



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월13일  
(11) 등록번호 10-1341540  
(24) 등록일자 2013년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/324 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2007-0026627  
(22) 출원일자 2007년03월19일  
심사청구일자 2012년03월19일  
(65) 공개번호 10-2007-0094574  
(43) 공개일자 2007년09월20일  
(30) 우선권주장  
60/783,421 2006년03월17일 미국(US)  
(뒷면에 계속)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005223007 A  
JP58045738 A  
JP2006041530 A  
JP05267177 A

(73) 특허권자  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애  
브뉴 3050  
(72) 발명자  
로사-알바레스, 주안 칼로스  
미국 94085 캘리포니아 쉐니베일 #6 던스무르 테  
라스 334  
노와크, 토마스  
미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 #217 포지 웨이  
20677  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 37 항

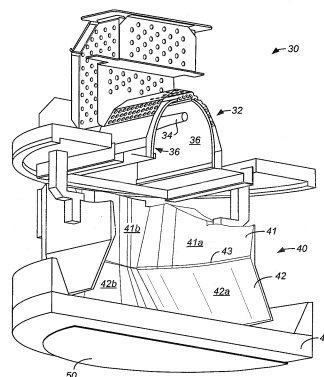
심사관 : 김상택

(54) 발명의 명칭 UV 경화 시스템

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 일반적으로 기판 상에 배치되는 유전체 물질을 경화시키기 위한 자외선(UV) 경화 챔버, 및 UV 방사선을 이용하여 유전체 물질들을 경화시키는 방법들에 관한 것이다. 일 실시예에 따른 기판 처리 톨은 기판 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기판 처리 영역 내에 기판을 지지하도록 적응되는 기판 지지체; 상기 기판 지지체로부터 이격되고, 상기 기판 지지체 상에 위치된 기판으로 자외 방사선을 전달하도록 구성되는 자외 방사선 램프; 및 상기 자외 방사선 램프 또는 기판 지지체 중 적어도 하나를 서로에 대해 적어도 180도 회전시키도록 동작가능하게 결합된 모터를 포함한다. 상기 기판 처리 톨은 회전시 실질적으로 균일한 방사 패턴을 생성하도록 결합되는 상보적인 고강도 및 저강도 영역들을 갖는 기판 위에 자외 방사선의 플러드 패턴을 생성하도록 적응되는 하나 이상의 반사기들을 더 포함할 수 있다. 또한, 다른 실시예들도 개시된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

**두 보이스, 데일 알.**

미국 95032 캘리포니아 로스 가토스 멀버리 드라이브 14285

**바루자, 산지브**

미국 94087 캘리포니아 썬니베일 에스. 베르나르도 애브뉴 1418

**헨드릭슨, 스코트 에이.**

미국 94513 캘리포니아 브렌트우드 브룩스 스트리트 735

**호, 던스틴 더블유.**

미국 94555 캘리포니아 프레몬트 그레이트 솔트 레이크드라이브 32956

**카스주바, 안드르제이**

미국 95123 캘리포니아 샌어제이 에스토니아 코우트 699

**조, 톰 케이.**

미국 94022 캘리포니아 로스 알토스 힐스 와일드크레스트 드라이브 13389

**엠사드, 히켄**

미국 95051 캘리포니아 산타클라라 #364 그라나다 애브뉴 3500

**무쿠티, 엔단카 오.**

미국 95014 캘리포니아 쿠파티노 산타 클라라 애브뉴 10235

(30) 우선권주장

60/816,660 2006년06월26일 미국(US)

60/816,723 2006년06월26일 미국(US)

60/886,906 2007년01월26일 미국(US)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기관 처리 툴(tool)로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는(adapted) 기관 지지체;

상기 기관 지지체로부터 이격되고 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 — 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차(primary) 반사기를 포함함 —; 및

상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치한 2차(secondary) 반사기 — 상기 2차 반사기는 재지향(redirect)하지 않으면 상기 기관과 접촉하지 않을 자외 방사선을 상기 기관을 향해 재지향(redirect)하도록 적응됨 —

를 포함하는,

기관 처리 툴.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 UV 방사선 램프는 실질적인 직사각형 플러드(flood) 패턴의 UV 방사선을 생성하고, 상기 2차 반사기는 상기 플러드 패턴을 실질적인 원형 플러드 패턴으로 변경시키는,

기관 처리 툴.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 2차 반사기는 상부 및 하부를 포함하고, 그 각각은 (i) 종방향 표면들의 길이를 횡단하는 정점(vertex)에서 만나는 대향(opposing) 종방향 표면들; 및 (ii) 상기 종방향 표면들의 단부들 사이에서 연장하는 대향 횡방향 표면들을 포함하는,

기관 처리 툴.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 2차 반사기의 상부 및 하부 모두의 종방향 표면들은 일반적으로 상기 종방향을 따라 오목한(concave),

기관 처리 툴.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 2차 반사기의 상부 및 하부의 대향 횡방향 표면들은 일반적으로 상기 횡방향을 따라 볼록한(convex),

기관 처리 툴.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 2차 반사기의 상부의 대향 종방향 표면들은 일반적으로 상기 반사기의 상부로부터 상기 정점으로 안쪽으로 연장되고, 상기 2차 반사기의 하부의 대향 종방향 표면들은 일반적으로 상기 정점으로부터 상기 반사기의 바닥부(bottom)로 바깥쪽으로 연장되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기관 지지체로부터 이격되고 윈도우 위에 배치되는 적어도 2개의 자외 방사선 램프들을 포함하고, 각각의 자외 방사선 램프는 연장된(elongated) UV 방사선 소스, 및 상기 연장된 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 대응하는 1차 반사기를 포함하며, 상기 적어도 2개의 자외 방사선 램프들은 상기 기관 지지체를 향해 지향되는 자외 방사선의 플러드 패턴을 생성하도록 결합(combine)하는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 적어도 2개의 자외 방사선 램프들로부터 상기 기관 처리 영역을 분리시키는 윈도우를 더 포함하고, 자외 방사선의 플러드 패턴이 상기 기관에 도달하기 이전에 상기 윈도우를 통해 전달되도록 상기 윈도우가 위치되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 적어도 2개의 자외 방사선 램프들은 수직에 대해 대향하는 각도들에서 서로 면하도록(face) 장착되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 10

기관 처리 시스템으로서,

서로 인접하고 분리된 제 1 처리 영역 및 제 2 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 제 1 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 제 1 기관 지지체 및 상기 제 2 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 제 2 기관 지지체;

상기 제 1 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 제 1 기관 지지체 상에 위치되는 제 1 기관으로 자외(UV) 방사선을 전달하도록 구성되는 제 1 UV 방사선 램프 모듈;

상기 제 2 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 제 2 기관 지지체 상에 위치되는 제 2 기관으로 자외 방사선을 전달하도록 구성되는 제 2 UV 방사선 램프 모듈;

상기 제 1 UV 방사선 램프 모듈과 상기 기관 지지체 사이에 위치되고, 재지향하지 않으면 상기 제 1 기관에 접촉하지 않을 자외 방사선을 상기 제 1 기관을 향해 재지향하도록 적응되는 제 1의 2차 반사기; 및

상기 제 2 UV 방사선 램프 모듈과 상기 제 2 기관 지지체 사이에 위치되고, 재지향하지 않으면 상기 제 2 기관에 접촉하지 않을 자외 방사선을 상기 제 2 기관을 향해 재지향하도록 적응되는 제 2의 2차 반사기

를 포함하는,

기관 처리 시스템.

#### 청구항 11

실질적인 원형 플러드 패턴의 자외 방사선을 생성하기 위한 장치로서,

연장된 UV 방사선 소스 및 상기 연장된 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하는 자외(UV) 방사선 램프 — 상기 연장된 UV 방사선 소스와 상기 1차 반사기는 실질적인 직사각형 플러드 패턴의 UV 방사선을 생성하도록 결합됨 —; 및

상기 1차 반사기로부터 이격되어 상기 직사각형 플러드 패턴의 UV 방사선의 부분들을 재지향하도록 적응되는 2

차 반사기를 포함하고,

상기 직사각형 플러드 패턴의 UV 방사선의 부분들은 실질적인 원형 플러드 패턴의 UV 방사선을 생성하도록 상기 2차 반사기에 부딪히는,

자외 방사선 생성 장치.

#### 청구항 12

기관 위에 형성된 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법으로서,

상부에 형성되는 상기 유전체 물질을 갖는 기관을 기관 처리 챔버의 기관 지지체 상에 배치하는 단계;

UV 소스 및 1차 반사기를 통해 실질적인 직사각형 플러드 패턴의 UV 방사선을 생성하고, 상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되는 2차 반사기를 통해 상기 실질적인 직사각형 플러드 패턴을 실질적인 원형 플러드 패턴의 UV 방사선으로 재형상화함으로써, 상기 기관을 자외 방사선에 노출시키는 단계

를 포함하는,

유전체 물질의 층을 경화시키는 방법.

#### 청구항 13

기관 처리 톨로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체;

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치된 기관으로 자외 방사선을 전달하도록 구성되는 자외 방사선 램프; 및

상기 자외 방사선 램프 또는 기관 지지체 중 적어도 하나를 서로에 대해 적어도 180도 회전시키도록 동작가능하게 결합되는 모터

를 포함하는 기관 처리 톨.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

회전시 실질적으로 균일한 방사(irradiance) 패턴을 생성하기 위해 결합하는 상보적인 고강도 영역(high intensity area) 및 저강도 영역을 갖는 상기 기관 위에 자외 방사선의 플러드 패턴을 생성하도록 적응되는 하나 이상의 반사기들을 더 포함하는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 자외 방사선 램프는 연장된 UV 방사선 소스를 포함하고, 상기 하나 이상의 반사기들은 상기 연장된 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 하나 이상의 반사기들은 상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되는 2차 반사기를 더 포함하고, 상기 1차 반사기는 상기 UV 방사선 소스로부터 상기 기관 지지체를 향해 자외 방사선을 반사시키도록 적응되며, 상기 2차 반사기는 상기 기관 외부로의 광 손실을 감소시키도록 구성되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 기관 처리 영역을 커버하도록 상기 몸체에 결합되는 리드(lid)를 더 포함하고, 상기 리드는 상기 기관 처리 영역 상방에 정렬되는 윈도우를 포함하며, 상기 윈도우는 UV 방사선에 투과성이고 상기 기관 지지체와 상기 자외 방사선 소스 사이에 배치되는,

기관 처리 틀.

#### 청구항 18

기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법으로서,

상부에 형성되는 상기 유전체 물질을 갖는 기관을 기관 처리 챔버의 기관 지지체 상에 배치하는 단계; 및

상기 기관 지지체로부터 이격된 자외 방사선 소스로부터의 자외 방사선에 상기 기관을 노출시키는 단계 - 상기 노출 단계 동안 상기 자외 방사선 소스 또는 상기 기관 중 어느 하나를 서로에 대해 적어도 180도 회전시킴 - 를 포함하는,

유전체 물질의 층을 경화시키는 방법.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 노출 단계는,

회전 동안 서로 보상하는 상기 노출 단계 동안의 회전 동안 실질적으로 균일한 방사 패턴을 생성하기 위해 결합하는 상보적인 고강도 영역 및 저강도 영역을 갖는 실질적인 원형 플러드 패턴을 생성하고, 이에 따라 실질적으로 균일한 방사 패턴을 제공하는,

유전체 물질의 층을 경화시키는 방법.

#### 청구항 20

기관 처리 틀로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 및

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 1 UV 램프 - 상기 제 1 UV 램프는 제 1 UV 방사선 소스 및 상기 제 1 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 제 1 반사기를 포함하고, 상기 제 1 반사기는 대향하는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널을 가지며, 상기 내측 반사 패널은 제 1 반사 표면을 갖고, 상기 외측 반사 패널은 상기 제 1 반사 표면에 비대칭인 제 2 반사 표면을 가짐 -

를 포함하는,

기관 처리 틀.

#### 청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 2 UV 램프를 더 포함하고, 상기 제 2 UV 램프는 제 2 UV 방사선 소스 및 상기 제 2 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 제 2 반사기를 포함하며, 상기 제 2 반사기는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널에 대향하고, 상기 내측 반사 패널은 제 3 반사 표면을 가지며, 상기 외측 반사 패널은 상기 제 3 반사 표면에 비대칭인 제 4 반사 표면을 가지는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치한 제 3 반사기를 더 포함하고, 상기 제 3 반사기는 상기 기관 외부로의 UV 방사선 손실을 감소시키도록 적응되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 UV 램프들로부터 상기 기관 처리 영역을 분리시키는 윈도우를 더 포함하고, 상기 윈도우는 UV 방사선이 상기 기관에 도달하기 이전에 상기 윈도우를 통해 전달되도록 위치되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 UV 램프는 수직에 대해 2도 내지 25도의 각도에서 장착되고, 비대칭인 상기 제 1 및 제 2 반사 표면들은 상기 각도를 보상하는 방사 패턴을 생성하도록 적응되는,

기관 처리 톨.

#### 청구항 25

기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법으로서,

상부에 형성되는 상기 유전체 물질을 갖는 기관을 기관 처리 챔버의 기관 지지체 상에 배치하는 단계; 및

연장된 UV 소스를 통해 UV 방사선을 생성하고, 상기 UV 소스를 부분적으로 둘러싸며 그리고 서로 비대칭인 제 1 및 제 2 반사 표면들을 통해 상기 UV 소스에 의해 생성되는 UV 방사선을 재지향시킴으로써, 상기 기관을 상기 UV 방사선에 노출시키는 단계

를 포함하는,

유전체 물질의 층을 경화시키는 방법.

#### 청구항 26

기관 처리 톨로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체;

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 — 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함함 —;

상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되고 상기 기관 외부로의 광 손실을 감소시키도록 구성되는 2차 반사기 — 상기 2차 반사기는 내측 표면과 외측 표면을 갖고, 상기 내측 표면으로부터 상기 외측 표면으로 상기 반사기를 횡단하는 적어도 하나의 홀(hole)을 구비함 —; 및

상기 적어도 하나의 홀을 통해 전달되는 상기 UV 방사선 램프에 의해 생성되는 UV 방사선 광(UV radiation light)을 수신하도록 위치되는 광 검출기

를 포함하는,

기관 처리 톨.

## 청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 반사기를 횡단하는 다수의 홀들에 대응하는 다수의 광 검출기들을 더 포함하고, 각각의 광 검출기는 상기 다수의 홀들 중 하나를 통해 전달되는 상기 UV 방사선 램프에 의해 생성되는 UV 방사선 광을 수신하도록 위치되는,

기관 처리 틀.

## 청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 2차 반사기가 회전되는 경우, 상기 반사기를 횡단하는 다수의 홀들을 통해 전달되는 상기 UV 방사선 램프에 의해 생성되는 UV 방사선 광을 수신하도록 위치되는 단일 광 검출기를 포함하는,

기관 처리 틀.

## 청구항 29

제 26 항에 있어서,

상기 반사기를 횡단하는 상기 홀의 표면은 다중 반사들에 의해 상기 홀의 표면에 접촉되는 원치 않는 광을 방산(dissipate)시키는 거칠기를 갖는,

기관 처리 틀.

## 청구항 30

제 26 항에 있어서,

상기 반사기를 횡단하는 상기 홀의 표면은 상기 광 검출기가 검출하는 파장들에서 방사선을 흡수하는 광 흡수 물질로 코팅되는,

기관 처리 틀.

## 청구항 31

제 26 항에 있어서,

상기 광 검출기에 접촉되는 광선들의 수를 추가로 제한하기 위해 상기 홀로부터 연장되는 중공관(hollow tube)을 더 포함하는,

기관 처리 틀.

## 청구항 32

기관 처리 틀로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 및

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치된 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 - 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하고, 상기 1차 반사기는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 가짐 -을 포함하고,

상기 1차 반사기는 대향하는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널을 포함하고, 그 각각은 적어도 하나의 포물형 섹션 및 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 가지는,

기관 처리 틀.



### 청구항 33

삭제

### 청구항 34

제 32 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 타원형 섹션은 포커싱되지 않은 타원형 곡률을 갖는,

기관 처리 튜.

### 청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 포물형 섹션은 서로 평행하지 않은 광선들을 반사시키는,

기관 처리 튜.

### 청구항 36

제 32 항에 있어서,

상기 내측 대향 패널 및 외측 대향 패널의 반사 표면들은 서로에 대해 비대칭적인 형상으로 되어있는,

기관 처리 튜.

### 청구항 37

기관 처리 튜로서,

기관 처리 영역을 규정하는 몸체;

상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체;

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 1 UV 램프 — 상기 제 1 UV 램프는 제 1 UV 방사선 소스 및 상기 제 1 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하고, 상기 1차 반사기는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 가짐 —; 및

상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 2 UV 램프 — 상기 제 2 UV 램프는 제 2 UV 방사선 소스 및 상기 제 2 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 2차 반사기를 포함하고, 상기 2차 반사기는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 가짐 —

를 포함하는,

기관 처리 튜.

