(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
H01J 37/26

(45) 공고일자 2004년01월24일
(11) 등록번호 10-0408577
(24) 등록일자 2003년11월25일

(21) 출원번호 10-1998-0700227
(22) 출원일자 1998년01월10일
번역문 제출일자 1998년01월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US1996/10978
(86) 국제출원출원일자 1996년06월27일
(65) 공개번호 10-1999-0028925
(43) 공개일자 1999년04월15일
(87) 국제공개번호
(87) 국제공개일자

(81) 지정국 국내특허 : 아일랜드, 알바니아, 오스트레일리아, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 캐나다, 중국, 체코, 에스토니아, 그루지야, 헝가리, 아이슬란드, 일본, 북한, 대한민국,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 케냐,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 오스트리아, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 영국,

(30) 우선권주장 08/499,945 1995년07월10일 미국(US)

(73) 특허권자 더 보드 오브 트러스티스 오브 더 리랜드 스탠포드 주니어 유니버시티
미국 94304-1850 캘리포니아 팔로 알토 웰치 로드 900 슈트 350 오피스 오브 테크놀로지 라이센싱

인테벡, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 산타 클라라 바셋트 스트리트 3560(우:95054-2704)

(72) 발명자 바움, 아론, 더블유.
미국 94110 캘리포니아 샌프란시스코 19 스트리트 3543

코스텔로, 케네쓰, 에이.
미국 94587 캘리포니아 유니온 시티 애너헤임 루프 5003

피스, 알. 패비언
미국 94025-5127 캘리포니아 멘로 파크 프레몬트 스트리트 570

(74) 대리인 남상선

심사관 : 성백두

(54) 초소형방출영역을갖는음전자친화성의광전음극을사용한전자소오스

요약

전자 소오스는 과-투과성 기판상의 음 전자 친화성의 광전 음극과, 전자를 전도대로 여기시키기 위해 광 빔을 상기 기판을 통해 광전 음극으로 향하도록 하는 광 빔 발생기를 포함한다. 상기 광전 음극은 약 2마이크로미터 이하의 크기

를 갖으며, 전자를 방출하기 위한 적어도 하나의 활성 영역을 구비한다. 상기 전자 소오스는 전자를 전자빔으로 형성하기 위한 전자 광학 장치와, 상기 광전 음극을 높은 진공도로 유지하기 위한 진공 엔클로져를 더 포함한다. 일 실시예에 있어서, 광전 음극의 활성 방출 영역은 광전 음극상의 입사되는 광 빔에 의해 한정된다. 다른 실시예에 있어서, 광전 음극의 활성 방출 영역은 광전 음극의 표면 수정에 의해 미리 정의된다. 상기 소오스는 광전 음극의 초소형 활성 방출 영역으로부터 매우 높은 휘도를 제공한다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 전자 빔 소오스에 관한 것이며, 보다 구체적으로는, 고 휘도, 작은 직경의 전자 빔을 생성시키기 위한 하나 이상의 초 소형 활성 방출 영역을 갖는 음 전자 친화성의 광전 음극을 사용하는 전자 소오스에 관한 것이다.

배경기술

높은 해상도의 전자 빔 시스템은 스캐닝 전자 마이크로스코프, 결함 검출 기구, VLSI 테스트 기구 및 마스크 제조 및 웨이퍼 노광 기구를 포함한다. 일반적으로 이러한 시스템들은 전자를 전자 빔(electron beam)으로 가속화시키고 상기 전자들을 목표에 집속시키기 위하여 전자 소오스 및 전자 광학 장치(electron optics)를 포함한다. 이러한 시스템은 고 휘도와 작은 크기의 소오스를 갖는 전자 소오스를 요구한다. 전기장 방출의 전자 소오스가 종종 고 해상도의 전자 빔 시스템에서 사용된다.
음 전자 친화성(Negative Electron Affinity : NEA)의 광전 음극 전자 소오스가 종래 기술에서 제안되었다. 상기 NEA 광전 음극은 반도체, 일반적으로 페르미(Fermi) 레벨에 관하여 전도대를 상승시키기 위해 높게 p도핑된 갈륨 비화물과 같은 III-V 화합물을 포함한다. 상기 반도체 표면은 활성화 층(activation layer)으로 코팅되며, 상기 활성화 층은 체적 내의 전도대가 음 전자 친화성의 조건인 진공 레벨 이상이 되도록 일 함수를 낮추는 약간의 분자막 두께를 갖는다. 전자가 빛 에너지에 의해 표면에서의 (대체적으로 수 마이크로미터의) 확산 길이 내에서 전도대로 여기될 때, SPIE Vol.2022, Photodetectors and Power Meters(1993), 페이지 51에 A. Herrera-Gomez 및 W.E. Spicer에 의해 개시된 바와 같이, 많은 전자들은 표면까지 확산되며, 상기 표면에서는 진공으로 이탈할 수 있는 높은 확률을 갖는다.
NEA 광전 음극 소오스에 대한 대부분의 종래 작업은 반사 모드의 광전 음극 상에서 수행되었다. 이러한 모드에 있어서, 광 빔은 음극의 방출 표면상에 입사되고, 방출된 전자를 가속시키고 집속하기 위해 음극 표면 상부의 전자 광학 장치를 요구하는 것에 기인하여 빛을 집속시키는 데 사용되는 마지막 렌즈는 상기 광전 음극에 인접하여 위치되지 않을 수도 있다. 이러한 것은 낮은 개구수(numerical aperture)의 이미지를 요구하며, 이것은 일반적으로 적어도 수 십 마이크로미터의 넓은 크기의 스포트(spot)와 방출 영역을 야기시킨다.
C. Sanford 는 Cornell University Dept. of Electrical Engineering(1990), 박사 학위 논문(Doctoral Thesis)에서 개시된 바와 같이, 집적된 게이트 전극을 갖는 NEA 광전 음극 뿐만 아니라 독립적 막의 투과성(free-standing membrane transmission) 모드의 광전 음극을 구성하였다. 후자의 경우, 빛의 광학부의 마지막 렌즈는 상기 음극으로부터 10 센티미터 상부에 위치한다. 방출 영역은 대략적 으로 15 마이크로미터의 직경을 갖는 것으로 계산된다. 그러나 전자의 경우, 투광 조명(flood illumination)이 사용되어 활성 영역은 100 마이크로미터 이상의 직경을 갖는다.
NEA 활성화된 포토이미터(photoemitter)를 음극으로 사용하는 전자 빔 소오스를 포함하는 스캔 전자 빔 시스템(scanned electron beam system)은 1989년 4월 11일 Langner 등에게 특허 허여된 미국 특허 번호 제 4,820,927호에서 발표되었다. 상기 개시된 전자 소오스는 투과 모드(transmission mode)에서 동작되며, 18.75 마이크로미터의 특별한 음극 방출 직경을 갖는 것으로 언급된다. 1990년 11월 13일 특허 허여된 미국 특허 번호 제 4,970,392호는 고 휘도의 전자 소오스에 대한 요구를 강조하였으며, 방출 영역의 중요성에 대한 설명은 포함하지 않고 있다. 광전 음극을 사용하는 전자 빔 소오스도 역시 1984년 7월 17일 Oettinger 등에 특허 허여된 미국 특허 번호 제 4,460,831호; 1991년 8월 13일 Smith 등에 특허 허여된 미국 특허 번호 제 5,039,862호; 및 1990년 3월 6일 Miyawaki 등에 특허 허여된 미국 특허 번호 제 4,906,894호에 개시되었다. 상기 개시된 전자 소오스 및 시스템은 본 발명에 의해 달성 가능한 작은 크기의 스포트는 얻을 수 없으며, 그에 따라 아래에서 설명한 이유로 고 성능의 전자 빔 기구 사용 위해 필수적인 높은 휘도를 제공하지는 않았다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 따라, 전자 소오스는 광 투과성 기판(light-transmissive substrate)상의 NEA 광전 음극(negative electro

