



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월27일
(11) 등록번호 10-0870868
(24) 등록일자 2008년11월21일

(51) Int. Cl.

H01S 3/097 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-7005762
(22) 출원일자 2003년04월25일
심사청구일자 2006년08월10일
번역문제출일자 2003년04월25일
(65) 공개번호 10-2003-0041173
(43) 공개일자 2003년05월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2001/031494
국제출원일자 2001년10월08일
(87) 국제공개번호 WO 2002/37626
국제공개일자 2002년05월09일
(30) 우선권주장
09/703,697 2000년11월01일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌
US4686682 A
WO9931773
JP06152012 A

전체 청구항 수 : 총 28 항

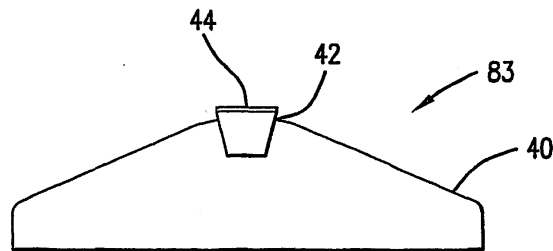
심사관 : 조지은

(54) 애노드의 방전 표면을 덮고 있는 다공질 절연층을 구비한방전 레이저

(57) 요약

길쭉한 캐소드(84)와 애노드의 방전 표면을 덮는 다공질의 절연층(46)을 가지는 길쭉한 애노드(83)를 구비한 가스 방전 레이저. 바람직한 실시예에서, 애노드의 적어도 일 부분은 납을 포함하고 있고, 애노드 표면으로부터 플루오르 이온의 스퍼터링은 대부분 플루오르화납으로 구성된 절연층(46)을(애노드의 방전 표면위에) 생성한다. 특정 바람직한 실시예에서, 애노드는 두개의 부분으로 제작되고, 제 1 부분(40)은 그 정상부에 트렌치 형태의 캐비티를 가진 종래의 애노드의 일반적인 형태를 가지고 있고 제 2 부분(42)은 납이 풍부한 황동을 포함하고 트렌치 형태의 캐비티에 배치되어 있다.

대표도



(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리즈, 모잠비크, 에쿠아도르, 콜롬비아, 그라나다, 가나, 감비아, 크로아티아, 인도네시아, 인도, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 모잠비크, 탄자니아

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터어키

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우, 적도 기니

(30) 우선권주장

09/742,485	2000년12월20일	미국(US)
09/768,753	2001년01월23일	미국(US)
09/776,044	2001년02월01일	미국(US)
09/953,026	2001년09월13일	미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

- A) 레이저 가스를 수용하는 레이저 챔버;
- B) 캐소드와 애노드를 형성하는 두개의 길쭉한 전극 엘리먼트;
- C) 전기 방전을 발생시키기 위하여 초당 1000개의 펄스를 초과하는 펄스율로 전기 펄스를 제공하도록 구성된 펄스 파워 시스템;
- D) 초당 1000개의 펄스를 초과하는 펄스율로 동작할때 후속 방전 전에 방전에 의해 발생된 모든 찌꺼기를 제거 하기 위해 일정한 속도로 상기 두 전극간의 상기 레이저 가스를 순환시키기 위한 송풍 시스템; 및
- E) 상기 송풍 시스템 및 상기 방전에 의하여 발생된 상기 레이저 가스로 부터 나온 열을 제거하는데 충분한 용량을 가지는 열교환기;를 포함하고, 상기 전극 엘리먼트는 각각 방전 영역을 가지고 있고 상기 레이저 챔버 내에 배치되어 있으며, 상기 애노드의 방전영역은 다공질의 절연층으로 덮여 있고, 그리고 상기 전기 방전은 상기 애노드 및 상기 캐소드 상의 영역에서 방전하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층은 금속 플루오르화물로 구성된 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층은 가스가 F_2 를 포함하는 가스 환경에서 상기 애노드를 전기 방전에 노출시킴으로써 생성되는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층은 다공질 알루미늄나 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 다공질 알루미늄나 층은 애노다이징된 알루미늄나 층인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층은 전기 절연 재료로 된 입자로 이루어진 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 절연 재료는 세라믹인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 절연 재료는 플루오르화물인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 절연 재료는 Al_2O_3 , MgF_2 및 CaF_2 로 구성된 그룹에서 선택된 세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층은 복수의 구멍을 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 복수의 구멍은 50,000개를 초과하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 복수의 구멍의 적어도 하나의 폭은 20마이크로미터 내지 250마이크로미터 사이인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 애노드는 상기 애노드의 중심선을 따라 상기 애노드의 방전 영역을 형성하고, 폭에 걸쳐서 전계를 발생시키고 상기 애노드의 방전 영역의 양측에서 전계의 가파른 감소가 발생하도록 선택된 구역을 가지는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 전극 엘리먼트중 적어도 하나는 방전 표면을 형성하고 상기 방전 표면의 두개의 측을 따라 길이방향으로 생성되어 있는 트렌치를 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 트렌치는 적어도 부분적으로 절연 재료로 채워지는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 절연 재료는 알루미늄 및 금속 플루오르화물로 구성된 그룹에서 선택되는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 전극 엘리먼트중 적어도 하나는 제 1 전기 도전도를 가지는 제 1 비절연 재료, 및 상기 제 1 도전도의 70 퍼센트 미만의 보다 낮은 도전도를 형성하는 제 2 도전도를 갖는 제 2 비절연 재료로 구성되고, 상기 제 1 비절연 재료는 방전 표면을 형성하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 제 2 도전도를 갖는 비절연 재료는 상기 방전 표면이 상기 재료로 뺀으면 부식되는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 19

제 1 항에 있어서, 상기 애노드는 상기 방전 표면의 두개의 측상에 배치된 절연시트를 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 20

제 1 항에 있어서, 원하는 형태의 방전을 생성하도록 구성된 전류 복귀 구조체, 및 방전 영역을 통하여 그리고 방전 영역을 넘도록 가스 흐름을 안내하도록하는 절연 스페이서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 21

제 1 항에 있어서, 상기 다공질 절연층은 금속에 매립된 절연 입자로 이루어진 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 금속은 황동인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저.

청구항 23

레이저에 사용하기 위한 길쭉한 전극을 생산하기 위한 방법에 있어서,

- A) 하나 이상의 전기 도전성 물질로 구성되고 적어도 50 센티미터의 길이와 적어도 2센티미터의 폭을 가지는 길쭉한 전극 구조를 제조하는 단계, 및
- B) 적어도 3 밀리미터의 폭을 가지는 방전 영역을 형성하는, 상기 길쭉한 전극의 부분상에 다공질의 절연층을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 하나 이상의 전기 도전성 물질은 1퍼센트를 초과하는 납 함유량을 가지는 납이 풍부한 황동을 포함하고, 상기 다공질의 전기 절연층을 생성하는 상기 단계는 납이 풍부한 황동상에 다공질의 절연층이 생성되도록 플루오르를 함유한 레이저 가스 중에서 상기 전극을 동작시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제 23 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층을 생성하는 상기 단계는 상기 길쭉한 전극 구조의 방전 영역상에 절연 입자를 분산시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 상기 다공질의 절연층을 생성하는 상기 단계는,

- A) 충전 금속 및 상기 절연 입자를 포함하는, 상기 길쭉한 전극의 방전 구역을 생성하기 위하여 상기 절연 입자를 용융 금속에 혼합하는 단계,
- B) 상기 충전 금속의 일부가 스퍼터링하여 제거되고 상기 방전 영역을 덮는 다공질의 절연층을 남기도록 상기 길쭉한 전극을 플루오르를 함유한 레이저 가스 환경에서 동작시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제 25 항에 있어서, 상기 절연 입자는 50 내지 150마이크로미터의 범위를 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제 26 항에 있어서, 상기 절연 입자는 50 내지 150마이크로미터의 범위를 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 전기 방전 레이저, 특히 수명이 긴 전극을 구비한 챔버를 가진 전기 방전 레이저에 관한 것이다.