### 청구항 38

기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법으로서,

상부에 형성되는 상기 유전체 물질을 갖는 기관을 기관 처리 챔버의 기관 지지체 상에 배치하는 단계; 및

연장된 UV 소스를 통해 UV 방사선을 생성하고, 상기 UV 소스를 부분적으로 둘러싸는 대향하는 제 1 및 제 2 반사 표면들을 통해 상기 UV 소스에 의해 생성되는 상기 UV 방사선을 재지향시킴으로써, 상기 기관을 상기 UV 방사선에 노출시키는 단계 — 상기 대향하는 제 1 및 제 2 반사 표면들 중 적어도 하나는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함함 —

를 포함하는,

유전체 물질의 층을 경화시키는 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0032] 실리콘 산화물( $\text{SiO}_x$ ), 실리콘 탄화물( $\text{SiC}$ ) 및 탄소 도핑된 실리콘 산화물( $\text{SiOC}_x$ ) 막들과 같은 물질들은 반도체 소자들의 제조에서 광범위한 용도를 발견한다. 반도체 기판상의 이러한 실리콘-함유 막들을 형성하기 위한 하나의 접근방법은 챔버 내에서 화학적 기상 증착(CVD: chemical vapor deposition) 처리를 통한 것이다. 예를 들어, 실리콘 공급 소스와 산소 공급 소스 사이의 화학 반응은 CVD 챔버내에 위치한 반도체 기판의 상부상에 고체 상(solid phase) 실리콘 산화물의 증착을 결과할 수 있다. 또 다른 실시예에 따라, 실리콘 탄화물 및 탄소-도핑된 실리콘 산화물 막들은 적어도 하나의 Si-C 결합을 포함하는 유기실란(organosilane) 소스를 포함하는 CVD 반응으로부터 형성될 수 있다.
- [0033] 물은 종종 유기실리콘 화합물들의 CVD 반응의 부산물이다. 따라서, 물은 수분으로서 막들에 물리적으로 흡수될 수 있으며, 또는 Si-OH 화학 결합으로서 증착된 막에 혼입될 수 있다. 이러한 형태들의 물의 혼입은 어느 쪽도 일반적으로 바람직하지 않다. 따라서, 원치 않는 화학적 결합 및 물과 같은 화합물들은 증착된 탄소-함유 막으로부터 제거되는 것이 바람직하다. 또한, 몇몇 특정 CVD 처리들에 있어서, 희생 물질(sacrificial material)들의 열적으로 불안정한 유기 단편들은 제거될 필요가 있다.
- [0034] 이러한 문제점들을 처리하기 위하여 사용되는 하나의 일반적인 방법은 종래의 열적 어닐링이다. 이러한 어닐링으로부터의 에너지는 불안정한 원치 않는 화학 결합들을 정렬된(ordered) 막의 더 안정한 결합 특성과 교체하고, 이에 의하여, 막의 농도를 증가시킨다. 종래의 열적 어닐링 단계들은 일반적으로 상대적으로 긴 지속시간(예를 들어, 대개 30분 내지 2시간)이 걸리고, 따라서 현저한 처리 시간을 소비하고 전반적인 제작 처리를 느리게한다.
- [0035] 이러한 문제점들을 처리하기 위한 또 다른 기술은 CVD 실리콘 산화물, 실리콘 탄화물 및 탄소-도핑된 실리콘 산화물 막들의 후처리(post treatment)에 도움을 주기 위하여 자외 방사선(ultraviolet radiation)을 사용한다. 예를 들어, Applied Materials, Inc.의 미국 특허 제6,566,278호 및 제 6,614,181호 모두는 모든 내용이 본 명세서에 참조로 통합되고, CVD 탄소-도핑된 실리콘 산화물 막들의 후처리를 위한 UV 광의 사용을 설명한다. CVD 막들을 경화시키고 밀도를 높이기 위한 UV 방사선의 사용은 개별적인 웨이퍼의 전체 열 비용(thermal budget)을 감소시키고, 제작 처리를 빠르게 할 수 있다. 기판들상에 증착된 막들을 효과적으로 경화시키기 위하여 사용될 수 있는 다수의 다양한 UV 경화 시스템들이 개발되어 왔다. 이러한 것의 일 예가 2005년 5월 9일에 출원된 "High Efficiency UV Curing System"이라는 제목의 미국 출원 제 11/124,908호에 개시되고, 이는 Applied Materials에 양도되며, 모든 목적에 대하여 본 명세서에 참조에 의해 통합된다.
- [0036] 다양한 UV 경화 챔버들의 개발에도 불구하고, 이러한 중요한 기술 분야의 추가적인 개선이 계속적으로 추구하고 있다.

##### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- [0037] 본 발명의 목적은 기판상에 배치된 유전체 물질을 경화시키기 위한 자외선(UV) 경화 챔버 및 UV 방사선을 사용하여 유전체 물질들을 경화시키기 위한 방법을 제공하는 것이다.

#### 발명의 구성 및 작용

- [0038] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 기판상에 배치된 유전체 물질을 경화시키기 위한 자외선(UV) 경화 챔버 및 UV 방사선을 사용하여 유전체 물질들을 경화시키기 위한 방법들에 관한 것이다.
- [0039] 일 실시예에 따른 기판 처리 툴(substrate processing tool)은 기판 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기판 처리 영역내에 상기 기판을 지지하도록 적응되는 기판 지지체; 상기 기판 지지체로부터 이격되고, 상기 기판 지지체 상에 위치한 기판으로 자외 방사선을 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프; 및 상기 자외 방사선 램프 또는 기판 지지체 중 적어도 하나를 서로에 대하여 적어도 180도 회전시키도록 동작적으로 결합된 모터를 포함한다. 기판 처리 툴은 회전시 실질적으로 균일한 방사 패턴을 생성하기 위해 결합되는 상보적인 고강도 영역

(high intensity area) 및 저장도 영역을 갖는 상기 기관 위에 자외 방사선의 플러드 패턴을 생성하도록 적응되는 하나 이상의 반사기들을 더 포함할 수 있다.

[0040] 본 발명의 다른 실시예에 따른 기관 처리 틀은 기관 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 상기 기관 지지체로부터 이격되고 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프를 포함하고, 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선의 소스 및 상기 UV 방사선의 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하고, 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 2차 반사기가 위치되며, 상기 2차 반사기는 재지향시키지 않으면 상기 기관에 접촉되지 않을 자외 방사선을 상기 기관을 향해 재지향(redirect)시키도록 적응된다. 몇몇 실시예들에서, 상기 2차 반사기는 상부 및 하부를 포함하고, 그 각각은 종방향 표면들의 길이를 횡단하는 정점(vertex)에서 만나는 대향(opposing) 종방향 표면들 및 상기 종방향 표면들의 단부들 사이에서 연장하는 대향 횡방향 표면들을 포함한다.

[0041] 본 발명의 다른 실시예에 따른 기관 처리 틀은 기관 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기관 처리 영역 내에 기관을 지지하도록 적응된 기관 지지체; 및 상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 1 UV 램프를 포함하고, 상기 제 1 UV 램프는 제 1 UV 방사선 소스 및 상기 제 1 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 제 1 반사기를 포함하고, 상기 제 1 반사기는 대향하는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널을 가지며, 상기 내측 반사 패널은 제 1 반사 표면을 갖고, 상기 외측 반사 패널은 상기 제 1 반사 표면에 비대칭인 제 2 반사 표면을 갖는다. 몇몇 실시예들은 상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 UV 방사선을 전달하도록 구성되는 제 2 UV 램프를 더 포함하고, 상기 제 2 UV 램프는 제 2 UV 방사선 소스 및 상기 제 2 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 제 2 반사기를 포함하며, 상기 제 2 반사기는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널에 대향하고, 상기 내측 반사 패널은 제 3 반사 표면을 가지며, 상기 외측 반사 패널은 상기 제 3 반사 표면에 비대칭인 제 4 반사 표면을 갖는다.

[0042] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기관 처리 틀은 기관 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기관 처리 영역내에 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 - 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함함 -; 상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되고 상기 기관 외부로의 광 손실을 감소시키도록 구성되는 2차 반사기 - 상기 2차 반사기는 내측 표면과 외측 표면을 갖고, 상기 내측 표면으로부터 상기 외측 표면으로 상기 반사기를 횡단하는 적어도 하나의 홀(hole)을 구비함 -; 및 상기 적어도 하나의 홀을 통해 전달되는 상기 UV 방사선 램프에 의해 생성되는 UV 방사선 광(UV radiation light)을 수신하도록 위치되는 광 검출기를 포함한다.

[0043] 본 발명의 다른 실시예에 따른 기관 처리 틀은 기관 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기관 처리 영역내에 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 - 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함함 -; 상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되고 상기 기관 외부로의 광 손실을 감소시키도록 구성되는 2차 반사기 - 상기 2차 반사기는 내측 표면과 외측 표면을 갖고, 상기 내측 표면으로부터 상기 외측 표면으로 상기 반사기를 횡단하는 적어도 하나의 홀을 구비함 -; 및 상기 적어도 하나의 홀을 통해 전달되는 상기 UV 방사선 램프에 의해 생성되는 UV 방사선 광을 수신하도록 위치되는 광 검출기를 포함한다.

[0044] 본 발명의 다른 실시예에 따른 기관 처리 틀은 기관 처리 영역을 규정하는 몸체; 상기 기관 처리 영역 내에서 기관을 지지하도록 적응되는 기관 지지체; 및 상기 기관 지지체로부터 이격되고, 상기 기관 지지체 상에 위치한 기관으로 자외 방사선을 생성하여 전달하도록 구성되는 자외(UV) 방사선 램프 - 상기 UV 방사선 램프는 UV 방사선 소스 및 상기 UV 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 1차 반사기를 포함하고, 상기 1차 반사기는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 가짐 -를 포함한다. 일 실시예에서, 상기 1차 반사기는 내측 반사 패널 및 외측 반사 패널을 포함하고, 그 각각은 적어도 하나의 포물형 섹션 및 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함하는 반사 표면을 갖는다.

[0045] 일 실시예에 따른 기관 위에 형성된 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법은, 기관 처리 챔버의 기관 지지체상의 기관상에 형성된 유전체 물질을 갖는 상기 기관을 배치하는 단계; 및 상기 기관 지지체로부터 이격된 자외 방사선 소스로부터의 자외 방사선에 상기 기관을 노출시키는 단계 -상기 노출시키는 단계 동안 상기 자외 방사선 소스 및/또는 기관 중 하나를 회전시킴- 를 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 상기 노출시키는 단계는 상기 노출 단계 동안의 상기 회전 동안에 실질적으로 균일한 방사 패턴을 생성하도록 결합되는 상보적인 고강도 영역 및

저장도 영역을 갖는 실질적인 원형 플러드 패턴을 생성하는 단계를 포함한다.

- [0046] 다른 실시예에 따른 기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법은, 기관 처리 챔버의 기관 지지체상의 기관상에 형성되는 유전체 물질을 갖는 상기 기관을 배치하는 단계; UV 소스 및 1차 반사기를 통해 실질적인 직사각형 플러드 패턴의 UV 방사선을 생성하고, 상기 1차 반사기와 상기 기관 지지체 사이에 위치되는 2차 반사기를 통해 상기 실질적인 직사각형 플러드 패턴을 실질적인 원형 플러드 패턴의 UV 방사선으로 재형상화함으로써, 상기 기관을 자외 방사선에 노출시키는 단계를 포함한다.
- [0047] 기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법은, 기관 처리 챔버의 기관 지지체상의 기관상에 형성되는 유전체 물질을 갖는 상기 기관을 배치하는 단계; 및 연장된(elongated) UV 소스를 통해 방사선을 생성하고, 상기 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸며 그리고 서로 비대칭인 제 1 및 제 2 반사 표면들을 통해 상기 UV 소스에 의해 생성되는 UV 방사선을 재지향시킴으로써, 상기 기관을 상기 UV 방사선에 노출시키는 단계를 포함한다. 또 다른 실시예에 따른 기관 위에 형성된 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법은, 기관 처리 챔버의 기관 지지체상의 기관 상에 형성되는 유전체 물질을 갖는 상기 기관을 배치하는 단계; 및 (i) 제 1 UV 소스와 제2 UV 소스로 방사선을 생성하는 단계 (ii)서로 비대칭이고 상기 기관의 제 1 하프(half)상에 UV 방사선을 집중시키도록 결합하는 제1 반사 표면과 제2 반사 표면을 이용하여 상기 제 1 UV 소스에 의해 생성된 UV 방사선을 재지향시키는 단계, 및 (iii) 상기 제 1 하프에 대향하는 기관의 제2 하프상에 상기 UV 방사선을 집중시키도록 결합하며 서로 비대칭인 제 3 반사기와 제 4 반사기를 이용하여 상기 제 2 UV 소스에 의해 생성된 UV 방사선을 재지향시키는 단계에 의해 상기 기관을 UV 방사선에 노출시키는 단계를 포함한다.
- [0048] 다른 실시예에 따른 기관 위에 형성되는 유전체 물질의 층을 경화시키는 방법은 기관 처리 챔버의 기관 지지체상의 기관 상에 형성되는 유전체 물질을 갖는 상기 기관을 배치하는 단계; 및 연장된 UV 소스를 통해 방사선을 생성하고, 상기 방사선 소스를 부분적으로 둘러싸는 대향한 제 1 및 제 2 반사 표면들을 통해 상기 UV 소스에 의해 생성되는 상기 UV 방사선을 재지향시킴으로써, 상기 기관을 상기 UV 방사선에 노출시키는 단계 - 상기 대향한 제 1 및 제 2 반사 표면들 중 적어도 하나는 적어도 하나의 포물형 섹션과 적어도 하나의 타원형 섹션을 포함함 -를 포함한다.
- [0049] 본 발명의 이러한 실시예들 및 다른 실시예들, 뿐만 아니라 그 장점과 특징들은 아래의 텍스트와 첨부한 도면과 함께 더욱 상세히 설명된다.
- [0050] 도 1은 실질적으로 직사각형인 노출 영역 위로 램프에 의해 생성되는 방사선의 방사 레벨을 설명적으로 도시하는 종래기술의 마이크로웨이브 UV 램프(10)의 사시도이다. 램프(10)는 하우징(housing, 14)안에 장착되어 있는 연장된 UV 벌브(12)를 포함한다. 하우징(14)은, UV 벌브(12)와 면하고 기관(20) 위의 플러드 패턴(flood pattern, 18) 안쪽으로 UV 방사선을 지향시키는 반사기(16)를 포함한다. 반사기(16)는 공명 캐비티(resonant cavity)안에 배치되며, 이는 반사기의 크기와 모양을 제한한다.
- [0051] 반사기(16)가 플러드 패턴(18) 안쪽에 이의 표면과 충돌하는 (선택된 과정의 범위 내의) 대부분의 방사선을 반사시키는 반면에, 일부 방사선은 반사기 표면을 탈출하고 패턴(18)의 경계 바깥쪽에 떨어진다(fall). 이러한 방사선의 예는 도 1에 방사선 경로(15)에 의해 도시된다. 플러드 패턴(18)의 안쪽과 바깥쪽 모두에 대한 램프(10)에 의해 생성되는 방사선의 강도는 도 1의 바닥부(22)에 개념적으로(간략화된 방법으로) 도시된다. 바닥부(22)에서 보이듯이, 램프(10)에 의해 생성된 UV 방사선의 강도는 플러드 패턴(18)의 경계 안에서 본질적으로(또는 매우 근접하게) 균일하다. 영역(18)의 바깥으로 떨어지는 일부 방사선의 양은, 라인(25)에서 도시되듯이 방사선 레벨이 0에 도달할 때까지 기울어진 라인(24)에 의해 도시되는 바와 같이 경계에서 멀어짐에 따라 감소한다.
- [0052] 램프(10)와 유사한 UV 램프 모듈들은 실질적으로 둥근 반도체 기관들의 위에 증착된 유전체 물질들을 경화하는데 사용되어왔다. 그러나 이러한 사용에 대한 한 가지 문제점은, 그 모양 때문에, 전체 반도체 기관을 노출시키기 위해서는, 램프(10)에 의해 생성되는 실질적으로 직사각형인 노출 패턴은 기관의 경계들의 바깥쪽에 있는 방사선의 특정한 양을 필수적으로 발생시킨다는 것이다.
- [0053] 이 문제는 상이한 웨이퍼에서 램프까지의 거리에 따른 방사 아웃라인을 도시하는 도 2에서 그래픽으로 도시한다. 도 2에서 도시되듯이, 만약 원형 기관(28)이 램프(10)에 상대적으로 가까이 위치되면(위치 A), 기관의 부분들(예를 들면, 부분들 28a)은 1차 방사 패턴(18)의 바깥에 떨어진다. UV 램프(10)로부터 더 멀리 기관을 움직이는 것은(위치 B) 방사 패턴 안으로 전체 기관이 속하게 야기할 수는 있으나, 기관의 경계 바깥쪽에 떨어지는 제 1 방사 패턴의 방사선의 상당한 부분을 또한 야기할 것이다.

