(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0029892
(43) 공개일자 2017년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 3/00 (2006.01) *G01J 3/443* (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01) *H01L 21/3213* (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 3/00 (2013.01)
G01J 3/443 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0127034
(22) 출원일자 2015년09월08일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김인중
서울특별시 서초구 서초대로65길 13-10, 109동 2404호 (서초동, 서초래미안아파트)
윤일구
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동)
(74) 대리인
리앤목특허법인

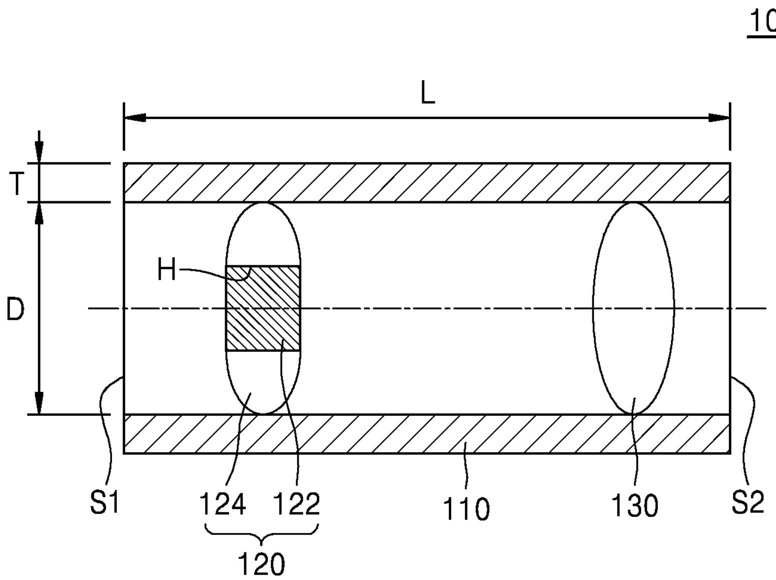
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **튜브형 렌즈, 그 튜브형 렌즈를 포함한 O E S 장치, 그 O E S 장치를 포함한 플라즈마 모니터링 시스템 및 그 시스템을 이용한 반도체 소자 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 기술적 사상은 플라즈마 공정에서의 플라즈마 상태를 정밀하게 검출하는데 이용할 수 있는 튜브형 렌즈, 그 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치, OES 장치를 포함한 플라즈마 모니터링 시스템 및 그 시스템을 이용한 반도체 제조방법을 제공한다. 그 튜브형 렌즈는 원통형 튜브; 광이 입사하는 상기 튜브의 입구 쪽에 배치되고, 중심 영역으로 상기 광의 투과가 차단된 제1 렌즈; 및 상기 광이 출사하는 상기 튜브의 출구 쪽에 배치된 제2 렌즈;를 포함한다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
H01J 37/32917 (2013.01)
H01L 21/32136 (2013.01)
H01L 21/76826 (2013.01)
G02B 2003/0093 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

원통형 튜브;

광이 입사하는 상기 튜브의 입구 쪽에 배치되고, 중심 영역으로 상기 광의 투과가 차단된 제1 렌즈; 및

상기 광이 출사하는 상기 튜브의 출구 쪽에 배치된 제2 렌즈;를 포함하는 튜브형 렌즈.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 렌즈는 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 튜브형 렌즈.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 광 차단부는, 상기 제1 렌즈의 상기 중심 영역에 형성된 홈(groove) 또는 관통 홀을 매립한 불투명 물질층, 또는 상기 중심 영역의 상기 제1 렌즈의 표면에 부착된 불투명 테이프로 형성된 것을 특징으로 하는 튜브형 렌즈.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되어, 상기 중심 영역으로 상기 광의 진행을 차단하는 광 차단 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 튜브형 렌즈.

청구항 5

원통형 튜브, 상기 튜브의 입구 쪽에 배치되고 중심 영역으로 광의 투과가 차단된 제1 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽에 배치된 제2 렌즈를 구비한 튜브형 렌즈; 및

상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합하는 분광기;를 포함하는 발광 분광분석(Optical Emission Spectroscopy: OES) 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 제1 렌즈가 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함하거나, 또는

상기 튜브형 렌즈가 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치된 광 차단 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 OES 장치.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 분광기는 광이 입사되는 입사 개구, 상기 광을 파장 별로 분해하는 회절 격자, 및 파장 별로 광을 검출하는 어레이 검출기를 포함하고,

상기 제2 렌즈의 초점이 상기 입사 개구에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기가 결합하는 것을 특징으로 하는 OES 장치.

청구항 8

제5 항에 있어서,

상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유(Optical fiber)를 포함하고,

상기 제2 렌즈의 초점이 상기 광섬유의 입사면에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈와 상기 광섬유가 결합하는 것을 특징으로 하는 OES 장치.

청구항 9

제5 항에 있어서,

상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고,

상기 제2 렌즈의 초점은 고정되며,

상기 튜브형 렌즈는 챔버의 뷰-포트 부분에 비침투식(non-invasive)으로 결합하는 것을 특징으로 하는 OES 장치.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지고 결합하는 것을 특징으로 하는 OES 장치.