배경기술

<2> 종래 KrF 엑시머 레이저의 챔버의 주된 구성요소가 도 1에 나타난다. 이러한 챔버는 집적회로 리소그래피의 광원으로 사용되는 레이저 시스템의 일부이다. 이 구성요소는 챔버 하우징(2)을 포함한다. 하우징에는 각각의 길이가 약 50cm이고 약 20mm정도의 간격으로 떨어져 있는 두개의 전극(83, 84), 1000Hz 이상의 펄스 반복율 범위에서 후속펄스가 있기 전에 일 펄스에 의한 찌꺼기를 (두 전극간의 방전 영역으로부터) 제거하기 위해 충분히 빠른 속도로 전극사이의 레이저 가스를 순환시키기 위한 송풍기(4), 및 팬과 전극 사이의 전기 방전에 의하여 레이저 가스에 발생된 열을 제거하기 위한 수냉식 핀 열 교환기(6)를 포함한다. 여기서 "찌꺼기"란 말은 레이저 펄스 발생 이전 상태와는 다른, 레이저 펄스가 발생한 후의 임의의 물리적인 상황을 정의하는데 사용된다. 또한 챔버는 챔버의 공기역학적인 기하구조를 개선시키기위한 방지재와 날개를 구비하고 있다. 레이저 가스는 약 0.1 퍼센트의 플루오르와, 약 1.0 퍼센트의 크립톤 및 나머지 네온가스의 혼합 가스로서 구성되어 있다. 각각의 펄스는 약 20mm의 높이, 3mm의 폭 및 500mm의 길이의 이득 영역을 산출하기 위하여 약 30나노초간 지속하는 전극간 방전을 일으키는 펄스 전원(8)에 의하여 전극사이에 초고압 전위차를 인가함으로써 발생된다. 방전

은 이득 영역에 약 2.5J의 에너지를 제공한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 출력 커플러(2A)와, 리트로우(Littrow) 구성으로 배치된 3개의 프리즘 빔 익스팬더, 튜닝 미러 및 회절격자를 포함하는 (비균형적으로 크게 도시된, 라인 내로우잉 패키지 또는 LNP라 불리는) 회절격자 기반 라인 내로우잉 유닛(2B)에 의하여, 형성된, 공진 캐비티에서 레이징이 발생된다. 종래의 KrF 리소그래피 레이저의 출력 펄스(3)의 에너지는 전형적으로 약 10mJ이다.

- <3> 전기 방전 레이저는 많은 산업 분야에서 응용된다. 그 중 중요한 하나는 집적 회로 리소그래피 기계의 광원으로 사용되는 것이다. 이러한 레이저 광원은 약 248nm의 협대역 펄스 자외광을 발생시키는 상기의 라인 내로우잉 KrF레이저이다. 이러한 레이저는 전형적으로 약 1000 내지 4000Hz 펄스율로 펄스의 버스트로 동작한다. 각각의 버스트는 많은 수의 펄스, 예컨대, 약 80개의 펄스로 구성되고, 하나의 버스트는 리소그래피 기계가 다이 부 사이의 조사를 이동하는 동안, 버스트가 1초의 몇분의 몇의 시간 간격으로 분리된 채로 웨이퍼상의 단일 다이부를 조사한다. 새로운 웨이퍼가 로딩될때 또다른 몇초의 시간 간격이 있다. 따라서, 예컨대, 2000Hz의 펄스 발생시에, KrF 엑시머 레이저는 약 30퍼센트의 듀티 인자로 동작할 수 있다. 하루 24시간, 주당 7일, 연간 52주 동작한다. 30 퍼센트의 듀티 인자로 "설 새 없이" 2000Hz에서 동작하는 레이저는 1월간 15억개 이상의 펄스를 축적할 것이다. 어떠한 발생 중단은 비용 소비를 극히 크게 할 수 있다. 따라서, 리소그래피 산업용으로 디자인된 종래의 엑시머 레이저는 고장 보수 시간이 최소화되도록 모듈방식을 취한다.
- <4> 레이저 광원이 사용되는 리소그래피 시스템에 있어서 0.25마이크로미터 보다 작은 집적회로를 생산하도록 요구되고 집적회로의 크기가 매년 작아지고 있기 때문에, 레이저에 의하여 발생된 레이저빔의 질을 고품질로 유지하는 것은 매우 중요하다. 그 결과 레이저빔의 스펙에 있어서 개개의 펄스 에너지의 변화, 일련의 펄스의 집적 에너지의 변화, 레이저 파장의 변화 및 레이저빔의 대역폭의 크기가 제한된다.
- <5> 도 1에 도시된 것과 같은 전기 방전 레이저의 전형적인 동작은 전극의 부식을 일으킨다. 이러한 전극의 부식은 방전 형태에 영향을 미치고, 차례로 레이저 효율 뿐 아니라 출력빔의 품질에도 영향을 미친다. 방전의 폭과 동일한 폭을 가지는 돌출부를 전극을 제공함으로써 부식에 의한 영향을 최소화하도록 의도된 전극 디자인이 제안되어 왔다. 동 예가 일본 특허 제 2631607 호에 개시되어있다. 그러나, 이러한 디자인은 가스 흐름에 역효과를 일으킨다. 이러한 가스 방전 레이저에 있어서, 각각의 펄스에 대한 모든 효과가 후속 펄스의 발생전에 방전 영역에서 제거되어야 하는 것이 매우 중요하다.
- <6> KrF 레이저와 매우 유사한, 또다른 방전 레이저는 아르곤 플루오르(ArF) 레이저이다. 이러한 레이저의 레이저 가스는 주로 아르곤 플루오르 및 네온의 혼합가스이고, 출력빔의 파장은 약 193nm 범위내이다. 이러한 ArF 레이저는 현재, 집적회로 제조에 상당한 범위로 사용되고 있고, 이러한 레이저의 사용이 빠른 속도로 증가할 것이 예상된다. 집적회로 제조용으로 미래에 광범위하게 사용될 것으로 예상되는 또다른 방전 레이저는 F₂ 레이저인데, 그 레이저 가스는 F₂ 이고 완충가스는 네온 또는 헬륨이거나 네온 및 헬륨의 혼합가스일 수 있다.
- <7> 여기서 필요한 것은 가스 흐름에 역효과를 일으키지 않고 레이저 빔의 질에 역효과를 일으키는 부식없이 수십억 개의 펄스에도 견딜 수 있는 전극을 구비한 가스 방전 레이저이다.

