어 고체내의 전자들을 기저상태에서 여기 상태로 전이하게 되고 여기전 전자중에 진공준위보다 큰 2차 전자들이 시료 표면을 이탈하며, 시료 표면을 이탈한 2차 전자 및/또는 후방 산란 전자를 모두 검출하며 가장 널리 사용되는 에버하트-톤리 검출기(E-T detector, Everhart-Thornley detector); 또는 후방 산란 전자(BSE) 전용 검출기를 사용한다.

[0067] 검출기(detector)(202,203)는 시료 면에 전자빔을 조사한 후, 시료(204)로부터 반사된 2차전자(secondary electron), 반사 전자(backscattered electron) 등의 검출신호를 감지하여 데이터 획득 및 화상 그래버(300) 및 제어기(310)를 통해 컴퓨터(320)로 검출신호를 전송하여, 컴퓨터(320)에서 전자현미경의 설정된 배율로 고분해능의 나노구조의 시료 표면 영상(image)을 획득한다.

[0068]

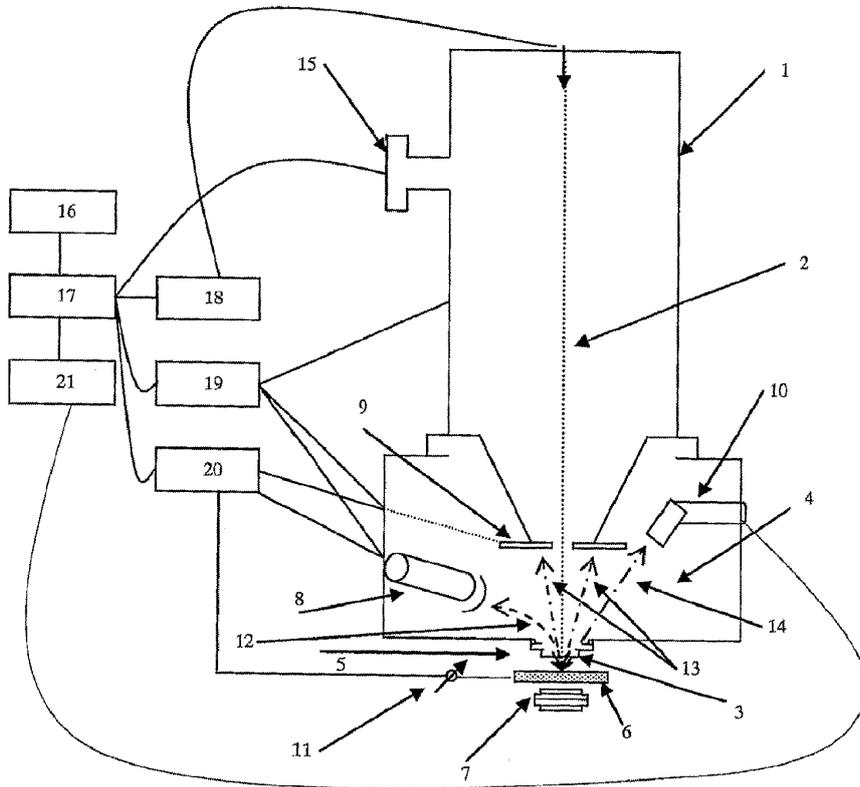
[0069] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자가 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

부호의 설명

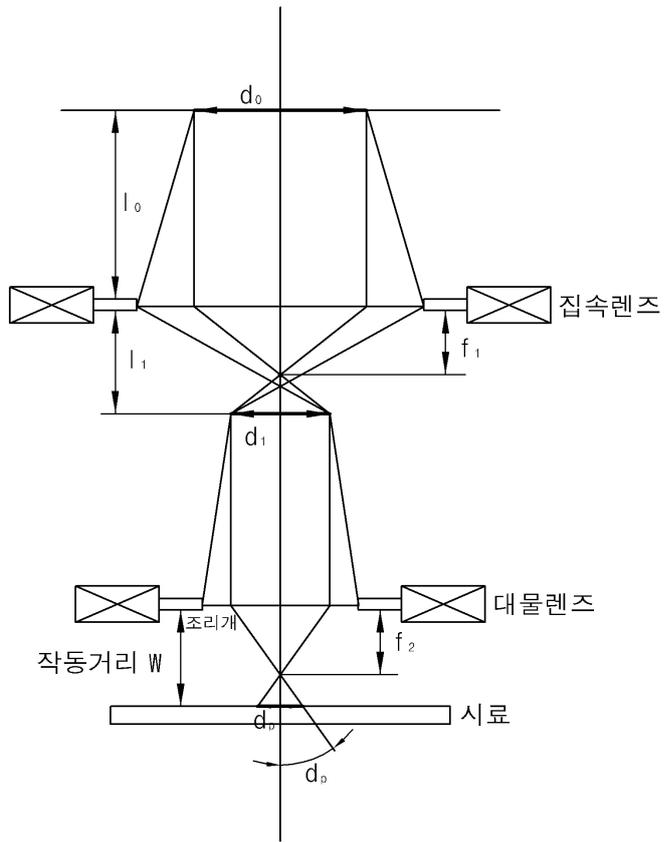
- | | | |
|--------|----------------------|---------------------------------|
| [0070] | 100: 경통(SEM column) | 101: 전자총(electron gun) |
| | 102: 집속 렌즈 | 103: 편향기(deflector) |
| | 104: 대물 렌즈 | 200: 비진공 챔버(non vacuum chamber) |
| | 201: 필터 | 202, 203: 검출기(detector) |
| | 204: 시료 | 300: 데이터 취득 및 화상 그래버 |
| | 310: 제어기(controller) | 320: 컴퓨터 |

도면

도면1



도면2



도면3