n affinity photocathode)과, 광전 음극의 전도대로 전자를 여기시키기 위해 상기 광 투과성 기판을 통해 상기 광전 음극으로 광 빔을 향하게 하는 광 빔 발생기(light beam generator)를 포함한다. 상기 광전 음극은 전자를 방출시키기 위하여 적어도 하나의 활성 영역을 포함한다. 상기 활성 영역은 2 마이크로미터 이하의 크기를 하나 이상 갖는다. 상기 전자 소오스는 상기 광전 음극으로부터 방출된 전자를 전자 빔으로 형성하기 위한 전자 광학 장치(electron optics)와 매우 높은 진공도로 광전 음극을 유지하기 위한 진공 엔클로져(vacuum enclosure)를 더 포함한다.
일 실시예에 있어서, 광전 음극의 활성 방출 영역은 광전 음극상에 입사되는 광 빔에 의해 한정된다. 상기 광 빔 발생기는 바람직하게 빛을 발생시키기 위한 광원과 상기 빛을 미리 결정된 크기를 갖는 광 빔으로 광전 음극에 집속시키기 위한 광학 엘리먼트(optical element)를 포함한다. 다른 구성에 있어서, 광 빔 발생기는 두 개 이상의 광 빔을 광전 음극의 두 개 이상의 해당 활성 영역으로 향하게 하기 위한 수단을 포함하고, 이에 의해 두 개 이상의 전자 빔을 발생시킨다. 다른 구성에 있어서, 광 빔 발생기는 음극 표면 상부에서 광 빔을 스캐닝하기 위한 수단을 포함하고 그에 의해 전자 광학 장치에 대하여 전자 빔을 이동시킬 수 있도록 한다. 상기 광 빔은 연속적 파형이거나 또는 변조될 수 있다.
다른 실시예에 있어서, 광전 음극의 활성 영역은 광전 음극의 표면 수정에 의해 미리 한정된다. 상기 활성 영역은 광전 음극 상부 또는 내의 방지 층(blocking layer)에 의해 설정될 수도 있다. 금속 또는 반 금속 박막으로 이루어질 수 있는 방지막은 적어도 하나의 개구(opening)를 포함하며, 상기 개구는 광 전 음극의 활성 방출 영역을 한정한다. 상기 방지 층은 하나 이상의 개구를 갖는 오믹 콘택(omic contact)을 포함하며, 상기 개구는 활성 방출 영역을 한정한다. 대안적으로 광전 음극의 표면은 고 농도의 결함(high density of defect)을 갖도록 처리되며, 상기 결함은 상기 활성 영역 내부를 제외하고는 전자 재결합을 야기한다.
광전 음극은 대체적으로 III-V 족 화합물과 같은 반도체로 이루어진다. 상기 광전 음극은 음극 표면에서의 일 함수(work function)를 낮추기 위한 활성화 층을 더 포함할 수 있다. 광전 음극 중 활성의 빛 흡수 영역은 활성 영역으로부터의 전자가 측면으로 확산되지 않도록 대체적으로 약 1 마이크로미터 이하의 두께를 갖는다. 광전 음극에는 광전 음극 내에서 전기장을 생성하기 위하여 음극의 두께를 통하여 밴드갭 램프(bandgap ramp)가 제공될 수 있다.
본 발명에 관한 전자 소오스는 광전 음극의 매우 작은 활성 방출 영역에서 매우 높은 휘도를 생성하여 이에 따라 높은 전류 밀도를 생성시킨다. 전자 빔이 작은 직경을 가지므로, 높은 해상도의 전자 빔 시스템에 있어서 낮은 축소화(demagnification)가 요구된다.
본 발명의 상기 기술들은 도면을 참조한 아래와 같은 상세한 설명을 고려하여 쉽게 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 전자 소오스를 사용한 전자 빔 시스템의 실시예에 관한 블록도.
도 2는 도 1의 전자 소오스내의 광전 음극에 관한 부분 단면도.
도 3은 음 전자 친화성의 광전자 방출을 설명하는 에너지 레벨을 도시한 도면.
도 4a 및 도 4b는 각각 상대적으로 큰 그리고 상대적으로 작은 방출 영역의 반경에 관한 함수로서 트래핑된 전자 밀도를 도시한 도면.
도 5 내지 도 8은 광 빔 발생기의 다른 실시예를 도시한 블록도.
도 9는 본 발명에 따른 전자 소오스의 전류 밀도를 측정하기 위한 실험적 구성에 관한 블록도.
도 10은 도 9의 전자 소오스에서 사용되는 전자 광학 장치의 시뮬레이션을 도시한 도면.
도 11은 도 9의 전자 소오스 내의 광 공율(light power)에 관한 함수로서 전류 밀도에 관한 그래프를 도시한 도면.

실시예

도 1에는 본 발명에 따른 전자 소오스를 사용하는 전자 빔 시스템의 예를 도시한 블록도가 도시되어 있다. 광전 음극(10)은 광-투과성 기판(12)의 표면 상에 위치된다. 도 2는 기판(12) 및 광전 음극(10)에 대한 확대된 일부분의 단면도를 도시한다. 상기 광전 음극(10)은 동작중에 매우 높은 진공 상태로 유지되는 진공 엔클로져(14)내에 위치된다. 상기 진공 엔클로져(14)는 아래에 설명한 바와 같이 광 빔의 투과를 위한 진공 창(vacuum window; 16)을 포함한다. 대안적인 구성에 있어서, 상기 광-투과성 기판(12)은 진공 엔클로져 벽의 일부를 형성할 수 있다. 광 빔 발생기(20)는 광 빔(22)이 진공 창(16)과 기판(12)을 통해 광전 음극(10)의 활성 영역(active area; 26)(도 2 참조)을 향하도록 한다. 상기 광 빔(22)은 광전 음극(10)의 활성 영역(26)이 진공 엔클로져(14)에 의해 한정된 진공 영역으로 전자를 방출하도록 한다. 전자 광학 장치에 의해 상기 전자들은 전자 빔(30)으로 형성된다.
본 발명에 관한 중요한 일면에 따라, 광전 음극(10)의 상기 활성 방출 영역(26)은 광전 음극(10)의 표면과 평행한 방향에서 약 2 마이크로미터 또는 그 이하, 보다 바람직하게 약 1 마이크로미터 또는 그 이하인 크기(d)를 갖는다. 상기 활성 영역(26)은 대체적으로 다소 원형의 모양이지만, 원형으로 한정된 것은 아니다. 예를 들어, 상기 활성 영역(26)은 선형의 형태일 수 있으며, 이 경우에는 선폭(linewidth)은 상술한 바와 같은 크기(d)를 갖는다. 게다가, 상기 활성 영역은 광전 음극(10)상에 미리 결정된 패턴으로 구성된다. 매우 작은 활성 영역(26)(약 2 마이크로미터 이하의 크기(d))을 사용하는 이점은 아래에 설명된다. 상기 광전 음극(10)은 도 2에 도시되고 위에서 설명된 하나의 활성 방출 영역(26)을 갖는다. 대안적으로, 상기 광전 음극(10)은 두 개 이상의 활성 방출 영역(26)을 포함할 수 있다.
광전 음극(10)의 활성 방출 영역(26)은 두 가지 방식으로 형성될 수 있다. 제 1 방법에 있어서, 상기 활성 방출 영역은 광 빔(22)에 의해 한정되고, 광 빔의 직접적 결과이다. 일반적으로, 활성 영역(26)의 크기(d)는 대략 광 빔(22)의 단면 직경과 일치한다. 전자를 방출시키는 활성 영역(26)은 광전 음극(10) 내에서 전자 의 측면 스프레딩(spreading)에 기인하여 광 빔(22)보다 다소 클 수 있다. 이러한 방법에 있어서, 광 빔(22)의 이동은 활성 영역(26)이 광전 음극(10)에

대하여 이동하도록 한다.

두 번째 방법은, 활성 방출 영역(26)은 광전 음극(10)의 표면 수정에 의해 미리 정의된다. 예를 들어, 광전 음극(10)은 활성 영역(26)을 한정하는 적어도 하나의 개구를 갖는 알루미늄과 같은 얇은 방지 층으로 코팅될 수 있다. 대안적인 방법에 있어서, 광전 음극(10)은 활성 영역(26) 내부를 제외한 그 표면에 이온 주입(ion implantation)될 수 있다. 상기 이온 주입은 광전 음극 물질내의 결함을 생성하며, 상기 결함은 전자 이미터로서의 효과를 감소시킨다. 활성 영역(26)이 광전 음극의 표면 수정에 의해 한정될 때, 광 빔(22)에 의해 전자 방출이 야기된다. 그러나, 상기 활성 영역(26)은 광전 음극(10)과 관련된 위치에 고정된다. 게다가, 활성 영역(26)의 크기가 표면 수정에 의해 한정되기 때문에, 광 빔(22)은 활성 영역(26) 만큼 작아야만 하도록 요구되지는 않는다.

광전 음극(10)은 음 전자 친화성 광전 음극(negative affinity photocathode)이다. 음전자 친화성 전자 방출의 기본 원리는 도 3에 도시된다. 페르미 레벨에 대해 전도대(conduction band)를 상승시키기 위하여 광전 음극은 반도체, 일반적으로는 아연, 마그네슘 또는 탄소와 같은 물질을 사용하여 높게 p-도핑된($1-5\times10^{19}$) 갈륨 비화물과 같은 III-V 화합물로 구성된다. 클리닝된 반도체 표면은 활성화 층(activaion layer)을 약간의 분자막 두께로 형성하도록 세슘 및 산소에 노출된다. 상기 활성화 층은 체적내의 전도대가 음 전자 친화성의 조건인 진공 레벨 이상이 되도록 일 함수를 낮춘다. 표면의 확산 길이(일반적으로 수 마이크로미터) 이내에서 전자가 가전자대(valance band)에서 전도대로 여기될 때, 많은 전자들이 표면으로 확산되며, 전자들은 상기 표면에서 진공속으로 이탈하려는 높은 확률을 갖는다. 일반적으로, 광전 음극은 상기 설명한 음의 전자 친화성 조건에 적합한 임의의 물질일 수 있다. 상기 광전 음극은 대체로 반도체 물질이다. 갈륨, 알루미늄 및 인듐과 같은 III족 물질과 인, 비소 및 질소와 같은 V 족 물질의 화합물이 대체적으로 사용된다. 다른 적합한 NEA 물질은 다이아몬드, 실리콘, 카아바이드, 알루니늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드를 포함한다. 일부 NEA 물질들은 활성화 층을 요구하지 않을 수도 있다. 상기 활성화 층은 대안적으로 단지 세슘 또는 세슘 및 니트로겐 트리플로라이드(nitrogen trifluoride)에 노출시키므로써 형성될 수 있으며; 다른 전위가 낮은 일 함수 물질이 역시 사용될 수 있다. 바람직하게 광전 음극(10)은 광전 음극 내에서 전자의 측면 스프레딩을 한정하도록 매우 얇으며, 상기 측면 스프레딩은 활성 영역(26)의 크기를 증가시킨다. 음극(10)의 바람직한 두께는 약 1 마이크로미터 이하이다.