- [0054] 이러한 사용의 다른 문제는, 심지어 경계(18)의 가장자리(edge)가 기관의 외측 가장자리와 일치하더라도, 기울어진 라인(24)(도 1)에 대응하는 방사선은 기관의 경계 바깥쪽에 또한 떨어질 것이라는 점이다. 일반적으로 실질적으로 원형인 반도체 기관의 표면 위로 균일한 UV 방사선이 가능한 많이 집중되는 것이 바람직하다. 종래 기술의 램프에 관계된 상기 설명한 문제들은 이러한 이상적인 노출과 반대가 된다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따라서 도 3은 기관에 분배된 에너지의 강도를 증가시키기 위해 설계된 2차 반사기(40)를 포함하는 UV 램프 모듈(30)의 단면사시도이다. 램프 모듈(30)은 또한 UV 램프(32)(예를 들면, 높은 전력의 수은 마이크로웨이브 램프)를 포함하며, 이는 1차 반사기(36)에 의해 부분적으로 둘러싸인 연장된 UV 벌브(34)를 갖는다. 도 3에서 도시된 것과 같이, 2차 반사기(40)는 UV 램프(32)와 반도체 기관(50)의 사이에 위치된다. 반사기의 아래쪽 가장자리는 기관의 지름 보다 더 작은 지름을 가지며, 따라서 램프의 방향에서 볼 때 기관의 바깥쪽 지름과 2차 반사기 사이의 광학적 갭(gap)은 없다.
- [0056] UV 투명 윈도우(48)(예를 들면 석영 윈도우)는 램프(32)와 기관(50)의 사이에 위치되고, 2차 반사기의 바닥과 UV 투명 윈도우 사이에 존재하는 작은 갭은 2차 반사기 주변에 공기가 흐르도록 허용한다. 일 실시예에서 UV 방사선에 노출되는 기관(50)의 윗 표면과 2차 반사기(40)의 바닥 사이의 거리는 윈도우(48)의 두께를 포함하여 약 1.5 인치이다. 기관 지름과 비교할 때, 아래쪽 반사기 가장자리의 더 작은 지름으로 인해, 기관에 대한 광의 손실은 간격(spacing)에도 불구하고 최소가 된다.
- [0057] 2차 반사기는, 이것이 없으면 1차 반사기의 플러드 패턴의 경계 바깥으로 떨어질, UV 방사선(예를 들면 도 1의 방사선(15))을 반사하는 채널링 효과(channeling effect)를 가지며, 따라서 이러한 방사선은 취급되고 있는 기관위에 충돌하여, 기관에 분배되는 에너지 강도를 증가시킨다. 도 4에 도시된 것과 같이, 2차 반사기(40)는 UV 램프(32)의 플러드 패턴을 실질적으로 직사각형인 영역(예를 들면, 도 1에서 도시된 것과 같음)으로부터, 노출되고 있는 실질적으로 원형인 반도체 기관에 일치하는 실질적으로 원형 모양(49)으로 변경시킨다.
- [0058] 이제 도 3 및 도 5-이는 도 3에서 도시된 2차 반사기(40)의 평면사시도임-모두를 참조하면, 2차 반사기는 상부(41)와 하부(42)를 포함하며, 이 둘은 반사기(40)의 내부 둘레를 빙 둘러싸서 연장하는 정점(43)에서 만난다. 상부(41)는 램프의 차가운 공기를 방해 없이 흐를 수 있도록 허용하는 반원의 컷-아웃부(cut-out; 46)를 포함한다. 상부(41)는 또한 두 개의 대향하는, 일반적으로 (위에서부터) 안쪽으로 기울어진 종방향 표면들(41a) 및 두 개의 대향하는 횡방향 표면들(41b)을 포함한다. 횡방향 표면들(41b)은 일반적으로 수직이고, 횡방향을 따라 볼록한(convex) 표면을 갖는다. 종방향 표면들(41a)은 일반적으로 종방향을 따라 오목(concave)하다.
- [0059] 상부(41)의 바로 아래에 위치한 하부(42)는 (위에서부터) 두 개의 대향하고 일반적으로 바깥쪽으로 기울어진 표면들(42a)과 두 개의 대향하고 일반적으로 바깥쪽으로 기울어진 횡방향 표면들(42b)을 포함한다. 도 3 과 5에서 도시된 실시예에서, 표면들(42b)은 표면들(42a)보다 (수직에 대하여) 감소된 각으로 존재한다. 종방향 표면들(42a)은 일반적으로 종방향을 따라 오목하고, 반면에 표면들(42b)(표면(42a)의 하부와 표면(42b)의 하부가 만나는 코너들(44)에 현저한 예외가 존재함)은 일반적으로 횡방향을 따라 볼록하다.
- [0060] 도 3과 5로부터 분명한 것처럼, 2차 반사기(40)는 특정 UV 방사선 소스와 1차 반사기에 맞추어질 수 있는 복잡한 모양을 나타낸다. 또한 2차 반사기(40)도 (1차 반사기들(36)이 사용되면 이와 결합하여) 애플리케이션의 요구들에 따라서 특정 방사 프로파일과 균일성 레벨들에 맞추어질 수 있다. 예를 들면, 몇몇 실시예들에서 반사기(40)는 가운데가 높은 히터 열 프로파일(heater thermal profile)을 보상하기 위해서, 가장자리가 높은 방사 프로파일을 생성하도록 설계될 수 있다.
- [0061] 또한, 2차 반사기(40)는 일반적으로 하기 설명처럼 고정(stationary) 또는 회전 램프에 사용되는지에 따라 상이한 방사 패턴들을 생성시키도록 설계될 것이다.
- [0062] 본 발명자는 람다 리서치 코퍼레이션(Lambda Research Corporation)에서 상업적으로 이용가능한 몬테 카를로(Monte Carlo) 광선추적(raytracing) 시뮬레이션 프로그램 TracePro를 이용하여 도 3 및 도 5에 도시된 실시예를 설계하였다. 본 발명자들은 방사선 소스에서 생성된 백만 개의 광선(ray)들을 시뮬레이팅한 반복적인 처리를 이용하여 2차 반사기에 대한 최종의 최적화된 설계에 도달하였다. 당업자는 특정 UV 방사선 소스와 1차 반사기 쌍(paring)에 적절한 특정 2차 반사기를 유도하기 위해 다양한 여러 시뮬레이션 프로그램들 및 다른 기술들이 이용될 수 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0063] 일 실시예에서 2차 반사기(40)는 4개의 독립된 머시닝 알루미늄 피스들(40a, 40b, 40c, 40d)로 제조되고 피스들(40a, 40c)의 내측 표면들은 대향 표면들(41a)과대향 표면들(42a)을 규정하고 피스들(40b, 40d)의 내측 표면들은 대향 표면들(41b)과 대향 표면들(42b)을 규정한다. 각각의 표면들(41a, 41b, 42a, 42b)은 바람직하게는 광



학적으로 매끄러운 마감부(finish)를 포함하고, 1차 반사기와 관련하여 하기 설명과 유사한 이색성(dichroic) 코팅부로 광학적으로 코팅될 수 있다. 다른 실시예들에서 2차 반사기(40)는 4개의 피스들보다 많거나 적게 형성될 수 있으며 몇몇 실시예들에서 2차 반사기(40)는 단일 블록의 물질로부터 머시닝될 수 있다. 또 다른 실시예에서 2차 반사기(40)는 이색성 코팅부로 코팅된 내측 반사 표면들을 갖는 석영으로 만들어진다.

[0064] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 UV 방사선에 대한 여러 반사 경로들을 보여주는 UV 램프 모듈(30)의 횡단 축을 따른 간략한 단면 예이다. 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 UV 방사선을 위한 추가 반사 경로들을 예시하는 UV 램프 모듈(30)의 종축을 따른 간략한 단면 예이다. 도 6a와 6b에 도시된 것처럼, 2차 반사기(40)는 벌브(bulb)(34)에 의해 생성된 모든 UV 방사선이 실질적으로 UV 램프 모듈 아래에 위치한 기관(50)을 향해 지향되게 하고 기관(50)상에 충돌하게 한다. 몇몇 실시예들에서 용이한 설명을 위해 도 6a 또는 6b 어디에도 도시되지 않은 석영 윈도우 또는 유사한 UV 투명 윈도우가 도 3과 관련하여 상기 설명한 것처럼 모듈(30)의 하부면과 기관(50) 사이에 존재할 수 있다.

[0065] 도 6a는 세 개의 상이한 예시적인 경로들: 1차 반사기(36) 또는 2차 반사기(40) 중 하나로부터 반사되지 않고 직접 기관(50)에 충돌하는 경로(45a), 2차 반사기(40)의 상부(41a)에서 반사된 후에 기관(50)에 충돌하는 경로(45b) 및 반사기(40)의 하부(42a)에서 반사된 후에 기관(50)에 충돌하는 경로(45c) 중 하나에 의해 기관(50)상에 충돌하는 램프(34)로부터의 방사선을 도시한다. 도 6b는 여러 추가의 예시적인 경로들: 1차 반사기(36) 또는 2차 반사기(40) 중 하나에서 반사되지 않고 직접 기관(50)에 충돌하는 제 2 경로(45a), 2차 반사기(40)의 상부(41b)에서 반사된 후에 기관(50)에 충돌하는 경로(45d) 및 반사기(40)의 하부(42b)에서 반사된 후에 기관(50)에 충돌하는 경로(45e) 중 하나에 의해 기관(50)상에 충돌하는 램프(34)로부터의 방사선을 도시한다. 도 6a 및 6b에 도시된 경로들(45a 내지 45e)은 단지 예시적인 경로일 뿐이고, 예컨대 부분(40a)과 부분(40d)이 교차하는 코너(corner) 부근 영역에서 방사선이 먼저 상부(41)와 접촉하는 경우에서처럼 방사선이 2차 반사기의 다수의 포인트에서 반사되는 비교적 복잡한 몇몇 경로들을 포함한 다른 많은 반사 경로들이 2차 반사기(40)에서 생성될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0066] 도 3을 다시 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예들에서 이용되는 2차 반사기는 다수의 상이한 UV 램프들 중 어느 것과도 함께 이용될 수 있다. 도 3에 예시된 실시예에서, UV 램프(32)는 단일 연장된 UV 벌브(34), 및 벌브(34)로부터 이격된 대향하고 면하는 배향(orientation)으로 위치되는 한 쌍의 내부 반사 패널(36)을 포함한다. 각각의 반사 패널(36)은 UV 벌브의 길이를 따라 종방향으로 연장하고, 광학적으로 매끄러운 마감부를 갖는 오목한 내측 표면을 포함한다. 도 3은 용이한 설명을 위해 한 쌍의 독립되고 접촉되지 않은 패널들로서의 패널들(36)을 도시하지만, 본 발명의 실시예들은 이들에 제한되지 않는다는 것에 주목하라. 몇몇 실시예들에서, 반사기 패널들(36)은 벌브를 가로지르는 공기 유동을 허용하기 위해, 벌브(34) 위의 홀들 또는 애퍼처(aperture)들을 포함할 수 있는 단일 U자형 컴포넌트처럼 연결된다.

[0067] 반사 패널들(36)은 램프를 가로지른 방사 프로파일에 영향을 주고, 직사 광의 불균일을 보상하도록 설계된다(램프를 따른 방사는 램프의 중심으로부터의 거리의 함수임). 단일 UV 램프(32)가 기관을 방사하는데 사용되는 일 실시예에서, 반사 패널들(36)의 쌍은 대향하는 대칭 반사 표면들을 갖는다. 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 예를 들어 두 개 이상의 UV 램프들(32)이 기관을 방사하는데 사용되는 경우, 개별 UV 램프들의 반사 패널들(36)의 비대칭 쌍들은 하기에 보다 완전히 설명되는 것처럼 사용된다. 반사 패널들(36)은 타원형 또는 포물형 반사기들 중 하나일 수 있거나 또는 타원형과 포물형 반사부들 모두의 조합을 포함할 수 있다. 본 발명자들은 타원형 반사기들이 동일한 폭의 광 빔에 대해 포물형 반사기들보다 더 적은 공명 캐비티(cavity)로 맞춰질(fit) 수 있고, 또한 포물형 반사기들과 비교될 때 우수한 광 균일성을 달성할 수 있다는 것을 발견하였다. 또한 본 발명자들은 그러나, 타원형 및 포물형 섹션들 모두를 갖는 반사 패널들이, 하기에서 보다 완전히 설명되는 것처럼 특정 목적들의 애플리케이션들로 재단된(tailor) 반사 패널들을 생성할 때 가장 큰 가요성을 허용한다는 것을 발견하였다.

[0068] 본 명세서에 사용된 것처럼, 타원형 반사기는 실제(true) 또는 완벽한 타원 모양을 가질 필요는 없다. 대신에, 분명하게(clearly) 규정된 초점을 갖지 않는 부분적인 또는 반타원 모양을 갖는 반사기도 또한 타원형 반사기로 지칭된다. 유사하게, 포물형 반사기는 실제로 또는 완벽한 포물형 모양을 가질 필요는 없다. 대신에, 정확하게 평행하지 않은 광선들을 반사하는 부분적인 또는 반포물형 모양을 갖는 반사기도 또한 포물형 반사기로 지칭된다.

[0069] 다시 도 3을 참조하면, 각각의 반사기 패널(36)의 내부 표면은 이색성 코팅부로 코팅된 주조(cast) 석영 라이닝에 의해 규정된다. 석영 라이닝은 UV 벌브(34)로부터 방출된 UV 방사선을 반사한다. 이색성 코팅부는 손상을

주는 열-생성 적외 방사선 모두를 반사하지 않는 교대하여(alternating) 고 반사율 및 저 반사율을 갖는 다양한 유전체 물질들로 구성된 주기적인 다층 막을 포함한다. 따라서, 반사기 패널들(36)은 콜드 미러(cold mirror)로서 기능한다. 본 발명에 사용하기에 적합한 UV 램프(32)는 예컨대 메틸랜드, 스티븐슨에 있는 Miltec UV 또는 오하이오, 웨스트레이크에 있는 Nordson Corporation으로부터 상업적으로 구입될 수 있다. 일 실시예에서, UV 램프(32)는 Miltec의 단일 연장된 UV H+ 벌브를 포함한다. 다른 실시예들에서, UV 램프(32)는 두 개 이상의 독립된 연장된 벌브들, 임의의 어레이의 UV 벌브들 또는 다른 구성으로 형성되는 연장된 UV 소스를 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예들은 특정 UV 램프 또는 벌브 타입으로 제한되지 않는다.

[0070] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 반사 패널들(36)은 (2차 반사기가 이용되는 경우 2차 반사기(40)와 관련하여) 특정 애플리케이션으로 재단되는 방사 패턴을 생성하도록 설계된다. 예컨대, 가공 처리 동안 기관에 대해 UV 램프를 회전시키는 애플리케이션에서, 반사 패널들(36)은 상보적인 고강도 영역 및 저강도 영역을 갖는 방사 프로파일을 생성하여 기관이 회전되는 경우 상보적인 영역들이 서로 보상되어 원하는 균일한 방사 노출을 만들도록 설계될 수 있으며, 이는 도 11a-11d와 관련하여 설명된다. 다른 애플리케이션들은 개선된 균일성을 갖는 최종 경화된 막을 생성하기 위해 비소 증착(as-deposited) 막에서 비균일한 특성들을 보상하는 노출 패턴(exposure pattern)을 사용할 수 있다. 예컨대, 비소 증착 막이 중심에서 두꺼운 (즉, 기관 중심에서 기관의 주변부의 두께보다 두꺼운 두께를 갖는 막) 애플리케이션에서, 반사 패널들(36)은 보다 큰 증착 영역에 대응하여 기관의 중심에서 더 높은 강도를 갖는 방사 패턴을 생성하도록 재단될 수 있다. 유사하게, 증착된 막의 특정 영역이 다른 영역들보다 휘발성의 불안정 종을 많이 갖는 것으로 알려진 애플리케이션에서, 반사 패널들은 보다 큰 불안정 종들에 대응하여 기관의 영역(들)에서 더 높은 강도를 갖는 방사 패턴을 생성하도록 재단될 수 있다.

[0071] 타원형 반사기 패널들(36)을 이용하는 하나의 특정 실시예에서, 패널들(36)의 내부 표면들의 프로파일은 UV 벌브(34)로부터 방출된 광선들을, 각각의 각도 섹션이 벌브(34)에서 방출된 동일한 양의 에너지를 나타내는 공명 캐비티에 의해 지시된 공간 내의 동일한 각도 섹션으로 분할함으로써 생성된다. 이러한 실시예는 타원형 반사기(36)의 반사기 섹션들(36a-36k)이 도시된 도 7a에 예시되어 있다. 섹션(36a)은 UV 방사선을 기관의 중심을 향해 반사하도록 설계된다. 그 후 각각의 연속적인 섹션(36b-36k)은 섹션들(36a-36k)이 기관(50)의 각각의 부분들(50a-50k)로 UV 방사선을 재지향시키도록 도시된 도 7b에 예시된 것처럼 이전 섹션의 바로 외부로 UV 방사선을 반사시키도록 설계된다. 각각의 간격(interval)(50a-50k)의 길이는 램프와 기관 사이의 거리, 광선 입사각, 직사 광 프로파일 및 반사계수의 함수이다. 도 7a와 7b에 도시된 것처럼 매끄럽고 연속적인 타원형 프로파일은 반사기 표면의 불완전함과 반사기 정렬 정확도에 덜 민감하다. 도 7a와 7b가 11개의 상이한 섹션들로 분할된 반사기 패널(36)을 도시하지만, 본 발명의 일 실시예는 패널(36)을 40개의 동일한 각도 섹션들로 분할한다.

[0072] 또 다른 실시예에서, 각각의 반사기(36)는 하나 이상의 포물형 모양의 섹션들 및 하나 이상의 타원형 모양의 섹션들을 포함한다. 도 7c는 이러한 조합된 포물형 및 타원형 반사기(136)를 도시한다. UV 램프(32)는 연장된 벌브(34) 주위에 배열된 내측 및 외측 타원형 반사기들(136)을 포함할 수 있다. 또한, 내측 및 외측 반사기들(136)은 특정 애플리케이션에 대해 방사 프로파일을 보다 특별하게 재단하기 위해 비대칭적으로 형상화될 수 있다.

[0073] 도 7c는 도면의 좌측부에서 반사기(136)의 사시도, 중간부에서 반사기(136)의 단면도 및 가장 오른쪽에서 반사기(136)의 A1 및 A2 부분의 분해단면도를 포함한다. 도 7c에 도시된 것처럼, 반사기(136)는 A2 부분의 분해도에 도시된 것처럼 파형 유사 표면을 형성하는 단일 포물형 섹션(136a)과 다수의 타원형 섹션들(136b, 136c, 136d)을 포함한다. 포물형 섹션(136a)은 도 7d에 도시된 것처럼 기관(50) 상의 선택된 영역으로 방사선을 반사한다. 타원형 섹션들(136b-136d)은 도 7e에 도시된 것처럼 기관(50)의 상이한 선택 영역으로 방사선을 반사한다(직사 광선들은 간략화를 위해 도 7d 또는 7e중 어느 하나에도 도시되지 않았음에 주의하라). 기관(50) 상에 고강도와 훨씬 높은 균일한 노출을 제공하는 패턴을 생성하기 위해 UV 램프 모듈 및/또는 기관이 경화 처리 동안 회전하는지 아닌지 여부를 고려하여 각각의 반사기(136)는 UV 벌브들(34)과 2차 반사기(40)를 조합하여 설계된다. 다른 실시예들은 반사기(136)의 개수와 상이한 개수의 포물형 및/또는 타원형 반사기 섹션들을 포함할 수 있다.

[0074] 도 8은 본 발명의 실시예들이 통합될 수 있는 반도체 처리 시스템(100)의 간략한 평면도이다. 시스템(100)은 캘리포니아, 산타 클라라에 있는 어플라이드 머티어리얼스 사로부터 상업적으로 이용가능한 Producer<sup>TM</sup> 처리 시스템의 일 실시예를 도시한다. 처리 시스템(100)은 메인프레임 구조물(101) 상에서 지지되는 필수 처리 유틸리티들을 갖는 자체-포함(self-contained) 시스템이다. 처리 시스템(100)은 일반적으로, 기관 카세트들(109)이

지지되고, 기관들이 로드락 챔버(112)로 로딩되고, 로드락 챔버(112)로부터 언로딩되는 프론트 엔드(front end) 스테이징 영역(102), 기관 핸들러(113)를 하우징하는 이송 챔버(111), 이송 챔버(111)상에 장착된 일련의 탠덤 처리 챔버들(106) 및 가스 패널(103) 및 전력 분산 패널(105)과 같은 시스템(100) 동작을 위해 필요한 지원 유틸리티들을 하우징하는 백 엔드(back end; 138)를 포함한다.

[0075] 각각의 탠덤 처리 챔버들(106)은 기관들을 처리하기 위한 두 개의 처리 영역들을 포함한다(도 13 참조). 두 개의 처리 영역들은 가스들의 공통 공급부, 공통 압력 제어부 및 공통 처리 가스 배출/펌핑 시스템을 공유한다. 시스템의 모듈형 설계는 임의의 일 구성으로부터 임의의 다른 구성으로 빠른 변환을 가능하게 한다. 챔버의 배열 및 조합은 특정 처리 단계들을 수행하기 위해 바뀔 수 있다. 임의의 탠덤 처리 챔버들(106)은 기관 상의 로우 K 물질의 경화 처리 및/또는 챔버 세정 처리에 사용하기 위한 하나 이상의 자외선(UV) 램프들을 포함하는, 하기 설명과 같은 본 발명의 양상들에 따른 리드(lid)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 세 개의 탠덤 처리 챔버들(106) 모두는 UV 램프들을 가지며, 최대 수율을 위해 병렬적으로 운영(run)하기 위해 UV 경화 챔버들로서 구성된다.