발명의 상세한 설명

- <8> 본 발명은 신장된 캐소드와 애노드 방전 표면을 덮는 다공질의 절연층을 구비한 신장된 애노드를 구비한 가스 방전 레이저를 제공한다. 펄스 파워 시스템은 적어도 1KHz의 펄스율로 전기 펄스를 제공한다. 송풍기는 적어도 5m/s의 속도로 전극사이의 레이저 가스를 순환시키고 열교환기는 송풍기의 작동 및 방전에 의해 발생된 열을 제거하기 위하여 제공된다. 바람직한 실시예에서 적어도 애노드의 일 부분은 납을 포함하고, 애노드 표면으로 부터의 플루오르 이온 스퍼터링은 많은 부분이 (애노드의 방전 표면에) 플루오르화 납을 포함한 절연층을 생성한다. 특정 바람직한 실시예에서, 애노드는 두 부분으로 제조되는데, 제 1 부분은 그 정상부에 트렌치형태의 캐비티를 구비한 일반적인 형상의 종래 애노드를 구비하고 있다. 이 부분은 1% 이하의 납을 포함하는 황동으로 구성된다. 3% 이상의 납을 포함하는 황동으로 구성되는 제 2 부분은 상기 트렌치내에서 납땀되고 상기 방전 표면위로 약 0.2 mm 돌출해있다. 애노드가 레이저에 설치되고 플루오르를 포함하는 레이저 가스 환경에서 펄스 방전상태에 있을때, 다공질의 플루오르화납을 포함하는 절연층이 제 2 부분의 표면에 생성되어 애노드가 심각하게 부식하는 것을 방지한다. 출원인의 컴퓨터 전기장 모델은 절연층이 캐소드와 애노드사이의 전기장에 심각한 영향을 주지는 않음을 보여주었다. 제 1 부분은 납을 포함하고 있지 않으므로, 그 표면에 어떠한 절연층도 생성되지 않으나, 전기장의 분포는 상당 부분의 방전을 제 2 부분의 표면으로 이끌리게 되는 것을 방지한다. 제 1 부분에서 방전이 발생하는 정도까지, 방전 영역에 있는 애노드의 높이를 줄이는 부식이 방전 장소

에서 발생하고 이것은 제 1 부분에서 방전이 발생하는 것을 줄이는 효과를 가져온다. 애노드의 금속 표면으로 및 애노드의 금속 표면으로 부터 전자가 자유로이 흐르게하는 약 50,000개의 작은 구멍이 제 2 부분상의 절연층에 생성된다. 그러나, 애노드의 금속표면에서의 플루오르 이온 스퍼터링은 절연층에 작은 구멍이 생긴 후에는 상당히 제한된다. 출원인은 플루오르 이온 스퍼터링의 감소는 금속 표면에 도달하는 플루오르 이온의 수의 감소 및 금속 표면에 도달하는 이온 에너지의 감소의 결과라고 믿는다.

<9> 출원인의 테스트 결과는 애노드의 방전 표면의 거의 전부를 덮고있는 다공질의 절연층은 전극간의 전기장을 크게 방해하거나 방전 형태에 크게 영향을 미치지 않는음을 보여주었다. (그러나, 방전 영역의 상당 부분이 덮여있건 덮여있지 않건, 역효과가 발생할 수는 있다. 이 경우에, 방전의 결과물은 덮여있지 않은 위치에서 축적되는 경향이 있고 그 위치에서 실질적인 부식을 일으키고 방전의 균일성을 심각하게 왜곡한다.) 따라서, 방전 표면이 다공질의 절연층으로 완전히 덮여있거나, 전혀 덮여있지 않은 경우에 최상의 성능이 발생한다. 그러나, 전혀 덮여있지않은 위치에서 장기간의 부식이 발생하는 반면, 완전히 덮여있는 부분에 있어서는 본 발명은 훌륭한 성능과 수십억개의 펄스에 대해서도 최소화된 부식이 발생하였다.

실시 예

<19> 본 발명의 바람직한 실시예는 도면을 참조하여 기술될 것이다.

<20> 펄스 파워 공급 시스템

<21> 가스 방전 레이저에서 전기 방전을 발생시키는 펄스 파워를 제공하기 위한 전기 회로(8)의 주된 구성요소가 도 3에 도시되어있다. 펄스 파워 시스템은 표준 208볼트, 3상 전원으로 동작한다. 정류기(22), 인버터(24), 변압기(26) 및 정류기(30)를 사용하는 전원공급장치는 (도시되지는 않은) 레이저 제어 프로세서에 의해 지시되어 충전 캐패시터C₀(42)를 약 500 내지 1200볼트 사이의 전압 레벨로 충전한다. 레이저 제어 프로세서는 C₀ 상의 에너지가 펄스 파워 시스템에 연결된 부분으로 방전되도록 펄스가 요구될때 IGBT 스위치를 닫으라고 지시한다. C₀ 상의 전하는 인덕터(48)를 통하여 캐패시터 뱅크C₁(52)으로, 그 다음에 포화 인덕터(54) 및 전압 변압기(56)를 통하여 캐패시터 뱅크C_{p-1}(62)로, 그 다음에 포화 인덕터(64)를 통하여 피킹 캐패시터 뱅크C_p(82)로 전달된다. 도 3에 나타난 바와 같이, 피킹 캐패시터 뱅크C_p는 전극(84 및 83)에 전기적으로 병렬로 연결되어 있다.

<22> 도 4a는 스위치(42)를 닫은 후 9마이크로초동안 시간의 함수로서 캐패시터 뱅크C₀, C₁, C_{p-1} 및 C_p에 걸리는 전위를 나타낸다. 도 4b는 방전 바로 전후의 800ns의 시간 조각을 나타낸다. 피킹 캐패시터 뱅크C_p는 방전 바로 전에 약 -15,000 볼트로 충전됨을 주목해야 한다. 방전은 약 30ns 동안 지속된다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 방전동안, 전자는 처음에 상부 전극, 캐소드(84)로 부터, 하부 그라운드된 전극, 애노드(83)로 흐른다. 전류 "오버슈트"는 C_p를 +6,000V의 포지티브 값으로 충전시키고 그 때 하방으로의 전자흐름이 역전되고 그 후 전자는 약 15ns의 최종 방전시간동안 하부 그라운드된 전극에서 상부 전극으로 흐른다.

<23> 새로운 전극

<24> 새로이 제작한 도 1에 나타난 타입의 종래 기술의 황동 전극의 표면은 매우 평탄하다. 그러나, 고성능 현미경으로 보면, 실제의 그 표면은 약 1 내지 2마이크로미터정도 떨어져 있고, 계곡의 바닥이 마루의 최상부보다 약 1 내지 2마이크로미터 정도 낮은 마루와 계곡이 번갈아 있는, 전극의 길이 방향으로 나있는 세로줄을 포함하고 있다. 현미경으로 보면 표면은 기계 가공의 결과인, 길고 좁은 이랑이 있는 밧과 같이 나타난다.

<25> 번트-인 전극

<26> 새로운 레이저 시스템을 조립하거나 레이저 챔버를 재구축할때에 있어서 종래의 전형적인 작업은 챔버를 "번인" 상태로 두는 것이고, 이 "번인" 상태에서 챔버는 약 5억 개의 펄스 동안 작동된다. 2000Hz에서 이것은 약 72시간을 요한다. 이 시간동안, 각각의 전극의 방전 표면에서 상당한 스퍼터링이 발생한다. 각각의 전극에서 방전 표면은 약 3.5mm의 폭에 길이가 약 545mm 이다. 전극의 방전 표면에서 스퍼터링이 발생하고 전극사이의 방전은 방전 표면의 방전 부분상의 전극의 표면을 상당히 변화시킨다. "번인"후에 "이랑 선(plowed rows)"은 더이상 명백하지 않고 전형적으로 약 5마이크로미터의 깊이에 약 3 내지 10마이크로미터의 폭을 가진 비교적 랜덤하게 간격지어진 얇은 물방울 형태의 오목부로 대부분 대체된다. 이러한 물방울 형태의 오목부 및 크레이터는 캐소드상에서 서로 가까이 간격져 있다(또는 약간 중첩되어 있다). 그러한 만입부는 전형적으로 애노드상에서는 다소 멀리 떨어져 있고 따라서 애노드에 비하여 캐소드에는 면적당 약 4배 정도가 더 있게 된다.