상기 광전 음극(10)은 그 내부에 전기장을 형성하기 위해 광학적으로 광전 음극의 두께를 통하여 밴드갭 램프(bandgap ramp)를 포함한다. 밴드갭 램프는 1971년 12월 28일 Antypas 등에 특허 허여된 미국 특허 번호 제 3,631,303호에서 일반적으로 개시되었다. 상기 밴드갭 램프는 광전 음극 물질의 구성내의 농도 경 사도에 의해 형성될 수 있다. 예를 들어 알루미늄 갈륨 비소의 광전 음극은 그것의 두께를 따라 다양한 알루미늄 농도를 가질 수 있다. 광전 음극 물질 내부에서의 전기장의 목적은 전자를 광전 음극의 표면을 향하도록 하여 진공속으로 향하도록 하고, 광전 음극 물질 내에서 전자의 측면 이동을 한정하는 것이다. 지시된 바와 같이, 전자의 측면 이동은 광전 음극(10)의 활성 방출 영역의 측면 크기를 증가시키는 경향이 있다.

적합한 광전 음극(10)의 예가 도 2를 참조하여 설명된다. 반사 방지 코팅(anti-reflection coating; 40)이 광-투과성 기판(12)의 표면에 부가된다. 상기 기판(12)은 실질적으로 파장 또는 광 빔의 파장에 대하여 투과성(통과 가능)이다. 바람직한 기판은 글래스(glass)를 들 수 있다. 반사 방지 코팅은 기판 글래스와 음극 구조물 사이의 경계에서 조명 빛의 반사를 감소시키도록 선택된 두께 및 반사 계수를 갖는 하나 이상의 물질의 층으로 이루어진다. 적합한 반사 방지 코팅은 여기 파장(excitation wavelength)의 1/4의 두께를 갖는 실리콘 나이트라이드와 실리콘 옥시나이트라이드를 포함한다. 광전 음극(10)은 상기 반사 방지 코팅층(40) 상에 표면 활성화 층(46)을 갖는 활성 층(44)이 이어지는 확산 방지 층(42)을 포함한다. 바람직한 실시예에 있어서, 상기 확산 방지층(42)은 대체적으로 약 400 옹스트롬(Å)에서 수 마이크로미터까지의 두께를 갖는 AlGaAs 또는 AlGaAsP 층으로 구성되며, 이것은 활성 층의 전도대에서 그들의 재결합을 촉진시키지 않고 전자의 확산에 대한 에너지 장벽을 형성하는 반면에 조명 파장에서의 흡수를 감소시킨다. 상기 활성 층은 약 1 마이크로미터 이하의 두께를 갖는 GaAs, GaAsP, AlGaAs 또는 InGaAsP로 구성되고, 상기 활성화 층(46)은 수 원자 두께인 Cs_xO_y로 구성된다.

상기 광전 음극은 공진 가능한 시간 주기 동안 활성상태의 층이 오염되지 않고 자신의 모양을 유지하도록 매우 높은 진공도로 유지된다. 활성화 층의 오염은 음극의 일 함수를 낮추는 것에서의 자신의 영향을 감소시켜, 가능하게 음 전자 친화성의 조건을 감소 및 제거시킨다. 음 전자 친화성과 관련하여 설명된 진공 레벨은 음극의 표면 바로 상부에서의 최소 전자 에너지이며; 이러한 값보다 작은 에너지를 갖는 광전 음극 내부의 전자는 이탈할 수 없어서 표면에 트랩되며, 표면에서의 상기 전자는 표면 트랩된 전자 밀도에 기여한다.

광 빔 발생기(20)는 바람직한 파장 및 강도의 빛을 발생시키기 위한 광원(50)을 포함하고, 광전 음극(10) 표면에서의 작은 직경의 빔으로 집속하기 위한 광학 장치(52)를 포함한다. 광원(50)은 레이저 또는 광대역의 광원으로 구성된다. 광대역의 광원은 적합한 광학 필터를 포함하여 바람직한 파장 또는 파장 범위의 광을 생성한다. III-V족 물질로 제조된 광전 음극에 대하여, 파장은 대체적으로 300 내지 800 나노미터의 범위이다. 선택된 파장은 전도대로 전자를 여기시키기 위한 광전 음극 물질의 흡수 대역 및 광전 음극의 두께에 의존한다. 광원(50)의 전력 레벨은 상대적으로 낮다. 대체적으로 10 밀리와트 이하의 전력 레벨이 광전 음극을 여기시키기 위하여 요구된다. 상기 광학장치(52)는 광원(50)에 의해 발생된 광을 광전 음극(10)에서 바람직한 매우 작은 단면의 크기를 갖는 광 빔(22)으 로 변환시킨다. 상기 지시된 바와 같이, 광 빔(22)의 단면 크기는 바람직하게 약 2 마이크로미터 이하가 바람직하다. 이러한 크기는 광전 음극(10)의 활성 영역(26)상의 회절-제한된 스포트(diffraction-limited spot) 크기를 최소화하기 위해 높은 개구수(numerical aperture)를 사용하는, 광전 음극 상의 개구의 이미지를 집속하기 위한 두 개 이상의 렌즈의 시스템을 사용하여 달성될 수 있다. 광학장치(52)는 진공 창(16)과 기판(12)의 구면 수차에 대한 정정을 구체화시킨다. 구면 및 다른 수차에 대하여 완전히 정정된 광학 시스템을 위한 공칭 회절-제한된 스포트 크기는; 직경=파장/(2×NA)이며, NA는 개구수이며 집속이 일어나는 이것은 매체의 굴절 지수를 빔의 수렴에 대한 반각의 사인을 곱한 것으로 정의된다.

