(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[7]
H01J 37/08

(45) 공고일자 2001년05월02일
(11) 등록번호 10-0286084
(24) 등록일자 2001년01월10일

(21) 출원번호 10-1992-0012696
(22) 출원일자 1992년07월16일
(65) 공개번호 특1993-0003227
(43) 공개일자 1993년02월23일

(30) 우선권주장 91-178365 1991년07월18일 일본(JP)
(73) 특허권자 가부시끼가이샤 히다치 세이사꾸쇼 가나이 쓰도무
일본국 도쿄도 지요다구 간다 스루가다이 4-6
(72) 발명자 오다까다다시
일본국 가쯔다시 나까네 4851-29
이지하시미기오
일본국 가쯔다시 이지게 663 아께보노료 A-113
(74) 대리인 백승남, 송재련, 한규환

심사관 : 유환철

(54) 하전 입자빔 장치

요약

본 발명은 하전입자빔 장치의 개량에 관한 것으로, 특히 초고진공 배기 시스템(100)을 내장한 소형, 경량이고 또한 고성능을 가지는 경통부 구조를 제공하는 것을 목적으로 한다. 하전입자빔원(1)의 주위공간을 초고진공 배기하기 위하여 이온 펌프가 경통부 진공용기내에 내장되어 있다. 이 이온 펌프는 자석 유닛(15), 요크(14), 전극(16)등으로 구성되어 있고, 상기 자석 유닛(15) 자체가 상기 진공용기내에 내장되어 있고, 또, 상기 요크(14)의 내측공간내에 상기 하전 입자원(1)으로 부터의 하전입자빔을 접속, 편향시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계가 배치되어 있다. 경통부 구조를 소형, 경량화 할 수가 있고, 또 고성능의 하전입자빔 장치를 얻을 수가 있다.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

하전 입자 빔 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 일 실시예에 따라서 주사형 전자 현미경의 개략 구성을 나타낸 종단면도.

제2도는 제1도에 도시된 이온 펌프의 자석 유닛의 일 구성예를 나타낸 단면도.

제3도는 제1도에 도시된 이온 펌프의 자기 요크의 일구성예를 나타낸 단면도.

제4도는 본 발명의 일실시예에 따라서 주사형 전자 현미경의 개략적인 구성을 나타낸 부분 종단면도.

제5도는 제1도의 주사형 전자현미경으로서 얻어진 워킹 거리와 분해능과의 관계를 나타낸 곡선도.

제6도는 본 발명의 다른 실시예에 따라서 주사형 전자현미경의 개략구성을 나타낸 부분 종단면도.

〈도면의 주요부분에 대한 부호의 설명〉

1 : 전자원 2 : 전자빔
3 : 인출 전극 4 : 제 1렌즈
5 : 제 2렌즈 6 : 최종 전극
7 : 시료 8 : 편향 코일
9 : 얼라이먼트 코일 10: 스티그마 코일
11 : 2차전자 12 : 2차전자 검출기
13 : 케이싱 14 : 요크

15 : 자석유닛　　16 : 전극

17 : 고전압 도입 단자　　18,19 : 절연링

20 : 절연슬리브　　21 : 얼라이먼트 슬리브

22 : 도입 단자　　23 : 선형 튜브

24 : 축조정 나사　　25 : 플랜지

26 : 시료 챔버　　27 : 절연자

28 : 연통 밸브　　29 : 예비 배기 밸브

30 : 제 3렌즈 전극　　31 : 구획 벽

32,33: 연통 개구부

100 : 전자빔 집속 광학계　　200, 202 : 이온 펌프

302 : 터어보 펌프　　304 : 로터리 펌프

413 : 케이싱　　415 : 경통부

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 하전입자빔 장치에 관한 것이다. 특히 주사형 전자 현미경, 오제(Auger) 전자 분석 장치, 이온 현미경 등과 같은 정교하게 집속된 전자빔 또는 이온 빔을 사용하는 하전입자빔 장치의 개량 및 하전입자빔 발생기 및 하전입자빔 집속 광학계를 포함하는 경통부의 소형화에 관한 것이다.

종래, 주사형 전자 현미경, 오제 전자 분석 장치, 이온 현미경, 2차 이온 질량 분석 장치등과 같은 정교하게 접속된 전자빔 또는 이온빔을 사용하는 하전입자빔 장치에서, 분해능을 향상시키기 위하여 전계 방사형 하전 입자 원이 폭넓게 사용되고 있다. 그러나, 이 전계 방사형 하전 입자 원을 안정적으로 동작시키기 위해서 하전 입자 원의 주위 공간을 초 고진공 상태로 유지될 필요가 있고, 종래는 이를 위해서 전계 방사형 하전 입자원의 진공 밀봉체 외벽에 직접 배기구를 설치하고, 상기 배기구에 접속용 배관을 통하여 예를 들면 이온 펌프등의 초고진공 펌프가 접속되고, 상기 초고진공 펌프에 의하여 전계 방사형 하전 입자원의 주위 공간을 소정의 초고진공으로 배기하는 방법이 채용되고 있다(예를 들면 일본국 특개소55-148357호 공보 참조).

그러나, 상기 업급한 배기 방식을 채택하는 경우에는, 접속 배관등을 경통부(鏡筒部)의 외측에 설치해야 하므로, 배기 시스템 구조가 복잡해질 뿐만아니라, 필요한 배기능력을 유지하기 위해서는 접속용 배관의 크기를 충분히 소형화 할 수가 없다는 난점이 있다. 만약 접속용 배관을 무리하게 소형화했을 경우에는, 배기 콘덕턴스가 줄어들고, 필요한 배기 능력을 얻을 수 없다. 따라서, 하전 입자원용 배기 시스템을 포함한 경통부 전체의 구조의 크기를 충분하게 소형화하는 것은 곤란하였다.

본 발명의 목적은 경통부내, 특히 하전입자빔원의 주위 공간을 초고진공 상태로 유지하기 위해 장치 크기를 소형화하는데 있다.