[0076] 모든 탠덤 처리 챔버들(106)이 UV 경화 챔버들로서 구성되지 않는 대안적인 실시예에서, 시스템(100)은, 화학 기상 증착(CVD), 물리 기상 증착(PVD), 에칭 등과 같은 다양한 다른 공지된 처리들을 수용하도록 알려진 것처럼 지원 챔버 하드웨어를 갖는 하나 이상의 탠덤 처리 챔버들로 적응될 수 있다. 예컨대, 시스템(100)은 탠덤 처리 챔버(106) 및 기관들 상에 낮은 유전상수(K) 막과 같은 물질들을 증착하기 위한 CVD 챔버 중 하나와 함께 구성될 수 있다. 이러한 구성은 연구 및 개발 제조 활용을 최대화시킬 수 있고 필요한 경우 비소 증착 막을 대기에 노출시키는 것을 제거할 수 있다.

[0077] 도 9는 UV 경화를 위해 구성된 도 8에 도시된 탠덤 처리 챔버(106)들 중 하나의 간략화된 사시도이다. 탠덤 처리 챔버(106)는 몸체(200) 및 몸체(200)에 힌지(hinge)될 수 있는 리드(202)를 포함한다. 리드(200)는 두 개의 하우징들(204)에 결합되고, 각각의 하우징들(204)은 하우징들(204)의 내부를 통해 냉각 공기를 통과시키기 위한 배출구(outlet)들(208)과 함께 유입구들(206)을 포함한다. 냉각 공기는 실온 또는 대략 섭씨 22도에 있을 수 있다. 중앙의 가압된 공기 소스(미도시)는 충분한 공기 유속(flow rate)을 유입구들(206)에 제공하여 별브들을 위한 관련된 전력 소스들 및/또는 임의의 UV 램프 별브들의 적절한 동작을 보장한다. 배출구(208)들은 하우징들(204)로부터의 배출 공기를 수용하고, 배출 공기는 별브 선택에 따라 UV 별브들에 의해 생성된 오존을 잠재적으로 제거하기 위해 스크러버(scrubber)를 포함할 수 있는 공통 배출 시스템(미도시)에 의해 수집된다. 오존 관리 문제들은 무산소 냉각 가스(예컨대, 질소, 아르곤 또는 헬륨)를 이용하여 램프를 냉각시킴으로써 방지될 수 있다. 탠덤 처리 챔버(106)와 함께 사용될 수 있는 냉각 모듈의 세부사항들은 본 출원의 양수인인 어플라이드 머티어리얼스 사에 양도된 2006년 11월 3일자로 출원된 "Nitrogen Enriched Cooling Air Module for UV Curing System"이란 제목의 미국특허출원 제11/556,642호에서 찾을 수 있다. 상기 제11/556,642호 출원은 본원에 그 전체가 참조로서 통합된다.

[0078] 각각의 하우징(204)은 램프(32)와 같은 UV 램프가 배치되는 상부 하우징(210), 및 2차 반사기(40)가 배치되는 하부 하우징(214)을 포함한다. 본 발명의 몇몇 실시예들은 모터(미도시)에 결과적으로 동작가능하게 결합되는 스피들(spindle)(216)과 디스크를 결합시키는 해당 벨트(도 9에서는 미도시)를 보유하는(grip) 다수의 치형부(teeth)(212a)를 갖는 디스크(212)를 더 포함한다. 디스크들(212), 벨트들, 스피들(216) 및 모터의 조합은 상부 하우징들(210)(및 상부 하우징 내에 장착된 UV 램프들)이 리드(lid)(202) 아래의 기관 지지체 상에 위치되는 기관에 대해 회전하게 허용한다.

[0079] 반사기(40) 및 디스크(212)의 사시도를 위로 본 도 10에 도시된 것처럼, 각각의 2차 반사기(40)는 스크류(screw) 홀들(218)(또한 도 2b에 도시됨)을 통해 부분들(parts; 40s, 40c)의 외측 표면에 장착되는 브래킷(bracket)들(220)에 의해 각각의 디스크(212)의 바닥부에 부착된다. 이는 2차 반사기가 상부 하우징 및 UV 램프들과 함께 하부 하우징(214) 내에서 회전하게 허용한다. 노출되는 기관에 대한 UV 램프의 회전은 기관 표면에 걸친 노출 균일성을 강화시킨다. 일 실시예에서, UV 램프는 노출되는 기관에 대해 적어도 180도 회전될 수 있다. 다른 실시예들에서, UV 램프는 270도, 전체 360도 이상 회전될 수 있다.

[0080] 앞서 개시된 바와 같이, 몇몇 실시예들에서, 1차 및 2차 반사기들은 회전하는 동안 서로를 보상하는 높고 낮은 방사 영역들을 생성하여 이에 의해 균일한 방사 패턴을 제공하도록 설계된다. 예를 들어, 도 11a는 본 발명의 일 실시예에 따른 UV 램프 모듈(30)의 방사를 그래픽으로 나타낸다. 본 실시예에서, UV 램프, 1차 반사기 및 2차 반사기는 모듈(30)에 의해 생성된 플러드(flood) 패턴의 외측 주변부들의 대향 단부들을 따라 상대적으로 더 높은 강도(약  $950-1100 \text{ W/m}^2$ )의 영역들(66)과 상대적으로 더 낮은 강도(대략적으로  $500-700 \text{ W/m}^2$ )의 영역들(68)



을 포함하는 방사 패턴을 생성하도록 조합된다. 비교적 중간 강도(약  $800-900\text{W/m}^2$ )의 큰 영역(67)은 노출되는 기관의 대부분의 영역에 걸쳐 분포된다. 더 높은 강도 영역들(66)은 더 낮은 강도 영역들(68)과 실질적으로 동일한 환경 영역으로 위치되며 원형 플러드 패턴 내에 형성된 가상(imaginary) 스퀘어의 각각의 코너들에서 위치된다고 말할 수 있다.

[0081] 도 11b는 수평축(69)과 수직축(70) 모두를 따른 도 11a에 도시된 실제 방사선 레벨을 나타낸다. 도 11b는 환경 영역(71) 내에 있는 영역들(67, 68)의 상호보완(complimentary) 효과를 도시하며, 또한 기관의 중심 영역의 여러 축을 따른 방사 변화가 기관 주변부를 따른 변화와 비교할 때 크게 감소된다는 것을 도시한다.

[0082] UV 램프 모듈(30)이 적절히 회전될 때, 도 11a에 도시된 상대적으로 낮은 방사 영역 및 높은 방사 영역은 대부분의 기관이 경험하는 영역(67)에 해당하는 중간 방사 레벨에 가깝게 평균화된다. 도 11c는 본 발명의 실시예에 따른 UV 노출 동안 180도 회전되는 경우 도 11a의 방사 패턴을 그래프로 도시하는 반면, 도 11d는 축(86)을 따라 도 11c에 도시된 실제 방사 레벨들을 도시한다. 도 11c 및 도 11d에 도시된 데이터는, 도 11c 및 도 11d에서 측정된 노출의 기간 동안 UV 램프가 180도 회전되었다는 것을 제외하고, 도 11a 및 도 11b에서 행해진 것과 동일한 조건들 하에서 기관을 UV 방사에 노출한 후 수집되었다. 도 11c 및 도 11d로부터 분명한 것처럼, 노출 동안 UV 램프를 회전시키는 것은 기관 전체 표면에 걸친 실질적으로 균일한 방사 레벨에 기관을 노출시키는 것을 결과하였다.

[0083] 다수의 상이한 기술들이 기관에 대해 UV 램프 모듈을 회전시키는데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 기관이 회전하는 기관 지지체 상에 배치되는 동안 UV 램프는 고정된 위치에서 유지될 수 있다. 다른 실시예들에서, 기관이 고정상태를 유지하는 동안 UV 램프는 회전할 수 있으며, 또 다른 실시예에서 UV 램프 및 기관 모두는 예를 들어 반대 방향으로 회전될 수 있다.

[0084] 도 12a는 도 9에 도시된 디스크들(212)과 유사한 2개의 디스크들(250a, 250b)을 나타내는, 하나의 특정 실시예를 도시한다. 벨트들(252a, 252b)은 각각의 개별 디스크(250a, 250b) 및 스핀들(254)에 동작가능하게 결합된다. 도 12a에 도시되지 않았지만, 벨트(252a)는 벨트(252b)와 상이한 수직 평면에서 스핀들(254) 상에 위치될 것이다. 예를 들어, 스핀들(254)은 하나 위에 다른 하나가 놓여지는 2 개의 그로브(grove)들을 포함할 수 있고, 이를 통해 각각의 개별적인 벨트가 작동된다. 유사하게, 각각의 디스크들(250a, 250b)은 벨트를 작동하기 위해 디스크 주변부 둘레의 그로브를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 디스크들(250a, 250b) 및 스핀들(254)은 각각의 외측 주변부 둘레에 다수의 치형부를 포함하고, 이는 도 9에 도시된 것처럼 벨트들(252a, 252b) 상에 형성된 다수의 치형부에 부합한다. 또한 도 12a에는 벨트들 상에서의 적절한 장력(tension)을 유지하게 돕는 가이드들(256a-256d)이 도시된다. 도 12a에 도시된 단일 스핀들(254)은 동일한 모터에 의해 디스크들(250a, 250b)이 모두 회전되게 허용한다. UV 램프들 및 2차 반사기들은 도 10과 관련하여 설명된 디스크들(250a, 250b)에 부착될 수 있다. 도시를 용이하게 하기 위해, 디스크들(250a, 250b)은 단일의 솔리드 디스크로서 도시되었으며, 실시예들의 실제 사용에서, 디스크들은 UV 램프와 기관 사이에 위치되며, 디스크들은 UV 방사선이 UV 램프로부터 기관으로 디스크를 통해 통과하도록 허용하는 윈도우 또는 개구부(미도시)를 가질 수 있다는 것에 주목하라. 디스크들 또는 유사한 구동 메커니즘들이 UV 램프 위에 위치되는 실시예들에서, 이러한 윈도우들은 필요하지 않다.

[0085] 도 12b는 디스크들(250a, 250b) 각각의 개별적 회전을 위해 전용되는 분리된 스핀들(254a, 254b)을 이용하는 또 다른 배열을 나타낸다. 각각의 스핀들이 분리된 모터에 동작가능하게 결합된다면, 이러한 배열은 디스크들로 하여금 서로 독립적으로 회전할 수 있게 하고, 이는 예를 들어, 처리 요구조건들이 각각의 디스크들(250a, 250b)과 연관된 UV 램프들에 의해 서빙(serve)되는 챔버들 내에서의 상이한 경화 시간 또는 회전 속도를 요구할 경우 유용할 수 있다. 도 12c는 단일의 벨트(252)가 단일의 스핀들(254c)에 의해 구동되는 각각의 디스크들(250a, 250b)의 주변부 둘레에서 루프를 형성하는(loops), 또 다른 실시예를 도시한다. 도 12a-12c는 기관에 대해 UV 램프의 회전을 초래하기 위한 3개의 특정한 배열을 나타내지만, 당업자는 다양한 다른 배열들이 이용될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 당업자는 도 12a-12c에 도시된 각각의 배열들은, 도 8에서의 챔버(106)와 같은, 탠덤 처리 챔버와 연관된 UV 램프를 회전시키기에 적합하다는 것을 인식할 것이다. 본 발명의 다른 실시예들은 단일의 챔버 툴(tool)에 대해 단일의 UV 램프를 회전시키는 모터 구동 시스템들을 이용한다.

[0086] 이제 도 13에 대한 참조가 이루어지며, 도 13은 도 8에 도시된 탠덤 처리 챔버(106)의 간략화된 단면도(우측 챔버의 상부 제외)이다. 도 13은 리드(202)와 하우징들(204)을 갖는 탠덤 처리 챔버(206)의 부분 단면도를 도시한다. 각각의 하우징들(204)은 몸체(200) 내부에 규정된 2개의 처리 영역들(300) 위에 개별적으로 배치된 2개의 UV 램프 벌브들(302) 개별적인 하나를 커버한다. 각각의 처리 영역들(300)은 UV 노출 처리 동안 처리 영

역들(300) 내에서 기관(308)을 지지하는 가열된 페테스탈(306)을 포함한다. 페테스탈들(306)은 알루미늄과 같은 금속 또는 세라믹으로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 페테스탈들(306)은 몸체(200)의 바닥부(bottom)를 통해 연장되며 처리 영역들(300)에 있는 페테스탈들(306)을 UV 램프 벌브들(302)을 향해 그리고 UV 램프 벌브들(302)로부터 이동시키기 위한 구동 시스템들(312)에 의해 동작하는 스템(stem)들(310)에 결합한다. 몇몇 실시예들에서, 구동 시스템들(312)은 기관 조명(illumination)의 균일성을 보다 강화시키기 위해 경화 동안 페테스탈들(306)을 회전 및/또는 이동시킬 수 있다. 페테스탈들(306)의 조절가능한 위치설정은 초점 길이와 같은 광 전달 시스템 설계 고려사항의 특성에 따른 기관(308) 상에 입사하는 UV 방사 레벨들의 잠재적 미세한 조절 이외에, 휘발성 경화 부산물 및 정화 및 세정 가스 유동 패턴들 및 잔류 시간의 제어를 가능케 한다.

[0087] 일반적으로, 본 발명의 실시예들은 수은 마이크로파 아크 램프들, 펄스형 크세논 플래시 램프들 또는 고효율 UV 광 방출 다이오드 어레이들과 같은 임의의 UV 소스를 고려한다. UV 램프 벌브들(302)은 전력 소스들(미도시)에 의한 여기(excitation)를 위한 크세논(Xe) 또는 수은(Hg)과 같은 하나 이상의 가스들로 채워진 밀봉된 플라즈마 벌브들이다. 바람직하게는, 전력 소스들은 마그네트론들의 필라멘트들에 에너지가 공급되도록(energize) 하나 이상의 마그네트론들(미도시) 및 하나 이상의 트랜스포머들(미도시)을 포함할 수 있는 마이크로파 발생기들이다. 킬로와트 마이크로파(MW) 전력 소스들을 가지는 일 실시예에서, 하우징들(204) 각각은 벌브들(302) 각각으로부터 최대 약 100W의 UV 광이 순차적으로 생성되도록 전력 소스들로부터 최대 약 6000W의 마이크로파 전력을 수용하기 위해 전력 소스들에 인접한 애퍼처를 포함한다. 또 다른 실시예에서, UV 램프 벌브들(302)은 그 내부에 전극 또는 필라멘트를 포함할 수 있고, 이에 따라 전력 소스들은 전극에 대해 직류(DC) 또는 펄스형 DC와 같은 회로 및/또는 전류 공급원들을 나타낸다.

[0088] 몇몇 실시예들에 대한 전력 소스들은 UV 램프 벌브들(302) 내에서 가스들의 여기를 가능케하는 무선 주파수(RF) 에너지 소스들을 포함할 수 있다. 벌브에서 RF 여기의 구성은 용량성 또는 유도성일 수 있다. 유도성으로 결합된 플라즈마(inductively coupled plasma; ICP) 벌브는 용량성으로 결합된 방전을 이용한 것보다 더욱 조밀한(denser) 플라즈마의 생성에 의해 벌브 광휘도(brilliance)를 효율적으로 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 또한, ICP 램프는 강화된 시스템 생산성을 위해 보다 긴 수명의 벌브가 결과되도록 전극 저하(degradation)로 인한 UV 출력의 저하를 제거한다. RF 에너지 소스들인 전력 소스들의 장점들은 효율성의 증가를 포함한다.

[0089] 바람직하게, 벌브들(302)은 180 nm 내지 400 nm의 광대역 파장들에 걸친 광을 방출한다. 벌브들(302) 내에서의 사용을 위해 선택된 가스들은 방출된 파장들을 결정할 수 있다. 산소가 존재할 경우 보다 짧은 파장들은 오존을 생성하는 경향이 있기 때문에, 몇몇 실시예들에서 벌브들(302)에 의해 방출된 UV 광은 경화 처리들 동안 오존 생성을 방지하기 위해 주로 200nm 초과 파장대역 UV 광이 생성되도록 조절(tune)된다.

[0090] UV 램프 벌브들(302)로부터 방출된 UV 광은 리드(202) 내의 애퍼처들에 배치되는 윈도우들(314)을 통해 통과함으로써 처리 영역들(300)로 진입한다. 일 실시예에서, 윈도우들(314)은 OH가 없는 합성 석영 유리로 구성되며 균열 없이 진공을 유지하기에 충분한 두께를 갖는다. 일 실시예에서 추가로, 윈도우들(314)은 대략 150nm 아래의 UV 광을 전송하는 용융된 실리카이다. 리드(202)는 몸체(200)로 밀폐되며 윈도우들(314)은 리드(202)로 밀폐되기 때문에, 처리 영역들(300)은 약 1 Torr 내지 약 650 Torr의 압력을 유지할 수 있는 체적을 제공한다. 처리 가스 또는 세정 가스는 2 개의 유입 통로들(316) 중 개별적인 하나를 경유하여 처리 영역들(300)로 진입한다. 그 후, 처리 가스 또는 세정 가스는 공통의 배출 포트(318)를 경유하여 처리 영역들(300)에서 배기된다. 부가적으로, 하우징들(204)의 내부에 공급되는 냉각 공기는 윈도우들(314)에 의해 처리 영역들(300)로부터 분리되나, 벌브들(302)을 지나 순환된다.

[0091] UV 경화 동안, 물 분자 및 다양한 다른 종들이 경화 또는 처리되는 막 또는 물질로부터 아웃게스(outgas)되거나 아니라면 방출되는 것이 통상적이다. 이러한 종들은 윈도우들(314)과 같이, 챔버의 다양한 노출된 표면들상에 수집되는 경향이 있으며, 처리의 효율을 감소할 수 있다. 이러한 종들의 축적을 감소시키고 고효율 처리를 유지하기 위해, 하기에 개시되는 바와 같이, 표면들의 매 200개 웨이퍼들 이후와 같이 주기적인 세정 이용될 수 있다. 또한, 아르곤 또는 다른 희가스 또는 불활성 가스 또는 다른 적절한 가스와 같은 정화 가스의 층류(laminar flow)가 챔버로부터 아웃게스된 종들을 운반하도록 처리되는 중인 기관의 방사된 표면에 걸쳐 제공될 수 있다. 층류는 유입 및 배출 포트들(316, 318)에 동작가능하게 결합된 펌프 리니어(미도시)로부터 방출될 수 있다. 이러한 펌프 리니어를 가지는 처리 영역(300)에 대한 상세한 설명은 본 출원의 양수인인 어플라이드 머티리얼스사에게 양도되었으며 2006년 11월 21일자로 "Increased Tool Utilization/Reduction in MWBC for UV Curing Chamber"란 제목으로 출원된 미국 출원 제11/562,043호에 있다. 상기 제11/562,043호 출원은 본원에 그 전체가 참조로서 통합된다.