바람직한 NA는 적어도 0.5이다.
광 빔(22)이 기판(12)을 통하여 광전 음극(10)의 일측 측면으로 투과되고, 전자 빔(30)이 광전 음극(10)의 타측 측면에서 방출되는 도 1에 도시된 투과성 구조는 매우 작은 활성 영역(26)을 이루는 데 유용하다. 특히, 투과 구조는 광학장치의 마지막 렌즈가 광전 음극에 인접하여 위치 설정되는 것을 허용하고 큰 개구수를 갖는 것을 허용하여, 이에 따라 광 빔(22)이 매우 작은 직경을 갖는 것을 허용한다.
진공 엔클로져(14)는 엔클로져(14)의 내부를 매우 높은 진공, 특히 10^{-9} 토르 이하로 유지하기 위한 진공 펌프(56) 또는 진공 펌프의 조합체에 적합한 도관을 통해 연결된다. 대체적으로 10^{-10} 내지 10^{-11} 토르 범위의 진공 레벨이 요구된다. 광 빔(22)이 완전히 통과하는 진공 창(16)은 매우 낮은 광학 수차를 갖는다. 상기 진공 창(16)은 평평하거나 또는 광학 장치(52)로부터의 광 빔(22)을 추가로 집속하기 위한 렌즈의 형태일 수도 있다. 상기 진공 창(16)은 실질적으로 광 빔(22)의 파장 또는 파장들이 통과 가능하다. 상기 진공 엔클로져(14)는 메인 전자 빔 컬럼으로부터 전자 소오스 영역으로의 오염원의 이동율을 한정하기 위한 확산-제한(diffusion-limiting) 개구(58)를 포함한다. 전자 광학장치(32)는 전극들(54a, 54b, 54c)과 같은 전력 공급 장치(55)에 접속된 하나 이상의 전극을 포함하며, 상기 전력 공급 장치는 전자 빔(30)을 형성하기 위하여 전극들을 적합하게 바이어스시킨다. 전자 빔(30)은 개구(58)를 통하여 메인 전자 빔 칼럼(main electron beam column; 60)으로 전파된다. 상기 전자 칼럼은 진공 엔클로져(62), 반도체 웨이퍼와 같은 워크피스(workpiece; 64) 및 전자 광학장치(66)를 포함한다. 상기 전자 빔 칼럼은, 적용에 요구되는 진공을 생성하기 위한 장비, 적용에 적합한 프로브로 전자빔을 형성하기 위한 장비, 워크피스(64)를 가로질러 빔을 스캔하기 위한 장비, 워크피스로부터 산란된 다른 입자 또는 전자를 모으기 위한 장비, 워크피스와 적용을 위하여 요구되는 다른 작용을 실행하는 장비 등 필수적인 모든 장비를 통합한다. 전자 빔 칼럼을 설계 및 디자인하는 기술은 일반적으로 기술 분야의 당업자에게 공지되어 있다. 상기 전자 소오스는 기판(12) 상의 광전 음극(10), 광 빔 발생기(20), 진공 엔클로져(14) 및 전자 광학 장치(32)로 구성된다. 상기 전자 소오스는 광전 음극을 대체하기 위한 로드 락(load lock)(도시되지 않음)과 광전 음극의 활성화 및 열 클리닝을 위한 활성화 영역(도시되지 않음)과 같은 부가적인 특성을 포함할 수 있다.
앞서 지시된 바와 같이, 전자 방출을 위한 광전 음극(10)의 활성 영역(26)은 광 빔(22) 자체 또는 하나 이상의 미리 정의된 활성 영역을 이루기 위해 광전 음극(10)의 표면의 수정으로 이루어질 수 있다. 활성 전자 방출 영역을 한정하기 위한 표면 수정을 사용하는 기본 개념은 광전 음극의 표면 또는 표면 근처 구조를 바꾸어 전자가 단지 미리 정의된 영역에서만 방출되도록 한다. 높은 해상도의 석판 기술(lithographic)을 사용하므로써, 활성 영역은 광 빔을 사용하여 활성 영역을 한정하는 것에 의해 가능한 것보다 더 미세한 구조물을 가질 수 있다. 예를 들어, 0.1 마이크로미터 보다 작은 전자 방출을 위한 활성 영역이 제조될 수 있다. 게다가, 비-방출 표면(non-emitting surface)상의 물질이 표면 트랩된 전하를 모아서 방출하는 데 효율적이라면, 그에 따라 표면 트랩된 전자에 기인한 컷오프(cutoff) 가능성을 감소시키며 이것은 유용하다.
한가지 방법은 가상의 도 2에 도시된 바와 같이, 광전 음극(10)의 표면상에 증착된 금속 층(70) 또는 표면상이나 표면에 근접한 구조물 내부에 성장된 금속 층(70)을 사용하는 것이다. 알루미늄일 수 있는 금속 층(70)에는 활성 방출 영역(26)의 바람직한 크기(d)와 일치하는 크기의 개구부(opening)가 제공된다. 금속 층은 커버링된 영역으로부터의 방출을 방지하고, 노출된 반도체 물질보다는 더 효율적으로 트랩된 전자를 수송한다. 한정된 활성 영역을 제외한 전자의 방출을 방지하기 위하여, 다른 반도체 또는 반금속과 같은 다른 물질이 상기 표면 상에 증착되거나 구조체 내부로 성장될 수 있다. 오믹 콘택은 상기 활성 방출 영역을 한 정하는 데 사용될 수 있다.
전자를 방출하지 않도록 된 광전 음극(10)의 영역은 이온 주입과 같은 다른 방식으로 처리되어 물질 특성을 바꾸므로 그로 인해 이러한 영역으로부터 전자가 방출되는 것을 방지한다. 이온 주입은 비 방출 영역에서 높은 농도의 결함을 발생시키고, 상기 결함은 전자 방출을 방지하고 상기 처리된 영역으로 진입하는 표면 트랩된 전자의 재결합을 가속화한다.
약 2마이크로미터 보다 작은 초소형 활성 방출 영역을 갖는 NEA 광전 음극의 사용은 현재 전기장 방출 전자 소오스를 사용하는 시스템을 포함하여, 높은 성능, 높은 해상도의 전자 빔 시스템에 이러한 구조를 사용하는 것의 가능성을 모두 합쳐 생성하는 여러 장점을 제공한다. 전류 밀도를 한정하는 표면 트랩된 전자가 높은 비율로 활성 방출 영역에서부터 이동함에 따라, 방출 영역이 축소될 수록 상기 영역으로부터 얻을 수 있는 휘도가 높아진다는 것이 이러한 장점들 중 가장 중요한 것이다. 반도체가 음 전자 친화성 상태에 있을 때, 도 3에서 도시된 바와 같이 전도대에서의 전자의 에너지는 고체 바로 외부에서의 전자 에너지보다 크다. 이것은 대체적으로 높은 p-도핑을 통해 달성되어, 일함수를 NEA 조건까지 낮추는 활성화 층의 적용이 이루어진다. 전도대로 여기된 전자는 (중성자를 감속시켜) 열중성자화되어 표면으로 확산하며, 표면에서 전자들은 표면 영역내에 트랩되거나 방출될 수 있다. 트랩된 전자는 표면에서 공핍 영역의 전기장을 상쇄시키는 경향이 있는 쌍극자를 형성하여, 방출이 방지될 때까지 체적 전도대(bulk conduction)의 최소 값에 관하여 진공 에너지 레벨을 상승시킨다. 이전의 학자들은 NEA 광전 음극에서 넓은 영역의 방출에 대한 효과의 강한 증거를 찾았으며, A. Herrera-Gomez 및 W. E. Spicer의 Photodetectors and Power Meters(1993) 페이지 51에 기재된 바와 같이 홀 터널링 또는 공핍 영역 상부의 열이온적 방출에 의해 트랩된 전자가 제거된다는 것을 알게 되었다. 음극을 자극시키는 빛의 양을 증가시킴에 따라 음극으로부터 방출된 전류 밀도를 제한하는 이러한 홀의 도착 율은 어느 한도의 레벨을 넘어서서는 방출을 증가시키지 않는다.
매우 작은 활성 방출 영역을 위하여, 상기 트랩된 전자는 택일적인 경로를 갖는다. 트랩된 전자 밀도와 표면 전압의 더 높은 측면 경사도(lateral gradient)에 기인하여, 트랩된 전자는 상기 방출 영역으로부터 측방으로 확산(diffuse) 및 드리프트(drift)되기 매우 쉬워, 쌍극자를 감소시킨다. 이러한 효과는 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이 작은 직경의 활성 방출 영역에 있어서 증가된다. 도 4a에서의 곡선(72)은 상대적으로 큰 활성 방출 영역에 대한 트랩된 전자 밀도 경사도를 도시하였으며, 도 4b의 곡선(74)은 매우 작은 직경의 활성 방출 영역에서 발생하는 더 높은 트랩된 전자 밀

도 경사도를 도시한다. 경사도가 증가할수록 상기 활성 영역으로부터 트랩된 전자의 확산 및 드리프트가 빠르게 생성된다.

1.74 마이크로미터 직경의 방출 영역을 사용한 실시예는 NEA 음극에서 이전에 보고된 것보다 100배 이상 더 높은 DC 전류 밀도를 보인다. 광전 음극 활성 영역은 약 1.5마이크로미터 두께이기 때문에, 광 빔 직경은 꽤 작을 것이다. 최소의 측면 확산을 사용하여 전자를 밀어내기 위한 밴드갭을 구비한 음극이 더 얇아질수록 더 축소된 활성 방출 영역을 달성할 수 있으며, 상기 활성 영역은 굴절-제한 스 폿 크기 또는 표면 상의 방출 제어 개구의 크기에 의해 궁극적으로 제한된다. 트랩된 전자의 측면 확산 및 드리프트의 비율은 대략적으로 $1/d^2$ 에 비례하며, 여기에서 d는 활성 방출 영역의 직경이다. 따라서 5마이크로미터의 활성 영역에서 0.5마이크로미터의 활성 영역까지 변화하는 것은 트랩된 전자를 100배 이상 이동시키며, 이것은 방출 전류 밀도가 대략 100배 이상이라는 것을 의미한다. 따라서, 가능한 최소의 활성 방출 영역이 휘도에 대해 매우 중요하다는 것이 명백하다.

작은 활성 방출 영역에 대한 제 2의 장점은 높은 해상도의 전자 빔 시스템에서 필요한 축소화(demagnification)가 감소된다는 것이다. 실제 전자 렌즈에 있어서의 축소량은 (일반적으로 25× 또는 이하) 한정되기 때문에, 더 작은 활성 방출 영역을 사용하는 것은 편리한 크기 및 복잡성을 갖는 전자 빔 시스템의 구성에 있어서 핵심이다. 대부분의 이러한 시스템은 10 나노미터 이하의 효과적인 소오스 크기를 구비한 전기장 방출 소오스를 사용하기 때문에, NEA 소오스는 동일한 프로브 크기를 달성하기 위한 추가의 축소화를 하는 경향이 있다. 하나의 렌즈에서 상기 축소화가 이루어지면, 소오스 크기는 1 마이크로미터 보다 상당히 더 작아지며, 가능하다면 0.25 마이크로미터만큼 작아진다.

축소화가 낮아질수록 간략화된 칼럼 설계 이외에 여러 가지의 장점을 갖는다. 복수개의 빔 또는 패턴이 음극 표면에서 워크피스로 투사된다면, 더 넓은 영역의 워크피스가 노출될 수 있다. 이러한 것은 단지 한정된 음극의 영역으로부터의 방출이 낮은 수차로 워크피스 상에 집속될 수 있기 때문에 중요하다. 따라서 많은 수의 방출 포인트(emission point)가 사용됨에 따라 더 높아진 쓰루풋(throughput)이 실현될 수 있거나 한번에 목표 웨이퍼상의 더 넓어진 영역에 기록될 수 있다. 아래에서 설명된 바와 같이, 상기 활성 방출 영역은 광학장치를 사용하여 음극 표면을 가로질러 스캐닝될 수 있으므로, 전자 광학장치 스캐닝에 대한 요구를 제거한다. 이러한 경우에 있어서, 축소화가 낮아질수록 스캔 영역 필드가 넓어진다는 것을 의미한다.

마지막으로, 매우 작은 활성 방출 영역을 사용하는 것은 방출된 전류의 총 량을 감소시킨다(그럴지라도 낮아진 축소화 때문에, 사용된 양이 동일하게 유지된다). 다중 빔 및 음극 투사 시스템에 있어서, 이같은 시스템에 있어서의 주요 문제인, 빔-빔 상호 작용(beam-beam interaction)은 감소된다. 고정된 전류 밀도에 대해서, 방출 영역이 작아질수록 공간에 충전되는 유도 에너지 확산(spread)이 더 작아진다는 것은 공지된 것이다. 에너지 확산이 작다는 것은 NEA 음극의 유리한 특징이기 때문에, 이것은 중대한 고려대상이다. 음극 수명을 상당히 단축시킬 수 있는 증착 가스의 전자-자극된 디소옵션(electron-stimulated desorption) 및 잔여 가스의 이온화가 비례적으로 감소됨에 따라, 방출된 전류의 양이 작아져 음극 수명을 증가시킨다.

광 빔 발생기(20)의 다른 실시예는 도 5 내지 도 8에 도시되었다. 상술한 바와 같이, 두 개 이상의 해당 광 빔을 광전 음극으로 향하게 하므로써 두 개 이상의 전자 빔이 광전 음극(10)으로부터 방출될 수 있다. 각각의 전자 빔은 2 마이크로미터 이하의 크기를 갖는 광전 음극의 매우 작은 활성 영역으로부터 방출된다. 각각의 전자 빔은 광 빔에 의해 자극된다. 적합한 광 빔 발생기가 개략적으로 도 5 및 도 6에 도시되었다.

