



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01S 3/03 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년02월12일 10-0681817 2007년02월06일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2001-7014296	(65) 공개번호	10-2001-0112484
(22) 출원일자	2001년11월09일	(43) 공개일자	2001년12월20일
심사청구일자	2005년03월18일		
번역문 제출일자	2001년11월09일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/011290	(87) 국제공개번호	WO 2000/70720
국제출원일자	2000년04월25일	국제공개일자	2000년11월23일

(81) 지정국

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

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

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

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

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

(30) 우선권주장	09/310,786	1999년05월12일	미국(US)
	09/400,026	1999년09월21일	미국(US)

(73) 특허권자

사이머 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 샌디에고 쏘민트 코트 17075 레갈 디파트먼트-엠/에스 4-2씨

(72) 발명자

호프만토마스  
미국캘리포니아92116샌디에고#205아리조나스트리트4794

호웨이제임즈케이.  
미국캘리포니아92083비스타체리우드스트리트1971

새넨로버트에이.

미국캘리포니아92021엘카존피어레웨이1210

우자즈도프스키리차드씨.

미국캘리포니아92128샌디에고그래니트크릭로드13420

왓슨툼에이.

미국캘리포니아92008칼스배드살리스배리드라이브4427

웹카일알.

미국캘리포니아92029에스콘디도실란트로글렌2491

(74) 대리인

박종혁

김정옥

정삼영

(56) 선행기술조사문헌

1002464890000

1019970060605

\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 이용배

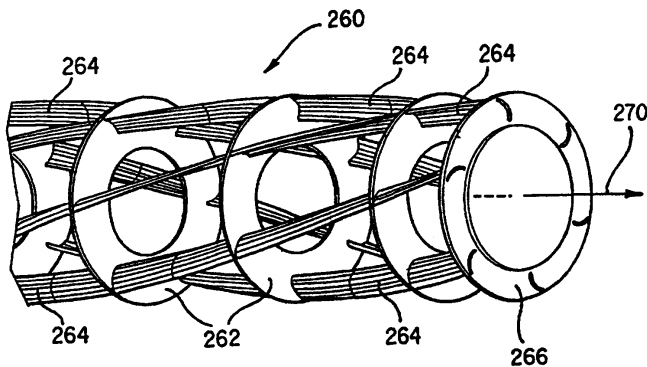
전체 청구항 수 : 총 14 항

## (54) 방전 레이저를 위한 컷오프를 구비한 접선 팬 어셈블리 및 진동제어

### (57) 요약

레이징 가스 혼합물을 재순환시키기 위한 접선 팬(200)-컷오프 어셈블리는 단부에서 단부로 단계식으로 원주상 위치에 있어 변동하는 블레이드 부재(264) 및/또는 테이퍼진 양극 어셈블리(120)를 가지고 있다. 블레이드 부재들(264)의 수는 양 단부 사이에서 일정하거나 또는 변동될 수 있다. 블레이드 부재들(264)의 원주상 위치는 양 단부 사이에서 단조적으로 또는 가역적으로 변화될 수 있다. 블레이드 부재(264)는 허브 부재(262)의 수 및 배치를 최적으로 선택함으로써 강화되어 팬의 고유 진동수를 제어한다. 접선 팬을 형성하는 방법은 주조 및 고형 블록으로부터의 기계가공을 포함한다. 모놀리식 구조부가 전형적으로 전자빔 용접에 의해 결합될 수 있다. 주조, 용접 및 기계가공 공정은 어떠한 부가적인 오염물도 도입시키지 않고 진행된다. 생산된 접선 팬은 기계적 강성, 정밀한 공차 및 낮은 오염물 농도를 가진다. 블레이드 부재(264)는 날개형 형상으로 형성될 수 있다.

### 대표도



### 특허청구의 범위

## 청구항 1.

접선 팬-컷오프 어셈블리를 포함하고 있는 방전 레이저 장치에 있어서, 상기 접선 팬-컷오프 어셈블리는:

레이징 가스 혼합물을 재순환시키도록 형성된 접선 팬을 포함하고 있고, 상기 접선 팬은:

제1 단부와 상기 제1 단부 반대편의 제2 단부를 가진 회전축선;

상기 회전축선과 동심인 원주;

블레이드 부재가 상기 제1 단부와 상기 제2 단부 사이에서 상기 회전축선에 평행하게 뻗어있도록 되어 있는, 상기 원주에 근접하여 배치된 복수의 블레이드 부재들; 및

상기 블레이드 부재들에 부착된 복수의 허브 부재들로서, 상기 허브 부재들이 상기 회전축선에 대해 횡단방향으로 배치되어 있고, 상기 허브 부재들의 갯수 및 축선 방향 위치는 상기 접선 팬의 굽힘 모드 진동의 고유진동수가 제어되도록 선정되는, 상기 복수의 허브 부재들;을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 허브 부재들은 상기 접선 팬의 굽힘 모드 진동의 고유진동수가 상기 접선 팬의 회전 진동수의 2배보다 더 크도록 선정되는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

## 청구항 3.

삭제

## 청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 접선 팬-컷오프 어셈블리는 컷오프 부재를 더 포함하고 있고, 상기 컷오프 부재는 제위치에서 고정되어 있고 상기 원주의 일부분에 근접한 테이퍼진 에지를 가지고 있으며 상기 테이퍼진 에지가 상기 회전축선에 대해 경사져 방향설정되도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

## 청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 테이퍼진 에지는 2개의 에지 세그먼트들을 포함하고 있고, 상기 2개의 에지 세그먼트들은 서로에 대해 경사져 방향설정되어 있는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

## 청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 블레이드 부재는 날개형 단면 형상을 가지고 있는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

## 청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 방전 레이저 장치는 횡단방향으로 여기되는 분자 레이저를 더 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

#### 청구항 8.

제 7 항에 있어서, 상기 분자 레이저는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저 및 플루오르(F2) 분자 레이저로 이루어진 군으로부터 선정되는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

#### 청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 블레이드 부재들과 허브 부재들은 단일 블록의 재료로부터 기계가공된 모놀리식 유닛인 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

#### 청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 재료는 알루미늄을 포함하는 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

#### 청구항 11.

제 9 항에 있어서, 상기 알루미늄은 6061 알루미늄 합금인 것을 특징으로 하는 방전 레이저 장치.

#### 청구항 12.

방전 레이저 장치내의 접선 팬의 굽힘 모드 진동의 고유진동수를 제어하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

블레이드 부재가 회전축선에 평행하게 뻗어있도록, 원주에 근접하여 배치된 복수의 블레이드 부재들을 제공하는 단계; 및

상기 블레이드 부재들에 부착된 복수의 허브 부재들로서, 상기 허브 부재들이 상기 회전축선에 대해 횡단방향으로 배치되어 있고, 상기 허브 부재들의 갯수 및 축선 방향 위치는 상기 접선 팬의 굽힘 모드 진동의 고유진동수가 제어되도록 선정되는, 상기 복수의 허브 부재들을 제공하는 단계;를 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 허브 부재들은 상기 접선 팬의 굽힘 모드 진동의 고유진동수가 상기 접선 팬의 회전 진동수의 2배보다 더 크도록 선정되는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 14.

제 12 항에 있어서, 상기 방전 레이저 장치가 횡단방향으로 여기되는 분자 레이저를 더 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 분자 레이저는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저 및 플루오르(F2) 분자 레이저로 이루어진 군으로부터 선정되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 16.

삭제

## 청구항 17.

삭제

## 청구항 18.

삭제

## 청구항 19.

삭제

## 청구항 20.

삭제

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 접선 팬에 관한 것이며, 구체적으로는 가스 레이저 챔버내에서 가스 유동을 생성시키기 위한 접선 팬, 더 구체적으로는 엑시머 레이저 및 다른 펄스 가스 방전 레이저내에서 가스 유동을 생성시키기 위한 접선 팬에 관한 것이다.

### 배경기술

횡단방향으로 여기된(transversely excited; TE) 펄스 가스 방전 레이저는 레이저 챔버 내부에서 레이징 가스(lasing gas: 레이저를 발생시키는 매체가 되는 가스)를 재순환시키기 위한 접선 팬을 일반적으로 포함하고 있다. 도 1a 및 1b는 종래의 TE 엑시머 레이저(1990년 9월 25일 발행된 것으로 그 전체가 여기에 참고되는 아킨스(Akins) 등에 의한 미국특허 제 4,959,840호 참조)에 있어서의 레이저 챔버(100)의 내부구조를 각각 도시하고 있는 끝부 단면도 및 측면도이다. 하나의 레이저 엔클로저(102)가 레이저 챔버 내부(105)와 외부(110) 사이에 단절을 제공한다. 전형적으로 엔클로저(102)는 한쌍의 반쪽 엔클로저 부재들(112,114)(도 1a 참조)에 의해 형성되고, 반쪽 엔클로저 부재들(112,114)은 함께 커플링되고 O-링 시일(116)을 사용하여 밀봉되어, 엔클로저(102)의 외주를 따라 뻗어있다. 레이저 챔버 내부(105)는 레이징 가스(108)를 가지고서 소정의 압력으로 채워져 있다. 펄스 가스 방전이 음극 어셈블리(118)와 양극 어셈블리(120) 사이에 인가된 고압 펄스에 의해 방전 영역(122)내에 생성된다. 펄스 가스 방전은 전형적으로 여기된 아르곤 플루오라이드, 크립톤 플루오라이드, 또는 플루오르 분자를 생성하는데, 이들은 레이저 펄스 출력 에너지를 발생시킨다. 펄스 출력 에너지는 광출력 윈도우 어셈블리(162)를 통해 방전 영역(122)으로부터 전파된다(도 1b 참조). 방전 영역(122)을 형성하는 음극 어셈블리(118)와 양극 어셈블리(120)는 레이저 챔버(100)의 길이를 따라 서로에 대해 평행하게 뻗어있다.