부식

- <27>
- <28>

출원인은 전극의 부식은 양 전극 모두에서 발생하나 그라운드된 전극(애노드(83))의 부식비율이 높은 네거티브 전압 전극(캐소드(84))의 약 4배정도가 된다는 것을 발견했다. 예컨대, 플래쉬램프와 같은 거의 모든 다른 가스 방전 디바이스에서 전극 부식은 문제이다. 대부분의 부식은 캐소드에서 발생한다. 애노드의 부식은 드물다. 황동 전극을 가진 레이저의 동작은 애노드의 부분에 매우 천천히 축적되는 금속 플루오르화물의 절연층을 발생시킨다. 출원인은 플루오르화물의 생성 정도는 황동 애노드의 납 함유량과 관련있음을 발견했다. 예컨대, 1%이하의 납을 함유하는 C26,000 황동으로 구성된 애노드는 많은 플루오르화물 층을 생성하지 않는다. 그러나, 3 내지 4%의 납을 함유한 C36,000 황동으로 구성된 애노드는 약 100 내지 200마이크로미터의 두께로 전체 방전 표면을 덮는 비교적 균일한 플루오르화물 층을 생성한다. 플루오르화물 층이 덮인 영역에서, 방전 전류는 전형적으로 약 20 내지 150마이크로미터직경의 거의 원형 단면을 가지는 경향이 있는 미세한 구멍을 통하여 흐른다. 플루오르화물 층으로 덮인 표면은 더이상의 심각한 부식을 일으키지는 않으나, 플루오르화물 층이 균일하지 않다면, 특히 덮여있지 않은 표면 영역이 감소한다면, 부식율은 덮여있지 않은 방전 표면에서 증가한다. 미세한 구멍의 위치의 덮인 표면에서 어느정도의 부식이 발생하나, 이것은 기초 금속의 부식정도 보다 적어도 1배, 및 많으면 2배 정도 적은 양이다.
- <29>

스퍼터링된 금속 이온
- <30>

양호한 레이저 활동 매개물을 생성하기 위하여, 전극사이에 균일한 방전 플라즈마가 생성되어야 한다. 초기에 전극간의 공간에 있는 가스는 도 1에 나타난 프리이온라이저(12)에 의해 예비이온화된다. 전극에 전압이 인가됨에 따라 이온 스퍼터링은 전극 표면에 근접한 영역에 플라즈마를 발생시킨다. 전극으로 부터 방출된 금속 원자는 거의 중기 형태이고 금속 원자의 상당부분은 이온화되고 포지티브 이온 캐소드로 부터의 전자의 흐름을 돕고 그 캐소드를 빠져나가는 전자를 가속시키는 극도로 큰 전기장을 생성하는 캐소드 표면 바로 근처에 포지티브 이온 캐소드 "하강" 영역을 생성하도록 돕는다. 이러한 공정은 각각의 펄스의 첫번째 부분동안 캐소드(84)에서 처음 적용된다. 그러나, 도 4b에 나타난 바와 같이, 전극의 극성이 펄스를 통하여 약 중간 정도에서 스위칭하기 때문에, 이것은 애노드(83)에서 또한 발생하고 그 때는 캐소드(즉, 네거티브 전극) 역할을 한다. 펄스가 발생하는 동안 및 발생후에 금속이온은 전기장의 조건의 빠른 변화에 따라 전극으로 다시 끌려갈 수 있으나, 몇몇 방출된 전극 물질이 가스 흐름 경계층을 넘어 전달되므로 순환 레이저 가스에 의하여 많은 부분이 날아가 버린다. 출원인은 애노드로 부터 상당한 량의 구리 스퍼터링이 애노드가 포지티브의 고압으로 충전되었을때 각각의 방전의 첫번째 부분동안 네가티브 플루오르 이온에 의하여 발생됨을 발견하였다.
- <31>

황동전극상의 플루오르화물 층
- <32>

출원인은 전극 수명이 백억 내지 백삼십억개의 펄스를 넘도록 전극 수명을 향상시키기 위하여 다양한 전극 물질을 광범위하게 테스트했다. 황동전극에서, 애노드의 방전 표면의 부식이 보통, 전극 수명의 주된 제한이다. 부식은 그 최적의 형태로 부터 그 전극 형태를 변화시키고 그 결과 레이저 빔의 질에 있어 역효과를 일으킨다. 이러한 황동 전극에 대한 출원인의 테스트는 가장 긴 수명은 애노드의 방전 표면에 균일하고, 안정된 플루오르화물 층을 생성하는 물질이 사용될 때 획득됨을 보여주었다. 특히, 일 예에서 C36,000 황동(61.5% 구리, 35.5% 아연 및 3%의 납)으로 구성된 애노드는 레이저 성능을 저하시킴없이 백삼십억개의 펄스를 발생시켰다. (이러한 전극용의 전형적인 유효 작동 수명은 약 오십 내지 육십억개의 펄스이다.) 애노드의 검사결과 백삼십억개의 펄스가 발생된 후 약 2cm길이 영역을 제외한 모든 방전 표면을 덮는 약 100마이크로미터 두께의 플루오르화물 층이 발생되었다. 이 덮이지 않은 영역은 심하게 부식된 캐소드의 부분과 마주보게 되었다. 출원인은 이 심각하게 부식된 영역에 있어서 캐소드의 부식이 백삼십억개의 펄스에서 캐소드의 수명의 끝에 이르는 애노드의 2cm의 빠뜨린 부분을 전소하는 매우 고열의 방전을 발생시키는 매우 높은 전기장을 생성함을 알았다. 플루오르화물 층은 대부분 플루오르화 납으로 구성되어 있으나 구리 및 아연을 포함하는 애노드로 부터는 다른 물질을 포함하여 나타난다. 전기 저항 측정에 의하여 출원인은 상기 절연층이 고 절연성이고, 휴대형 저항계에서 무한대의 저항을 나타냄을 확인하였다.
- <33>

절연층은 애노드의 금속 표면에 생성된 약 20 내지 150마이크로미터의 폭을 가진 수천개의 미세구멍을 포함한다. 구멍은 애노드의 방전 표면에 제곱밀리미터당 약 20 내지 30개의 구멍으로 간격지어져 있다. 3.5mm X 545mm 의 방전 표면에 있는 전체 구멍의 수는 출원인에 의해 약 50,000개임이 밝혀졌고 그 구멍은 방전 표면 영역의 약 5%를 나타낸다. 방전 영역의 기타 95%는 네가티브 전기 표면 전하의 빠른 축적때문에 네가티브로 충전된 플루오르 이온에 반발할 수 있는 절연성, 유전 물질로 구성된다.
- <34>

출원인은 예컨대, C26,000 황동(69.7%구리, 29.6%아연 및 0.7%이하의 납)과 같은 몇몇 다른 타입의 황동을 테스

트했고 납함량이 낮은 황동이 일반적으로 애노드의 방전 영역에 플루오르화물 층을 많이 생성하지 않는다는 것을 결론내렸다. 출원인의 결론은 애노드에 안정된 플루오르화물 층을 생성하는데에는 1%이상의 납농도가 필요하다는 것이다. 구리와 아연은 플루오르화 납과 비슷한 플루오르화물을 생성하고 이러한 플루오르화 구리 및 플루오르화 아연은 플루오르화 납과 화학적 특성이 매우 유사하나, 이러한 플루오르화물은 플루오르화 납처럼 보호 절연층을 생성하지는 않는다. 출원인은 그 이유가 플루오르화 납은 플루오르화 구리 및 플루오르화 아연보다 훨씬 무겁다는 사실때문일 수 있고 이러한 이유로 플루오르화 구리나 플루오르화 아연보다 플루오르화물의 스퍼터링에 보다 잘 저항할 수 있음을 알았다.