도 5에 있어서, 광원(80)은 빔 분할기(beam splitter; 82)로 광 빔을 보낸다. 상기 빔 분할기(82)는 광 빔(86a, 86b, 86c, 86d)을 각각 생성하기 위하여 집속 광학장치(84a, 84b, 84c, 84d)를 통과하도록 방향 설정된 2개 이상의 광 빔으로 입력 빔을 분할한다. 바람직하게 각각의 광 빔은 광전 음극(10)에서 2 마이크로미터 이하의 단면 직경을 갖으며, 광전 음극의 해당 활성 영역으로부터의 전자 방출을 자극한다. 도 5의 광 빔 발생기는 상이한 개수의 광 빔을 생성하도록 설계되었음이 이해될 것이다.

2개 이상의 광 빔을 생성하기 위한 다른 광 빔 발생기가 도 6에 도시되었다. 분리된 광원(90a, 90b, 90c, 90d)은 각각 집속 광학장치(92a, 92b, 92c, 92d)로 빛을 전송한다. 광 빔은 광전 음극(10)으로 전송되어 해당 전자 빔을 생성한다. 도 6의 실시예에 대한 장점은 광원(90a, 90b, 90c, 90d)은 독립적으로 변조, 전력 레벨 등에 관하여 제어될 수 있다는 것이다.

광 빔 발생기(20)에 관한 다른 실시예에 있어서, 단일의 집속 광학 시스템이 두 개 이상의 광원으로부터의 빛 출력을 집속하는 데 사용된다. 이러한 실시예에 있어서, 상기 광원은 서로 근접되어야 한다. 반도체 레이저 또는 발광 다이오드의 단일체 어레이(monolithic array)가 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 많은 독립적으로 어드레스 가능하고, 근접하여 떨어진 (약 100 마이크로미터 이하) 광원은 (광학 축으로부터의 거리가 멀어질수록 증가하는) 낮은 수차를 갖는 단일 렌즈 시스 템에 의해 이미지화될 수 있다.

도 7에는 변조 능력을 갖는 광 빔 발생기(20)의 실시예가 도시된다. 광원(100)은 빛을 광학 변조기(102)를 통하여 집속 광학 장치(focusing optics; 104)로 보낸다. 상기 집속 광학장치(104)는 광 빔(106)을 제공하며, 상기 광 빔은 광전 음극(10)의 활성 방출 영역으로 보내진다. 광학 변조기(102)는 입력 변조 신호에 따라 광 빔(106)을 변조하며, 상기 입력 변조 신호는 예를 들어 사인 또는 펄스형의 임의의 바람직한 파형을 가질 수 있다. 상기 광 빔(106)은 기가헤르쯔(GHz) 범위까지의 주파수에서 변조될 수 있다. 대안적으로, 광원(100)은 변조 신호에 의해 제어될 수 있다. 예를 들어 변조 신호는 레이저 다이오드에 적용될 수 있다.

도 8에는 광 빔 스캐닝을 사용하는 광 빔 발생기(20)에 관한 실시예가 도시된다. 광원(110)은 집속 광학장치(112)를 통하여 광 빔 스캐너(14)로 보내진다. 상기 스캐너(114)는 스캐너(114)에 적용된 스캔 신호에 의해 규정된 범위상에서 스캐닝되는 광 빔(116)을 제공한다. 상기 광 빔(116)은 광전 음극(10)의 규정된 범위상에서 스캐닝되어, 광 빔(116)의 스캐닝에 따라 광전 음극(10)을 가로질러 이동하는 전자 빔을 발생시킨다.

도 1 및 도 5 내지 도 8에 도시된 광 빔 발생기의 다양한 조합은 본 발명의 범주에서 이용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 도 5 및 도 6에 도시된 복수개의 광 빔은 도 7에서와 같이 변조될 수 있으며, 또 도 8에서와 같이 스캐닝될 수 있다. 다양한 광 빔 발생기는 활성 방출 영역 또는 광전 음극의 영역들이 입사 광 빔에 의해 한정되는 모드 또는 활성 방출 영역 또는 영역들이 광전 음극(10)의 표면 변조에 의해 미리 정의되는 모드에서도 이용될 수 있다. 광 빔의 스캐닝이 표면 변조에 의해 미리 정의된 하나 이상의 활성 방출 영역을 구비한 광전 음극과 함께 사용되는 경우, 광 빔이 광전 음극의 미리 정의된 활성 방출 영역 상에서 스캐닝될 때에만 전자빔이 생성된다.

본 발명을 증명하기 위한 실시예는 도 9 내지 도 11을 참조하여 설명된다. 광전 음극 상에서 매우 작은 활성 방출 영역을 달성하기 위하여 설계된 실시예의 구조가 도 9에서 도시된다. 5밀리와트의 헬륨 네온 레이저(120)로부터의 빛은 렌즈(122)를 통해 집속되며 미러(124,126)에 의해 마이크로스코프 대물 렌즈(128)로 향하게 된다. 마이크로스코프 대물 렌즈(128)는 3 마이크로미터 크기의 핀홀을 구비한 노출 개구판(aperture plate : 130)을 통하여 빛을 집속한다. 마이크로스코프 대물 렌즈(132)는 핀홀로부터의 빛을 모아 그것을 중간 이미지로 집속하기 위하여 사용된다. 상기 중간 이미지는 렌즈(134) 및 렌즈(136)를 포함하는 두 개의 렌즈 시스템을 사용하여 광전 음극 활성 방출 영역 상부로 집속된다. 상기 렌즈 시스템은 광전 음극이 장착되는 진공관 기밀 유리의 구면 수차를 보상하도록 수퍼 OSLO 소프트웨어상에 설계된다. 핀홀로부터의 빛을 모으는 6.3 × 대물렌즈(132)를 사용하여, 최종 이미지는 핀홀로부터 공칭적으로 3배로 축소된다. 렌즈 시스템은 광전 음극 표면 상에 최상의 이미지 처리를 달성하기 위하여 정교하게 변형될 수 있다. 포토다이오드(137)는 입력 빛의 명암도를 감지한다. 광전 음극(138)은 매우 높은 진공 튜브(140)내에 장착된다. 자기장으로부터 튜브를 차폐시키기 위하 여, 진공 튜브(140)는 광 빔을 위한 개구부를 갖는 자기 차폐부재(magnetic shield; 142)에 의해 둘러싸인다. 광전 음극(138)은 도 2와 관련하여 주어진 실시예에서 설명된 구조를 갖는다.

광전 음극의 활성 층은 클리닝된 후 에칭되고, 상기 층이 음 전자 친화성으로 활성화시키기 위하여 활성 층 표면이 세슘 및 산소에 노출되는 매우 높은 진공 시스템으로 이송된다. 광전 음극 구조는 진공 튜브(140)의 입력 단부상에서 밀봉된다. 상기 튜브는 환형의 알루미나 스페이서의 스택과 실린더 내부에 납땜된 코바르(kovar) 전극으로 구성되며, 상기 실린더는 광 파이버(fiber) 출력부 상부에 코팅된 알루미늄 처리된 인광 물질(phosphor; 144)로 이루어진 출력부에 의해 종지되며, 상기 광 파이버는 용이하게 이미지화되는 표면으로 인광 물질상의 이미지를 이동시킨다. 상기 전극은 두 개의 기본 타입의; 즉 튜브의 내부 공간으로 연장되지 않고 외부 전기장를 배제하여 튜브에서 균일한 전기장을 형성하는 간단한 환형의 전극과; 전자 광학 장치를 위한 개구를 사용하여 상기 튜브로 연장되는 분화된 전극이다. 광전 음극 및 인광 물질 뿐만 아니라 분화된 전극은 직접 DC 전력 공급 장치에 의해 바이어싱된다. 상기 환형의 전극은 저항 회로(체인)에 의해 바이어싱되며, 상기 저항 회로는 가능한 한 거의 균일한 전기장으로 형성하기 위하여 전극 사이의 거리에 비례하는 저항 값을 갖는다. 전극(150,152)은 도 10에서 도시된 두 개의 전극 렌즈를 구현하는 데 사용된다. 상기 렌즈는 진공 튜브(140)의 마주하는 단부의 인광 물질(144) 상부로 광전 음극으로부터 방출된 전극을 집속하는 데 사용된다. 상기 분화된 전극은 5밀(mil)의 코바르로 이루어지며, 튜브가 서로 납땜된 후 카본을 사용하여 증기 코팅(evaporation coating)된다. 따라서, 음극까지 노출된 모든 영역 및 튜브의 인광물질 단부는 코팅된다. 도 10은 5.4 × 확대를 사용하여 인광 물질(144) 상부로의 광전 음극(138) 표면의 이미지 시뮬레이션을 도시한다. 방출된 전극은 가속되어 14.8 밀리미터 떨어진 인광 물질(144)상에 집속된다.

광전 음극, 인광 물질 및 분화된 전극(렌즈 엘리먼트)에 인가된 전압이 도 10에 도시된다. 인광 물질에 의해 발산된 빛은, 인광 물질 상에 이미지화된 전자에 의해 충격을 입게 된 후 광전 음극 방출 영역의 확대된 이미지에 대응된다. 이러한 방식으로, 방출 영역은 앞서 보고된 것보다는 매우 적은 약 1.74 미크론의 직경을 갖는 것으로 측정된다.