레이징 가스(108)의 재순환은 접선 팬(140)에 의해 제공되고, 이 접선 팬(140)은 축선(142)을 중심으로 회전하고 허브 부재들(146) 사이에서 레이저 챔버(100)의 길이를 따라 뻗어있는 복수의 평행한 직선형 블레이드 부재들(144)을 포함하고 있다. 현재의 접선 팬의 통상적인 회전율은 대략 분당 3800회(rpm) 정도이다. 도 1a에서 화살표로 도시된 바와 같이, 가스(108)의 유동은 접선 팬(140)을 통하여 상향으로 되고 베인 부재(152)에 의해 안내됨에 따라 방전 영역(122)을 횡단방향으로 가로질러 지난다. 방전 영역(122)을 통해 유동한 레이징 가스(108)는 펄스 가스 방전에 의해 해리되고 상당히 가열된다. 레이저 챔버(100)의 길이를 따라 뻗어있는 하나의 기체-액체 열교환기(158; 도 1b에는 도시되지 않음)가 가열된 가스를 냉각시키기 위해 가스 재순환 경로내에 위치된다. 다른 베인 부재, 예컨대 베인 부재(160)가 가스(108)의 유동을 열교환기(158)를 통해 그리고 그 외에서 가스 재순환 경로를 따라 안내한다. 재순환은 레이징 가스(108)를 냉각시키고 재결합시켜, 레이징 가스(108)를 교체없이 반복적으로 펄스화된 레이저 작동을 가능하게 해준다.

레이저 챔버(100) 및 여타 구성요소들 중 아래에 설명되는 것들을 포함하는 레이저 챔버와 결합되는 구성요소들에 관하여 다양한 현상(現狀)의 문제점이 존재한다.

이 접선 팬은 제작하기가 어려우며 고가이다. 블레이드 부재(144)와 허브 부재(146)는 각각 알루미늄 또는 알루미늄/청동 합금과 같은 또다른 적합한 합금으로부터 스탬핑되어 성형된 다음 대략 13 중량퍼센트의 실리콘을 통상적으로 함유하는 납땜 물질을 사용하여 서로 침지 납땜되어 접선 팬 어셈블리(140)를 형성한다. 이는 지루하고 노동집약적인 공정이다. 납땜된 팬 어셈블리가 낮은 기계적 강도를 가지고 있기 때문에, 후-기계가공은 손상 및 뒤틀림을 야기할 수 있으므로 행하기가 어려우며 비실용적이다. 그러므로 정밀한 얼라인먼트와 엄밀한 공차를 성취하기가 어렵다. 납땜된 접선 팬 어셈블리(140)는 통상적으로 무전해 니켈로 코팅된다.

레이징 가스(108)가 재순환되어 재사용되므로, 레이징 가스(108)의 펄스 에너지 성능, 안정성 및 작업수명을 최대화하기 위해 레이저 챔버 내부(105)에서 가스 환경의 청결함을 유지하고 오염을 방지하는 것이 중요하다.

회전 팬 어셈블리내에서의 바람직하지 못한 진동은 베어링 수명에 악영향을 미친다. 이러한 진동의 감소는 베어링 마모를 감소시키고 증가된 가스 유속을 위한 팬 회전속도를 증가시켜 준다. 특히, 불리한 진동은 팬, 베어링, 샤프트 및 자기 로터를 포함하고 있는 로터다이나믹 어셈블리의 현재의 낮은 고유진동수와 관련이 있다. 이 낮은 고유진동수는 약한 기계적 강성으로 인해 팬의 제1 및 일련의 굽힘 모드 진동수에 크게 기인한다.

특히 진동을 팬 베어링에 전달하여 베어링 마모와 조기 고장을 야기하는 것으로 공기역학적 버펫 효과가 발견되었다. 이러한 진동의 진동수의 측정은, 팬 블레이드 부재(144)가 양극 어셈블리(120)의 에지에 밀접하여 통과할 때마다 발생하는 가스 압력변동에 의해 야기된다는 것을 암시한다. 중요한 것은, 역류 누출을 최소화하고 가스 유동 효율을 최대화하기 위해, 팬 블레이드 부재(144)와 양극 어셈블리(120)의 근접한 에지 사이의 간극이 특히 좁다는 것이다. 양극 어셈블리를 새로이 형성함으로써 공기역학적 버펫을 감소시키려는 종전의 시도들은 대략 10 퍼센트 또는 그 이상 만큼의 가스 유속에 있어서의 원치않는 감소를 초래하였다.

많은 적용예는 실질적으로 일정한 레이저 펄스 출력 에너지를 필요로 한다. 하지만, 펄스 출력 에너지에 있어서의 강하고 바람직하지 못한 요동이 발견되었다. 이러한 요동은 높은 레이저 펄스 반복률에 있어서 특히 심각한 것으로 나타났다.

따라서, 완성된 팬 어셈블리가 진동에 대해 향상된 기계적 강성을 가지도록 접선 팬 어셈블리를 경제적으로 제작하는 것이 요망된다. 또한, 레이저 챔버로부터 잠재적인 오염물질을 최소화하거나 제거하는 것이 요망된다. 또한, 공기역학적 버펫으로부터 발생하는 진동을 최소화하거나 제거하는 것과, TE 펄스 가스 레이저에서, 특히 높은 레이저 펄스 반복률에서 펄스 출력 에너지 요동을 최소화하거나 제거하는 것이 요망된다.

## 발명의 상세한 설명

가스 레이저 장치는 레이징 가스 혼합물을 재순환시키도록 형성된 접선 팬-컷오프 어셈블리를 포함하고 있다. 전체적으로, 본 발명에 따라 팬의 블레이드 부재는 제1 단부 플랜지와 제2 단부 플랜지 사이의 원주상 위치에 있어 변동한다. 몇몇의 실시예에 있어서, 원주상 위치에 있어서의 이 변동은, 접선 팬이 길이방향으로 여러 섹션들로 분할된 상태로, 단계식 오프셋 형태로 성취된다. 몇몇의 실시예에 있어서, 동등한 효과가 양극 또는 컷오프 어셈블리의 에지를 테이퍼가공함으로써 성취된다.

몇몇의 형태에 있어서는, 원주상으로 인접한 블레이드 부재들이 서로에 대해 원주상으로 등간격지워져 있다. 몇몇의 형태는 원주 둘레에 홀수개의 블레이드 부재를 가지고 있다. 몇몇의 형태에 있어서는 블레이드 부재의 원주상 수가 단부 플랜지들 사이에서 길이방향으로 일정한 반면, 다른 형태에 있어서는 블레이드 부재의 원주상 수는 단부 플랜지들 사이에서 가변적이다. 몇몇의 형태에 있어서는, 블레이드 부재들의 원주상 위치가 2개의 단부 플랜지들 사이에서 단조적으로 변한다. 다른 형태에 있어서는, 블레이드 부재들의 원주상 위치의 변화는 2개의 단부 플랜지들 사이에서 한번 또는 그 이상 원주상으로 방향을 역전시킨다.

접선 팬은 횡단방향 여기된 엑시머 레이저, 보다 구체적으로는 크립톤 플루오라이드 또는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저로 이루어진 또는 플루오르( $F_2$ ) 분자 가스 레이저로 이루어진 챔버내에서 작동할 수 있다.

블레이드 부재들은 단부 플랜지들의 외주 사이에서 그것에 인접하여 길이방향으로 뻗어있다. 대표적으로, 블레이드 부재들은 단부 플랜지들에 평행하고 그것들 사이에서 이격된 하나 또는 그 이상의 횡단방향의 환형 허브 부재들에 의해 강화된다. 특히, 본 발명의 실시예에 따른 접선 팬은 환형 허브 부재들의 개수와 배치를 최적화함으로써 강화되어, 팬의 굽힘 진동모드의 고유진동수를 제어한다. 이는 팬의 어떠한 성능특성도 변화시키지 않고 팬 진동을 감소시킨다.



본 발명에 따른 접선 팬은 개별적으로 스탬핑되어 성형된 블레이드 부재들과 허브 부재들을 서로 납땜하는 종래의 방법을 사용하여 만들어질 수 있다. 본 발명은 주조함으로써 또는 고형 블록의 재료로부터 기계가공함으로써 모놀리식 팬 구조부를 성형하는 것을 포함하는 접선 팬을 성형하는 개량된 방법들을 제공한다. 성형된 접선 팬은 종래방식으로 제작된 접선 팬보다 보다 우수한 기계적 강성, 보다 정밀한 공차 및 보다 낮은 오염물 농도를 가진다. 본 발명에 의해 제공된 이 방법들은 또한 종래의 기하학적 형상을 가진 접선 팬에도 적용가능하다.

몇몇의 실시예에 따라 형성된 모놀리식 구조부들은 일체식 허브 부재들 및 블레이드 부재들 포함하고 있다. 몇몇의 실시예에 있어서, 2개 또는 그 이상의 그와같은 모놀리식 구조부는 통상 전자빔 용접에 의해 서로 결합된다. 주조, 용접 및 기계가공 공정에서 레이저 챔버내에 설치될 때 오염을 야기할 수 있는 어떠한 추가적인 재료도 도입되지 않는다. 본 발명에 의해 제공되는 방법들은 블레이드 부재들의 날개형 형상으로서의 성형을 용이하게 해준다. 몇몇의 실시예에 있어서, 허브 부재들의 내경은 복수의 블레이드 부재들에 의해 형성된 내경과 동일 높이가 되도록 기계가공된다.

주조는 다이캐스팅 또는 인베스트먼트 캐스팅에 의해 실행될 수 있다. 몇몇의 실시예에서는, 3.5 - 6.5 퍼센트 구리 및 0 - 2.5 퍼센트 니켈 또는 0 - 1.5 퍼센트 은으로 이루어진 첨가금속을 함유하는 알루미늄 주조합금이 사용된다. 기계가공된 모놀리식 구조부에 대해서는 6061 알루미늄 합금이 대표적으로 사용된다. 마무리 공정은 후-기계가공, 전해연마 및 무전해 니켈 코팅을 대표적으로 포함한다.