<35> 제 1 바람직한 실시예

<36> 본 발명의 제 1 바람직한 실시예는 도 6에 나타난 단면을 가진 신장된 애노드를 구비한 KrF, ArF 또는 F₂와 같은 가스 방전 레이저이다. 애노드는 두개 타입의 황동으로 구성되어 있고, C26000 황동으로 된 애노드(83)의 주몸체(40)는 그 길이가 600mm이다. 이 애노드는 종래 가스 방전 레이저에서 광범위하게 사용되어왔던 애노드의 수정된 형태이다. 종래의 애노드(83)는 도 5에서 나타난 바와 같이 하나의 단면을 가지고 있다. 바닥의 폭은 1.2인치이다. 중심 팁까지의 높이는 0.380인치이다. 팁의 반경은 0.5인치이다. 바닥면으로 부터 쇼울더의 높이는 0.13인치이다. 경사진 측면은 바닥면과 27.67의 각을 이룬 편평면이다. 출원인은 다년간의 레이저 동작에 의해, 이러한 일반적인 애노드 형태는 매우 우수한 레이저 가스 흐름과 더불어 우수한 전기장 특성 및 우수한 방전 성능을 나타냄을 입증하였다. 트렌치형태의 캐비티는 애노드(83)의 정상표면에서 잘려있다. 캐비티는 그 길이가 545mm, 정상부의 폭이 3mm, 깊이가 2.5mm 및 바닥의 폭이 1.7mm이다. 캐비티는 그 캐비티에 정확히 끼워맞춰지도록 깎여있고 표면위로 약 0.2mm 더 뺀어있는 두번째 황동부분(42)으로 채워진다. 두번째 황동부분은 납/주석 땀납으로 캐비티에서 본딩될 수 있다

<37> 애노드는 예컨대, 1%의 크립톤, 0.1%의 F₂ 및 기타 네온으로 구성된 레이저 가스로써 채워진, 도 1에서 도시된 것과 같은 레이저에 설치된다. 다공질의 플루오르화 납 층이 약 5억개의 펄스 동안 레이저를 동작시킴으로써 의하여 두번째 황동 부분의 정상부 표면에 생성된다. 이것은 초당 2000번의 펄스 발생으로 약 3일이 필요하다. 이러한 다공질 절연층이 생성되어, 방전 표면의 부식을 지연시켜서 애노드가 수십억번의 방전에도 최상의 형태를 유지하게 한다. 전자는 플루오르화 납 층에 생성되어 있는 대략 50,000개의 작은 구멍을 통하여 쉽게 흐른다. 반면, 전자보다 훨씬 큰 개개의 플루오르 이온은 구멍을 통하여, 스퍼터링을 일으키도록 하는 충분한 에너지를 가진 기부 황동으로 통과할 확률이 적다. 출원인은 본 발명이 적어도 애노드의 수명을 두배 또는 세배로 연장시키고, 따라서 더이상 애노드의 부식이 레이저 챔버의 수명을 제한하지는 않는다고 평가한다. 애노드의 부분(40)에는 절연층이 전혀 생성되지 않는다. 따라서, 방전이 부분(40)으로 확대된다면, 그 방전은, 방전영역으로 부터 방전을 멈추게할 부분(40)의 에지에서 트렌치를 부식시킨다. 따라서 방전은 애노드의 부분(42)으로 한정된다.

<38> 제 2 바람직한 실시예

<39> (애노드 표면 절연시키기)

<40> 제 2 바람직한 실시예의 애노드의 단면이 도 7에 나타난다. 절연물질로 된 다공질 층(46)이 종래 애노드의 방전 표면위에 위치된다. 애노드의 부분을 생성하는 황동은 1% 이하의 납을 함유한 C26000 황동이다. 따라서, 어떠한 절연층도 제한 다공질 층(60)을 넘어서 뺀 임의의 방전에 의하여 생성되지 않을 것이다.

<41> 도 8은 다공질의 산화알루미늄 단면을 현미경사진으로 본 모습을 나타낸다. 다공질의 산화물은 애노다이제이션이라 불리는 프로세스에 의해 알루미늄에서 성장한다. 고순도의 알루미늄박이 황동전극에 장착된다. 황동 전극은 전기화학적 셀에서 애노드역할을 한다. 일반적으로, 애노다이제이션의 목적은 애노드상에 균일한 보호 알루미늄막을 생성하는 것이다. 적당한 전해질과 가동 전압을 사용한 에칭에 의하여, 도 8에서 나타난 바와 같이, 스스로 조직된 다공질 구조체를 생성한다. 10 내지 수백 마이크로미터의 지름을 가진 구멍이 애노다이제이션 프로세스의 파라미터를 변경함으로써 생성될 수 있다. 층의 두께는 몇백 마이크로미터에 달할 수 있으나, 본 응용분야에서는 약 100 내지 1000마이크로미터의 두께가 바람직하다. 이러한 층은 도 7에서 나타난 바와 같은 층(46)으로서 적용될 수 있다.

<42> 제 3 바람직한 실시예

<43> 도 9에 도시된 바와 같은 제 3 바람직한 실시예에서, 도 6에 나타난 부분(42)의 정상부 표면은 부분(42)이 부분(40)의 캐비티에 납땀되기전에 다공질 알루미늄으로 코팅된다. 본 실시예에서, C36000황동은 다공질 알루미늄이

부식되어 제거되면 그 부분에 플루오르화 납 보호 층을 생성하게 된다.

<44> 제 4 바람직한 실시예

<45> (미세 절연 입자)

<46> 제 4 바람직한 실시예에서, 약 100 내지 300마이크로미터의 직경을 가진 모래알 모양의 절연 입자(66)가 도 10a 및 도 10b에 나타난 단면 형태를 가지는 종래의 황동 전극의 방전 표면에 생성되어 있다. 본 실시예에서, 방전 폭은 3.5mm이다. 바람직하게는, 그 입자는 애노드 단면의 정상도를 나타내는 도 10b에서 나타난 바와 같이 방전 표면 영역의 약 95%를 덮는다.

<47> 유사한 실시예에서 미세한 절연 입자는 주조 황동과 혼합되어있고 그 혼합물은 도 6에서 나타난 바와 같이 부분(42)의 형상으로 몰딩되어 있다. 그 다음에 결과적인 부분은 도 6에 나타난 바와 같이 부분(40)과 같은 부분에 정확히 맞추어 고정되도록 기계가공된다. 바람직하게는, 입자 크기는 20 내지 150마이크로미터이고 입자는 혼합물체적량의 약 80 내지 90퍼센트를 구성해야된다. 며칠간의 동작후에, 표면 황동은 스퍼터링되어 제거되고 표면에 절연층을 남길것이나 표면아래의 물질은 여전히 전도도를 유지한다. 도 8a 및 도 8b는 표면 황동이 스퍼터링되어 제거된 이후의 전극 표면을 도시한 도면이다. 이 입자는 황동의 용점에서 안정하고 플루오르의 화학반응에 저항성이 있는 물질이어야 한다. 바람직한 선택으로는 Al₂O₃, CaF₂ 및 MgF₂이다.

<48> 기타 실시예

<49> 전체 표면 커버리지

<50> 또다른 실시예에서 다공질 알루미늄이나 종래의 황동 전극의 전체 정상부 표면에 적용된다. 또다른 실시예에서 다공질 알루미늄은 종래의 황동 전극의 방전 영역에 적용되고 고체 알루미늄 층은 종래의 황동 전극의 정상부 표면의 나머지 부분이나 선택적으로는 방전 영역의 에지를 따라 적용된다.