이같은 크기의 방출 영역으로부터 얻을 수 있는 전류 밀도가 고찰된다. 빛의 광학 장치를 고정시킨 채로, 전자 광학 장치가 음극 표면에 높은 전기장(밀리미터당 3000 볼트)을 제공하도록 변환된다. 광전 음극(138)은 -20 볼트가 된다. 제 1 전극(150)은 1000 볼트이고, 제 2 전극(152)은 -10볼트이며, 방출된 전자를 모으기 위한 집전기는 0 볼트로 설정된다. 이러한 구성은 전자-자극된 디스옵션을 최소화하는 경향이 있은 반면에, 광전 음극 상에서의 큰 전기장을 유지한다. 광 빔에서 필터를 제거하므로써, 광 레벨이 증가되어 방출된 전자 전류가 측정된다. 결과는 도 11에 도시된다. 활성 방출 영역의 직경이 전류가 증가하는 것과 동일하게 유지된다고 가정하면, 전류 밀도는 상기 스포트의 직경(1.74 마이크로미터) 상부에서 균일한 방출을 가정하므로써 근사화될 수 있다. 이러한 기술은 획득된 최고의 전류 레벨에 대하여 평방 센티미터 당 841 암페어를 산출한다. 비록 스포트 크기 에서의 불확실성이 전류 밀도에서의 약 50 %의 불확실성으로 변한다하더라도, 이러한 측정에 의해 증명된 전류 밀도는 음 전자 친화성의 광전 음극의 앞서 보고된 것보다는 실질적으로 높다.

이상에서는 본 발명의 양호한 일 실시예에 따라 본 발명이 설명되었지만, 첨부된 청구 범위에 의해 한정되는 바와 같은 본 발명의 사상을 일탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능함은 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자에게는 명백하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

전도대를 갖는 기판상(12)의 음 전자 친화성의 광전 음극(10);

상기 광전 음극의 전도대로 전자를 여기시키기 위하여 상기 광전 음극(10)으로 광빔(22,86,94,106,116)을 향하도록 하는 광 빔 발생기(50,80,90,100,110);

전자 광학 장치(32); 및

상기 광전 음극(10)의 전도대 내의 전자가 상기 광전 음극에 인접한 진공 엔클로져내의 전자보다 더 높은 에너지를 갖고 상기 광전 음극(10)으로부터 진공 엔클로저(14)로 높은 확률의 방출을 가지도록 상기 광전 음극(10)을 높은 진공도로 유지하기 위한 진공 엔클로져(14)를 포함하는 전자 소오스에 있어서,
상기 기판(12)은 광 투과성 기판이고 상기 광 빔 발생기는 상기 광전 음극(10)의 전도대로 전자들을 여기시키기 위해 상기 광 투과성 기판(12)을 통해 상기 광 빔(22,86,94,106,116)을 상기 광전 음극(10)으로 향하도록하며, 상기 광전 음극(10)은 전자 방출을 위해 2 마이크로미터 보다 작은 크기를 갖는 하나 이상의 활성 영역(26)을 가지며, 상기 진공 엔클로져(14)내의 전자 광학 장치(32)는 상기 광전 음극으로부터 방사된 전자들을 상기 진공내의 전자빔(30)으로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 2.
제 1 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)으로부터의 전자 방출을 위한 활성 영역(26)은 상기 광전 음극(10) 상에 입사되는 상기 광 빔(22)에 의해 한정되는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 3.
제 1 항 또는 제 2 항 에 있어서, 상기 광전 음극(10)의 활성 영역(26)은 미리 정의되는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 4.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극으로부터 전자 방출을 위한 활성 영역(26)은 상기 광전 음극(10)상의 방지층(42)에 의해 미리 정의되며, 상기 방지층(42)은 상기 광전 음극(10)의 활성 영역(26)을 한정하는 개구(opening)를 가지는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 5.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)의 상기 활성 영역(26)은, 상기 광전 음극(10)의 상기 활성 영역(26) 내부를 제외한 상기 광전 음극 표면 근처의 결정질 구조체내의 고 농도 결함에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 6.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)은 상기 광전 음극 표면에서의 일함수를 낮추는 활성화 층(46)을 포함하며, 상기 활성화 층은 세슘 산화물로 구성되는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 7.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)은 III-V 족 화합물로 구성되는 반도체 물질(44)을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 8.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔(22)은 약 300 나노미터 내지 800나노미터 범위의 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 9.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)은 1 마이크로미터 이하의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 10.
제 1 항 또는 제2 항에 있어서, 상기 광 빔 발생기(80)는 복수의 광 빔들(86)들을 상기 광전 음극의 복수의 해당 활성 영역들(26)로 향하도록 하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 11.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔 발생기(110)는 상기 광전 음극 (10)표면 상부에서 상기 광 빔(116)을 스캐닝하기 위한 수단(114)을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 12.
제 14 항에 있어서, 상기 광 빔 발생기(50,80,90,100,110)는 빛을 발생시키기 위한 광원과 상기 빛을 상기 광전 음극에서 미리 정의된 크기를 갖는 상기 광 빔(22,86,94,106,116)으로 집속시키기 위한 광학 엘리먼트(52,84,92,104,112)를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 13.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광원은 레이저로 구성되는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 14.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔(22,86,94,106,116)은 상기 광전 음극(10)의 흡수 스펙트럼과 두께를 기초로 하여 선택된 파장을 가지는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 15.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)은 상기 광전 음극내에 전기장을 형성하기 위해 음극의 두께를 통하여 밴드갭 램프(bandgap ramp)를 가지는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 16.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔 발생기(100)는 시간에 관한 함수로 상기 광 빔(106)을 변조시키기 위한 수단(102)을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 17.
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔(22,86,94,106,116)이 상기 광전 음극(10)과 충돌할 때 상기 광 빔은 2 마

이크로미터 이하의 단면 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 18.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 음극(10)은 AlGaAs, AlGaAsP 또는 AlGaN 으로 이루어진 확산 방지층, GaAs, GaAsP, AlGaAs, InGaAsP, AlGaN 또는 GaN 으로 이루어진 활성 층 및 Cs_xO_y 또는 CsF_y 로 이루어진 활성화 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 19.

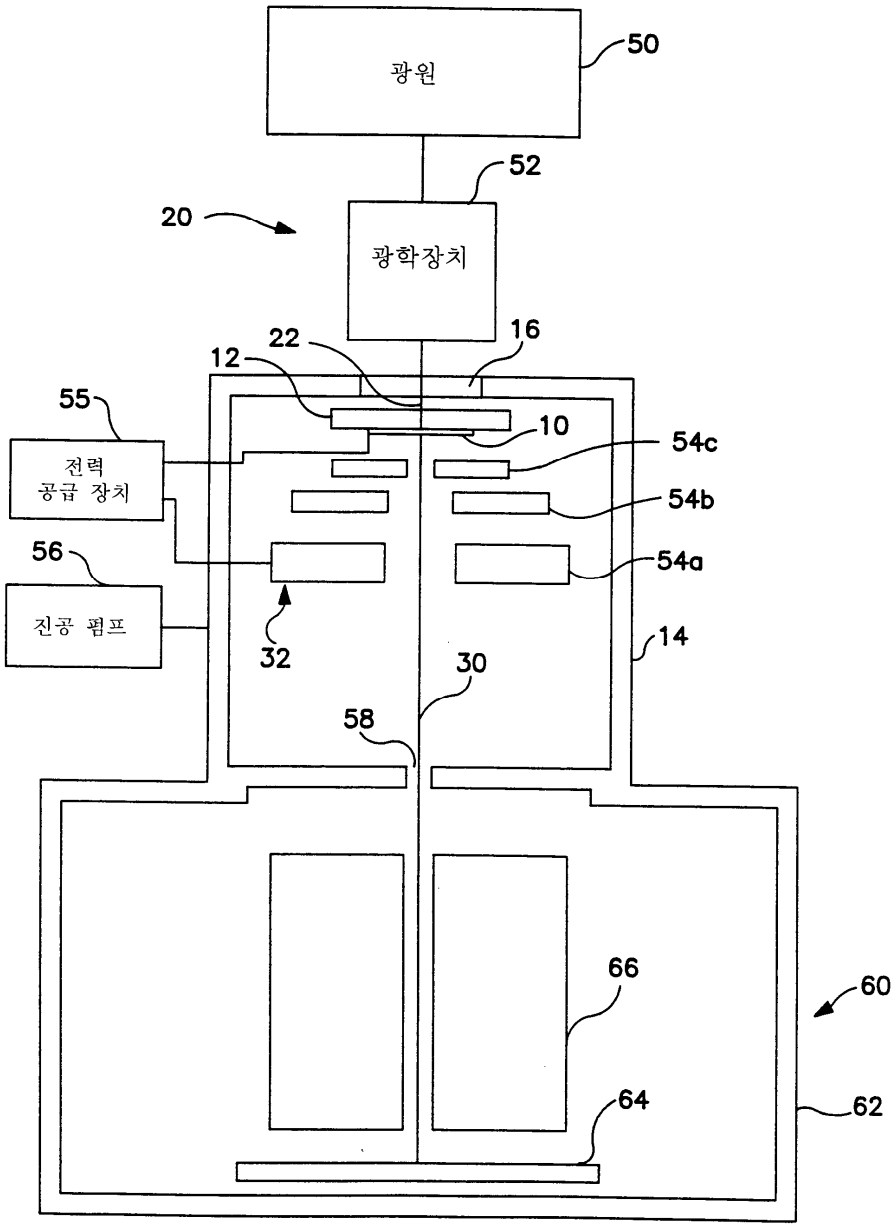
제1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광 빔 발생기(22,86,94,106,116)는 2 마이크로미터 보다 작은 크기를 갖는 전자 방출 활성 영역을 발생시키기도록 선택된 상기 광전 음극(10) 상의 단면 영역을 가지는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

청구항 20.