본 발명은 첨부된 도면과 아래의 실시예의 설명으로부터 보다 잘 이해될 것이다.

본 발명은 첨부된 도면을 참조함으로써 보다 잘 이해될 것이며, 여러가지 목적, 특성 및 장점들이 당업자에게 분명해질 것이다. 간단하고 용이한 이해를 위해, 상이한 도면들에서 동일한 부재인 경우 그 기재에 있어 공통의 부재번호가 채용되었다.

## 실시예

다음은 본 발명의 실시예들의 상세한 설명이다. 본 발명의 이들 실시예가 상술한 도면을 참조하여 설명될 때, 설명되는 방법 및/또는 특정 구조의 다양한 수정 및 변경이 이루어질 수 있다는 것이 명백해질 것이다. 본 발명이 예시된 실시예로 결코 제한되는 것이 아니라는 것을 알 수 있으므로 이들 설명 및 도면은 제한의 개념으로 고려되어서는 안된다.

도 1a 및 1b를 참조하면, 레이저 펄스 출력 에너지에 있어서의 바람직하지 못한 요동이 접선 팬(140)의 회전하는 블레이드 부재(144)에서 반사된 충격 에너지로부터 발생한다는 것이 발견된다. 1997년 3월 31일자 티. 호프만(T. Hofmann) 등에 의한 "높은 반복률에서의 에너지 요동의 발원(Origin of Energy Fluctuations at High Repetition Rate)"이라는 사이머 인코퍼레이티드(CYMER INC.)사의 테크니컬 메모는 그 안에 다음 사항을 개시하고 있다. "블로워는 방전 영역내로 재진입할 수 있는 방전으로부터의 경로 충격파와 상호작용한다. 이는 팬 블레이드로부터의 직접 반사에 의해 또는 팬을 통해 이동하는 충격파에 대한 각도 의존 전달을 생성시킴으로써 이루어질 수 있다. 블로워 속도와 관련한 변조는 비행 시간이 임의의 충격파 경로와 일치하는 PRF에 대해서만 발생한다. 어떠한 경우에도, 2.5 kHz 미만의 PRF와 주어진 챔버 기하형상에 대해 충격파가 방전에 재진입하기 전에 다중 반사를 경험한다는 것은 명백하다." 상기의 인용부호내에서 사용된 바와 같이, "PRF"는 "펄스 반복 진동수(Pulse Repetition Frequency)"의 표준 약어이다.

방전 영역(122)내에서의 펄스 가스 방전은 레이징 가스(108)내에 충격음을 발생시키는데, 상기 충격음파는 방전 영역(122)으로부터 레이징 가스(108)를 통해 전파되고, 레이저 챔버(100) 내부의 예컨대 열교환기(158) 및 엔클로저(102)의 내벽과 같은 고체 표면으로부터 반사된다. 반사된 충격 에너지의 일부는 레이징 가스(108)의 전기적 및 광학적 특성과 상호작용하는 방전 영역(122)내로 재진입한다. 이 반사된 충격 에너지 상호작용은 레이저의 펄스 출력 에너지를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

예컨대 챔버 벽과 같은 몇몇의 반사 표면들은 고정되어 있는 반면 접선 팬(140)의 표면들은 규칙적인 회전 주기로 회전한다. 고정 표면들로부터 반사된 충격 에너지로 인한 레이저 펄스 출력 에너지에 있어서의 변화는 비교적 일정하고 허용가능한 반면 회전하는 팬 표면들로부터 반사된 충격 에너지로 인한 펄스 출력 에너지 변화는 요동을 나타낸다.

이 문제를 극복하기 위한 지금까지의 시도들은 제한적인 성공을 거두어 왔다. 레이저 챔버(100)내의 배인 부재(152,160)를 재설계하는 것은 펄스 출력 에너지 요동을 단지 부분적으로만 감소시킨다. 음향 감쇠 재료를 레이저 챔버(100)내의 표면들에 적용하는 것은 다공성을 도입하게 되어, 오염원을 제공하고 또한 레이저 챔버(100)의 공정 중에 부동태화 시간을 연장시킨다.

직선형 평행 블레이드 부재들(144)을 사용하는 종래의 접선 팬(140)의 구조부는 원통상 대칭성을 가진다. 이 전통적인 원통상 대칭성은 접선 팬(140)의 전장에 걸쳐 동위상적으로 강화된 충격 에너지의 주기적 반사를 촉진시킨다. 본 발명은 전통적인 원통상 대칭성을 깨뜨려 충격 에너지의 동위상적으로 강화된 주기적 반사를 최소화하여 보다 균일한 레이저 펄스 출력 에너지를 가능하게 해주는 접선 팬 구조부를 제공한다.

도 2a는 본 발명에 따르는 원통상 대칭성이 없는 접선 팬(200)의 일부분의 등축도이다. 접선 팬(200)은 각각이 허브 부재(212)의 원주(220) 둘레로 균등하게 이격된 블레이드 부재들(214)을 포함하고 있는 복수의 섹션들(210)로 길이방향으로 분할되어 있다. 모든 섹션들(210)의 블레이드 부재들(214)은 원주(220)와 동심인 접선 팬(200)의 길이방향 회전축선(222)과 길이방향으로 평행하게 정렬되어 있다. 하지만, 섹션(210)의 블레이드 부재들(214)은 인접한 섹션들(210)의 블레이드 부재들(214)에 대해 일정의 원주각( $\theta$ ) 만큼 오프셋되어 있다. 이 형태는 전통적인 원통상 대칭성을 깨뜨려 레이저 펄스 출력 에너지 요동을 야기하는 충격 에너지의 동위상 반사를 최소화시킨다.

예를 들어, 도 2a에 도시된 바와 같은 접선 팬(200)은 18개의 길이방향 섹션들(210)로 나누어진다(명료함을 위해 부분적으로만 도시되었음). 각각의 섹션(210)은 원주(220) 둘레로 등간격된 23개의 블레이드 부재들을 포함하고 있다. 수많은 상이한 원주상 오프셋 배치가 사용될 수 있다. 하나의 그와같은 배치에 따라, 인접한 섹션들(210) 사이의 원주상 오프셋 각( $\theta$ )은 360도의 완전 원주상 회전의 1/18과 같고, 블레이드 패턴의 360도 원주상 회전은 18개의 섹션들(18) 사이에서 균등하게 나누어진다. 또다른 그와같은 배치에 따라, 완전 원주상 회전의 1/23의 1/18배의 원주상 오프셋 각( $\theta$ )이 인접한 섹션들(210) 사이에 적용되어, 하나의 블레이드 위치의 누적 원주상 오프셋을 18개의 섹션들(210) 중에 균등하게 분배한다. 다른 그와같은 배치에 따라, 인접한 섹션들(210)의 블레이드 위치들 사이의 원주상 오프셋 각( $\theta$ )은 완전 원주상 회전의 1/18 또는 1/23의 1/18배의 정수배가 될 수 있다.

몇몇의 형태에 있어서, 인접한 섹션들(210) 사이의 원주상 각( $\theta$ )은 접선 팬(200)의 단부에서 단부까지 일정한 원주상 방향으로 변한다. 다른 형태에 있어서, 인접한 섹션들(210) 사이의 원주상 오프셋 각( $\theta$ )은 접선 팬(200)의 단부에서 단부까지 진행함에 따라 하나 또는 그 이상의 위치에서의 방향을 역전시킨다. 도 2b는 18개의 섹션들(210)을 가진 접선 팬(200)의 섹션(210)에 관한 원주상 오프셋 각( $\theta$ )의 상관관계의 상이한 예 241-252를 도시한 그래프이다. 접선 팬(200)의 섹션들(210)은 수평방향을 따라 연속적으로 배열되어 있다. 원주상 오프셋 각( $\theta$ )은 수평 선분들의 수직 위치에 의해 나타내어지고 있다. 예 241은 섹션들 사이에 블레이드 패턴의 아무런 오프셋도 가지고 있지 않는 종래의 접선 팬을 나타내고 있다. 예 247은 일정한 원주상 변화 방향을 나타내고 있다. 다른 예들, 즉 242-246과 248-252는 다양한 원주상 변화 형태들을 나타내고 있다.

중요한 것은, 원주상 오프셋 각( $\theta$ )이 하나의 섹션(210)내의 인접한 블레이드 부재들(214) 사이의 원주상 이격거리의 정수배가 되지 않아야만 한다는 것이다. 그와같은 원주상 오프셋 각( $\theta$ )은 본래의 블레이드 패턴 방향설정의 재판을 초래하게 되어, 전통적인 원주상 대칭성을 깨뜨리지 못하게 된다. 비록 앞서의 예들이 섹션(210) 당 동일한 수의 블레이드 부재(214)를 설명하고 있지만, 하나의 섹션내의 블레이드 부재들의 수는 섹션마다 변경될 수 있다.

도 2a를 참조하면, 접선 팬(200)은 접선 팬(200)의 전장을 따라 상이한 길이방향 위치들에서 블레이드 부재들(214)의 원주상 방향설정을 원주상으로 오프셋시킴으로써 전통적인 원통상 대칭성을 깨뜨린다. 접선 팬(200)이 레이저 챔버(100)(도 1a-1b 참조)내에 설치되었을 때, 그와같은 원주상 오프셋은 각각의 상이한 블레이드 부재 방향설정에 대해 충격 에너지의 상이한 반사각을 제공한다. 도 2a와 관련하여 설명된 접선 팬 형태는 상이한 원주상 방향설정의 분포를 가진 평행하지만 오프셋된 복수의 블레이드 부재들(214)을 구비한 채로 각각의 전통적으로 직선형인 연속된 블레이드 부재(144)를 대체한다. 상술한 예들에 있어서, 접선 팬(200)의 임의의 한 개별적인 블레이드 부재(214)에 의한 특정 각도에서의 충격 에너지의 반사는 종래의 접선 팬(140)의 보다 긴 개별적인 블레이드 부재(144)에 의한 동일한 각도에서의 충격 에너지의 반사보다 대략 18배 적다. 결과적으로, 접선 팬(200)이 회전할 때 반사되는 충격 에너지의 완전한 순간적인 분포분은 방전 영역(122)으로 재진입하게 되고, 레이저 펄스 출력 에너지 요동을 크게 감소시킨다.