본 발명의 다른 목적은 경통부 자체 크기의 소형화 결과적으로 하전입자빔 장치 자체 크기의 소형화하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 낮은 가속 전압 영역에서도 높은 분해능을 제공할 수 있는 하전입자빔 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 경통부내에서의 집속 광학계가 외부 자계의 영향을 받지 않게 개량된 하전입자빔 장치를 제공하는 것이다. 본 발명에 따라서 상기 목적의 적어도 하나를 달성하기 위해서, 하전 입자원 및 하전입자빔 집속 광학계를 수용하고 있는 경통부의 내부 공간에 상기 하전 입자원의 주위 공간을 진공으로 하기 위한 이온 펌프를 내장시키고, 상기 이온 펌프를 동작시키기 위한 자계를 발생하는 수단으로서 영구 자석을 사용하고, 상기 영구자석은 상기 경통부의 내부 공간에 배치된다.

본 발명의 일 실시예에 있어서 경통부의 내부 공간내에 내장된 이온 펌프를 동작시키기 위한 자계를 형성하는데 적합한 자기 회로 부재는 상기 하전입자빔 집속 광학계를 둘러싸도록 구성되어 있다.

본 발명의 다른 일 실시예에 있어서 하전 입자원의 주위 공간을 초고진공 상태로 유지하기 위하여, 상기 하전 입자원의 주위 공간을 진공으로 하기에 적절한 제 1 이온 펌프에 부가하여, 상기 경통부의 내부 공간에 상기 하전입자빔 집속 광학계의 내부 공간을 진공으로 하기 위한 제 2 이온 펌프를 설치하여 상기 하전 입자원의 주위 공간과 상기 하전입자빔 집속 광학계의 내부 공간 사이에서 차등 배기가 행해지도록 한다.

다시, 이온 펌프의 동작이 허용되는 진공도까지 하전 입자원의 주위 공간을 예비 배기시키기 위하여, 상기 하전 입자원의 주위 공간을 예비 배기 시스템과 연통시키기 위한 제 1 연통용 개구부를 설치하고, 상기 제 1 연통용 개구부를 개폐 조작하기 위한 개폐 밸브가 설치되어 있다.

상기 하전 입자원의 주위 공간을 진공으로 하기 위한 제 1 이온 펌프와 상기 하전입자빔 집속 광학계의 내부 공간을 진공으로 하기 위한 제 2 이온 펌프 사이에 제 2 연통 개구부가 설치되고, 상기 제 2 연통 개구부를 통하여 배기 콘덕턴스가 가변되게 구성되어 있다.

본 발명의 일 실시예에 있어서 하전 입자원을 수용하고 있는 경통부의 케이싱은 자성 재료로 구성되어,

상기 경통부 케이싱은 이온 펌프를 동작시키는 자계를 형성하기에 적절한 자기 회로 부재의 일부로서 또한 작용한다. 상기 경통부의 케이싱은 적어도 자기 회로를 구성하는 부분에서 자성 재료로 만들어질 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 있어서 하전입자빔이 잘못 정렬됨으로서 초래되는 자계에 의한 방해를 제거하기 위하여, 이온 펌프를 동박시키기 위한 자계를 형성하는 자기 회로의 일부를 구성하고 있는 요크(york)의 내측에 상기 하전입자빔 집속 광학계를 배치함으로써 하전입자빔 집속 광학계가 외부 자계 및 이온 펌프의 자계로부터 자기적으로 차폐되도록 구성될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 있어서, 심지어 저가속 전압 영역에서도 높은 분해능이 얻어지도록 하기 위하여 하전입자빔 집속 광학계의 대물렌즈는 정전형(靜電形)의 렌즈로 구성되어 있다.

상기 본 발명에 의하면 다음과 같은 작용 및 효과가 얻어진다. 즉, 하전 입자원의 주위 공간은 경통부내에 내장된 이온 펌프에 의하여 직접 초고진공 배기되기 때문에, 안정된 하전입자빔 방사 특성을 얻을 수가 있다. 또한, 상기 이온 펌프를 경통부내에 내장시키고 있기 때문에, 경통부 전체의 구조를 소형 및 경량으로 할 수 있다. 또, 경통부내에 내장된 이온 펌프를 이용하여 하전 입자원의 주위 공간을 시료 챔버로부터 차등 배기하여, 심지어 시료 챔버내가 저진공 상태이더라도 하전 입자원의 주위 공간을 항상 초고진공 상태로 유지 할 수가 있다.

또, 이온 펌프를 동작시키기 위한 자계를 형성하는 자기 회로 부재의 내측에 하전입자빔 집속 광학계가 배치되기 때문에, 하전입자빔 집속 광학계는 자계에 의하여 방해를 받지 않는다.

다시 또, 하전입자빔 집속 광학계의 대물 렌즈를 정전형의 렌즈로 구성함으로써, 저가속 전압에서 대물렌즈의 수차를 줄일 수 있고, 그러므로서 고분해능을 가지는 하전 입자 빔 장치를 실현할 수 있다. 본 발명의 목적 및 기술적 장점은 첨부된 도면과 함께 바람직한 실시예의 설명으로부터 명백해질 것이다.

본 발명은 도면을 참조하여 상세히 설명될 것이다. 아래에 언급되는 본 발명의 실시예에서, 주로 본 발명을 집속 전자빔을 사용하는 장치, 특히 주사형 전자 현미경에 적용한 경우에 대하여 설명하나, 본 발명의 적용범위는 이에만 한정되는 것은 아니고, 집속 이온 빔을 사용하는 장치에 적용된 일반적인 집속 하전입자빔에도 명백히 적용할 수 있다.

제 1도는 본 발명의 일 실시예인 주사형 전자현미경의 구성을 나타낸 종단면 개략도이다. 주사형 전자현미경 구성과 동작의 상세한 설명이 아래에 기술된다.