- [0092] UV 램프 벌브들(302)은 또한, 챔버 세정의 효율을 증가시키기 위해 챔버 세정 처리들 동안 활성화될 수 있다. 예시적인 세정 처리로서, 페테스탈들(306)의 온도는 약 100℃ 내지 약 600℃ 사이, 바람직하게는 약 400℃로 상승될 수 있다. 유입 통로들(316)을 통하여 처리 영역(300)으로 세정 가스를 주입함으로써 상승되는 상기 영역 내의 UV 압력과 함께, 이러한 보다 높은 압력은 열 전달을 용이하게 하며 세정 동작을 강화시킨다. 부가적으로, 유전체 배리어/코로나 방전 또는 UV 활성화와 같은 방법을 사용하여 원격으로 생성된 오존이 처리 영역들(300)에 주입될 수 있다. 오존은 가열되는 페테스탈들(306)과의 접촉 시에 O 및 O<sub>2</sub>로 분해된다. 세정 처리에서, 배출 포트(318)를 통해 펌프 아웃(pump out) 또는 배기될 수 있는 일산화 탄소 및 이산화 탄소를 형성하기 위해 원소 산소(elemental oxygen)는 처리 영역들(300)의 표면을 상에 존재하는 탄화수소들 및 탄소 종들과 반응한다. 페테스탈 간격, 세정 가스 유량(flow rate), 및 압력을 제어하면서 페테스탈들(306)을 가열하는 것은 원소 산소와 오염물들 간의 반응 속도를 높인다. 그 결과로 생긴 휘발성 반응물들 및 오염물들은 세정 처리를 완료하도록 처리 영역들(300)으로부터 펌프 아웃된다.
- [0093] UV 램프(예를 들어, UV 램프 모듈(30))에 의해 생성되는 방사선을 증가시켜, 그리고 그에 따라서 보다 짧은 노출 시간 및 보다 높은 웨이퍼 수율이 허용되게 하기 위하여, 본 발명의 몇몇 실시예들은 각각의 단일 웨이퍼 처리 영역에 대해 다수의 UV 램프들을 이용한다. 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 2개의 UV 소스, 단일의 웨이퍼 UV 경화 챔버(400)의 간략화된 단면도이다. 도 14에서, 2개의 실린더형 고전력 수은 마이크로파 램프들(410, 412)은 개별적인 공명 캐비티들(402, 404) 내에 서로 평행하게 위치된다. 램프(410)는 외측 반사기(420) 및 내측 반사기(422)를 가지는 비-초점(non-focal) 타원형 1차 반사기에 의해 부분적으로 둘러싸인 연장된 UV 벌브(414)를 포함한다. 램프(412)는 내측 반사기(424) 및 외측 반사기(426)를 가지는 비-초점 타원형 1차 반사기에 의해 부분적으로 둘러싸이는 연장된 UV 벌브(416)를 포함한다. 각각의 램프(410, 412)의 내측 및 외측 1차 반사기들 사이의 슬릿들(430, 432)은 유입구들(406)을 통해 주입되는 램프 냉각 공기가 벌브들(414, 416)을 가로질러 흐를 수 있게 허용한다.
- [0094] 알루미늄 2차 반사기(440)는 윈도우의 대기 측면 상의 석영 윈도우(448)와 램프들(410, 412) 사이에 위치된다. 기관(450)은 석영 윈도우(448)의 진공 측면 상에 배치되며 그리고 도 13과 관련하여 설명되는 것처럼 압력 제어 챔버 내에서 영역(300)과 같은 처리 영역 내의 가열된 지판 지지체(미도시) 상에 위치된다. 기관(448)은 램프들(410, 412)로부터 약 5-20인치 떨어져(다른 실시예에서는 6-11인치 떨어져) 위치될 수 있다. 2차 반사기의 상부 상의 개구부(442)는 램프 냉각 공기가 최소의 컨덕턴스(conductance) 손실로 배기되도록 허용한다. 1차 및 2차 반사기들 모두는 이들 반사 표면들 상에 이색성 코팅을 가지고 있어서 180-400 nm 범위에서의 최대 반사율을 보장한다. 도 15에 도시된 것처럼, 이러한 특정한 두 개의 램프 구성에서, 램프들(410 및 412)과 연관된 하우징은 기관(450)의 윤곽을 넘어 연장한다.
- [0095] 각각의 램프는, 이와 연관된 1차 반사기들과 함께, 웨이퍼의 대략 이분의 일에 UV 방사선을 전달한다. 기관과 접촉하는 직사 방사선(반사되지 않음)은 웨이퍼의 가장자리에서보다 웨이퍼의 중심 부근에서 더 높은 강도를 가진다. 이를 보상하기 위하여, 반사기들로부터 반사된 광은 웨이퍼의 가장자리에 포커싱된다. 그 결과, 각각의 램프들(410 및 412)의 내측 및 외측 1차 반사기들은 상이한 만곡(curvature)들을 가져서 각 램프의 1차 반사기들은 비대칭 방사 프로파일을 생성하며, 이 때 가장 적은 방사는 웨이퍼의 중심에서 이루어지고 가장 많은 방사는 웨이퍼의 가장자리에서 이루어진다(이 실시예에서, 외측 반사기들(420 및 426)은 내측 반사기들(422 및 424)처럼 서로에 대해 대칭이다). 도 16은 UV 램프(412)에 대한 내측 및 외측 1차 반사기들(424, 426)의 방사 패턴을 도시한다. 도 16에 도시된 것처럼, 외측 1차 반사기(426)는 기관의 중심쪽으로 가장 높은 강도의 영역을 갖는 방사 프로파일(460)을 생성하는 한편, 내측 1차 반사기(424)는 기관의 주변부를 따라 가장 높은 강도의 영역을 갖는 방사 프로파일(462)을 생성한다. 방사 프로파일들(460 및 462)은 결합하여 결합된 방사 프로파일(464)을 생성하는데 이는 기관(450)의 약 이분의 일을 커버하며 기관의 주변부를 따라 가장 높은 강도의 영역(466)을 갖는다. 각각의 프로파일들(460, 462 및 464)은 도 16에 도시된 직경 A-A'를 따라 취해진다.
- [0096] 도 17은 램프(412)와 결합된 램프(410)(벌브들(414, 416) 및 1차 반사기들(420, 422, 424 및 426)을 포함함)에 의해 생성된 방사 프로파일을 도시한다. 도 17에 도시된 것처럼, 램프들은 램프 축을 따라 볼록한 방사 프로파일(467A)을 생성하며 램프 축을 가로질러 오목한 방사 프로파일(467B)을 생성한다. 1차 반사기들의 만곡은, 정지상태(static)의 방사 프로파일(468)(프로파일 467A 및 467B의 결합)이 램프 축 B-B'를 따라 그리고 이를 가로질러 관찰될 때, "박쥐" 모양을 가지게 된다. 그러나 한번 회전되면 고강도 및 저강도의 상보적인 영역들이 결합하여 470에 의해 도시된 것처럼 현저하게 더 균일한 프로파일을 생성한다.
- [0097] 어떠한 반사기들도 없다면, 두 개의 수은 램프들에 의해 방출된 약 15%의 직사 광이 기관(450)의 표면에 도달할

것이다. 직사 광의 방사 프로파일은 중앙이 높은 돔이다. 1차 반사기들(420, 422) 및 (424, 426)은 기관에 도달하는 광량을 대략 3배가 되게 한다. 도 17 및 18의 분석으로부터 명백한 것처럼, 2차 반사기(440)는 그렇지 않았더라면 기관 외부에 떨어졌을 광을 기관 표면으로 재지향시킴으로써 대략 부가적인 35%만큼 방사를 증가시킨다. 2차 반사기의 반사 표면의 특정 만곡은 전술한 것처럼 방사 프로파일에 추가적인 수정을 가능하게 한다. 이 기법은 광 방사에 대한 과도한 손실 없이 웨이퍼의 가장자리에서 평평한 방사 프로파일을 얻는데 특히 유용하다. 도 18은 2차 반사기(440)의 부가가 단지 램프들과 1차 반사기들에 의해서만 생성된 방사 프로파일에 갖는 영향을 도시한다. 도 18에 도시된 것처럼, 방사 프로파일(472)은 프로파일(468)과 유사한 "박쥐" 모양을 가지나, 현저하게 높은 강도 레벨이다. 또한, 2차 반사기(440)는 방사 패턴(474)을 생성하는 것을 가능하게 하여, 회전되는 경우, 방사 프로파일(476)이 프로파일(470)보다 심지어는 더 균일하다.

[0098] 본 발명의 일 특정 실시예에서, 램프들(410 및 412)은 최소 손실들과 3% 미만의 광 방사 비균일로 12" 웨이퍼에 광을 전달하는 직사각형 풋프린트(footprint) 내부의 선형 램프들이다. 경화 챔버(cure chamber; 400)의 광학 시스템(램프, 1차 및 2차 반사기들)은 램프 회전의 모든 이점을 취하도록 설계된다. 도 18에 도시된 것처럼, 램프들과 반사기들은 결합하여 램프들을 가로질러 오목 방사 프로파일과 램프를 따라 볼록 방사 프로파일을 생성한다. 그 다음, 회전 후에 높고 낮은 방사 영역들은 서로를 보상하여 비교적 평탄한 프로파일을 생성한다. 각각의 램프는 비대칭 프로파일을 생성하는데, 이는 각각의 램프가 웨이퍼의 대략 반을 커버하므로, 각 램프의 내부 1차 반사기와 외부 1차 반사기가 상이한 모양을 가지기 때문이다. 또한, 1차 반사기들은, 제조 정확도 및 정렬 정확도에 덜 민감하게 만드는 국부적인 말단(extremity)들이 없는 포커싱되지 않은 타원 만곡을 가진다.

[0099] 광학 시스템의 제2 요소는 2차 반사기(440)이다. 2차 알루미늄 반사기(440)는 두 가지 기능을 한다. 첫째로, 웨이퍼 외부로 떨어지는 광을 감소시킴으로써 (일 특정 실시예에서 약 35%만큼) 웨이퍼상의 평균 방사를 증가시킨다. 둘째로, 2차 반사기는 웨이퍼를 가로지르는 방사 균일성에 대한 추가적인 개선을 가능하게 한다. 몇몇 실시예들에서, 방사 프로파일에 대한 최종 정정(실제 막 수축 맵(map)에 기초한 정정)은 또한 2차 반사기의 모양 수정에 의해 행해질 수 있다. 1차 및 2차 반사기들 모두는 이색성 코팅을 가져서 200nm-400nm 범위에서의 적어도 90%의 반사를 허용하게 한다.

[0100] 아래 표 1에서 보여지는 것처럼, 발명자들에 의해 실시된 테스트들은 도 14에 도시된 두 개의 램프 회전 기법을 사용하는 본 발명의 실시예들은 정지하고 있는 단일 램프에 대하여 25분에서부터, 동일한 평균 막 수축 및 현저하게 개선된 막 수축 균일성을 갖는 9분까지 낮은-k 막에 대한 경화 시간의 감소를 허용한 것을 증명한다.

표 1

	단위	고정	1회 회전	2회 회전
웨이퍼로부터의 램프 거리	인치	10.66"	10.8"	8.8"
램프 전력	W	90W	90W	90W+90W
방사: 웨이퍼 당 평균 <sup>1</sup>	W/m <sup>2</sup>	368	616	1023
방사: 균일성 <sup>1</sup>	%	9.6	5.4	2.6
방사: 범위 <sup>1</sup>	%	+/-20	+/-14	+/-8
UV 처리 시간 <sup>2</sup>	분	25	15	9
막 수축 비균일성 <sup>2</sup>	%	5.6	4.3	3.0

[0102] 1=시뮬레이션된 결과, 2= 측정된 결과

[0103] 도 19는 본 발명에 따른 듀얼 램프 시스템(480)의 또 다른 실시예의 간략화된 단면도이다. 시스템(480)은, 제1 및 제2 UV 램프들(482, 484)이 서로에 대향 각도로 장착되어 램프가 처리되는 중인 기관의 중심에 가깝게 위치되도록 허용하고 냉각 공기가 램프를 관통하여 흐르도록 보다 많은 공간을 허용하는 점을 제외하고는, 도 14에 도시된 시스템(400)과 유사하다. 몇몇 실시예들에서, 대향 각도는 수직에 대해 2-25° 사이이며 다른 실시예에서는 4-10° 사이이다. 본 발명의 부가적인 실시예들에서 램프들의 다른 구성들이 사용될 수 있다. 도 19에 도시된 시스템(480)에서, 1차 및 2차 반사기들의 설계는 원하는 방사 패턴을 생성하도록 램프들(482, 484)의 각도를 보상하기 위하여 전술한 기법을 이용하여 재단될 수 있다.

[0104] 램프들(410, 412)과 같은 UV 램프의 효율은 시간에 따라 열화된다. 본 발명의 몇몇 실시예들은 방사 센서들을



포함하는데, 이들은 UV 램프의 각 컴포넌트의 강도/반사율이 별도로 모니터링되어 교체 스케줄을 결정하고 램프 수명에 걸쳐 높은 광 균일성이 획득될 수 있게 허용한다. 이 기능을 달성하기 위해, 본 발명의 일 실시예는 2차 반사기를 통해 생성되는 다수의 홀들 또는 슬롯들(때때로 본원에서는 광 파이프라고 지칭됨)을 포함한다. 각 광 파이프를 통하여 통과하는 방사선은 광 파이프를 통하여 통과하는 선택된 파장 범위(가령 200-400nm 또는, 250-260nm, 280-320nm, 320-390nm, 또는 395-445nm와 같은 더 좁은 범위)에서 방사의 강도를 측정하는 UV 방사 센서와 접촉한다.

[0105] 광 파이프의 위치 및 방향, 그 직경 및 그 길이는 램프로부터 생성된 어떤 개별 광선들이 광 파이프를 통해 센서에 도달할 지(즉, 광 파이프의 허용각)를 결정한다. 각 광 파이프는 하나의 램프 컴포넌트(가령, 하나의 램프 밸브 또는 하나의 1차 반사기)가 다른 컴포넌트들과 독립적으로 모니터링되도록 허용하는 특정 허용 각에 대하여 설계된다. 일반적으로, 광 파이프의 축은 파이프를 통해 통과하려고 의도되는 각 광선(angle ray)들과 일치한다. 원하는 컴포넌트로부터 반사되거나 이에 의해 생성된 이 방법에 의해서만 광은 광 파이프를 통해 센서로 지나간다. 따라서 광 파이프는 특정 방향으로부터의 광선만이 필터를 통과하여 지나갈 수 있게 허용하는 지향성 필터로 간주될 수 있다.

[0106] 개별 광 파이프가 형성되는 영역에 있는 2차 반사기의 두께에 따라서, 튜브(가령, 알루미늄 튜브)를 2차 반사기를 통해 형성되는 홀 또는 슬롯으로 삽입함으로써 광 파이프의 길이는 연장될 수 있다. 광 파이프 내의 반사의 효과를 감소시키기 위해 그리고 특정한 허용각 내의 방사선 광선들만이 그것의 센서에 도달하도록 설계됨을 보장하기 위하여, 광 파이프의 내부 표면들은 센서가 검출하는 파장들에 있는 방사선을 흡수하는 적절한 광 흡수 물질로 라이닝 또는 코팅될 수 있다. 대안으로, 광 파이프의 내부 표면은 광 파이프의 벽과 접촉하는 원치 않는 광을 다중 반사들을 통해 방산(dissipate)시키도록 하기 위해 매우 거칠어지도록(가령, 강철 브러쉬로 문질러서) 처리될 수 있다.

[0107] UV 램프의 개별 컴포넌트를 모니터링하는 것에 있어서, 광 파이프는 그 컴포넌트에 의해 생성되거나 그 컴포넌트에 의해 반사된 광선들만이 그 컴포넌트를 모니터링하는 광 파이프의 단부에 있는 센서에 도달할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 몇몇 경우에, 그것의 연관된 센서에 도달하는 광선들의 100%가 단일 컴포넌트로부터 오도록 광 파이프를 설계하는 것은 실용적이지 않을 수 있고 대신 그것의 센서에 도달하는 광선들 중 예를 들어 80% 또는 90%의 적당히 높은 퍼센티지가 모니터링되는 컴포넌트로부터 오도록 광 파이프가 설계된다.

[0108] 도 14의 UV 경화 시스템에 대하여, 각각의 UV 밸브들(414 및 416)뿐만 아니라 각각의 1차 반사기들(420, 422, 424 및 426)를 개별적으로 모니터링하도록 여섯 개의 서로 다른 광 파이프들이 포함될 수 있다. 직사 광선들 및 반사된 광선들은 상이한 각도로 이동한다. 유사하게, 각각의 1차 반사기들(420, 422, 424 및 426)로부터의 반사된 광선들은 2차 반사기의 상이한 지점들에 닿는다. 이러한 지식과 적절한 광선 추적 프로그램을 이용하여, 각각의 광 파이프가 컴포넌트들 중 하나를 모니터링하도록 허용하는 2차 반사기를 통과하는 각 광 파이프의 위치가 결정될 수 있다.

[0109] 이제 참조는 도 20 및 21에 대해 이루어지며, 이들은 2차 반사기에서의 광 파이프들의 통합 이전 및 이후의 도 14에서 이전에 도시된 2차 반사기(440)의 사시도들이다. 도 20은 개별 컴포넌트들(밸브들(414 및 416)과 1차 반사기들(420, 422, 424 및 426))을 모니터링하는 여섯 개의 광 파이프들이 위치될 수 있는 2차 반사기(440)에서의 위치들(501-506)을 도시한다. 위치들(501a 및 502a)은 2차 반사기의 대향 단부 상에 있고 1차 반사기들로부터 반사된 방사선의 모두 또는 대부분을 필터링하도록 설계되는 광 파이프들에 대하여 상당히 적합하므로 이에 따라 밸브들(414 또는 416) 중 하나로부터의 직사 방사선만을 통과하도록 허용한다. UV 램프(410)가 도 20에 배열된 것처럼 2차 반사기(440)의 왼쪽 부분 위에 위치되고 UV 램프(412)가 2차 반사기의 오른쪽 측면 위에 위치될 때, UV 밸브(414)에 의해 생성되는 직사 방사선을 모니터링하는 광 파이프는 위치(501a)에 배치될 수 있고 UV 밸브(416)에 의한 직사 방사선을 모니터링하는 광 파이프는 위치(502a)에 배치될 수 있다. 위치들(501a 및 502a)은 UV 밸브들(414 및 416)을 각각 모니터링하도록 광 파이프들이 배치될 수 있는 대안적인 위치들이다. 또한, 외측 1차 반사기(420)에 의해 반사되는 방사선을 모니터링하는 광 파이프는 위치 503에 배치될 수 있고, 내측 1차 반사기(422)에 의해 반사되는 방사선을 측정하는 광 파이프는 위치(504)에 배치될 수 있고, 내측 1차 반사기(424)에 의해 반사되는 방사선을 모니터링하는 광 파이프는 위치(505)에 배치될 수 있고, 외측 1차 반사기(426)에 의해 반사되는 방사선을 측정하는 광 파이프는 위치 506에 배치될 수 있다.