또한, 블레이드 부재들의 원주상 오프셋은 도 1a-1b와 관련하여 설명된 공기역학적 버펫 효과를 감소시킨다. 종래의 접선 팬(140)의 각각의 직선형 연속 블레이드 부재가 접선 팬(200)의 원주상으로 오프셋된 분포부들의 보다 짧은 블레이드 부재들(214)에 의해 대체되기 때문에, 단지 하나의 매우 작은 블레이드 부재(214)만이 주어진 시간에 양극 어셈블리(120)의 에지에 밀접하여 통과한다. 따라서, 때면 그와같은 매우 작은 블레이드 부재(214)가 양극 어셈블리(120)의 에지를 통과할 때마다, 그에 상응하는 보다 작은 가스압 요동이 생성된다. 이는 결과적으로 접선 팬 베어링들에 전달되는 버펫 진동 진폭을 감소시킨다.



예들 들어, 만약 각각의 블레이드 부재(214)가 접선 팬(200)의 길이의 단지 1/18 만큼 연장되어 있다면, 그것은 종래의 접선 팬(140)의 전장 블레이드 부재(144)의 가스압 요동의 대략 1/18 만큼만을 생성시킨다. 이 감소된 가스압 요동은 결과적으로 접선 팬 베어링에 종래의 접선 팬(140)을 통해 전달되던 진동 진폭의 대략 1/18 만큼만을 전달한다.

도 2c는 비스듬하게 되거나 비틀어진 헬리컬 블레이드 팬 구조부(260)의 개략도이다. 비스듬하게 되거나 비틀어진 블레이드 기하형상을 가진 접선 팬은 예컨대 미국 뉴욕 11021 그레이트 넥(Great Neck), 525 노던 비엘브이디(Northern Blvd.)에 주소를 둔 하이-테크 블로워즈 인코퍼레이티드(Hi-Tech Blowers Inc.)에 의해 상업적으로 입수가 가능하다. 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는, 각각의 블레이드 부재(264)가 무수한 극도로 짧은 섹션들로 나누어진 상태로, 단계적 원주상 상대 오프셋보다는 축선(270)을 중심으로 한 연속적인 나선형의 상대적인 오프셋을 가진 채 효과적으로 접선 팬(200)을 연속적으로 한정하고 있다. 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 시계방향이나 반시계방향의 나선형 비틀어짐을 가진 도 2c에 도시된 바와 같은 전장 블레이드 부재들(264)을 포함할 수 있다. 선택적으로, 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 변경적으로 역전된 인접한 시계방향 나선형 비틀림부 및 반시계방향 나선형 비틀림부를 가진 블레이드 부재들(264)의 복수의 길이방향 섹션들을 포함하여 길이방향의 공기역학적 효과를 제거할 수 있다. 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 대표적으로 블레이드 부재들(264)을 지지하고 강화시키는 허브 부재들(262)을 포함하고 있다. 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 또한 회전하는 단부 샤프트들에 부착시키기 위한 단부 플랜지(266)를 포함하고 있다(도 4a-4e와 관련하여 아래에 설명됨).

접선 팬(200)에 비해, 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 레이저 펄스 출력 에너지 요동과 공기역학적 버퍼에 의한 진동을 접선 팬(200) 이상으로 감소시킨다. 하지만, 비틀어진 블레이드 팬 구조부(260)는 접선 팬(200)보다 제작에 있어 보다 더 어려울 것이라 생각된다.

펄스 출력 요동과 공기역학적 버퍼를 감소시키기 위한 또다른 형태는 레이저 챔버(100) 내의 경사진 접선 팬 축선(도시되지 않음)이다. 접선 팬 회전축선(142)(도 1a-1b 참조)은 방전 영역(122) 및 양극 어셈블리(120)의 길이방향 축선에 대해 경사져 있다. 베인 부재들(152,160)과 양극 어셈블리(120)는 적절히 형태가 변경된다. 성능상의 이점들이 그와같은 경사진 축선 팬 형태로부터 기대된다. 하지만, 경사진 축선 팬을 레이저 챔버(100)내에 수용하고 필요한 구조적인 수정을 하는 것은 비실용적으로 복잡하고 고가인 것으로 판단된다. 선택적으로, 가변적인 또는 테이퍼진 원주를 가진 접선 팬이 채용될 수 있다. 하지만, 그와같은 접선 팬은 레이저 챔버에 구조적인 수정을 필요로 할 것이다.

마찬가지로, 양극 어셈블리 및/또는 베인 부재의 형태를 변경하는 것만으로 펄스 출력 요동과 공기역학적 버퍼에 있어서의 성공적인 감소를 성취할 수 있다. 도 2d 및 2e는 각각 고정된 테이퍼진 양극 지지 바아 또는 컷오프(282)를 가진 접선 팬 및 양극 어셈블리(280)의 개략 단부도 및 정면도이다. 컷오프(282)의 경사 에지들(284)은 회전축선(142)을 중심으로 회전하는 접선 팬(140)의 블레이드 부재들(144)의 외주에 밀접하여 위치되어 있다. 테이퍼진 에지들(284)은 회전 축선(142)에 대해 경사지게 방향설정되어 있다.

접선 팬(140)이 화살표(286)로 표시된 방향으로 회전함에 따라, 블레이드 부재(144)는 컷오프(282)의 경사 에지(284)에 밀접하여 점차적으로 통과한다. 도 2d-2e에 도시된 바와 같이, 접선 팬(140)의 단부들(288a,288b)에 근접한 블레이드 부재(144)의 부분들이 먼저 경사 에지들(284)과 밀접하여 회전해 들어간다. 결국 단부들(288a,288b) 사이의 블레이드 부재(144) 중간 부분들이 경사 에지들(284)과 밀접하여 회전되어 들어간다. 이 형태는 도 1a-1b에 도시된 종래의 접선 팬-컷오프 어셈블리의 원통상 대칭성을 효과적으로 깨뜨린다. 예를 들어, 종래의 접선 팬 구조부(140)의 직선형 길이방향 블레이드 부재(144)와 조합된 테이퍼진 컷오프(282)는 각각 엇갈리게 배열된 또는 비틀어진 블레이드 부재들을 가진 접선 팬 구조부(200;260)와 조합된 종래의 직선형 컷오프 또는 양극 어셈블리(120)와 동등한 공기역학적 버퍼의 감소를 제공하는다.

선택적으로, 테이퍼진 컷오프는 단부들(288a,288b) 사이의 블레이드 부재(144) 중간 부분들이 먼저 회전해 들어가고 단부들(288a,288b)에 근접한 블레이드 부재(144)의 부분들이 컷오프의 경사 에지들과 밀접하여 마지막으로 회전해 들어가는 방식으로 형성될 수 있다. 또다른 변경된 형태에 있어서는, 테이퍼진 컷오프는, 하나의 단부(예컨대 288a)와 근접한 블레이드 부재(144)의 부분들이 먼저 회전해 들어가고 반대편 단부(예컨대 288b)에 근접한 블레이드 부재(144)의 부분들이 마지막으로 컷오프의 경사 에지와 밀접하여 회전해 들어가도록, 단일 방향으로 방향설정된 하나의 에지를 가질 수 있다.

도 2d 및 2e에 도시된 바와 같은 블레이드 부재들(144)은 회전축선(142)에 대해 평행하게 정렬되어 있다. 하지만, 블레이드 부재들(144)은 회전축선(142)에 대해 정확하게 평행하도록 정렬될 필요는 없고, 실질적으로 평행하게 되도록 회전축선(142)에 대해 경미하게 경사지게 방향설정될 수도 있다.

상술한 접선 팬 구조부들(200,260)은 도 1a-1b와 관련하여 앞서 설명된 바와 같은 종래의 접선 팬(140)과 유사한 개별적으로 스탬핑되어 성형된 블레이드 부재들 및 허브 부재들의 납땜된 어셈블리들로서 제작될 수 있다.

선택적으로, 접선 팬 구조부(200,260)는 모놀리식 주조물로서 제작된 다음 단부 플랜지(266)(도 2c 참조) 내경 및 외경이 후-기계가공되고, 다음으로 무전해 니켈 코팅될 수 있다. 알루미늄 또는 알루미늄-청동 주조 합금을 사용하여, 종래의 다이캐스팅 또는 인베스트먼트 캐스팅 공정이 채용될 수 있다(예컨대 미국 텍사스 75206-1602 달라스 8350 노쓰 센트랄 익스프레스웨이 #엠1110(N. Central Expressway #M1110) 소재의 인베스트먼트 캐스팅 인스티튜트(Investment Casting Institute)의 1987년 "금속 품질 표준(Metal Quality Standards)" 참조). 적합한 알루미늄 합금으로서는 3.5-6.5 퍼센트 구리, 0-2.5 퍼센트 니켈 또는 0-1.5 퍼센트 은 및 미소 농도의 마그네슘, 티타늄, 철, 망간 및 다양한 미량 금속을 함유하는 저-실리콘 합금을 포함한다.

접선 팬 어셈블리는 또한 섹션별로 주조된 다음 길이방향으로 함께 결합될 수도 있다. 도 3a는 본 발명의 한 실시예에 따른 접선 팬 어셈블리의 하나의 주조 섹션의 등축도이다. 주조 섹션(310)은 일체식으로 주조된 허브 부재(312)와 블레이드 부재(314)를 포함한다. 도면부호(318)에 의해 지정된 화살표는 블레이드 부재들(314)의 곡면에 대한 축선(322)을 중심으로 한 팬 회전의 방향을 나타낸다. 종래의 다이캐스팅 또는 인베스트먼트 캐스팅은, 도 4a-4e와 관련하여 아래에 설명되는 요구되는 정밀한 치수 공차 및 일라인먼트 공차를 충족시키기 위해, 도 2a 및 2c와 관련하여 상술한 바와 같이 알루미늄 또는 알루미늄-청동 주조 합금을 사용하여 실시된다.