제 1도에 있어서, 전자빔을 방출하기 위한 전자원(1)과 상기 전자원(1)으로부터의 전자빔(2)을 시료(7)상에 집속시키기 위한 전자빔 집속광학계(100)가 경통부로서의 역할을 하는 케이싱(13)내에 수용되어 있다. 상기 케이싱(13)내에는 다시 상기 전자원(1)의 주위 공간 및 상기 전자빔 집속 광학계(100)의 내부 공간을 진공으로 하기 위한 2개의 이온 펌프(200,202)가 내장되어 있다. 케이싱(13)의 하단은 시료 챔버(26)의 상부벽에 밀폐되게 설치되어 있다.

전계 방사칩이 전자원(1)으로서 사용되고, 상기 전자원(1)은 절연자(27)를 통하여 플렌지(25)에 설치되어 있고, 상기 플렌지(25)는 금속 패킹을 통하여 케이싱(13)의 상단에 밀폐되게 고정되어 있다. 또한, 전자원(1)은 축위치 및 광학축에 대한 경사등은 축 조정나사(24)에 의하여 조정할 수 있는 광학축 및 경사를 갖도록 구성된다. 전자원(1)과 인출전극(3)과의 사이에 적당한 인출 전압을 인가함으로써 전자원(1)으로부터 전자빔(2)이 전계 방사된다.

전자빔 집속 광학계(100)는 전부 정전 렌즈 구성으로 되어 있고, 본 실시예에서는 인출 전극(3), 제 1렌즈전극(4), 제 2렌즈전극(5), 선형 튜브(23), 제 3렌즈 전극(30)및 최종 전극(6)을 포함하는 렌즈 전극 그룹으로 되어 있다. 렌즈 전극 그룹의 이들 전극은 절연링(18,19)및 절연 슬리브(20)를 통하여 서로 절연되고, 얼라인먼트 슬리브(21)에 고정밀도로 조립되어 있다. 각 렌즈 전극은 케이싱(13)의 측벽에 설치된 도입 단자(22)를 통하여 소정의 전압이 인가된다.

인출 전극(3)에 의하여 전자원(1)으로부터 인출된 전자빔(2)은 제 1렌즈 전극(4), 제 2렌즈 전극(5), 제 3렌즈 전극(30),및 최종 전극(6)등으로 이루어지는 정전형의 전자빔 집속 과학계(100)에 의하여 시료(7)상에 정밀하게 집속된다. 전계 방사형 전자원(1)으로부터 전계 방사에 의하여 안정된 전류를 방사시키기 위해서 상기 전자원(1)의 근방을 10^{-8}pa정도의 초고진공 상태로 유지할 필요가 있다. 이와 같은 초고진공을 얻기 위하여, 본 실시예에서는 케이싱(13)내의 전자빔 집속 광학계의 외주에 자석 유닛(15), 전극(16) 및 요크(14)로 구성되는 이온 펌프(200,202)를 내장시키고 있다. 각 이온펌프(200,202)를 동작시키기 위하여 필요한 자계를 발생시키는 자석으로서 영구자석이 사용되고 있다. 또한, 영구자석을 케이싱(13)내의 진공중에 배치된다는 것을 주목해야 한다. 2개의 이온 펌프가 항상 필요한 것은 아니고 1개의 이온 펌프가 이용될 수 있다.

제 2도에 자석 유닛(15)의 일 구성예가 도시된다. 여기서는 수직방향으로 자화된 링형상의 자석(영구자석)(15-2)은 케이스(15-1 및 15-3)와 밀봉구조로 되어 있다. 상기 케이스들은 비자성재료, 예를 들면 스테인레스 강철에 의하여 만들어진다. 자석 유닛(15)을 전자빔 통로주위의 내부 공간을 진공 상태로 축대칭으로 설치되고, 자석 유닛으로 부터 발생되는 자속은 요크(14)와 케이싱(13)으로서 구성되는 자기 회로를 통하여 전극(16)의 상하 콤포넌트 사이의 공간으로 효율적으로 유도된다. 제 3도에서 요크(14)의 일 구성예가 도시된다. 요크(14)는 상판(14-1), 세퍼레이터(14-2)및 하판(14-3)에 의하여 구성되고, 이들은 예를들면 순수철이나 퍼멀로이(permalloy)등과 같은 자성재료로 만들어져 있다. 요크 구조는 제 1도에 나타낸 바와 같이, 상하에 2개의 이온 펌프 유닛(200,202)이 배치된다. 상판(14-1)의 주변부에 상부 이온 펌프유닛(200)의 내부 공간이 전자원(1)을 수용하고 있는 공간(전자원 챔버)과 연통하는 다수의 배기용 개구부(14-4)가 설치된다. 마찬가지로, 하판(14-3)의 주변부에도 다수의 배기용 개구부(14-5)가 설치되어 있다.

상기구조의 요크(14)및 이온 펌퍼용 양전극으로서 사용되기 위한 케이싱(13)(양극으로 이용되는

케이스(15-1,15-2,15-3))으로 구성되는 자기 회로의 내부 공간에 자석 유닛(15)이 설치되고, 상기 자석 유닛(15)의 상하에 각각 배치된 링모양의 콤포넌트를 가지는 전극(16)은 이온 펌프용 음전극으로 이용된다. 전극(16)은 기체분자를 흡착하는 활성 금속, 예를 들면 티탄늄(Ti)으로 만들어지고, 상하 전극 모두는 접지되어 있다. 이와 같이 자석 유닛(15)이 이온 펌프용의 양전극 일부 역할을 하는 상기 구조를 이용함으로서, 이온 펌프 그 자체를 소형화시킬 수 있다. 또 이와같이 자석 유닛(15)을 요크(14)와 케이싱(13)으로 구성되는 자기회로의 내부 공간에 내장시킨 구조를 채택함으로서 전자원이나 전자빔 집속 광학계가 자석 유닛(15)으로부터의 자계에 영향을 받지 않도록 효과적으로 자기 차폐된다.