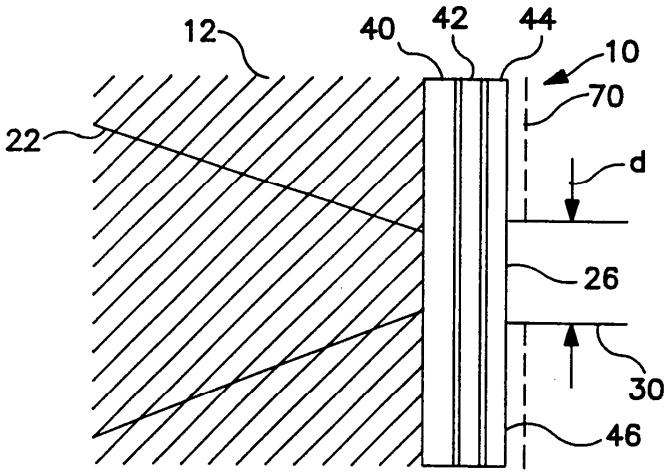
제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 광전 소오스로부터 상기 전자 빔(30)을 수신하는 상기 진공 엔클로져(14)는 상기 전자 빔(22,86,94,106,116)에 의한 처리를 위해 워크피스(64)를 홀딩하는 수단을 포함하며, 상기 진공 엔클로져(14) 내에 위치하는 상기 전자 광학 장치(32)는 상기 전자 빔(22,86,94,106,116)을 상기 워크피스(64)로 향하도록 하는 것을 특징으로 하는 전자 소오스.

도면

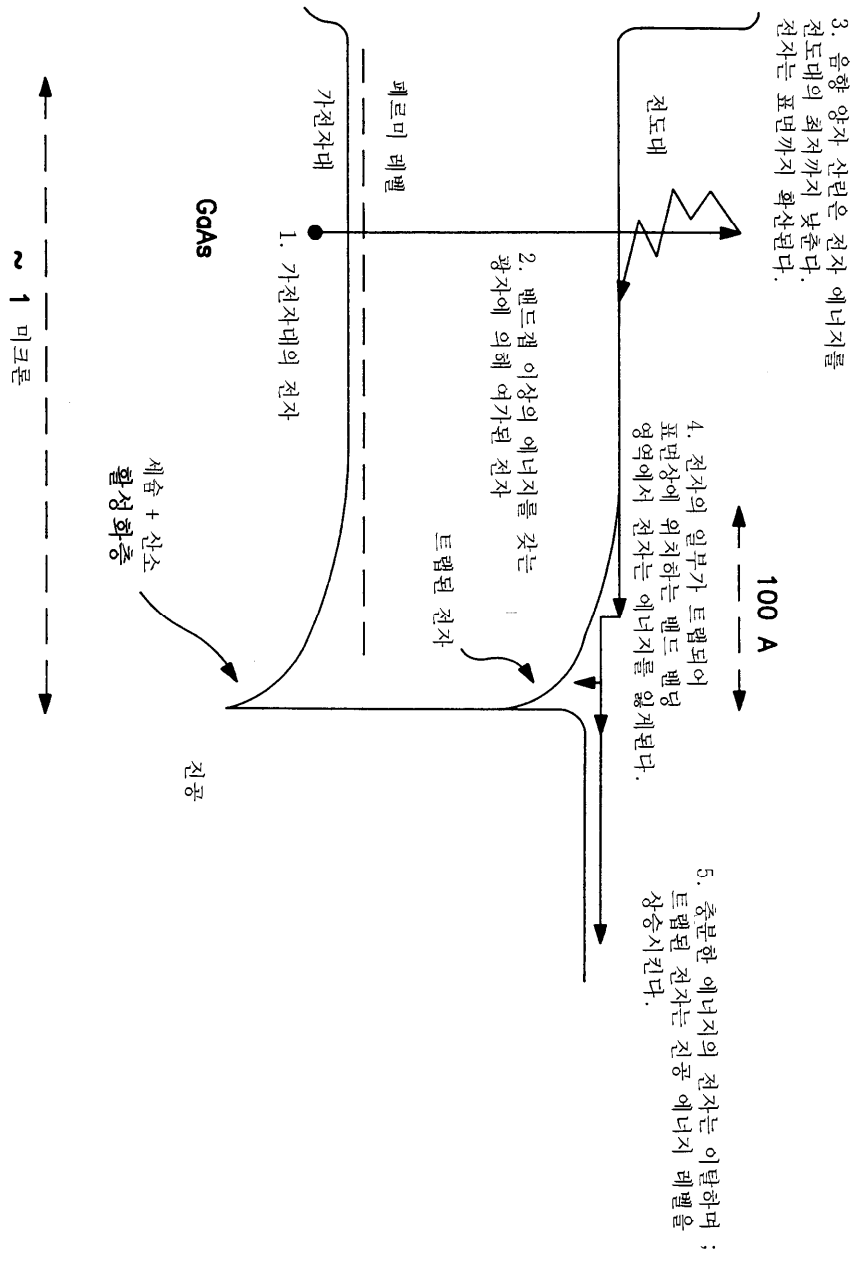
도면1



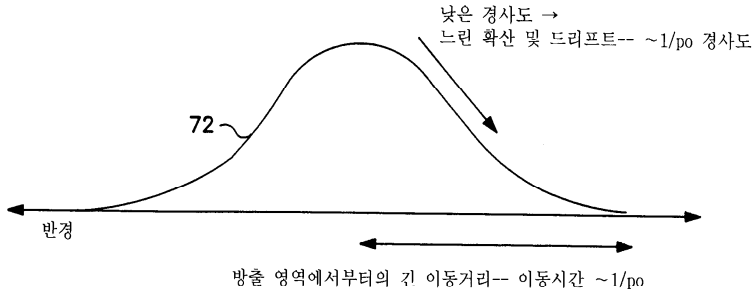
도면2



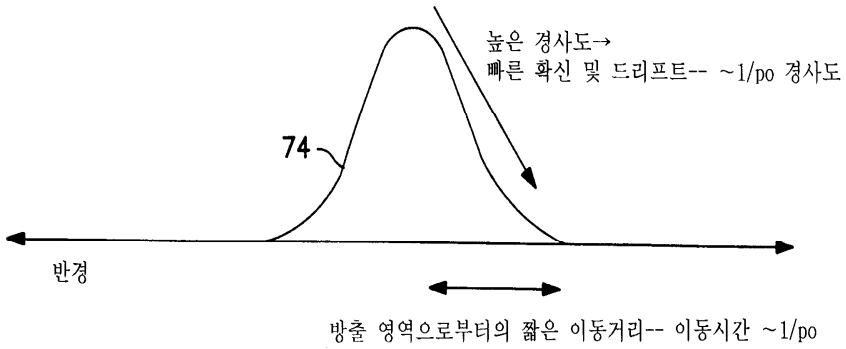
도면3


3. 음향 양자 산란은 전자 에너지를
전도대의 최저까지 낮춘다.
전자는 표면까지 확산된다.
전도대
페르미 레벨
가전자대
1. 가전자대의 전자
2. 밴드갭 이상의 에너지를 갖는
광자에 의해 여기된 전자
트랩된 전자
4. 전자의 일부가 트랩되어
표면상에 위치하는 밴드 벤딩
영역에서 전자는 에너지를 잃게된다.
100 A
5. 충분한 에너지의 전자는 이탈하며;
트랩된 전자는 진공 에너지 레벨을
상승시킨다.
GaAs
세슘 + 산소
활성화층
진공
~ 1 미크론