도 3b는 공통 축선(332)을 따라 길이방향으로 함께 결합된 복수의 섹션들(310)을 포함하고 있는 접선 팬 구조부(340)의 일부분을 도시한 등축도이다. 대표적으로, 전자빔(Electron Beam: EB) 용접이 섹션들(310)을 결합시키기 위해 채용된다. 주조 섹션들(310)은 내경, 외경 및 그것들이 결합될 인접한 섹션들(310)과 짝을 이루는 허브 부재들의 단부 표면에서 정밀하게 후-기계가공된다. 그런다음 단부 플랜지(266)(도 2c 참조)와 같은 2개의 단부 플랜지들이 부가된 섹션들(310)은 기계적으로 직선형이고 균형잡힌 용접된 접선 팬 어셈블리를 제공하도록 맨드릴 또는 다른 적당한 고정구에 고정되어 모든 짝을 이루는 섹션들(310)과 단부 플랜지들 사이의 전체 외경(316) 둘레에서 EB 용접이 행해진다. 용접된 최종 어셈블리는 도 4a-4e와 관련하여 아래에 설명되는 바와 같이 요구되는 최종 치수 및 공차를 성취하기 위해 후-기계가공된 다음, 내부 식성을 위해 무전해 니켈 코팅된다. 간략함을 위해, 접선 팬 구조부(340)의 블레이드 부재들(314)은 길이방향으로 직선형으로 그리고 섹션들(310) 사이에서 평행하게 정렬된 것으로서 도시되어 있다. 몇몇의 실시예들에 있어서, 접선 팬 구조부(340)의 블레이드 부재들(314)은 도 2c에 도시된 바와 같이 비틀어지고 그리고/또는 도 2a에 도시된 바와 같이 섹션에서 섹션까지 원주상으로 오프셋된다. 그와같은 오프셋은 용접하기 이전에 회전축선(332)을 중심으로 서로에 대해 섹션들(310)을 회전시킴으로써 성취될 수 있다.

접선 팬 어셈블리를 제작하는 또다른 방법으로는 단일 블록의 재료로부터 모놀리식 유닛으로서 전체 팬 어셈블리를 기계가공하는 것을 포함한다. 도 4a 및 4b는 각각 본 발명의 하나의 실시예에 따라 단일 블록의 6061 알루미늄 합금으로부터 기계가공된 모놀리식 접선 팬 구조부(400)의 길이방향 도면 및 단부도이다. 기계가공된 접선 팬 구조부(400)는 회전축선(440)을 중심으로 동심으로 배치된 연속적인 일체형 환형 단부 플랜지들(416a,416b) 사이에서 섹션들(410)로 나눈어진다. 일체형 블레이드 부재들(414)은 연속적인 허브 부재들(412) 사이 및/또는 허브 부재와 단부 플랜지들(416a,416b) 사이에서 각각의 섹션(410)을 길이방향으로 가로질러 뻗어있다. 간략함을 위해, 기계가공된 접선 팬 구조부(400)의 블레이드 부재들(414)은 섹션들(410) 사이에서 길이방향 직선형으로 그리고 회전축선(440)에 평행하게 정렬된 것으로서 도시되어 있다. 몇몇의 실시예들에 있어서, 접선 팬 구조부(400)의 블레이드 부재들(414)은 도 2c에 도시된 바와 같이 비틀어지고 그리고/또는 도 2a에 도시된 바와 같이 섹션에서 섹션으로 원주상으로 오프셋된다.

허브 부재들(412)은 블레이드 부재들(414)에 그리고 그에 의해 기계가공된 접선 팬 구조부(400)에 구조적 강도를 제공한다. 특히, 접선 팬 구조부(400)는 강화 필릿들(418)이 블레이드 부재들(414)의 단부들과 허브 부재들(412) 및 단부 플랜지들(416a,416b)의 환형 표면들을 연결하는 코너들에 형성되도록 기계가공된다. 도 4c는 블레이드 부재들(414)을 허브 부재(412)와 연결하는 예컨대 2.54 mm의 반경을 가지는 필릿(418)을 도시하는 등축 상세도이다.

접선 팬 구조부(400)의 외경(420)은 대표적으로  $\pm 0.13$  mm의 공차 내에서 기계가공된다. 각각의 단부 플랜지들(416a,416b)내에 기계가공된 카운터보어들(422a,422b)은 편평하고 대표적으로  $\pm 0.013$  mm의 공차 내에서 서로에 대해 평행하며,  $\pm 0.051$  mm의 공차 내의 내경(424)을 가진 채 동심으로 되어 있다. 볼트 구멍들(426)은 회전하는 샤프트 어셈블리들(도 4d-4e 참조)을 부착하기 위해 예컨대 볼트 원(428)상의 등간격된 8개의 위치에서의 단부 플랜지들(416a,416b)내에 드릴가공된다. 하나의 가외의 고착 구멍(430)이 구동 샤프트 어셈블리를 접선 팬 구조부(400)의 한 단

부에 구속시키는 핀(도시되지 않음)을 수용하기 위해 볼트 원(428)상에 제공된다. 기계가공된 접선 팬 구조부(400)에 적용하는 치수들 및 공차들은 상술된 제조방법들 중 임의의 하나를 사용하는 모든 다른 접선 팬 구조부들(200,260,340)에도 적용할 수 있다.

도 4d 및 4e는 각각 몇몇의 실시예들에 따라 접선 팬 구조부(400)에 부착하도록 형성된 회전 샤프트 어셈블리(450)의 단부도 및 측부 단부도이다. 다른 실시예들에 있어서, 회전 샤프트 어셈블리(450)와 유사한 회전 샤프트 어셈블리가 접선 팬 구조부들(140,200,260,340)과 같은 접선 팬 구조부에 부착될 수 있다. 하나의 원형 쇼울더(452)가 회전 샤프트 어셈블리(450)를 접선 팬 어셈블리(400)에 대해 정밀하게 위치시키기 위해 카운터보어(422a,422b)내로 동심적으로 끼워맞춤된다. 동심의 볼트 원상의 볼트 구멍들(454)은 회전 샤프트 어셈블리(450)를 접선 팬 어셈블리(400)의 단부 플랜지(416a,416b)에 고정하기 위한 볼트들(도시되지 않음)을 포함하고 있다. 하나의 가외의 고착 구멍(456)이 구동 측면을 접선 팬 어셈블리(400)의 비구동 측면과 차별화하도록 포함된다. 하나의 샤프트 외경(460)이 샤프트 베어링(도시되지 않음) 내에서 회전하도록 형성된 동심의 베어링 샤프트(462)에 대해 단계식으로 테ーパー가공되어 있다.

기계가공된 접선 팬 구조부(400)는 모든 표면들상에 0.4  $\mu\text{m}$  내지 0.6  $\mu\text{m}$  (15 microinch 내지 25 microinch) Ra 정도의 표면 마감을 성취하기 위해 전해연마된 다음 무전해 니켈 코팅된다.

도 2a-2c, 3b 및 4a-4b와 관련하여 상술된 바와 같은 모놀리식 기계가공된, 주조된, 또는 주조-용접된 접선 팬들은 또한 종래의 스탬핑 공정들을 사용하여서 생산하기에는 어렵거나 비실용적인 날개형 블레이드 부재들의 성형을 가능하게 해준다. 예를 들어, 도 3c는 도 3a의 C-C 방향을 따라 바라본 날개형 블레이드 부재(320)의 개략적인 단면도이다. 날개형 블레이드 부재(320)는 예컨대 접선 팬 구조부(200,260,340,400)와 같은 접선 팬 구조부의 원주(330)상에 중첩된 상태로 단면으로 도시되어 있다. 종래의 블레이드 부재들(314)이 비교를 위해 단면으로 도시되어 있다. 명료함을 위해, 단지 하나의 날개형 블레이드 부재(320)와 2개의 종래의 블레이드 부재들(314)이 도시되어 있다. 도면부호(318)로 지정된 화살표는 블레이드 부재들의 곡면에 대한 축선(32)을 중심으로 한 접선 팬의 회전방향을 지시한다. 종래의 블레이드 부재들(314)은 두께에 있어 균일한 반면, 날개형 블레이드 부재(320)는 대표적으로 만곡형 리딩 에지(322), 두께강화된 중간 섹션(324) 및 테이퍼진 트레일링 에지(326)를 포함하는 "눈물방울(tear-drop)" 윤곽형상을 가지고 있다. 날개형 블레이드 부재들(320)의 도입은 도 2a-2c, 3b 및 4a-4b와 관련하여 설명된 것과 같은 접선 팬들의 공기역학적 효율을 향상시키는 것이 기대된다.

도 4f는 도 4a의 F-F 방향을 따라 취해진 기계가공된 접선 팬 구조부(400)의 단면 상세도이다. 블레이드 부재들(414)은 회전축선(440)을 중심으로 동심적으로 배치된 외경(420)과 내경(424)을 가진 환형의 허브 부재들(412)상에 중첩된 상태로 도시되어 있다. 몇몇의 실시예들에 있어서, 허브 부재(412)의 내경(424)과 블레이드 부재들(414)은 복수의 블레이드 부재들(414)에 의해 구획형성된 내경이 환형의 허브 부재(412)의 내경과 일치되도록 기계가공된다.

모놀리식 기계가공, 모놀리식 주조 및 용접식 주조를 포함하는 상술된 제작 방법들은 또한 앞서 설명된 종래의 접선 팬(140)과 같은 다른 접선 팬 구조부들에 적용될 수도 있다.