이와 같은 구성에 있어서, 케이싱(13)의 측면에 공급된 고전압 도입 단자(17)를 통하여 자석 유닛(양전극)(15)에 양(+)의 고전압(4~5KV)이 인가되면, 상기 자석 유닛(15)을 둘러싸는 공간내에서 패닝(penning)방전이 발생하고, 티타늄으로 이루어진 전극(음전극)(16)의 표면이 스퍼터되고, 상기 스퍼터된 티타늄 원자가 이온 펌프 동작을 수행하는 잔여 가스를 흡수하는 현상이 발생한다. 특히, 이온 펌프의 제 1스테이지(상부 이온 펌프 유닛)(200)이 작동될 때, 전자원 챔버내가 초고진공으로 될 수 있고, 이온 펌프의 제 2스테이지(하부 이온 펌프 유닛)(202)이 작동될 때, 전자빔 집속 광학계의 내부 공간이 초고진공으로 될 수 있다. 전자원 챔버를 초고진공 상태로 유지하기 위하여 전자빔 집속 광학계의 내부 공간을 초고진공 상태로 하기에 적절한 이온 펌프의 제 2스테이지(202)는 소위 차등 배기펌프로서의 역할을 하고 있다. 즉, 이온 펌프의 제 2스테이지(202)에 의하여 전자빔 집속 광학계의 내부 공간을 초고진공 상태로 함으로서, 시료 챔버(26)내의 진공도가 10^{-4}pa정도로 낮더라도, 전자원(1)의 근방을 약 10^{-8}pa정도의 초고진공 상태로 유지할 수가 있다.

전자원 챔버 및 전자빔 집속 광학계의 내부 공간이 상기 전술한 이온 펌프의 제1스테이지 및 제 2스테이지 동작이 허용가능한 진공도(10^{-4}pa 정도)로까지 초기 배기는 개시 배기 상태로 될 필요성이 있다. 초기 배기 방법은 아래에 기술된다.

제 4도는 이와 같은 초기 배기를 가능하게 하는 예비 배기 유닛(300)을 가지는 주사형 전자현미경을 도시하고 상기 예비 배기 유닛(300)의 일구성예를 부분 단면도로 도시한다. 시료 챔버(26)의 내부 공간은 초기에 시료 챔버내 배기용의 진공펌프(터어보 분사 펌프(302)및 로터리 펌프(404)에 의하여 약 10^{-4}pa정도의 진공도로 배기되고 있다. 시료 챔버 내부 공간과 이온 펌프의 제 2스테이지 내부 공간이 구획벽(31)에 의하여 서로 분리되고, 상기 구획벽에는 연통 개구부(32)가 설치되어 있고, 상기 개구부(32)에 대하여 예비 배기 밸브(29)가 설치되어 있다. 즉, 개구부(32)는 벨로오즈를 통하여 진공상태를 조작함으로서 상기 개구부(32)의 상부 엣지와 맞물린 밸브 부재(29-1)가 개구부(32)를 개폐할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 제 1도와 동일한 부재는 동일부호로 표시되어 있다.

또, 이온 챔버의 제 1스테이지 및 제 2스테이지는 세퍼레이터(14-2)에 의하여 분리되어 있고 상기 세퍼레이터(14-2)의 일부에 연통개구부(33)가 설치되어 있다. 상기 개구부(33)를 개폐하기 위한 연통밸브(28)가 연통 개구부에 설치되어 있다. 이러한 구성에 있어서, 예비 배기 밸브(29) 및 연통 밸브(29)를 열어주고, 시료 챔버내 배기용의 진공 펌프를 동작시키면, 상기 연통 개구부(32,33)를 통하여 전자빔 집속 광학계 및 전자원 챔버의 내부 공간을 10^{-4}pa 정도의 진공도까지 초기 배기시킬 수 있다. 그래서, 이 경우에는 시료 챔버내 배기용 진공 펌프가 전자빔 집속 광학계 및 전자원 챔버의 내부 공간을 초기 배기하기 위한 예비 배기펌프로서 사용된다. 또한, 상기 예비 배기 밸브(29) 및 연통 밸브(28)는 단지 개구부(32,33)를 온 오프 제어하기 위해 스위칭 가능할 뿐만 아니라, 열린상태에서 개구부(32 및 33)를 통하여 배기 콘덕턴스를 임의로 조절할 수 있게 구멍을 독립적으로 또는 임의로 조절할 수 있도록 구성될 수 있다. 이와 같이 구성하여 둠으로써 전자빔 집속 광학계의 내부 공간 및 전자원 챔버의 내부 공간에 대한 예비 배기 조건을 임의로 바꿔줄 수 있다.

상기 언급한 바와 같이 필요한 초기 배기가 완료되었으면, 예비 배기 밸브(29)가 닫히고 상하 양쪽의 이온 펌프중 적어도 하나는 전자원 챔버 및 전자빔 집속 광학계의 내부 공간의 고진공 상태로 하기 위하여 작동된다. 결과적으로, 그 내부 공간에는 10^{-6} pa 정도의 고진공 상태로 유지된다. 그후, 다시 연통 밸브(28)가 닫히고 전자원 챔버의 내부 공간과 전자빔 집속 광학계의 내부 공간이 상응하는 독립된 이온 펌프에 의하여 배기된다. 이와 같이 함으로써, 전자원(1) 주위 공간의 진공도는 10^{-8} pa 정도의 초고진공으로까지 높일 수가 있다.