[0110] 도 21은 위치들(503-506)에서 각각 2차 반사기(440)로 통합된 광 파이프들(510-513)과, 위치들(501b 및 502b)에 각각 형성된 광 파이프들(514 및 515)을 도시한다. 광 파이프(510)는 외측 1차 반사기(420)의 반사를 모니터링하고, 파이프(511)는 내측 1차 반사기(422)의 반사를 모니터링하고, 파이프(512)는 내측 1차 반사기(424)의

반사를 모니터링하고, 파이프(513)는 외측 1차 반사기(426)의 반사를 모니터링한다. 광 파이프들(510 및 513)은 각각 위치들(503 및 506)에 있는 2차 반사기의 반사 표면을 관통하는 개구부들로부터 형성된다. 광 파이프들(511 및 512)는 각각 위치들(504 및 505)에 있는 2차 반사기의 반사 표면을 관통하는 개구부들로부터 형성된다. 또한, 연장 튜브는 각각의 파이프가 연관되어 있는 반사기와 연관되지 않는 방사선을 추가로 필터링하도록 각 광 파이프(511 및 512)를 연장하기 위하여 위치들(504 및 505)에 있는 각각의 홀들에 맞추어진다. 광 파이프들(514 및 515) — 이 역시 연장 튜브들과 맞추어져 있음 — 은 각각 UV 밸브(414 및 416)의 강도를 모니터링한다.

[0111] 본 발명의 몇몇 실시예들은 각각의 광 파이프의 단부에 개별 UV 방사 센서를 포함한다. 그러나, 경화 처리 동안 UV 램프 또는 기관 중 하나 이상을 회전시키는 본 발명의 실시예들은 광 파이프당 하나 미만의 센서를 사용할 수 있다. 예를 들어, UV 경화 처리 동안 램프 모듈이 180° 회전되는 실시예에서, 두 개의 UV 방사 센서들이 사용될 수 있다. 제1 센서는 예를 들어 광 파이프들(510, 514 및 512)을 통해 지나가는 방사선을 검출하도록 위치될 수 있는 한편, 제2 센서는 광 파이프들(511, 515 및 513)을 통해 지나가는 방사선을 검출하도록 위치될 수 있다. 다른 예에서, 램프 모듈이 충분한 양(가령 270 또는 360°)만큼 회전되어 각각의 광 파이프들을 통해 지나가는 광이 경화 처리 동안 센서와 접촉하도록 허용한다고 가정하면 단일 센서가 각각의 광 파이프들(510-515)을 통해 지나가는 방사선을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 개별 센서들이 다수의 광 파이프들을 모니터링하는 경우, 로직 또는 제어 회로(가령 마이크로제어기 또는 컴퓨터 프로세서)가 센서로부터의 데이터 샘플들과 회전들의 타이밍을 추적하고, 타이밍 정보 및 공지된 회전 패턴을 이용하여 어느 광 파이프 개별 센서 관독이 이와 관련되어 있는지를 결정한다.

[0112] UV 방사 센서에 의해 검출된 노이즈를 감소시키기 위하여, 센서는 광 파이프들의 출구에 가능한 가깝게 배치되는 것이 바람직하다. 단일 센서가 다수의 광 파이프들을 통해 방사되는 UV 방사선을 검출하기 위해 사용되는 실시예에서, 특정 센서와 작동하도록 동작가능하게 위치되는 모든 광 파이프들이 광 파이프의 단부와 센서 사이의 유사한 거리를 가짐을 보장하도록 어떤 광 파이프들의 길이를 다른 것들에 대해 연장시키는 것이 필요할 수 있다. 예로써 참조는 도 22a 및 22b에 대해 이루어지며, 이들은 본 발명의 일 실시예에 따른 반사기(540)의 일 측면의 사시도들이다. 광 파이프들(510, 512 및 514)이 반사기 (440)내에 형성되는 영역들과 비슷하게 반사기(540)는 이 반사기의 영역들 내에 형성되는 광 파이프들(610, 612 및 614)을 포함한다. 반사기(540)는 그러나 반사기의 외측 주변 영역(545)에서의 반사기(440)보다 현저히 두껍다. 영역(545)은 2차 반사기(540)가 회전될 때 각각의 홀들을 통해 지나가는 UV 방사선을 검출하도록 동작가능하게 위치되는 센서(비도시)에 각각의 광 파이프들(510, 512 및 514)의 단부가 균등하게 이격되도록 선택된 만곡 반경을 가지는 굽은 표면(550)을 포함한다.

[0113] 본 발명의 여러 실시예들이 완전히 기재되어 왔지만, 본 발명에 따른 유전체 막을 경화하는 많은 다른 균등하거나 대안의 장치들 및 방법들이 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다. 이러한 대안들 및 균등물들은 본 발명의 범위내에 포함되도록 의도된다.

### 발명의 효과

[0114] 본 발명에 의하면, 기관상에 배치된 유전체 물질을 경화시키기 위한 자외선(UV) 경화 챔버 및 UV 방사선을 사용하여 유전체 물질들을 경화시키기 위한 방법을 제공할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 노출 영역 위로 램프에 의해 생성되는 광(light)의 대략적인 방사(irradiance) 레벨을 도식적으로 나타내는 종래기술의 UV 램프의 사시도이다.

[0002] 도 2는 상이한 램프에서 웨이퍼까지의 거리들에서 종래기술의 UV 램프의 1차 방사 패턴에 대한 간략화된 도시이다.

[0003] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차 반사기(reflector)를 포함하는 UV 램프 모듈의 단면사시도이다.

[0004] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 UV 램프 모듈(30)의 방사 패턴에 대한 간략화된 도시이다.

[0005] 도 5는 도 3에서 도시된 2차 반사기(42)에 대한 평면사시도이다.

[0006] 도 6A는 본 발명의 실시예에 따라서 UV 램프 모듈에 의해 생성된 UV 방사선(radiation)에 대한 몇몇의 반사 경로들의 UV 램프 모듈(30)을 횡단하는 축을 따르는 간략화한 단면도이다.

- [0007] 도 6b는 본 발명의 실시예에 따라서 UV 램프 모듈에 의해 생성된 UV 방사선에 대한 몇몇의 반사 경로들의 UV 램프 모듈(30)에 대해 종방향 축을 따르는 간략화된 단면도이다.

[0008] 도 7a-7b는 본 발명의 일 실시예에 따라서 반사기에 의해 생성된 선택된 반사 경로들을 도시하는, 도 3에서 도시된 1차 반사기(36)의 간략화된 단면도들이다.

[0009] 도 7c는 본 발명의 일 실시예에 따라서 포물형 및 타원형 모양 섹션들 모두를 갖고 있는 반사 표면을 포함하는 1차 반사기의 간략화된 사시도, 단면도, 및 분해도를 포함한다.

[0010] 도 7d는 도 7c에서 도시한 반사기의 포물형 섹션(136a)의 반사 패턴을 도시하는 간략화된 단면도이다.

[0011] 도 7e는 도 7c에서 도시한 반사기의 타원형 섹션(136b-136d)의 반사 패턴을 도시하는 간략화된 단면도이다.

[0012] 도 8은 본 발명의 실시예들이 통합될 수 있는 반도체 처리 시스템의 간략화된 평면도이다.

[0013] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라서 UV 경화(curing)를 위해 구성된, 도 8에서 도시된 탠덤(tandem) 처리 챔버(106)의 간략화된 사시도이다.

[0014] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라서 UV 방사선에 노출되고 있는 기판에 대하여 반사기와 UV 램프가 회전되는 것을 가능하게 하는 디스크(212)에 부착되는 2차 반사기(40)의 사시도이다.

[0015] 도 11a는 본 발명의 실시예에 따라서 UV 램프 모듈(30)의 방사 패턴을 그래프로 도시한다.

[0016] 도 11b는 축(69)과 축(70) 모두를 따라 도 11A에서 도시된 실제적인 방사선 레벨들을 도시한다.

[0017] 도 11c는 본 발명의 실시예에 따라서 UV 노출 동안 회전되는 경우 UV 램프 모듈(30)의 방사 패턴을 그래프로 도시한다.

[0018] 도 11d는 축(86)을 따라서 도 11c에서 도시된 실제적인 방사선 레벨들을 도시한다.

[0019] 도 12a-c는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라서 도 3에서 도시된 모듈(30)과 같은, 회전하는 듀얼 UV 램프 모듈에 대한 구동 메커니즘들을 도시하는 간략화된 평면도들이다.

[0020] 도 13은 도 8에서 도시된 탠덤 처리 챔버(106)의 간략화된 단면도이다.

[0021] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 램프 챔버의 간략화된 단면도이다.

[0022] 도 15는 도 14에서 도시된 램프들(410 및 412)의 저면도이다.

[0023] 도 16-18은 도 14에서 도시된 UV 경화 시스템(400)의 부분들에 대한 방사 패턴을 그래프로 도시한다.

[0024] 도 19는 본 발명의 다른 실시예에 따른 듀얼 램프 챔버의 간략화된 단면도이다.

[0025] 도 20은 일 실시예에 따라서 UV 경화 시스템(400)의 각각의 UV 밸브들과 1차 반사기들을 독립적으로 모니터링하는 광 파이프(light pipe)들에 대한 가능한 위치를 나타내는 도 14에서 도시된 2차 반사기(440)의 간략화된 사시도이다.

[0026] 도 21은 일 실시예에 따라서 UV 경화 시스템(400)의 각각의 1차 반사기들 및 UV 밸브들을 독립적으로 모니터링하는 광 파이프들을 포함하는 2차 반사기(440)의 간략화된 사시도이다.

[0027] 도 22a 및 22b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차 반사기의 일부분에 대한 간략화된 사시도들이다.