청구항 11

플라즈마 공정을 위한 챔버;

상기 챔버 내에 플라즈마를 발생시키기 위한 RF 전원장치;

원통형 튜브와 상기 튜브의 입구 쪽의 제1 렌즈와 출구 쪽의 제2 렌즈를 구비하고 상기 제1 렌즈의 중심 영역으로의 광의 투과가 차단된 튜브형 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합한 분광기를 포함하고, 상기 챔버의 뷰-포트에 비침투식으로 결합한 OES 장치; 및

상기 OES 장치에 전기적으로 연결된 분석 장치;를 포함하는 플라즈마 모니터링 시스템.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 제1 렌즈는, 상기 제1 렌즈의 상기 중심 영역에 매립된 불투명 물질층, 또는 상기 중심 영역의 상기 제1 렌즈의 표면에 부착된 불투명 테이프로 형성된 광 차단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 모니터링 시스템.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 튜브형 렌즈는, 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되고, 상기 중심 영역으로 상기 광의 진행을 차단하는 광 차단 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 모니터링 시스템.

청구항 14

제11 항에 있어서,

상기 OES 장치는 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유를 포함하며,

상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고,

상기 제2 렌즈의 초점은 고정되되, 상기 광섬유의 입사면에 위치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 모니터링 시스템.

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지고 결합한 것을 특징으로 하는 플라즈마 모니터링 시스템.

청구항 16

플라즈마 공정을 위한 챔버의 뷰-포트에 OES 장치를 비침투식으로 결합시키는 단계;

챔버의 내부에 웨이퍼를 배치하는 단계;

상기 챔버에 공정 가스를 주입하고 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 단계;

상기 OES 장치를 통해 상기 챔버 내부에서 발생한 플라즈마 광을 검출하는 단계; 및

상기 플라즈마 광의 인텐서티에 기초하여 상기 챔버 내의 플라즈마 상태를 분석하는 단계;를 포함하고,

상기 OES 장치는 원통형 튜브와 상기 튜브의 입구 쪽의 제1 렌즈와 출구 쪽의 제2 렌즈를 구비하고 상기 제1 렌즈의 중심 영역으로의 광의 투과가 차단된 튜브형 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합한 분광기를 포함하는, 반도체 소자 제조방법.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 제1 렌즈가 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함하거나, 또는

상기 튜브형 렌즈가 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치된 광 차단 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자 제조방법.

청구항 18

제16 항에 있어서,

상기 OES 장치는 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유를 포함하고,

상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고,

상기 제2 렌즈의 초점은 고정되며,

상기 비침투식으로 결합시키는 단계에서,

상기 제2 렌즈의 초점이 상기 광섬유의 입사면에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈를 상기 광섬유에 결합하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자 제조방법.

청구항 19

제16 항에 있어서,

상기 비침투식으로 결합시키는 단계에서,

상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지도록 결합시키는 것을 특징으로 하는 반도체 소자 제조방법.

청구항 20

제16 항에 있어서,

상기 플라즈마 상태를 분석하는 단계에서 상기 플라즈마의 상태가 허용 범위를 내인 경우에,

상기 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정을 수행하는 단계;

상기 웨이퍼를 각각의 반도체 칩으로 개별화하는 단계; 및

상기 반도체 칩을 패키징하는 단계;를 포함하는 반도체 소자 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 반도체 소자 제조장치 및 제조방법에 관한 것으로, 특히 플라즈마 공정에서 플라즈마의 상태를 모니터링 하는 장치 및 그 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 플라즈마(Plasma)는 반도체, PDP(Plasma Display Pannel: PDP), LCD(Liquid Crystal Display: LCD), 태양전지(solar cell) 등의 제조공정에 널리 이용되고 있다. 대표적인 플라즈마 공정으로는 건식 식각(Dry Etching), PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), 스퍼터링(Sputtering), 에싱(Ashing) 등이 있다. 통상적으로 CCP(Capacitively Coupled Plasma), ICP(Inductively Coupled Plasma), 헬리콘(Helicon) 플라즈마, 마이크로파(Microwave) 플라즈마 등이 사용되고 있다. 플라즈마 공정은 플라즈마 변수(예컨대, 전자 밀도, 전자 온도, 이온 선속, 이온 에너지)에 직접적인 연관이 있고, 특히, 전자 밀도는 생산량(throughput)과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다. 이에 따라, 높은 전자 밀도를 가지는 플라즈마 소스의 개발이 활발하게 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 기술적 사상이 해결하고자 하는 과제는 플라즈마 공정에서의 플라즈마 상태를 정밀하게 검출하는데 이용할 수 있는 튜브형 렌즈, 그 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치, OES 장치를 포함한 플라즈마 모니터링 시스템 및 그 시스템을 이용한 반도체 제조방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 기술적 사상은 원통형 튜브; 광이 입사하는 상기 튜브의 입구 쪽에 배치되고, 중심 영역으로 상기 광의 투과가 차단된 제1 렌즈; 및 상기 광이 출사하는 상기 튜브의 출구 쪽에 배치된 제2 렌즈;를 포함하는 튜브형 렌즈를 제공한다.