<51> 날모양 유전체

<52> 본 발명의 원리를 이용하는 대체 실시예의 세트가 도 12에 나타난다. 이 경우에 있어서 애노드의 단면은 도 12에서 부재번호 70으로 나타낸 바와 같이 매우 무딘 도끼날모양을 가지고 있다. 그것은 애노드의 길이(약 500mm)를 따라 생성되어 있는 두개의 절연성 유전물질 흐름 공간사이에 위치된다. 상기 설명에 따라 날모양 전극은 F₂레이저 가스 환경에서의 동작시에 애노드의 방전 표면을 덮는 다공질의 플루오르화 납을 생성하는 C36000으로 구성될 수 있다. 대안으로, 상기한 바와 같이 다공질 알루미늄과 같은 다공질의 절연 코팅재가 레이저 챔버에 애노드가 삽입되기 전에 날모양 애노드의 방전 표면에 적용될 수도 있다. 또는 제 4 실시예에서 처럼, 절연입자가 날모양 애노드의 정상부 표면에 부착될 수도 있다.

<53> 전류 복귀 구조체

<54> 또다른 실시예에서, 레이저에 대한 전류 복귀 구조체가 도 11에 나타난 바와 같은 형태로 제작될 수 있다. 이 경우에 있어서, 전류 복귀 구조체(76)의 중심 부분은 구조체의 중앙을 따라 매우 높은 전기장을 발생시키기 위하여 종래의 애노드의 단면과 유사한 단면을 가진다. 이러한 매우 높은 전기장은 그 폭이 약 3.5mm이고 방전 영역을 약 3.5mm 폭으로 한정하고 방전 영역의 양측에서 매우 급격히 감소한다. 방전 영역을 덮는 다공질의 절연층(78)이 생성된다. 이러한 층은 상기된 임의의 기술을 사용하여 생성될 수 있다. 이러한 전류 복귀 구조체는 황동으로 제작될 수 있다. 방전 표면은 C36000일 수 있다. 본 바람직한 실시예에서 전류 복귀 구조체는 그 양측에 대략 40개의 고래뼈 모양의 구조(80)를 가진다. 전류 복귀 구조체의 정상부는 챔버의 정상부에 볼트로 고정되고 전극 부분은 딱딱한 전극 지지구조체에 볼트로 고정된다.

<55> 캐소드에 대한 다공질 코팅

<56> 애노드가 캐소드보다 약 4배 정도의 비율로 부식되기때문에 지금까지 본 가스 방전 레이저에 있어서 캐소드의 부식에 대하여는 문제로써 고려되지 않았다. 애노드의 부식 문제가 해결됨에 따라, 캐소드의 부식은 수명을 제한하는 문제가 될 수 있다. 따라서, 또다른 바람직한 실시예에서, 애노드와 함께 캐소드 방전 영역 또한 다공질 절연 물질로 덮일 수 있다. 캐소드는 주된 부분의 방전 펄스 시간동안 플루오르화 납이 네가티브로 충전된 플루오르 이온을 반발시키므로 플루오르화 납이 캐소드상에서 자연스럽게 생성되지는 않음을 이해해야 한다. 그러나, 코팅된 캐소드는 애노드처럼 동작하는 캐소드를 가진 F₂환경에서 생성될 수도 있다. 또한, 애노드용의 다공질 절연층을 제공하기 위한 상기 다른 기술이 캐소드에 방전 영역을 덮는 다공질의 절연층을 생성하도록 사용될 수 있다. 이들 층들은, 상기한 바와 같이 애노드 보호층이 애노드를 네가티브 플루오르 이온의 침투로 부

터 보호하는 바와 동일한 방식으로 캐소드를 포지션 이온의 침투로부터 보호하게 된다.

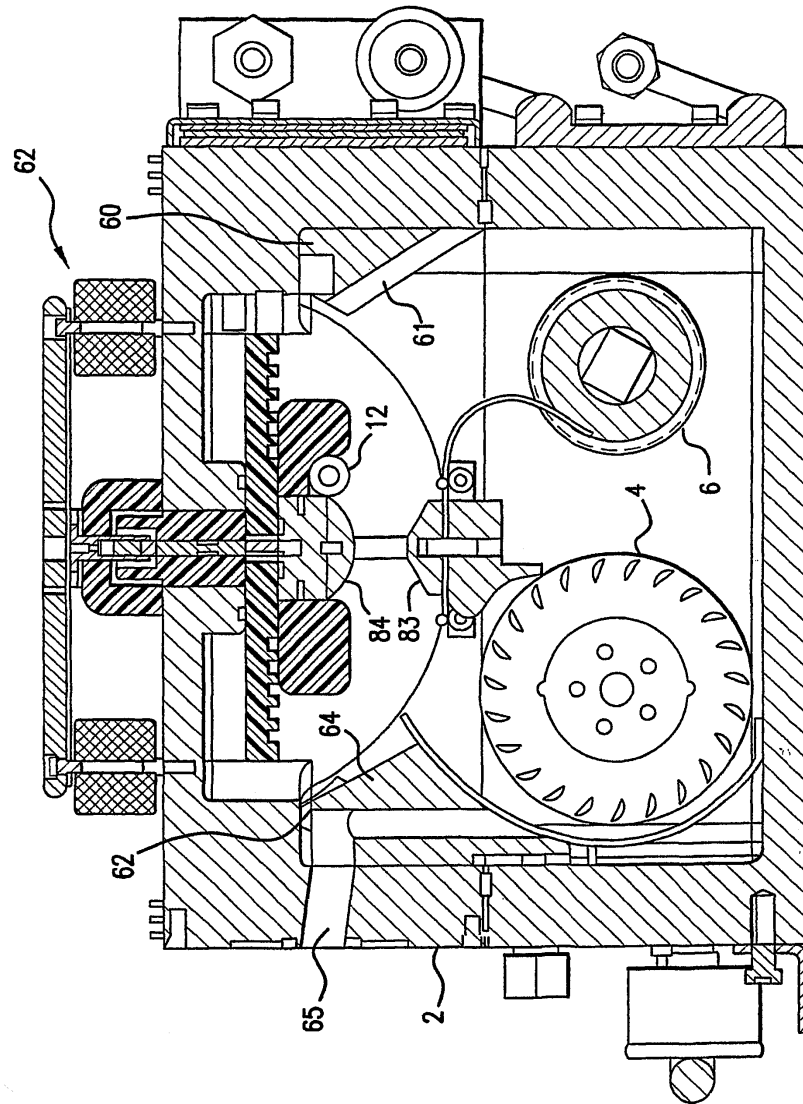
<57> 본 발명이 바람직한 실시예에 의하여 명확하게 기술되었으나, 수많은 변형과 수정이 본 발명의 정신에 어긋남이 없이 가능함을 이해해야 한다. 후속 펄스가 발생하기 전에 방전 찌꺼기를 전극간의 공간에서 제거하기 위하여 전극간의 공간에서 좋은 흐름 상태를 유지하는 것이 중요하다. 다공질 절연층의 폭은 바람직하게는 방전 표면의 폭에 대응해야 하고 바람직하게는 레이저빔의 폭과 대략 같거나 약간 커야한다. 절연층의 두께는 바람직하게는 약 20 마이크로미터 내지 300마이크로미터이고 가장 바람직하게는 약 50 내지 150마이크로미터의 범위이어야 한다. 그러나, 몇몇 출원인의 테스트 애노드의 두께는 약 1 mm까지의 범위에서 변동하였고 심각한 문제를 일으키지는 않았다. 절연층의 에지에서의 부식을 최소화하기 위하여 두개의 트렌치가 다공질 절연 코팅된 양 에지를 따라 제공될 수도 있다. 트렌치가 제공되지 않으면, 부식으로 인해 레이저의 동작시에 자연적으로 트렌치가 생성될 수도 있음을 이해해야 한다. 트렌치는 절연물질로 부분적으로 또는 전체적으로 채워질 수도 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 법적 균등물에 의하여 결정되어야 한다.