[0028] ※ 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

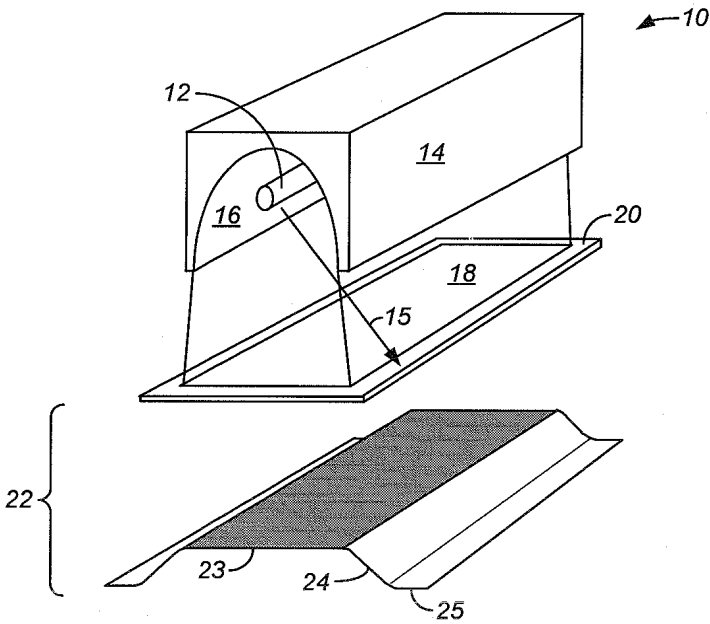
[0029] 30: UV 램프 모듈   32: UV 램프

[0030] 34: UV 밸브   36: 1차 반사기

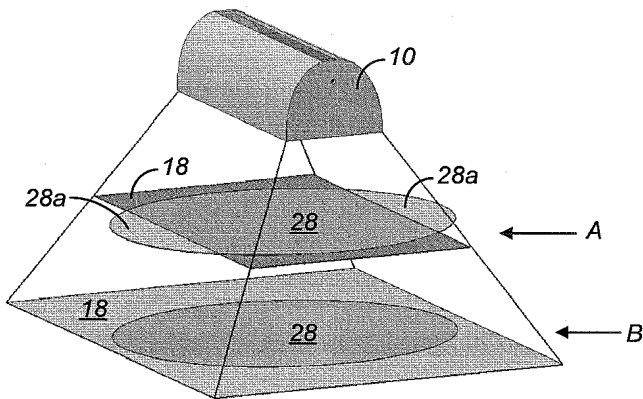
[0031] 40: 2차 반사기   50: 기판

도면

도면1

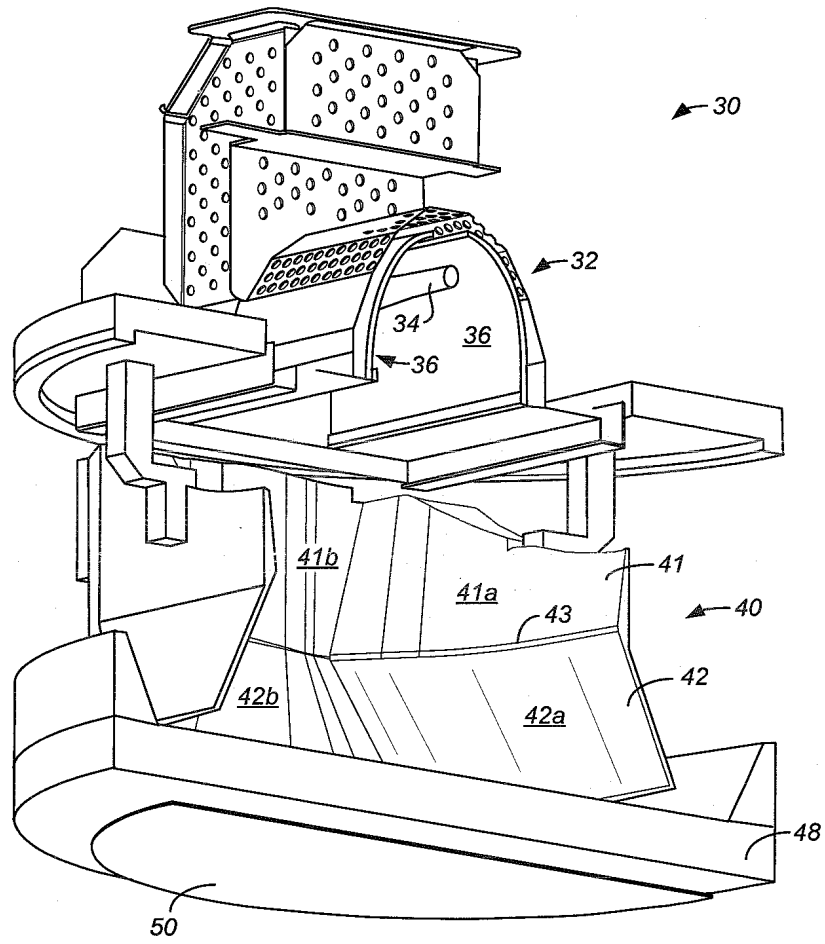


도면2

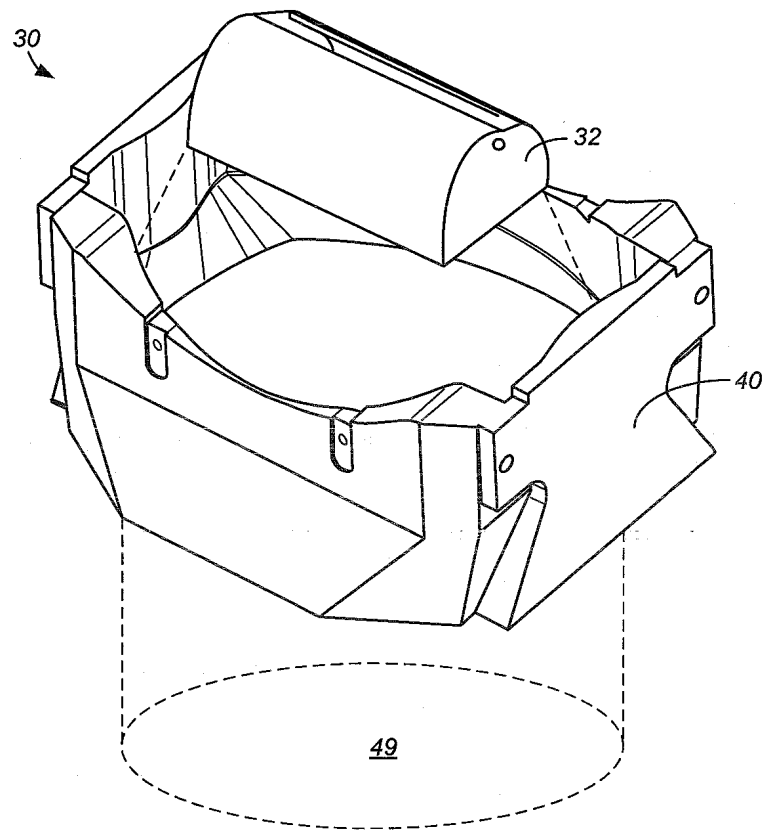




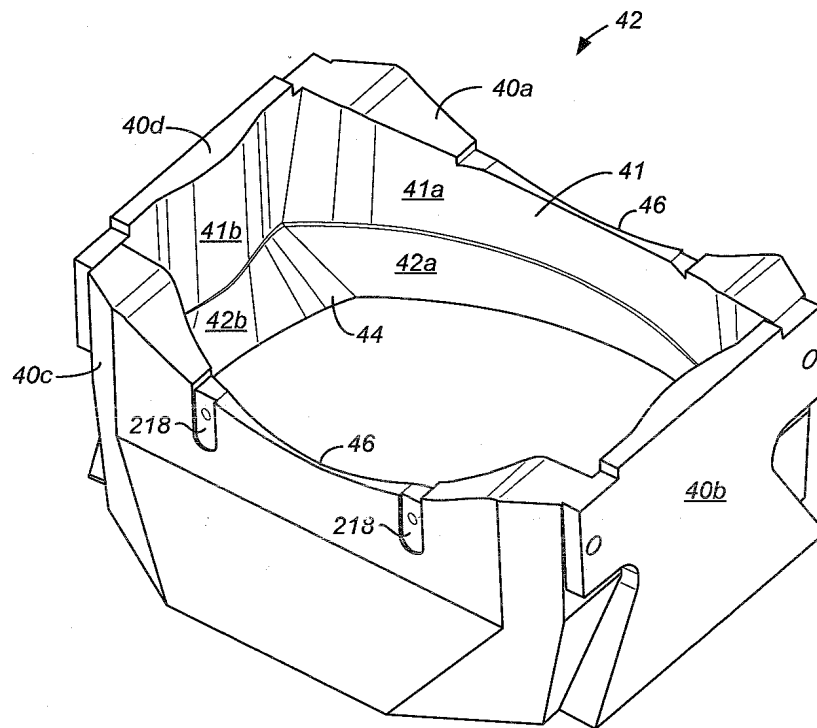
도면3



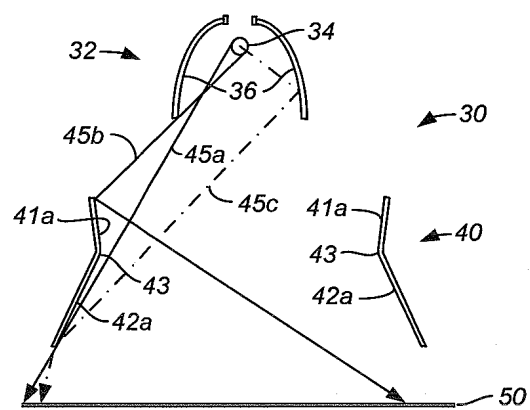
도면4



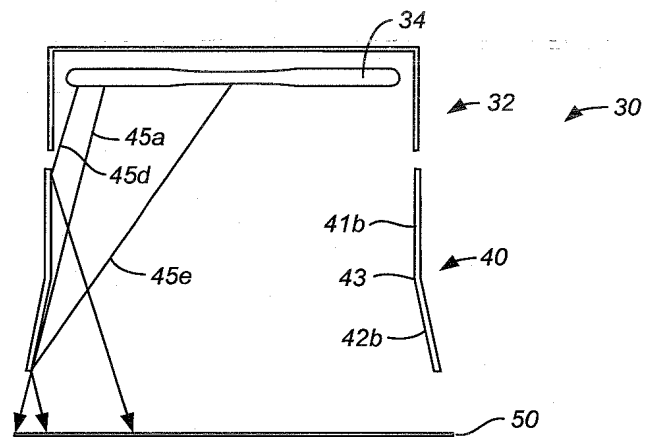
도면5



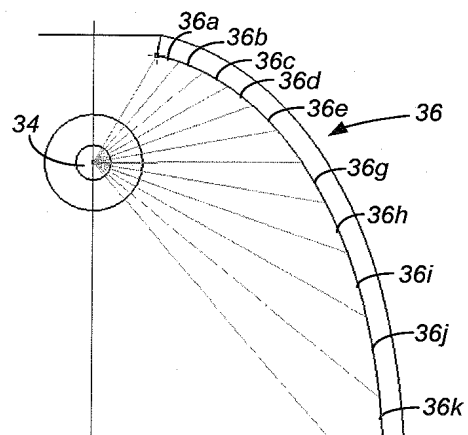
도면6a



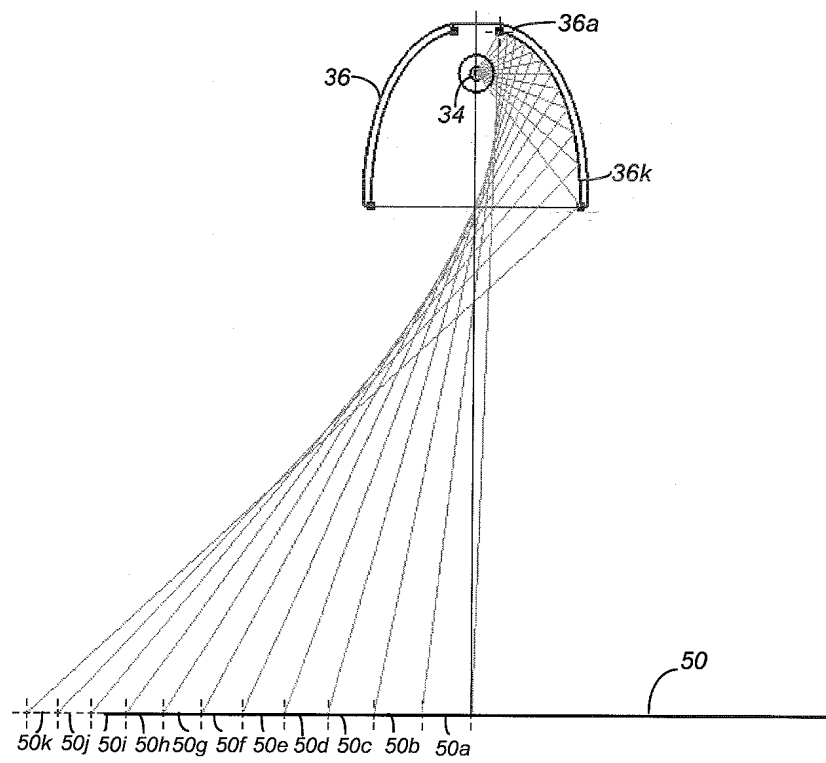
도면6b



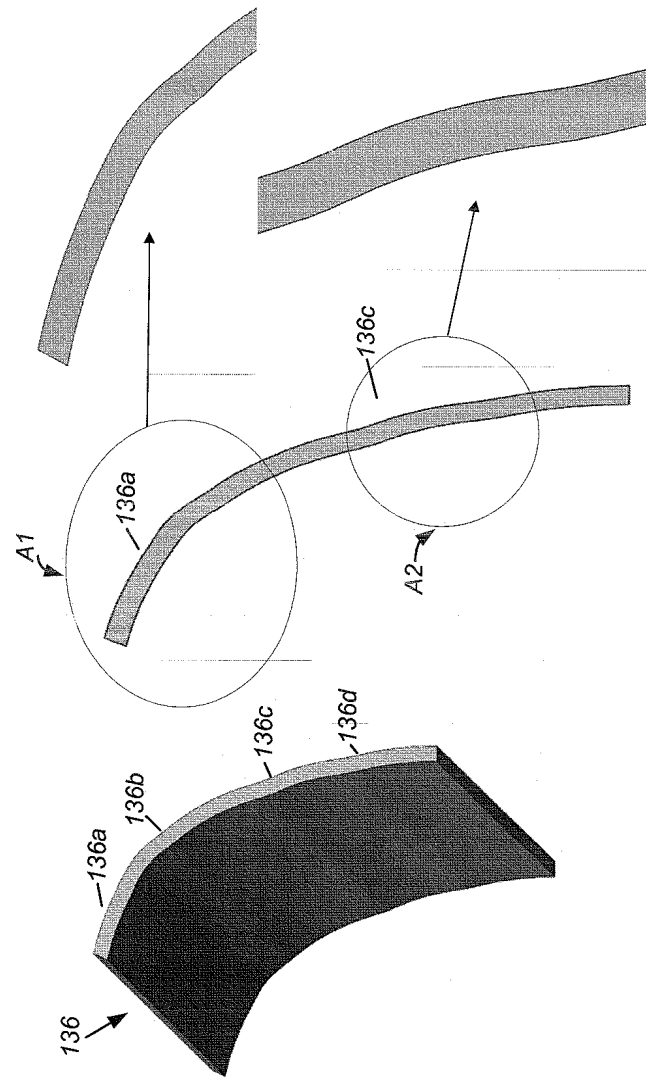
도면7a



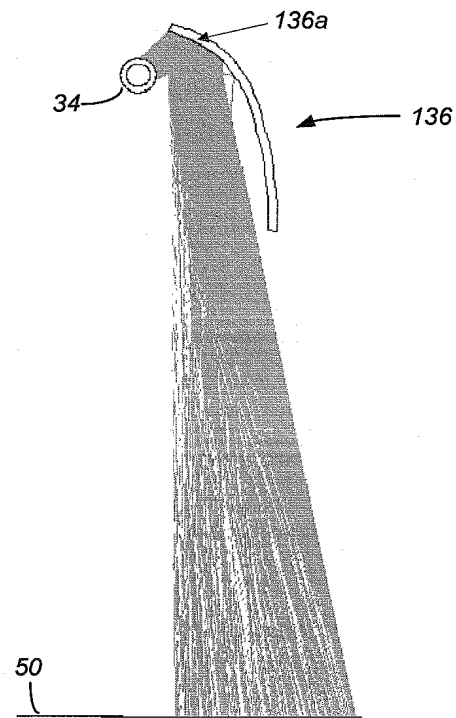
도면7b



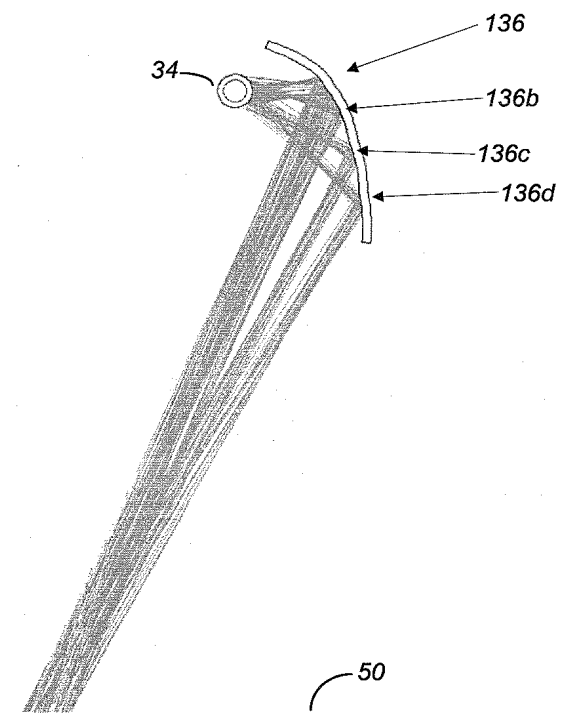
도면7c



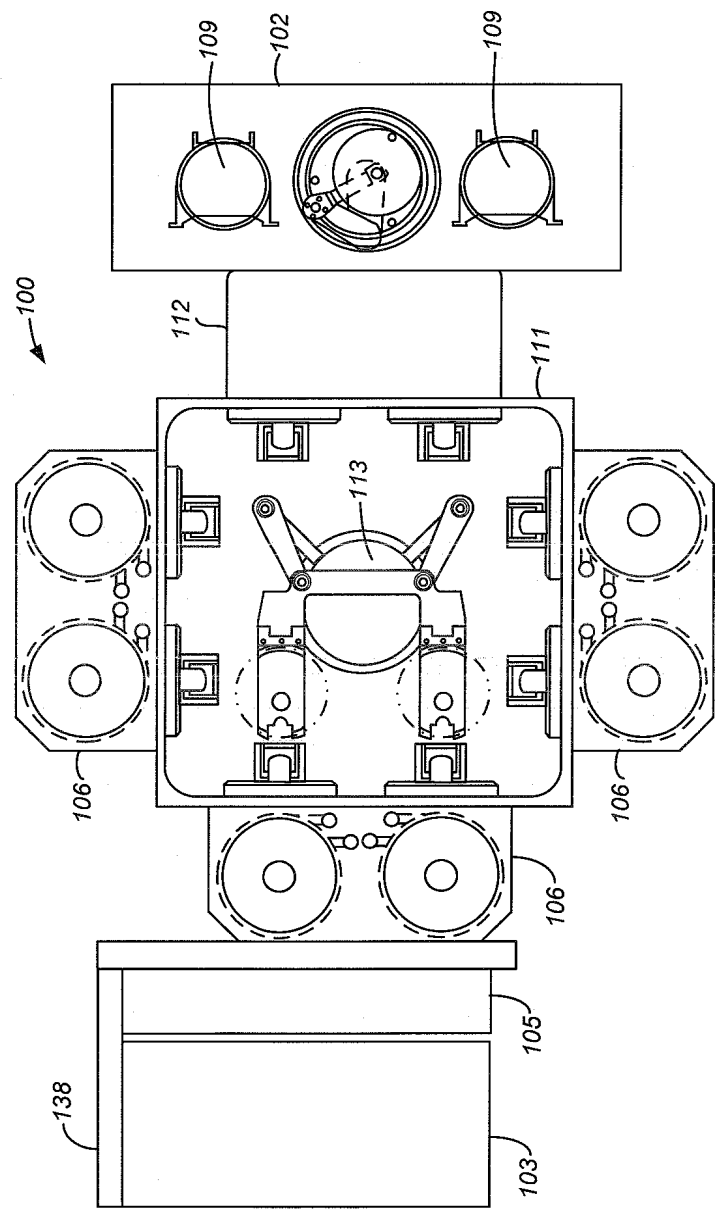
도면7d



도면7e

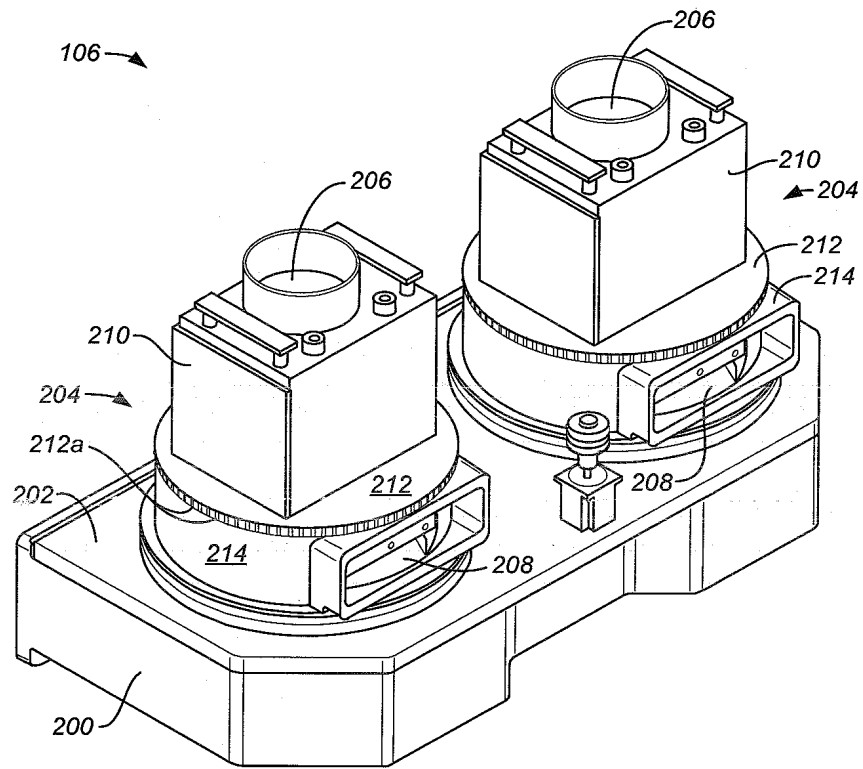


도면8

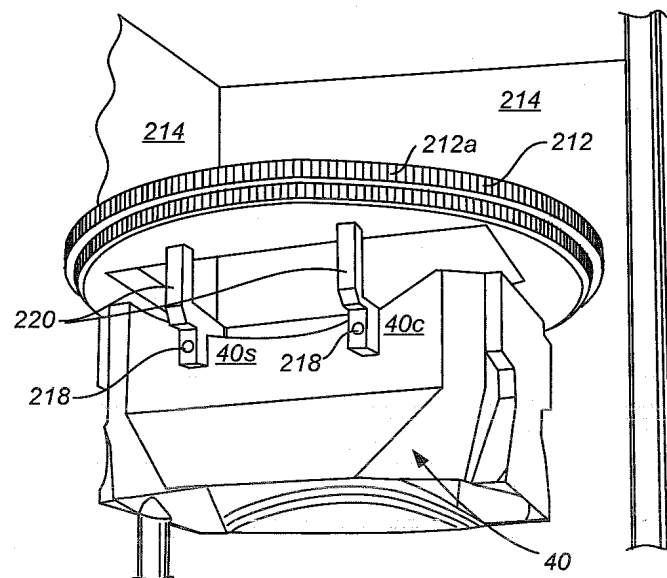