도 5는 일반적인 오염물들의 농도에 대한 엑시머 레이저의 상대 레이저 출력 에너지의 상관관계를 도시한 그래프이다. 상대 출력 에너지는 수직축선을 따라 표시되고 백만분율(ppm) 단위의 농도는 수평축선을 따라 표시된다. 레이징 가스(108) 내의 실리콘 테트라플루오라이드( $\text{SiF}_4$ )의 대략 60 ppm의 농도는 레이저 펄스 출력 에너지를 대략 8-12 퍼센트만큼 감소시킬 수 있다. 종래의 접선 팬(140)내에 대표적으로 대략 13 퍼센트의 실리콘을 함유하고 있는 납땜 재료는 현재의 엑시머 레이저 시스템내의 주요한 실리콘 오염원이 되어 왔다는 것이 발견되었다. 실리콘(Si)은 레이징 가스(108)내의 플루오르( $\text{F}_2$ )와 반응하여  $\text{SiF}_4$ 를 형성한다. 무전해 니켈 코팅은 다소 다공질이고 불완전한 시일이며 시간이 지남에 따라 미소균열을 발달시켜, 그결과 밑에 있는 Si를 반응성 플루오르 가스 혼합물에 노출시킨다. 대표적으로 며칠간의 작업수명을 가진 레이징 가스 충전물은 0.3 ppm 미만의 낮은  $\text{SiF}_4$  농도를 가지기 시작한다. 종래의 납땜된 접선 팬의 경우, 이 수치 수준은 3일의 기간 경과 후에 약 15-18 ppm의 범위로 상승한다.

도 2a-2c, 3b 및 4a-4b와 관련하여 상술된 것과 같은 주조된, 주조-용접된, 또는 모놀리식 기계가공된 접선 팬은 제작시 어떠한 납땜 재료나 다른 부가적인 오염물-형성 물질을 필요로 하지 않으므로, 근본적으로 Si가 없어 레이저 펄스 출력 에너지에 대한 잠재적인 불리한 효과를 크게 감소시킨다. 본 발명에 의해 제공된 모놀리식 기계가공된 접선 팬(400)에 대해 실시된 시험들은 3일 경과후 3 ppm 미만의  $\text{SiF}_4$  농도를 나타내었다. 본 발명에 의해 제공된 주조된 또는 주조-용접된 접선 팬들(200,260,340)은 비교할만한 효과를 수행할 것으로 기대된다. 하지만, 모놀리식 기계가공된 접선 팬(400)은 보다 낮은 다공성을 가지고 있고 그에따라 주조 알루미늄 합금에 대해 니켈 코팅과 함께 그 자체가 밀봉에 보다 유효하게 하는

대표적으로 정련된 알루미늄으로 된 폴리크리스탈 합금 구조를 가지고 있다. 따라서, 모놀리식 기계가공된 접선 팬(400)이 주조된 또는 주조-용접된 접선 팬들(200,260,340)에 비해 더 낮은 농도에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 주조-용접된 팬(340)은 인접한 섹션들(310) 사이의 좁은 틈새 내에 광범위의 편평한 표면들을 가지고 있어, 공정 및 작업 동안 청소하고 소제하기에 어렵다.

종래의 접선 팬(140)에 있어서, 굽힘 모멘트에 대한 유효한 강성이 허브 부재들(146)에 의해 제공되는데, 그것 없이는 블레이드 부재들(144)은 너무 가요성이 커서 상기 대략 100 rpm 이상에서 유용하지 못하게 된다. 본 발명의 실시예들에 따른 접선 팬들(200,260,340,400)의 허브 부재들(212,312,412)도 또한 유효한 구조적 강성에 기여한다. 또한, 모놀리식 기계가공된, 주조된 그리고 주조-용접된 접선 팬 구조부들(200,260,340,400)은 개별적으로 스탬핑되어 형성된 블레이드 부재들(144) 및 허브 부재들(146)을 가진 종래의 납땜된 접선 팬 어셈블리(140)에 비해 보다 더 큰 강성을 제공한다. 특히, 모놀리식 접선 팬 구조부(400)는 허브 부재(412)로부터 블레이드 부재(414)에 이르는 그리고 단부 플랜지(416a,416b)로부터 블레이드 부재(414)에 이르는 만곡형 연결부들의 정밀한 제어를 제공한다. 강성을 부가하는 이 제어된 필릿(418)은 또한 보다 높은 굽힘 모드 진동수 및 그에 상응하는 5,000 rpm 또는 그 이상의 범위에 있는 보다 높은 허용 작동속도를 가져다 준다. 모놀리식 기계가공된 접선 팬 구조부(400)의 보다 높은 강성은 또한 그와같은 접선 팬이 레이저 챔버(100)내에서 "공기역학적 버펫"을 막는 능력을 증대시킨다.

특히, 본 발명의 실시예들은 접선 팬 구조부내에서 허브 부재들(146,212,312,412)과 같은 허브 부재들의 갯수 및 길이방향 위치를 최적으로 선정함으로써 팬 강성을 증대시키는 것을 제공한다. 조사에 의하면, 제1 굽힘 진동 모드의 고유진동수는 허브 부재들의 갯수가 증가함에 따라 증가한다는 것을 보였다. 접선 팬의 심각한 진동은 제1 굽힘 모드의 고유진동수의 대략 절반의 회전율에서 발생하는데, 이는 팬 구조부가 회전의 각각의 반주기에서 횡방향으로 뒤틀리기 때문이다. 반면에 앞서 설명한 접선 팬 구조부들에 있어서, 이것은 회전 진동수를 수백 rpm 미만으로 제한하고, 허브 부재들의 갯수와 길이방향 위치의 최적 선정은 5,000 rpm 또는 그 이상에 대한 회전 진동수의 범위로 확대된다. 그러므로, 허브 부재들의 갯수와 길이방향 위치의 최적 선정에 의해 제1 굽힘 모드의 고유진동수를 증가시키는 것은 접선 팬의 성능을 향상시킨다.

기계가공된 모놀리식 접선 팬(400)의 표면 및 치수 제어는 납땜되거나 주조된 접선 팬보다 더 정밀할 것으로 기대된다. 모놀리식 기계가공된 접선 팬(400)은 최소한의 균형맞춤만을 필요로 하고 블레이드와 블레이드간의 균일성으로 인해 가스의 보다 원활한 유동을 부여해 준다.

본 발명은 제작에 있어 경제적이고 충분한 기계적 강성을 가지고 있어 정밀한 공차를 위한 균형맞춤과 후-기계가공을 가능하게 해주고 작업시 진동을 최소화해주는 접선 팬-컷오프 어셈블리를 제공한다. 본 발명의 실시예들은 공기역학적 버펫 효과와 레이저 펄스 출력 에너지 요동을 감소시키고 날개형 블레이드 부재들의 성형을 가능하게 해준다. 또한, 본 발명에 의해 제공되는 접선 팬은 레이저 챔버내에 실리콘 오염물을 도입하지 않는다. 이와같은 팬은 레이저 챔버, 구체적으로는 엑시머 레이저 챔버, 그리고 보다 구체적으로는 크립톤 플루오라이드 또는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저로 이루어지거나 플루오르( $F_2$ ) 분자 가스 레이저로 이루어진 레이저 챔버내에서 레이징 가스를 재순환시키도록 형성되어 있다.

비록 본 발명의 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 이들 예시적인 실시예들에 여러 변경과 수정이 보다 넓은 측면에서의 본 발명으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다. 따라서 비록 앞에서 구체적으로 설명되진 않았지만 본 발명의 범주내에 있는 본 발명의 다른 실시예들이 존재한다는 것은 명백하다. 따라서, 첨부된 청구의 범위는 설명된 본 발명의 진정한 범주내에 해당하는 모든 그와같은 변경과 수정들을 필연적으로 포함하며; 나아가서 이 범주는 그 범주를 논증하기 위해 제공된 예시적인 실시예들에만 국한되는 것이 아니라는 것을 알아야 한다.

## 도면의 간단한 설명

도 1a 및 1b는 종래의 TE 엑시머 레이저내의 레이저 챔버의 내부 구조를 각각 도시하는 단부 단면도 및 측면도;

도 2a는 본 발명의 실시예에 따르는 원통상 대칭 없는 접선 팬 일부분의 등축도;

도 2b는 본 발명의 실시예에 따르는 접선 팬의 섹션에 대한 원주상 오프셋 각의 상관관계를 도시한 그래프;

도 2c는 본 발명의 실시예에 따르는 비스듬하게 되거나 비틀어진 헬리컬 블레이드 팬 구조부의 등축도;

도 2d 및 2e는 각각 테이퍼진 양극 지지 바아 또는 컷오프를 가진 양극 어셈블리를 구비한 접선 팬의 개략 단부도 및 정면도;

도 3a는 본 발명의 하나의 실시예에 따르는 접선 팬 어셈블리의 주조 섹션의 등측도;

도 3b는 본 발명의 하나의 실시예에 따르는 길이방향으로 서로 결합된 복수의 섹션을 포함하고 있는 접선 팬 어셈블리 일부분의 등측도;

도 3c는 도 3a의 C-C 방향을 따라 본 날개형 블레이드 부재의 개략 단면도;

도 4a 및 4b는 각각 본 발명의 실시예에 따르는 6061 알루미늄 합금의 단일 블록으로부터 기계가공된 모놀리식 접선 팬 구조부의 길이방향 도면 및 단부도;

도 4c는 기계가공된 모놀리식 접선 팬 구조부의 블레이드 부재와 허브 부재를 연결시키는 필릿을 도시한 상세도;