전자원(1)으로부터 전계 방사에 의하여 전자를 인출하기 위해서, 전자원(1)과 인출 전극(3)과의 사이에 약 4~6KV의 인출 전압을 인가한다. 특히, 전자빔(2)이 예를 들면 1KV의 최종 가속 전압으로 시료(7)에 조사될때, 전자원(1)의 전계 방사 칩에 -1KV를 인가하고, +3~+5KV의 전압을 인출 전극(3)에 인가하면, 정확히 4~6KV의 인출 전압이 제공되어, 소정의 가속 전압으로 충분한 전류값의 전류빔(2)이 얻어진다. 제 1 렌즈 전극(4) 에는 1KV~3KV 정도의 양(+)의 전압을 인가하고, 제 2 렌즈(5)에는 그보다 더 높은 5KV~10KV 정도의 양(+)의 전압을 인가함으로써 인출 전극(3), 제 1 렌즈 전극(4) 및 제 2 렌즈 전극(5)에 의하여 형성되는 전계는 인출 전극(3)에 의하여 전자원(1)으로부터 인출된 전자빔(2)을 집속시켜 선형 튜브(23)내에 입사시키는 정전 집속렌즈로서의 작용을 한다. 제 2 렌즈 전극(5)과 제 3 렌즈 전극(30)은 선형 튜브(23)를 통하여 접속되어 동일 전위로 하고 제 3 렌즈 전극(30)과 접지되는 최종 전극(6)과의 사이에 형성되는 전계가 정전 대물 렌즈로서 작용하여, 시료(7)상에 조사되는 전자빔(2)을 정밀하게 집속시킨다.

여기서, 상기 언급한 제 3 렌즈 전극(30) 및 최종 전극(6) 사이에 형성되는 전계가 입사되어오는 전자빔에 대하여 대물렌즈(집속)로서 작용하기 위해서, 제 3 렌즈 전극(30)에 인가되는 전압을 최종 전극(6)의 전압에 대하여 양(+)측의 전압으로 될 필요가 있다(반대로, 양(+)으로 대전한 이온빔이 사용된 경우에는, 최종 전극(6)의 전압에 대하여 음(-)인 전압을 제 3 렌즈 전극(30)에 인가한다). 이와 같은 방법으로 전압을 인가함으로서, 2개의 전극(30,6)사이에서 형성되는 렌즈 전계에 의하여 전자빔(2)이 시료상에 정밀하게 접속될 수 있다.

전자빔 가속으로 인한 반도체 시료의 손상 및 하전을 고려할때, 상기 전자빔의 최종 가속 전압은 전형적으로 0.5~2KV이다. 전자원(1)으로부터 인출된 전자빔은 상기 기술한 바와 같이 인출 전극(3), 제 1 렌즈 전극 및 제 2 렌즈 전극(5)에 의하여 형성되는 렌즈 전계에 의하여 집속되고 동시에, 제 1 렌즈 전극(4)과 제 2 렌즈 전극(5)과의 사이에 형성되는 전계에 의하여 가속 작용을 받아 상기 전자빔은 최대 에너지로 가속된 상태에서 선형 튜브(23)의 내부 공간을 주행한다. 그리고 이 전자빔이 최대 에너지로 가속되는 선형 튜브(23)의 내부 공간내에 있어서, 전자빔의 주사를 위한 편향이 수행된다. 선형 튜브(23)의 외측에는 편향 코일(8)이 얼라이먼트 코일(9) 및 스티그마 코일(10)과 함께 랩 권선 형태로 감겨 설치되고, 그 편향 코일(8)에 의하여 집속 전자빔이 시료 표면상에서 2차원적으로 편향 및 주사시킨다.

상기한 구성에 의하여 제 3 렌즈 전극(30) 및 최종 전극(6)에 의하여 형성되는 정전 대물 렌즈를 짧은 초점거리 및 수차가 작은 상태에서 가동시킬 수 있기 때문에, 주사형 전자현미경은 고분해능이 얻어지는 것이다.

상기 정전 렌즈를 사용한 전자빔 집속 광학계에 있어서, 일예로서, 전자빔의 최종 가속 전압을 1KV로 하고, 최종 전극(6)의 하면으로부터 시료(7) 표면까지의 거리(워킹 거리)(WD)를 2㎜로 했을때, 시료 표면에서의 전자빔의 조사 스포트 직경(프로브 직경)으로서 5~6㎚라는 값이 얻어지고, 심지어 저가속 전압에서도 충분히 고분해능이 얻어지는 것이 확인되고 있다. 이 경우에 있어서, 제 3 렌즈 전극(30)과 최종 전극(6)과의 사이의 거리는 2㎜이었다. 상기 워킹 거리(WD)는 제 5도에 도시된 바와같이 얻어지는 스포트 직경(d)(분해능)과 관련되어 있다. 또, 이때의 전자원(1)으로부터의 방사 전류는 10㎂이고, 프로브 전류(시료상에 조사되는 전자빔의 전류값)는 20pa 이었다.

전자빔(2)의 조사에 의하여 시료(7)로부터 방출된 2차 전자(11)는 2차 전자 검출기(12)에 의하여 검출될 수 있다. 상기 언급한 바와 같이 최종 전극(6)은 접지 되어 있기 때문에, 심지어 정전 대물 렌즈가 사용될지라도, 대물렌즈의 전계 필드에 의하여 방해받는 2차 전자의 궤적이 발생하지 않고 효율적으로 2차 전자가 검출될 수 있다.

이와 관련하여, 1991, 4, 4일에 출원된 미합중국 특허출원 번호 제07/686922호, 1991, 6, 12일에 출원된 제07/714018, 및 1991, 6, 18일에 출원된 제07/717018호가 본 명세서에 참조로서 인용된다.

상기 언급한 바와 같은 구조를 가지는 전자빔 집속 광학계를 채용함으로써, 경통부 전체의 구조를 현저하게 소형화할 수 있다. 구체적인 치수의 예를 표시하면, 심지어 전자빔 발생부의 외경 치수는 34㎜ϕ이고, 이온 펌프 및 전자빔을 집속 및 편향시키기 위한 전자빔 집속 광학계를 내장한 경통부의 외경 치수는 약 80㎜ϕ이고, 경통부의 전체 길이가 130㎜정도의 소형화가 실현되고, 경통부 전체의 중량도 종래의 경통부 구조의 것에 비하여 1/100 이하로 경량화 된다. 또한, 자석 유닛(15)의 치수는 외부 직경이 59㎜ 내부 직경은 41㎜ 그리고 높이는 8㎜이다.

영구 자석에는 귀한 지구 자석(도우넛 형상)을, 케이스에는 스테인레스 강철을, 음전극에는 티타늄을 사용했다.