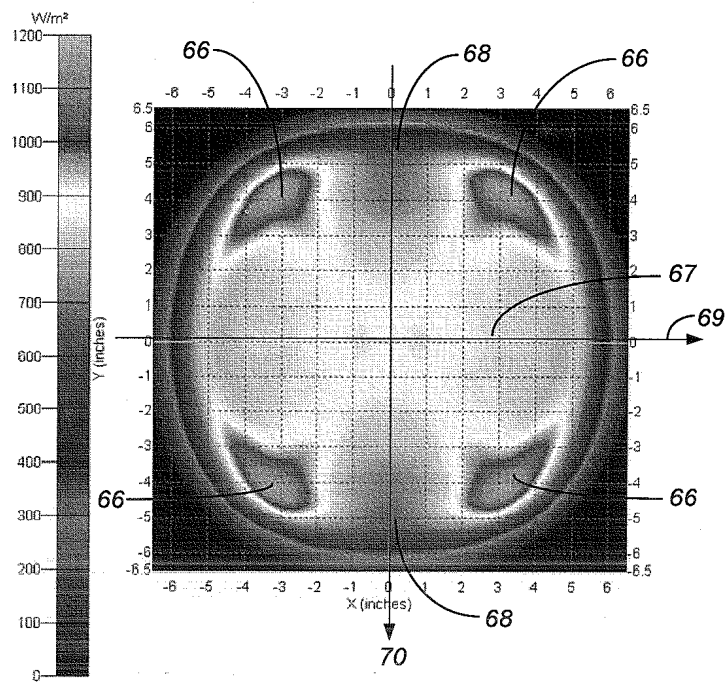
도면9



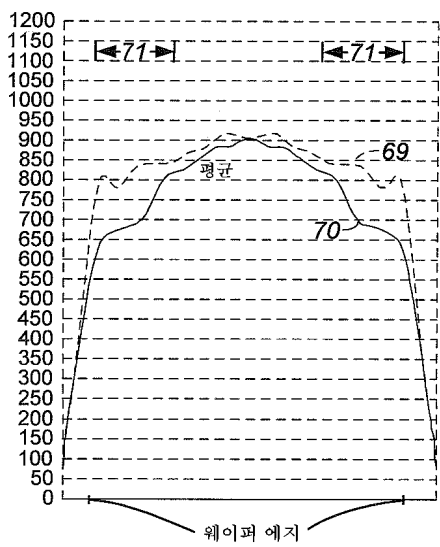
도면10



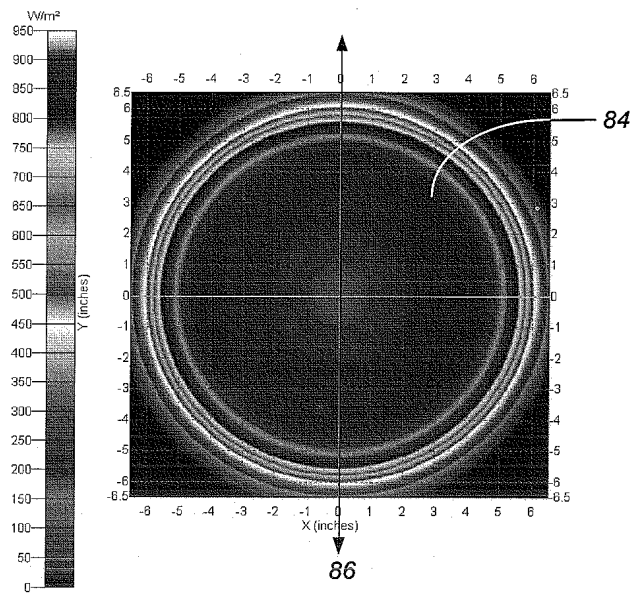
도면11a



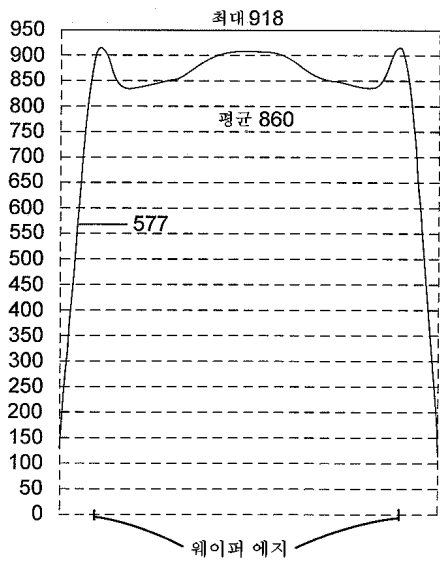
도면11b



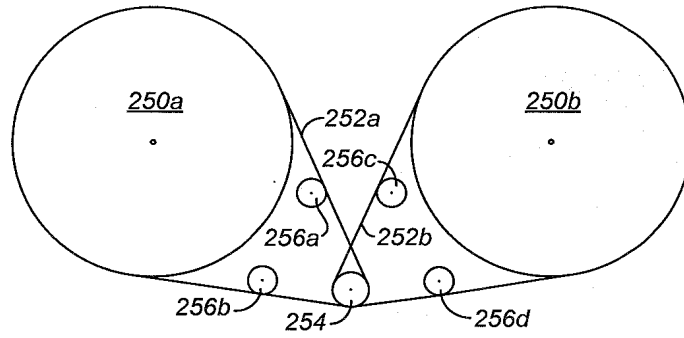
도면11c



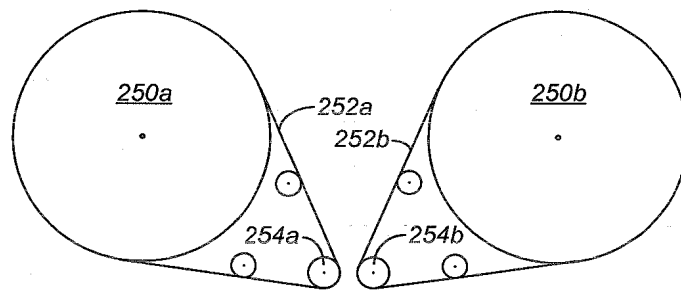
도면11d



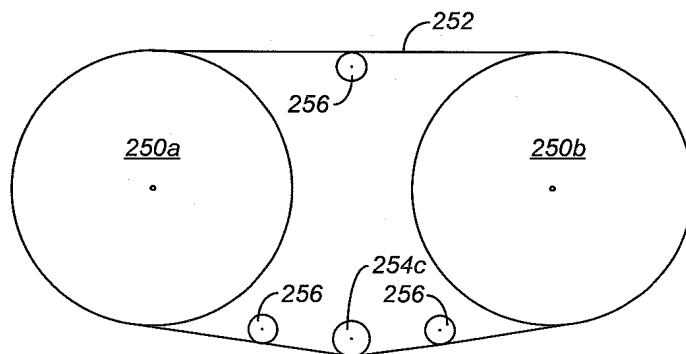
도면12a



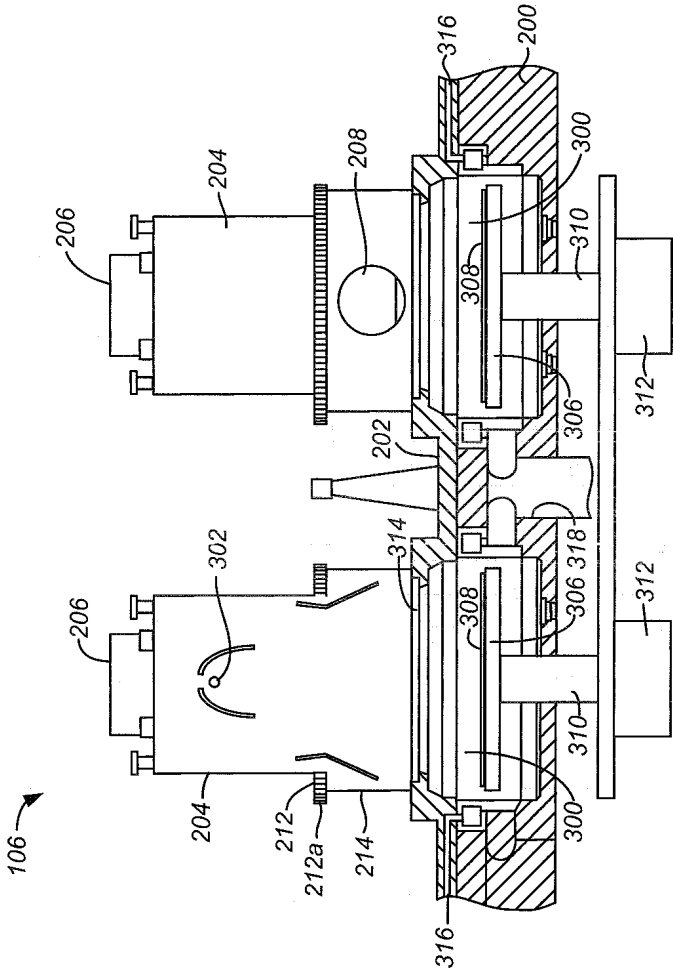
도면12b



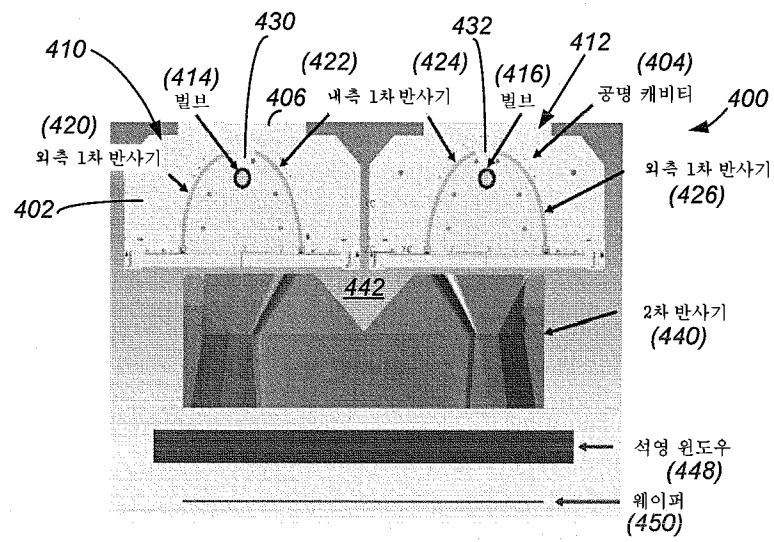
도면12c



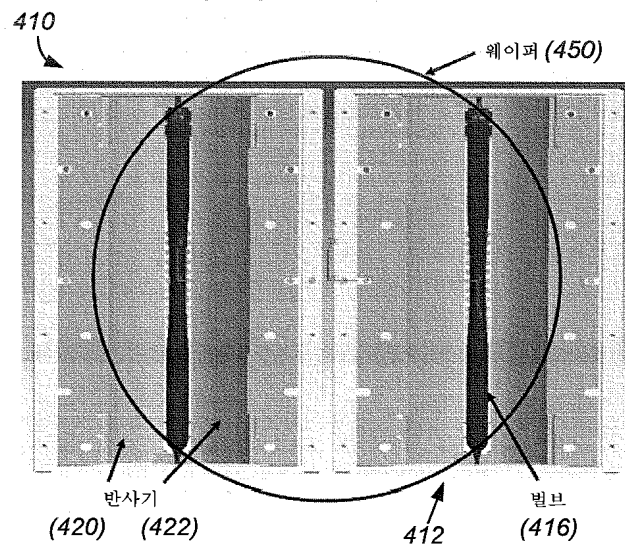
도면13



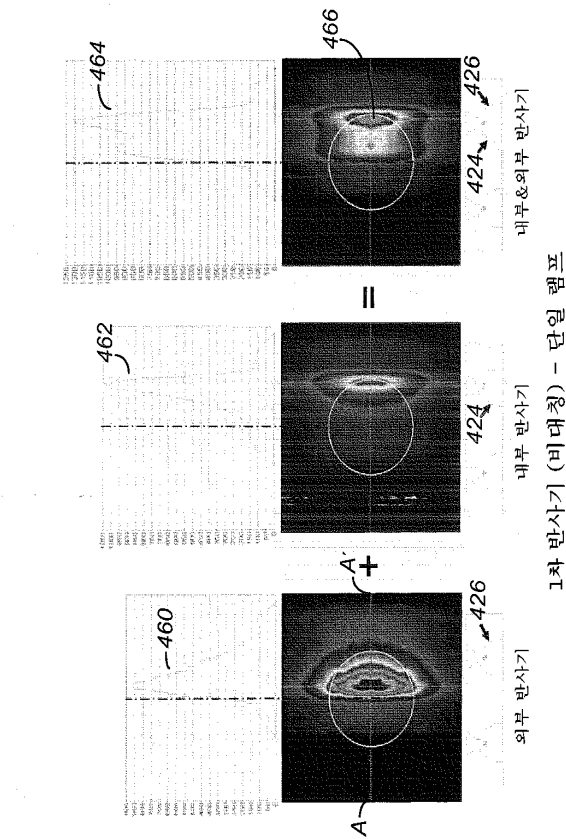
도면14



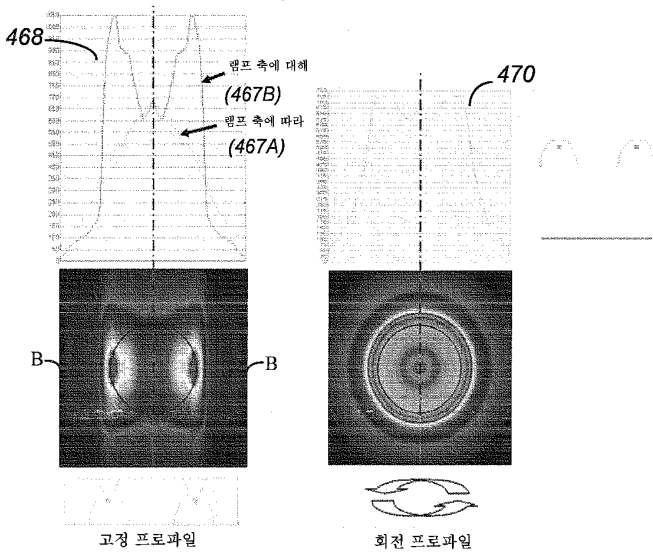
도면15



도면16



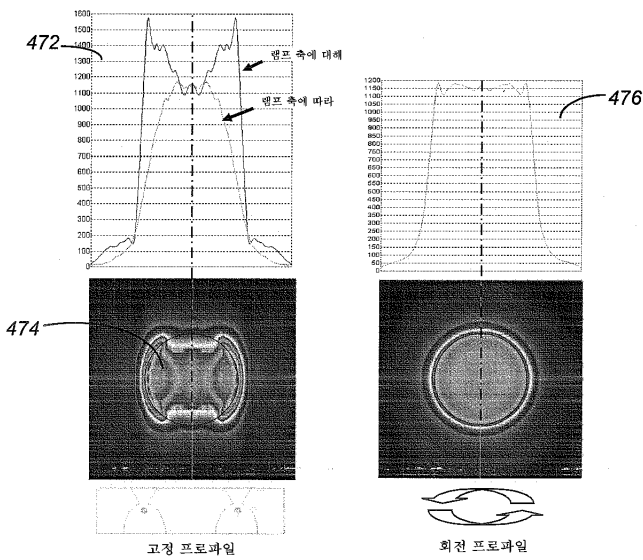
도면17



1차 반사기 (비대칭) - 듀얼 램프

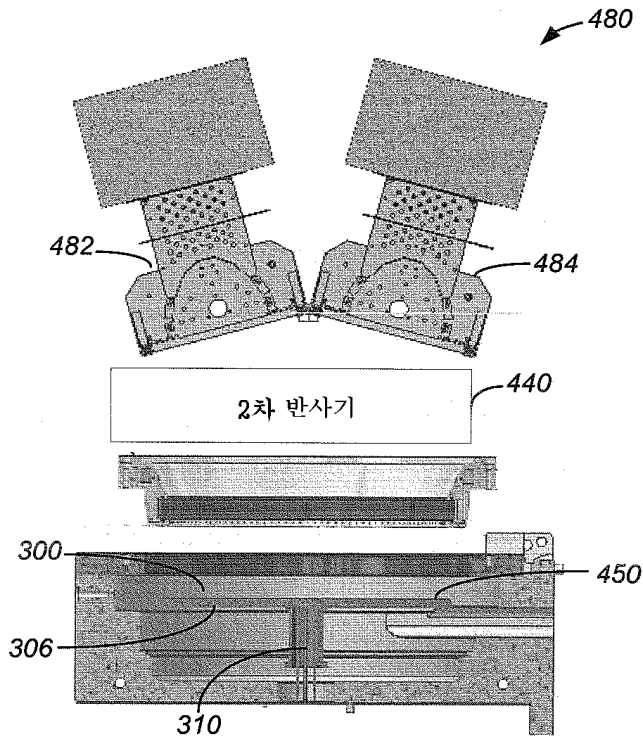


도면18



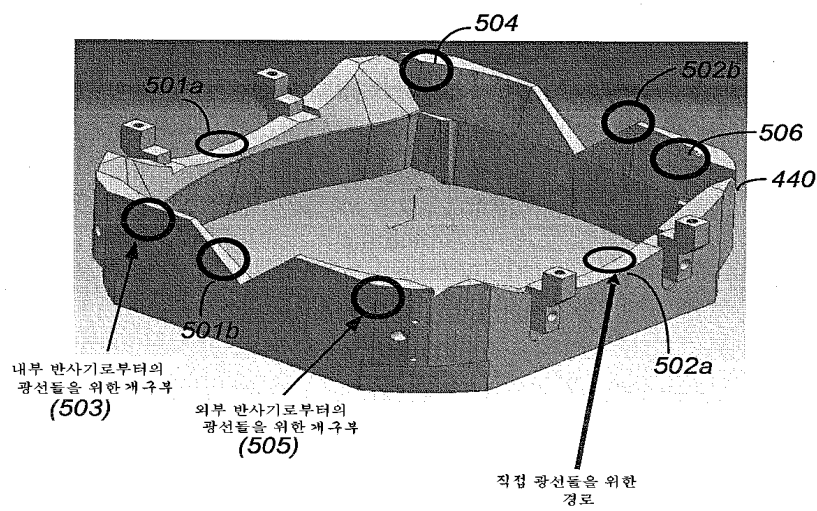
1차 (비대칭) + 2차 반사기 - 듀얼 램프

도면19

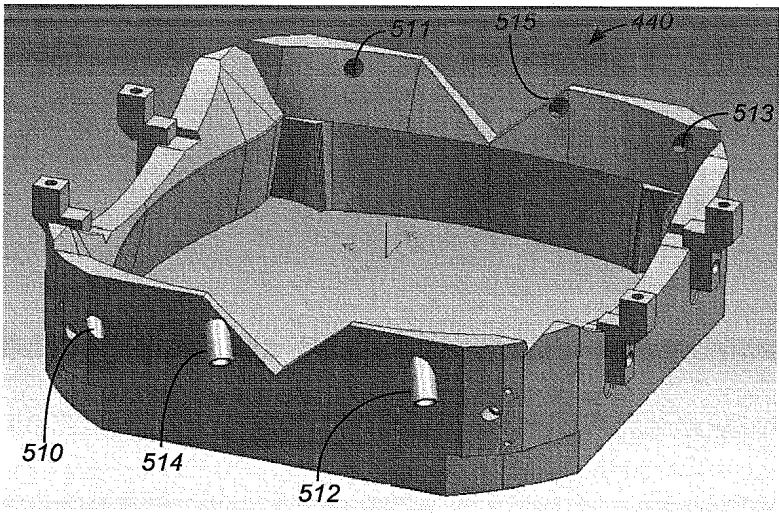




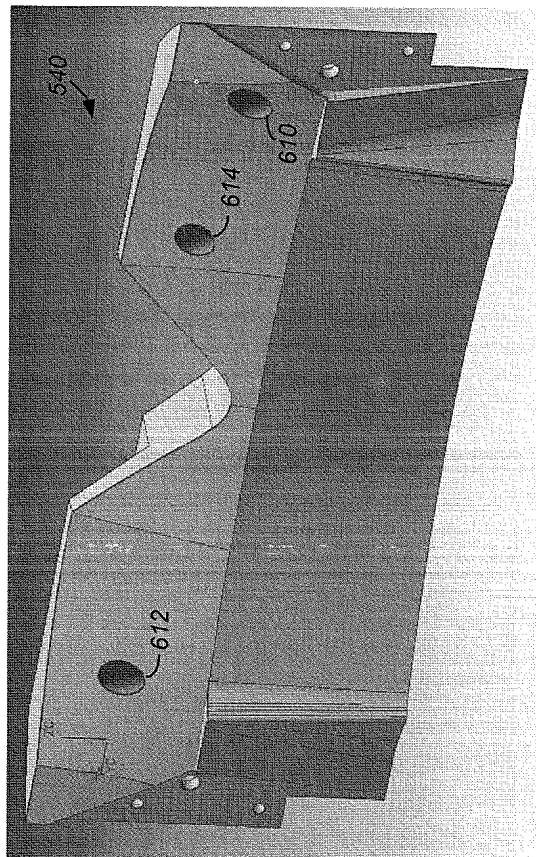
도면20



도면21



도면22a



도면22b