도면의 간단한 설명

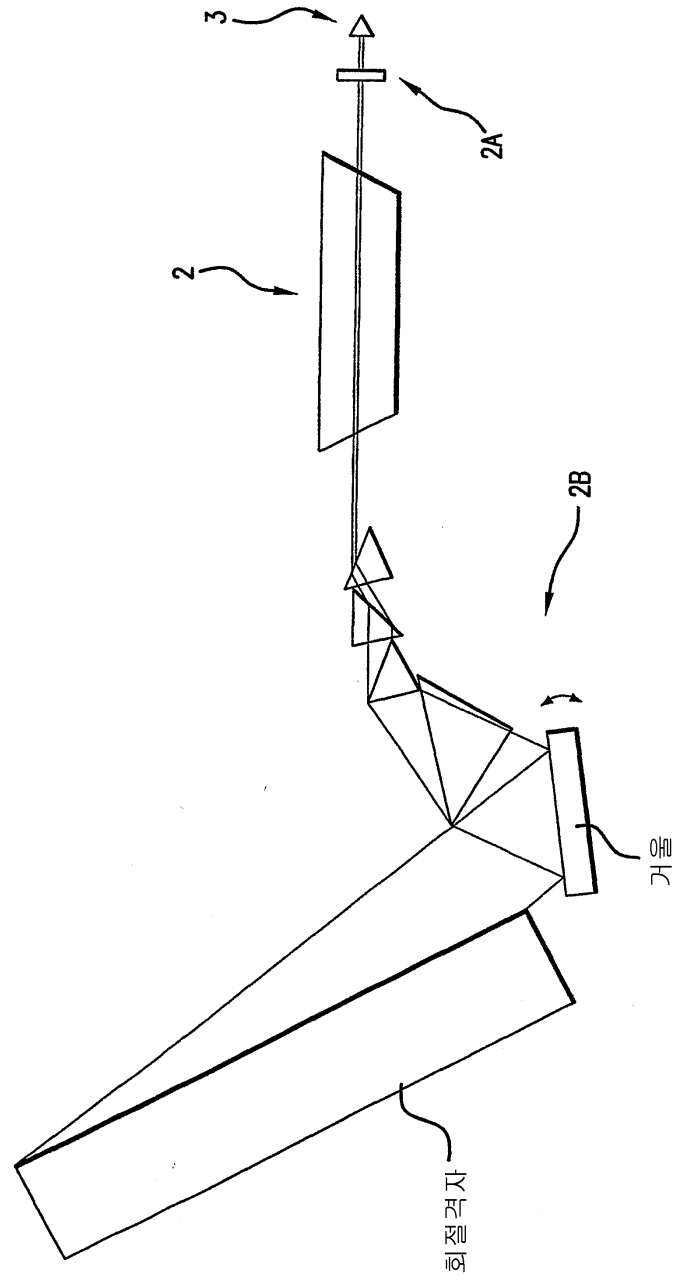
- <10> 도 1은 종래 기술의 가스 방전 레이저의 챔버의 단면을 나타내는 도면,
- <11> 도 2는 종래 레이저의 다른 특징을 나타내는 도면,
- <12> 도 3은 종래 기술의 가스 방전 레이저의 펄스 파워 시스템의 주된 특징을 나타내는 도면,
- <13> 도 4a 및 도 4b는 도 3의 펄스 파워 시스템의 전기 펄스 형태를 나타내는 도면,
- <14> 도 5는 종래 기술의 애노드의 단면도,
- <15> 도 6, 도 7, 도 9, 도 10a 및 도 12는 바람직한 애노드의 단면도,
- <16> 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 바람직한 실시예를 나타내는 도면,
- <17> 도 10b는 도 10a의 애노드의 정상도, 및
- <18> 도 11은 전류 복귀-애노드 유닛을 나타내는 도면.