이상, 상세히 설명한 실시예는 극히 소형인 경통부 구조가 실현되고, 높은 분해능이 얻어지는 것이다. 또 전자원부에서 초고진공 상태가 용이하게 실현될 수 있기 때문에, 전자빔이 안정적으로 인출될 수가 있다. 또, 구조적 경통부내의 전자빔 통로가 이온 펌프를 구동하기 위한 자계에 의하여 자기적으로 영향받지 않도록 차폐되고, 외부 자계의 방해로부터 최소화하기 위하여 경통부를 둘러싸는 자성 재료의 케이싱에 의하여 자기적으로 완전히 차폐된다.

제 6도에 다른 실시예를 나타낸다. 제 4에서, 제 1도 내지 제 4도와 동일한 부재에는 동일 부호를 붙이고, 그 설명은 생략한다.

이 실시예의 전자 현미경에서, 변형된 케이싱(413)이 사용되어 광학계는 소형으로된 경통부(415)가 내장되어 있고, 상기 케이싱(413)은 경통부(415)의 절반을 덮는다. 이 실시예에서는 요크(14), 자석 유닛(15) 및 음전극(16)은 모두 절반 분할된 링 형상이다.

이상 설명한 본 발명의 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 이들의 실시예에 표시된 구체적 구성만에 한정되는 것은 아니라 다시 여러 가지의 변형 응용이 가능하다. 또, 이상의 실시예에서는 본 발명을 주사형 전자현미경에 대하여 설명했으나, 본 발명은 기타에도 예를들면 전자빔 측장(測長)장치, 오제 전자 분석 장치, 전자빔 묘화(苗畵)장치, 전자빔 테스터 등의 집속 전자빔을 사용하는 장치등에 적용이 가능하고, 또 이온 현미경, 집속 이온빔 장치, 2차 이온 질량 분석 장치 등의 집속 이온빔을 사용하는 장치에도 단지 인가 전압의 극성을 변화시켜 주는 정도의 간단한 변경을 실시함으로써 용이하게 적용이 가능하다.

전술한 실시예에서 사용된 자석 및 전극은 원주 방향에서 연속적이지만 불연속일 수 있다. 더욱이, 그들중 하나는 불연속일 수 있다.

본 발명에 따라서 전술한 설명으로부터 명백하듯이, 초고진공을 요구하는 하전된 입자원의 주위 공간은 경통부에 내장된 이온 펌프를 사용함으로서 고진공 상태로 만들 수 있고 이온 펌프를 구동하기 위한 자계를 발생하기에 적절한 자계 발생원으로서 영구 자석이 부분적으로 사용되고, 상기 영구 자석은 밀봉 구조로 만들어지고 진공 챔버에 내장되고, 하전된 입자원의 주위 공간을 배기 하기 위한 배기 시스템은 상당히 소형으로 줄일 수 있고; 부가하여, 정전 렌즈로 구성된 하전입자빔 집속 광학계는 이온 펌프를 구동하기 위한 자계 필드를 유도하기에 적절한 자기 회로를 구성하는 요크 내부에 정렬되고, 그러므로서 전체 경통부는 크기 및 무게에서 상당히 줄일 수 있다.

더욱이 하전 입자 빔 집속 광학계는 이온 펌프를 구동하기 위한 자계 발생용 자계 회로 및 자성 재료로 만들어진 케이싱으로 구성된 요크 부재에 의하여 자기적으로 이중 차폐되기 때문에, 외부 방해 자계로부터 충분히 보호되는 하전 입자 빔 장치를 얻을 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 경통부; 및 비자성 도전재료로 덮여 밀폐되어 있는 영구 자석을 구비하고 상기 비자성 도전 재료로 도포된 공간압력이 진공시 상기 경통부내의 압력보다 더 높게 유지되는 이온 펌프를 포함하고, 상기 이온 펌프는 상기 경통부의 내부에 있고, 상기 하전입자빔 집속 광학계를 둘러싸는 공간에 배치되어, 상기 하전입자빔원의 주위 공간을 배기하여 진공으로 하도록 작동되는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광학계는 상기 경통부의 내부에 상기 경통부와 대략 동축적으로 배치되어 상기 공간을 환형공간으로 형성하는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 이온 펌프는 상기 환형 공간내에 배치되어 있고, 상기 영구자석은 상기 경통부의 축방향에 평행한 방향으로 자화된 링형상의 영구 자석이고, 상기 링형상 영구 자석을 전극 사이에 끼우기 위하여 상기 경통부의 축방향으로 서로 공간적으로 분리된 한 쌍의 콤포넌트를 가지는 링 형상 전극과, 상기 링형상 영구 자석 및 상기 링형상 전극의 주위를 둘러싸도록 배치되고 상기 링형상 영구 자석과 상기 링 형상 전극 사이의 공간에 자계를 형성하는 상기 링 형상 영구 자석으로부터 자력선을 인도하기 위한 자기 회로로 이루어져 있는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

청구항 4

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 경통부; 영구자석을 포함하고, 상기 경통부 내부 공간에 배치되고 상기 하전입자빔 집속광학계를 둘러싸고 상기 하전입자빔원의 상기 주위공간을 배기시켜 진공이 되도록 동작하는 제 1이온 펌프; 상기 하전입자빔 집속광학계를 둘러싸고 상기 공간에 배치되는 제 2이온 펌프; 및 상기 공간을 2개의 분할공간으로 분할하는 격벽, 상기 분할공간이 서로 연통하도록 상기 격벽에 형성된 개구부 및 상기 개구부를 통하여 배기 콘덕턴스를 변경하는 수단을 포함하여 이루어지고, 상기 제 1 및 제 2이온펌프는 각각 상기 분할 공간에 배치되는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