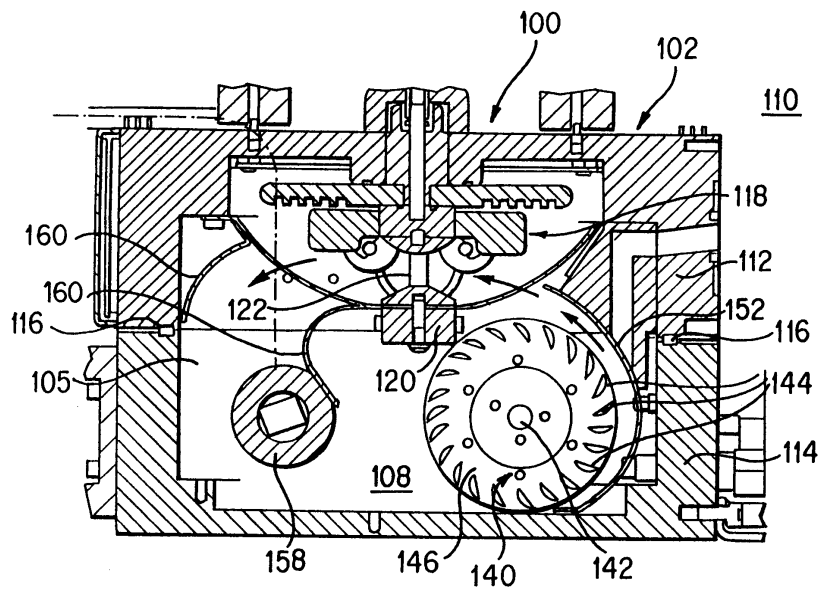
도 4d 및 4e는 각각 몇몇의 실시예에 따르는 접선 팬 구조부에 부착하도록 형성된 회전 샤프트 어셈블리의 단부도 및 측단면도;

도 4f는 도 4a의 F-F 방향을 따라 취해진 기계가공된 접선 팬 구조부의 상세 단면도; 및

도 5는 일반적인 오염물들에 관한 농도에 대한 엑시머 레이저의 상대적인 레이저 출력 에너지의 상관관계를 도시한 그래프.