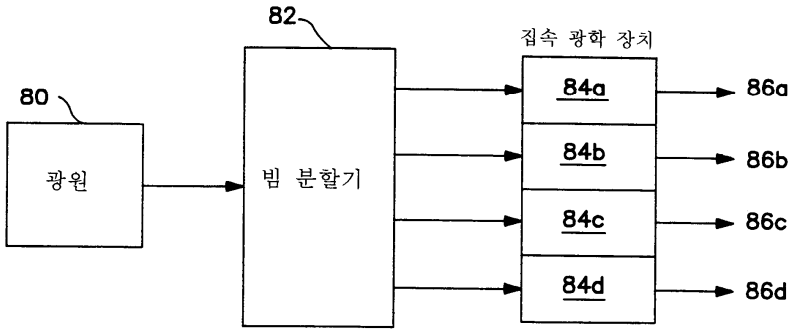
도면4a


낮은 경사도 →
느린 확산 및 드리프트-- ~1/po 경사도
72
반경
방출 영역에서부터의 길 이동거리-- 이동시간 ~1/po

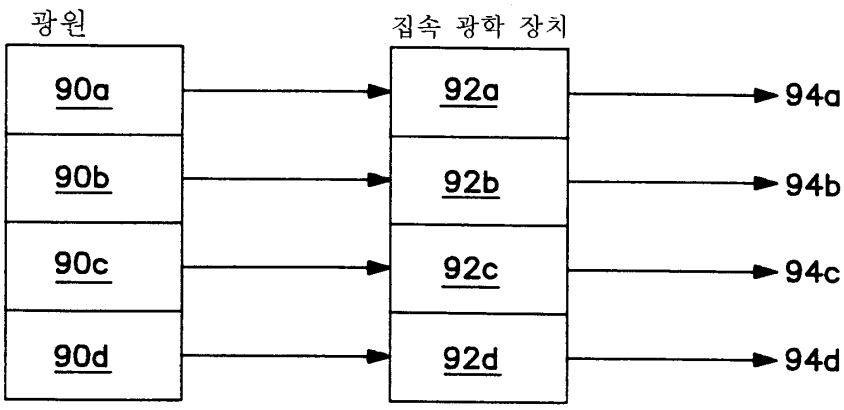
도면4b


높은 경사도→
빠른 확신 및 드리프트-- ~1/po 경사도
74
반경
방출 영역으로부터의 짧은 이동거리-- 이동시간 ~1/po

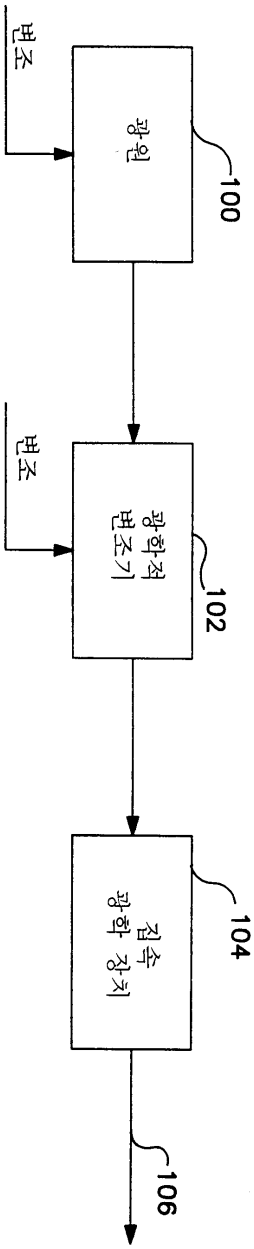
도면5


82
집속 광학 장치
80
광원
빔 분할기
84a
84b
84c
84d
86a
86b
86c
86d

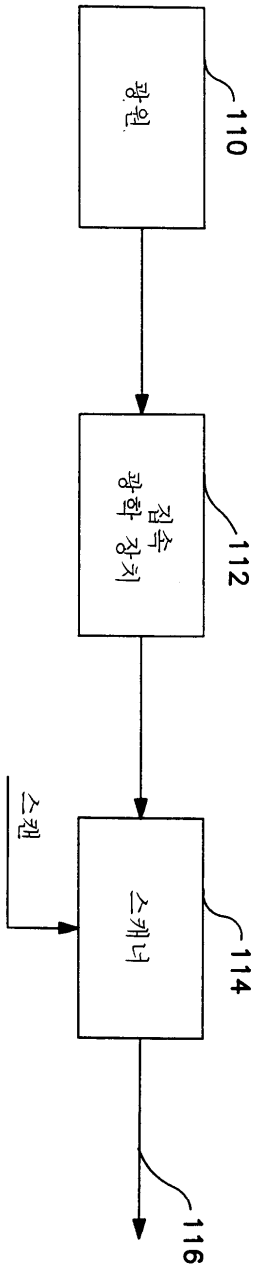
도면6


광원
집속 광학 장치
90a
90b
90c
90d
92a
92b
92c
92d
94a
94b
94c
94d

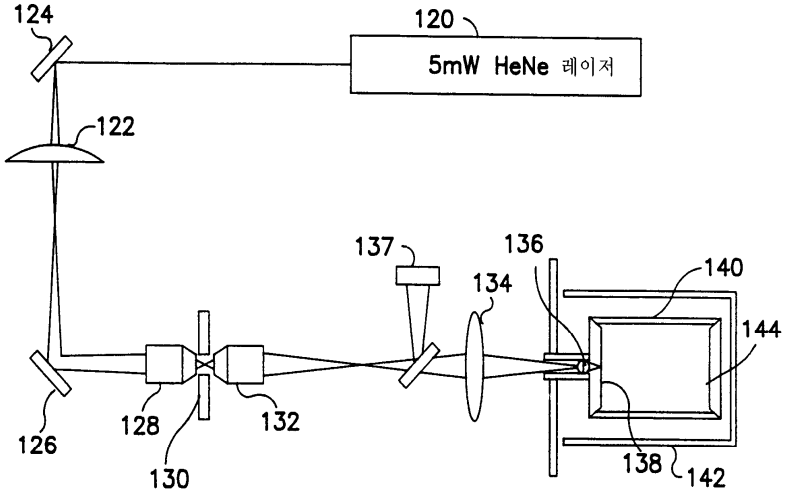
도면7



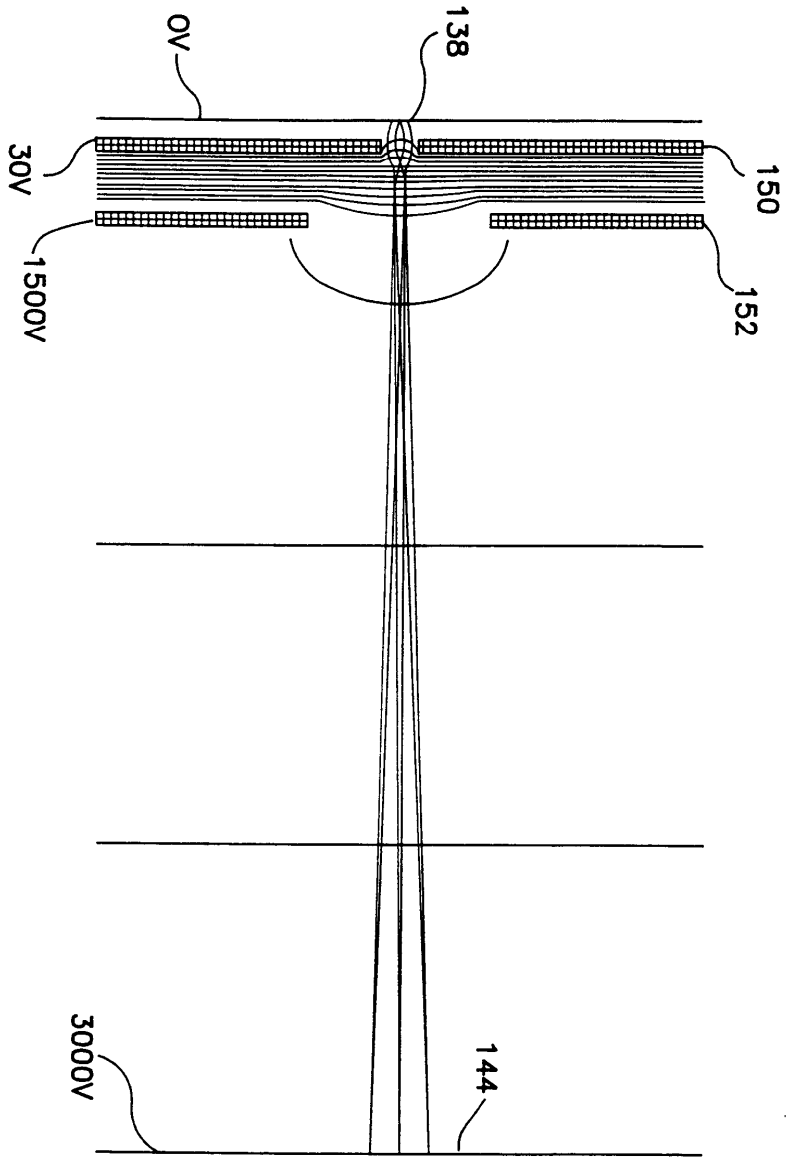
도면8


광원
110
집속
광학 장치
112
스캔
스캐너
114
116

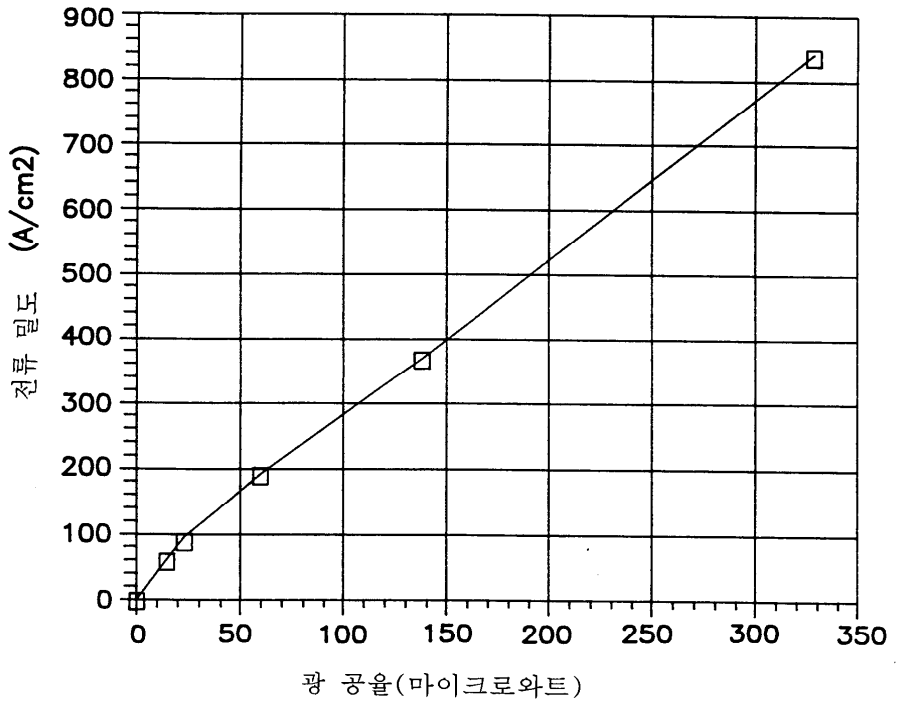
도면9


124
120
5mW HeNe 레이저
122
137
136
134
140
144
126
128
130
132
138
142

도면10



도면11


900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
전류 밀도 (A/cm2)
0
50
100
150
200
250
300
350
광 공율(마이크로와트)