청구항 5

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 경통부; 영구자석을 포함하고, 상기 경통부 내부 공간에 배치되고 상기 하전입자빔 집속광학계를 둘러싸고 상기 하전입자빔원의 상기 주위공간을 배기시켜 진공이 되도록 동작하는 제 1이온 펌프; 상기 하전입자빔 집속광학계를 둘러싸는 상기 공간에 배치되는 제 2이온 펌프; 상기 경통부의 내부공간을 예비적으로 배기하는 예비 배기 시스템, 상기 경통부와 상기 예비배기 시스템 사이에 제공되어 상기 경통부의 내부공간이 상기 예비배기시스템과 연통하도록 하는 연통 개구부 및 상기 연통개구부를 통하여 배기 콘덕턴스를 변경하는 수단; 상기 예비배기시스템이 연결되고, 시료 챔버와 상기 경통부 사이의 제 1 격벽에 상기 연통 개구부가 형성되어 있고, 상기 경통부와 연통하는 상기 시료 챔버; 상기 광학계를 둘러싸는 상기 공간을 상기 경통부의 축방향으로 2개의 분할 공간으로 분할하는 제 2격벽; 상기 분할공간이 서로 연통하도록 상기 제 2격벽에 형성된 개구부; 및 상기 제 2격벽에 형성된 상기 개구부를 통하여 배기 콘덕턴스를 변경하는 수단을 포함하여 이루어지고, 상기 제 1 및 제 2 이온펌프는 각각 상기 분할 공간에 배치되고, 상기 분할 공간 중 하나는 상기 연통개구부를 통하여 상기 시료 챔버와 연통하고, 다른 것은 상기 하전입자빔원과 연통하는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

청구항 6

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔과 상기 광학계를 수용하는 케이싱; 상기 케이싱과 상기 하전입자빔 집속광학계 사이에 내부로 및 원주방향으로 형성된 공간; 및 상기 공간에 배치되고 상기 하전입자빔원의 상기 주위 공간을 진공으로 배기 하도록 동작하고, 밀폐한 비자성 도전재료로 덮인 영구자석을 포함하는 이온 펌프를 포함하여 이루어지는 하전입자빔 장치.

청구항 7

하전입자빔장치에 사용되는 이온펌프에 있어서, 링형상 영구자석; 상기 영구 자석을 따라 배치되고 상기 영구자석을 덮어 밀폐하고, 비자성 도전 재료로 만들어진 양전극; 및 활성 금속으로 만들어지고 상기 양전극과 상기 영구자석을 샌드위치시키는 음전극을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이온펌프.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 양전극 및 음전극의 각각은 링형상인 것을 특징으로 하는 이온펌프.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 양전극은 실질적으로 상기 영구자석과 접촉하고, 상기 음전극은 상기 영구자석으로부터 이격되고, 상기 이온 펌프는, 상기 영구자석과 상기 두 전극을 둘러싸도록 배치되고 상기 영구자

석으로부터의 자기력선을 유도하여 상기 두 전극사이에 페닝 방전을 발생시키는 자계를 발생시키는 자기 회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 펌프.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 영구자석을 덮고 변형가능부를 포함하는 밀폐한 비자성 도전재료를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온펌프.

청구항 11

하전입자빔 장치에 사용되는 이온 펌프에 있어서, 하전입자빔용 집속광학계와 동축으로 경통부내에 배치되는 링형상 영구자석; 상기 영구자석을 따라 배치되고 상기 영구자석을 덮어 밀폐하고, 비자성 도전재료로 만들어지는 양전극; 및 활성 금속으로 만들어지고 상기 양전극과 상기 영구자석을 샌드위치시키는 음전극을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이온 펌프.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 양전극 및 음전극의 각각은 링형상인 것을 특징으로 하는 이온 펌프.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 양전극은 실질적으로 상기 영구자석과 접촉하고, 상기 음전극은 상기 영구자석으로부터 이격되고, 상기 이온 펌프는, 상기 영구자석과 상기 두 전극을 둘러싸도록 배치되고 상기 영구자석으로부터의 자기력선을 유도하여 상기 두 전극사이에 페닝 방전을 발생시키는 자계를 발생시키는 자기 회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 펌프.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 음전극은 상기 양전극을 샌드위치하는 한 쌍의 콤포넌트를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온펌프.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 양전극은 변형가능부를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 펌프.

청구항 16

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 경통부; 및 비자성 도전재료로 덮여 밀폐되어 있는 영구 자석을 포함하는 이온 펌프 수단을 포함하고, 상기 이온 펌프수단은 상기 경통부의 내부에 있고, 상기 하전입자빔 집속 광학계를 둘러싸는 공간에 배치되고, 상기 하전입자빔원의 주위 공간을 배기하여 진공으로 하도록 작동되고, 상기 경통부의 내부공간을 예비적으로 배기하는 예비 배기 시스템, 상기 경통부와 상기 예비배기 시스템 사이에 제공되어 상기 경통부의 내부공간이 상기 예비배기시스템과 연통하도록 하는 연통 개구부 및 상기 연통개구부를 통하여 배기 콘덕턴스를 변경하는 수단; 상기 예비배기시스템이 연결되고, 시료 챔버와 상기 경통부 사이의 제 1 격벽에 상기 연통 개구부가 형성되어 있고, 상기 경통부와 연통하는 상기 시료 챔버; 상기 광학계를 둘러싸는 상기 공간을 상기 경통부의 축방향으로 2개의 분할 공간으로 분할하는 제 2 격벽; 상기 분할공간이 서로 연통하도록 상기 제 2 격벽에 형성된 개구부; 및 상기 제 2 격벽에 형성된 상기 개구부를 통하여 배기 콘덕턴스를 변경하는 수단을 포함하여 이루어지고, 상기 이온 펌프수단은 각각 상기 분할 공간에 배치된 복수의 이온 펌프를 포함하고, 상기 분할 공간 중 하나는 상기 연통개구부를 통하여 상기 시료 챔버와 연통하고, 다른 것은 상기 하전입자빔원과 연통하는 하전입자빔 장치를 펌핑하는 방법에 있어서, 상기 연통개구부 및 상기 개구부를 개방하고 상기 예비배기시스템에 의해 상기 경통부의 내부를 제 1 진공 상태로 배기하는 단계; 상기 연통개구부를 폐쇄하거나 콘덕턴스를 조정하고 상기 경통부의 내부를 진공 정도가 상기 제 1 진공상태에서 보다 더 높은 제 2 진공상태로 배기하도록 상기 이온 펌프중 적어도 하나를 작동시키는 단계; 및 상기 개구부를 폐쇄하거나 콘덕턴스를 조정하고 상기 하전입자빔원의 상기 주위 공간을 진공정도가 상기 제 2 진공상태에서 보다 더 높은 제 3 진공상태로 배기 하도록 상기 하전입자빔원과 연통하는 상기 분할공간에 배치된 상기 이온 펌프를 작동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