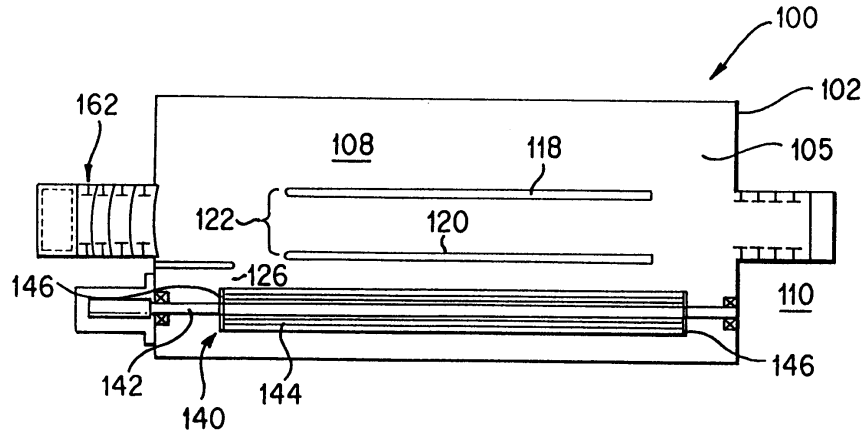
도면

도면1a



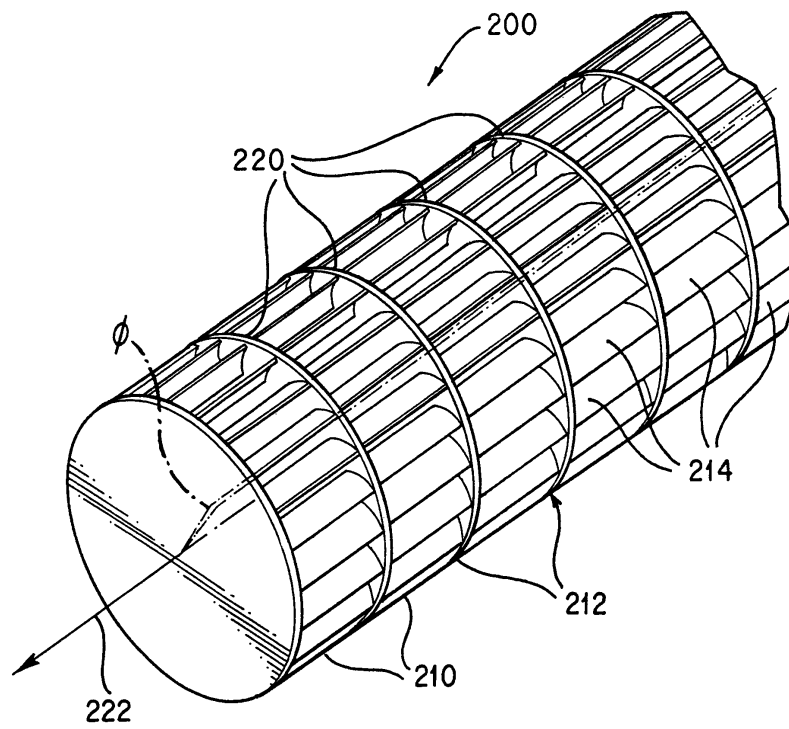
종래 기술

도면1b

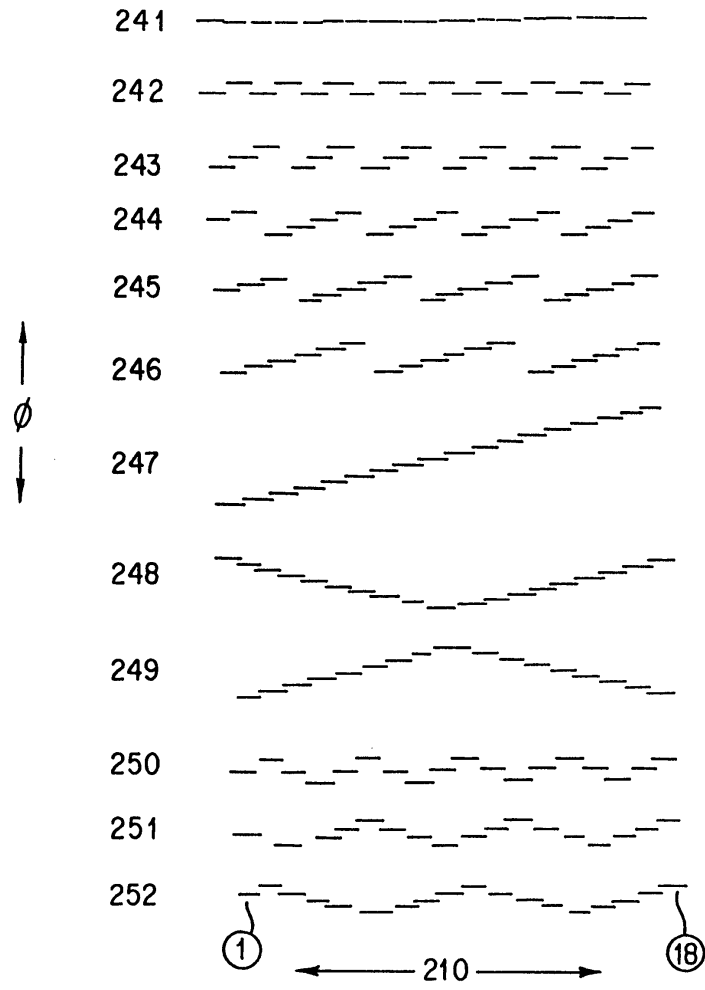


종래 기술

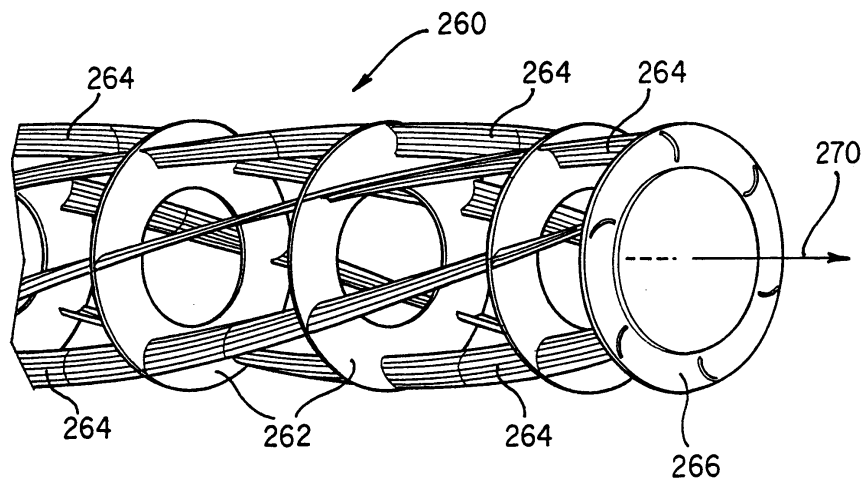
도면2a



도면2b

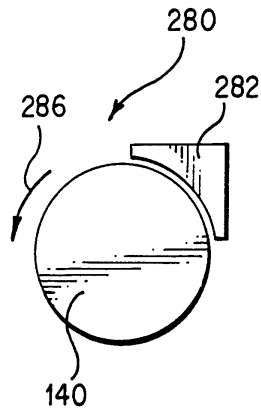


도면2c

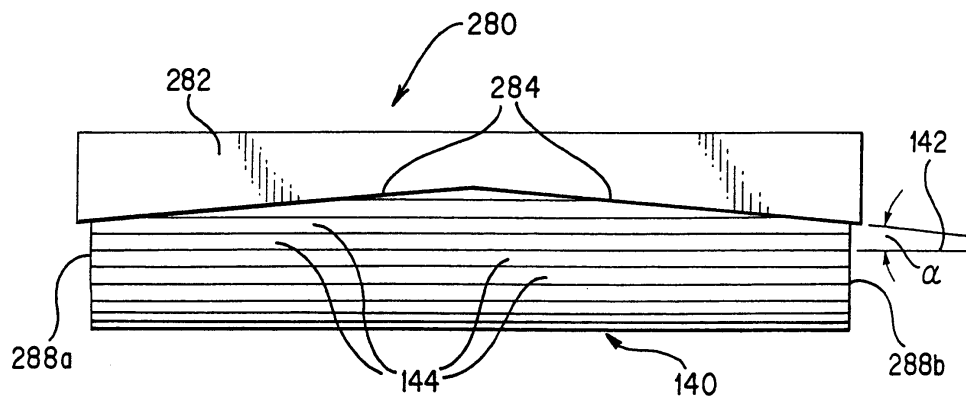




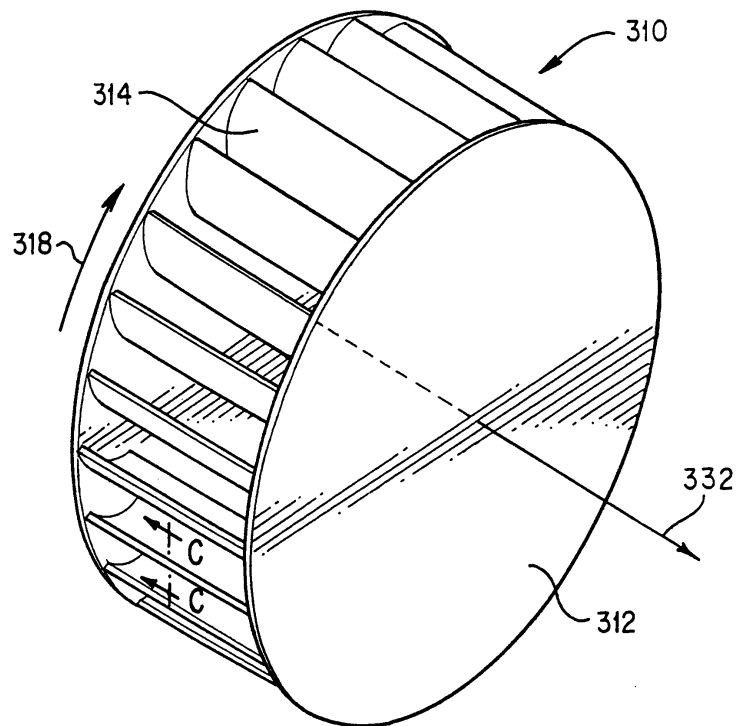
도면2d



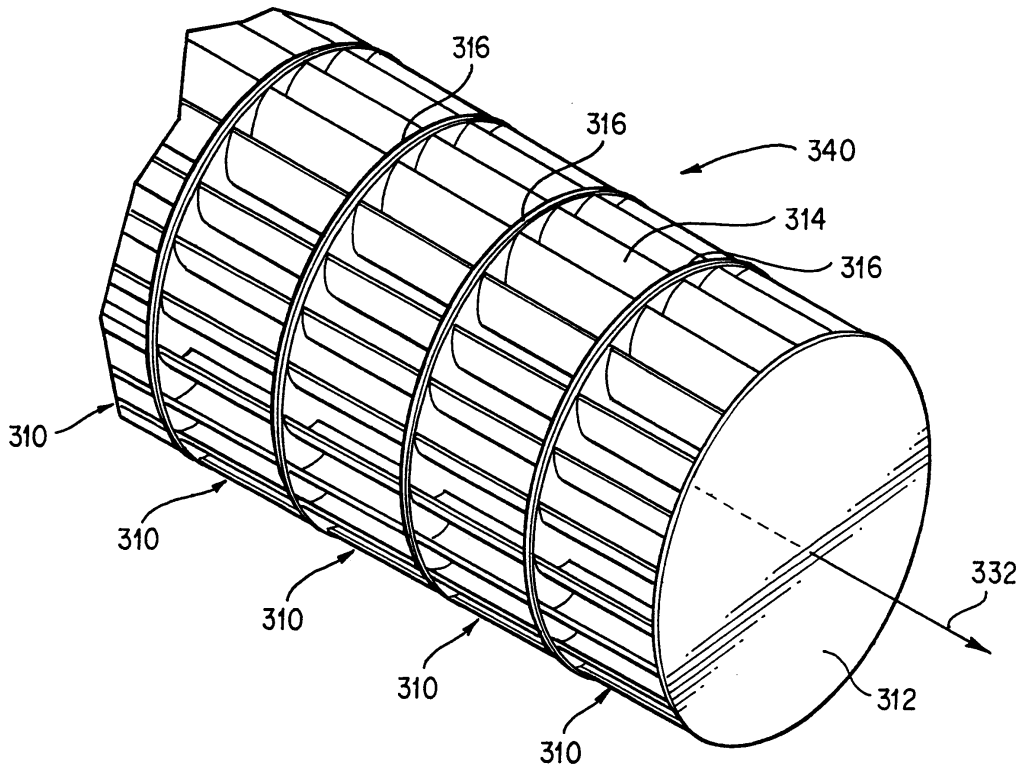
도면2e



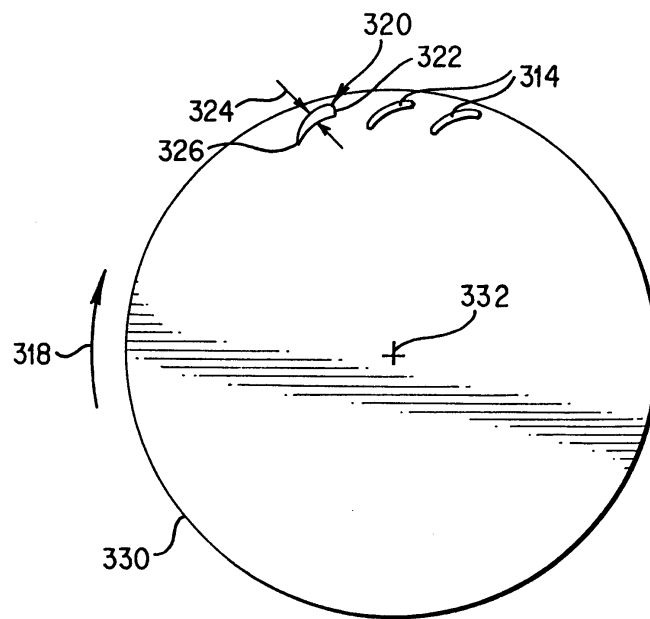
도면3a



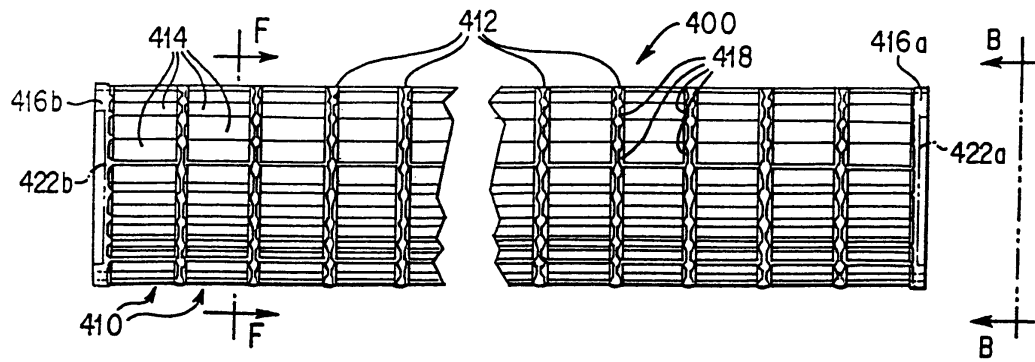
도면3b



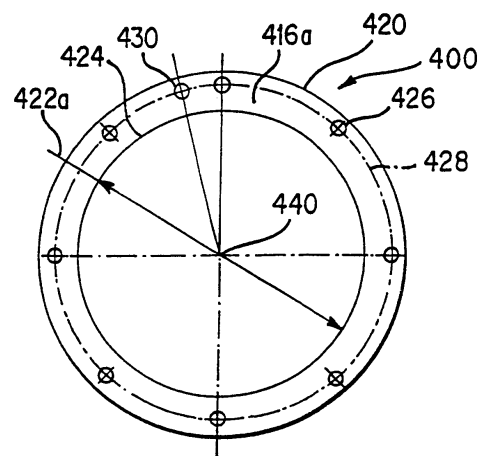
도면3c



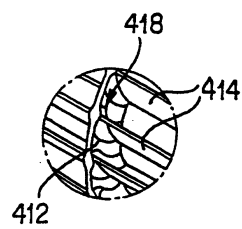
도면4a



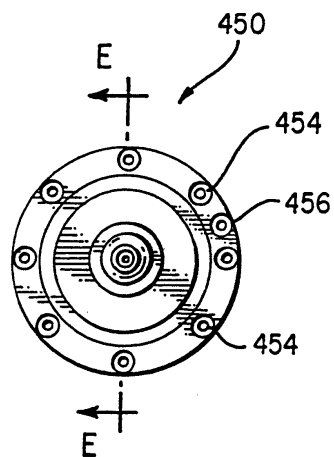
도면4b



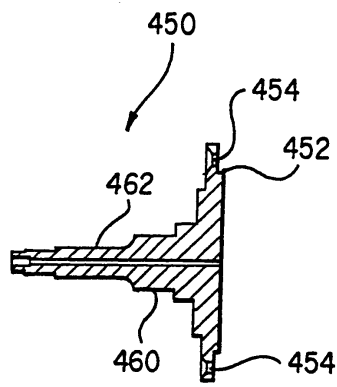
도면4c



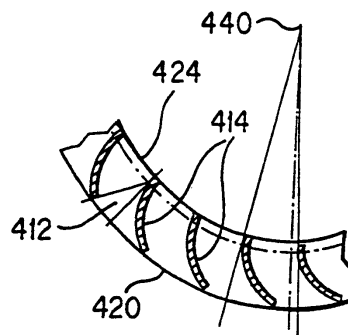
도면4d



도면4e



도면4f



도면5