도면

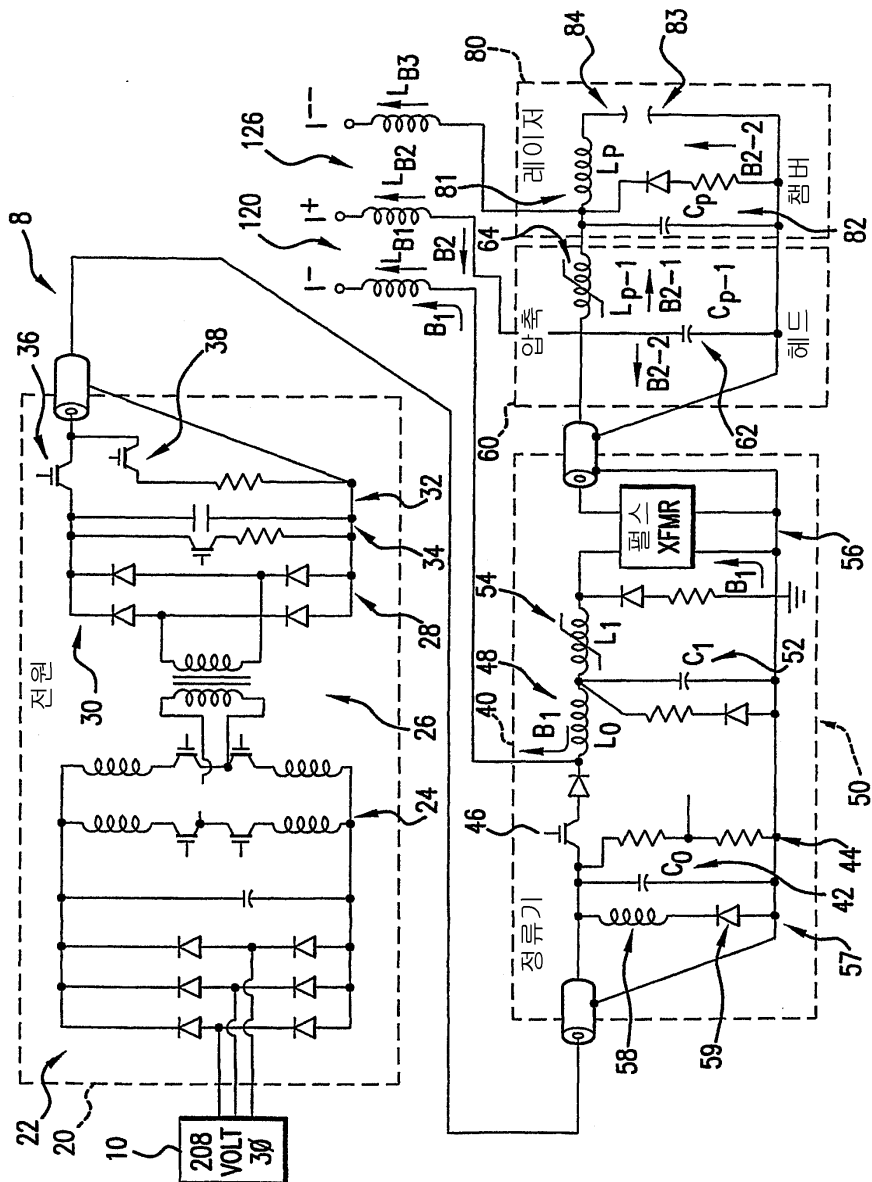
도면1



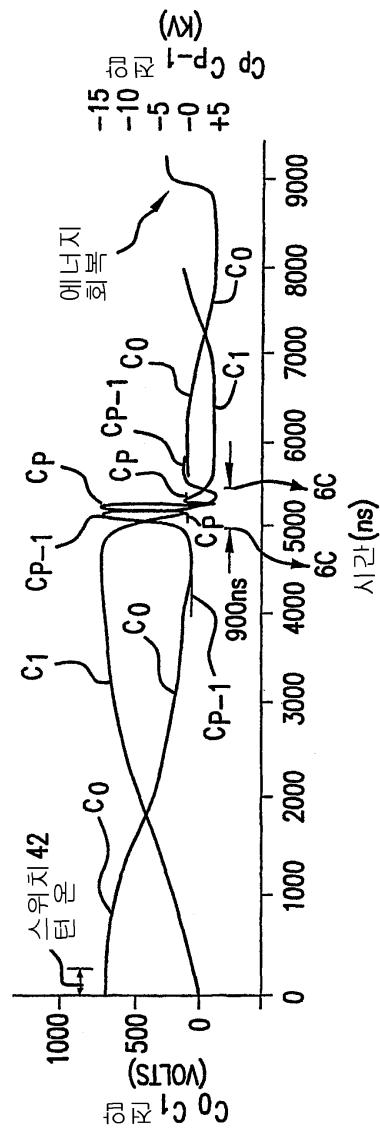
도면2



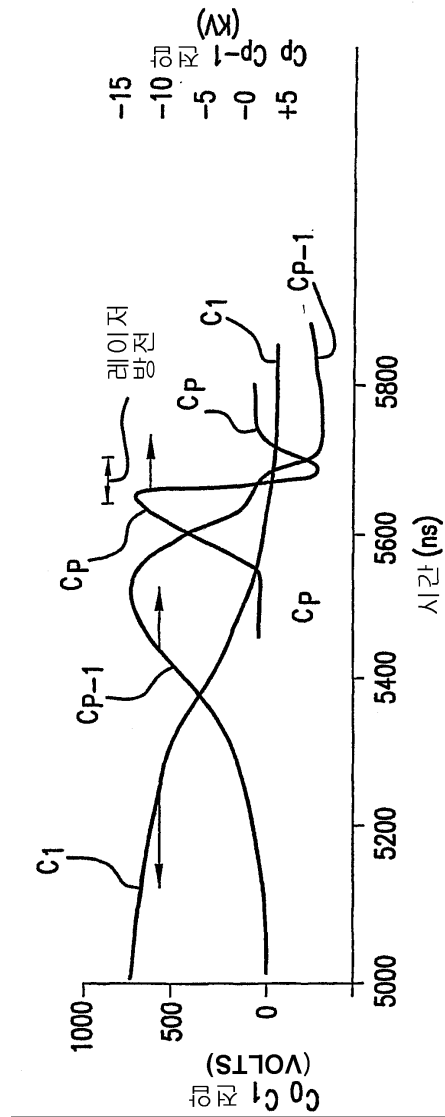
도면3



도면4a



도면4b

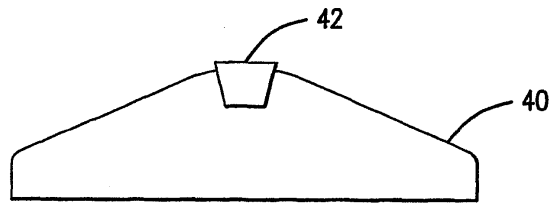


도면5

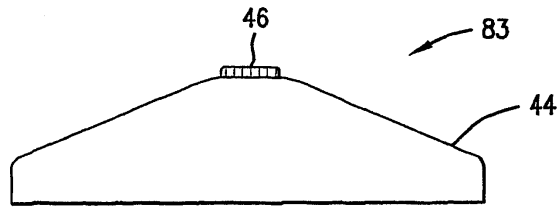


종래기술

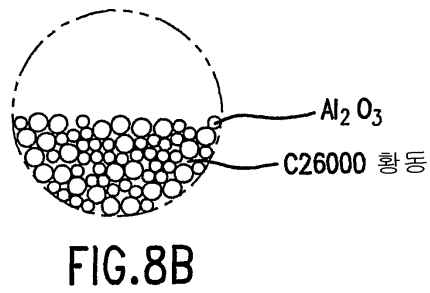
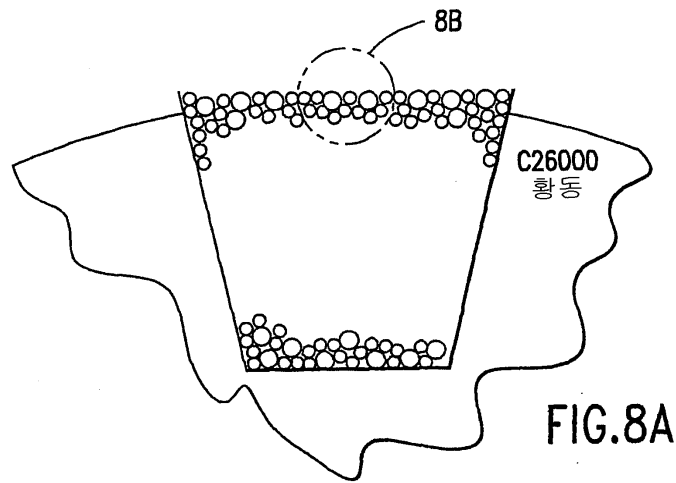
도면6



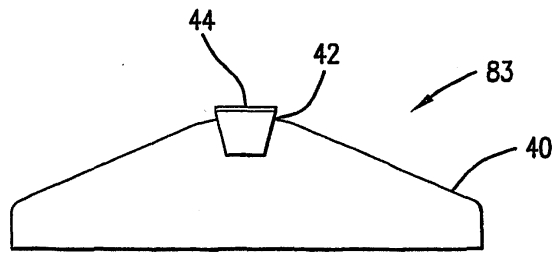
도면7



도면8



도면9



도면10

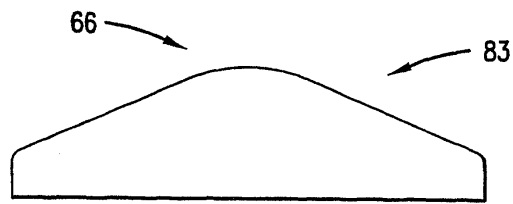


FIG.10A

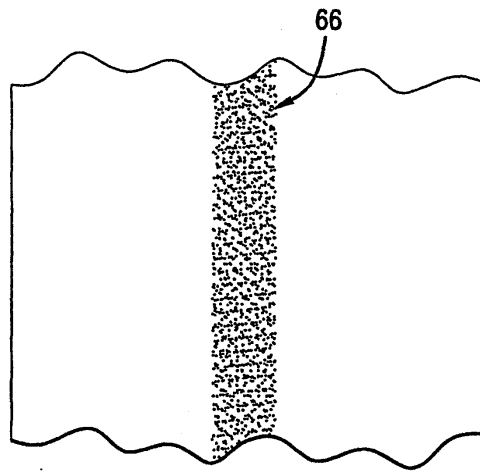
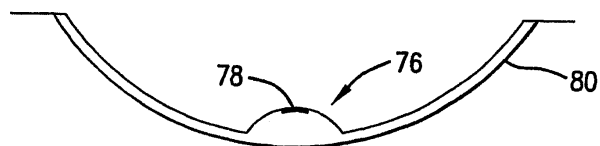


FIG.10B

도면11



도면12