하전입자빔을 방사시키기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속시키기 위한 하전입자빔 집속 광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 경통부; 및 비자성 도전재료로 덮여 밀폐되어 있는 영구 자석을 구비하는 이온 펌프를 포함하고, 상기 이온 펌프는 상기 경통부의 내부 공간에 배치되고, 상기 하전입자빔원의 주위 공간을 배기하여 진공으로 하도록 작동하는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

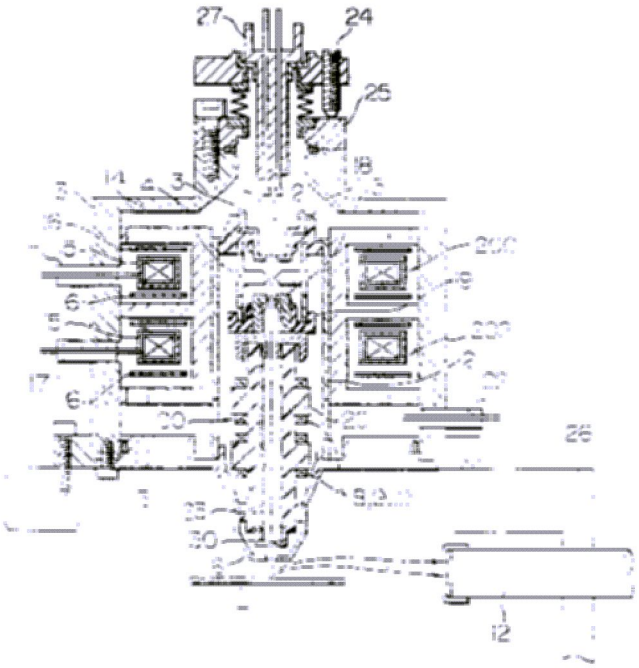
청구항 18

하전입자빔을 방사하기 위한 하전입자빔원; 상기 하전입자빔원으로부터의 하전입자빔을 시료의 표면상에 집속하기 위한 하전입자빔 집속광학계; 상기 하전입자빔원 및 상기 광학계를 수용하는 케이싱; 상기 케이싱 및 상기 광학계 사이에 내부로 및 원주방향으로 형성된 공간; 상기 공간을 분리하여 하전입자빔원을 둘러싸는 공간과 상기 광학계를 둘러싸는 다른 공간을 형성하는 벽; 상기 벽의 실질적으로 주변부에 배치되고 상기 하전입자빔원으로부터 이격되어 있어 개구부; 및 상기 공간에 배치되고 상기 광학계를 둘러싸며 상기 개구부를 통하여 상기 하전입자빔원의 상기 주위공간을 진공으로 하도록 작동되는 이온 펌

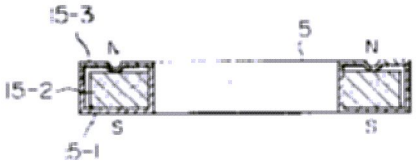
프를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 하전입자빔 장치.

도면

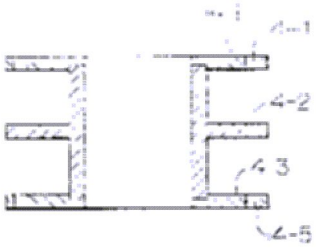
도면1



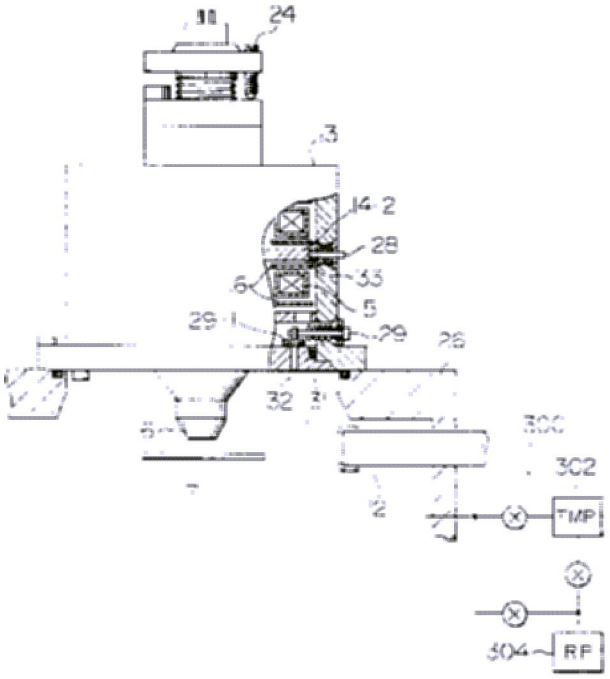
도면2



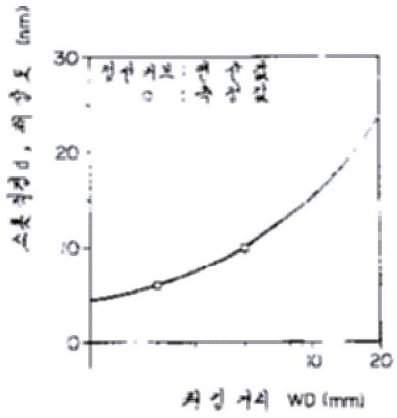
도면3



도면4



도면5



도면6