[0005] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈는 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함할 수 있다.

[0006] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 광 차단부는, 상기 제1 렌즈의 상기 중심 영역에 형성된 홈(groove) 또는 관통 홀을 매립한 불투명 물질층, 또는 상기 중심 영역의 상기 제1 렌즈의 표면에 부착된 불투명 테이프로 형성될 수 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되어, 상기 중심 영역으로 상기 광의 진행을 차단하는 광 차단 구조물을 포함할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 광 차단 구조물은, 상기 중심 영역에 대응하는 중심 부분의 광의 투과가 차단되거나 상기 중심 부분의 광의 투과율이 낮은 광학 필터일 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고, 상기 제2 렌즈의 초점은 고정될 수 있다.

[0010] 또한, 본 발명의 기술적 사상은 상기 과제를 해결하기 위하여, 원통형 튜브, 상기 튜브의 입구 쪽에 배치되고 중심 영역으로 광의 투과가 차단된 제1 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽에 배치된 제2 렌즈를 구비한 튜브형 렌즈; 및 상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합하는 분광기;를 포함하는 발광 분광분석(Optical Emission Spectroscopy: OES) 장치를 제공한다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈가 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함하거나, 또는 상기 튜브형 렌즈가 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치된 광 차단 구조물을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈가 상기 광 차단부를 포함하고, 상기 광 차단부는 상기 제1 렌즈의 상기 중심 영역에 매립된 불투명 물질층, 또는 상기 중심 영역의 상기 제1 렌즈의 표면에 부착된 불투명 테이프로 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 분광기는 광이 입사되는 입사 개구, 상기 광을 파장 별로 분해하는 회절

격자, 및 파장 별로 광을 검출하는 어레이 검출기를 포함하고, 상기 제2 렌즈의 초점이 상기 입사 개구에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기가 결합할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유(Optical fiber)를 포함하고, 상기 제2 렌즈의 초점이 상기 광섬유의 입사면에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈와 상기 광섬유가 결합할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브형 렌즈를 상기 광섬유로 결합시키는 결합 가이드를 더 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고, 상기 제2 렌즈의 초점은 고정되며, 상기 튜브형 렌즈는 챔버의 뷰-포트 부분에 비침투식(non-invasive)으로 결합할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지고 결합할 수 있다.

[0018] 더 나아가, 본 발명의 기술적 사상은 상기 과제를 해결하기 위하여, 플라즈마 공정을 위한 챔버; 상기 챔버 내에 플라즈마를 발생시키기 위한 RF 전원장치; 원통형 튜브와 상기 튜브의 입구 쪽의 제1 렌즈와 출구 쪽의 제2 렌즈를 구비하고 상기 제1 렌즈의 중심 영역으로의 광의 투과가 차단된 튜브형 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합한 분광기를 포함하고, 상기 챔버의 뷰-포트에 비침투식으로 결합한 OES 장치; 및 상기 OES 장치에 전기적으로 연결된 분석 장치;를 포함하는 플라즈마 모니터링 시스템을 제공한다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈는, 상기 제1 렌즈의 상기 중심 영역에 매립된 불투명 물질층, 또는 상기 중심 영역의 상기 제1 렌즈의 표면에 부착된 불투명 테이프로 형성된 광 차단부를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브형 렌즈는, 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되고, 상기 중심 영역으로 상기 광의 진행을 차단하는 광 차단 구조물을 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 OES 장치는 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유를 포함하며, 상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고, 상기 제2 렌즈의 초점은 고정되되, 상기 광섬유의 입사면에 위치할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지고 결합할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 분석 장치는 상기 분광기를 통해 검출된 플라즈마 광의 인텐서티에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라스마 상태를 분석할 수 있다.

[0024] 한편, 본 발명의 기술적 사상은 상기 과제를 해결하기 위하여, 플라즈마 공정을 위한 챔버의 뷰-포트에 OES 장치를 비침투식으로 결합시키는 단계; 챔버의 내부에 웨이퍼를 배치하는 단계; 상기 챔버에 공정 가스를 주입하고 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 단계; 상기 OES 장치를 통해 상기 챔버 내부에서 발생한 플라즈마 광을 검출하는 단계; 및 상기 플라즈마 광의 인텐서티에 기초하여 상기 챔버 내의 플라즈마 상태를 분석하는 단계;를 포함하고, 상기 OES 장치는 원통형 튜브와 상기 튜브의 입구 쪽의 제1 렌즈와 출구 쪽의 제2 렌즈를 구비하고 상기 제1 렌즈의 중심 영역으로의 광의 투과가 차단된 튜브형 렌즈, 및 상기 튜브의 출구 쪽으로 상기 튜브형 렌즈에 결합한 분광기를 포함하는, 반도체 소자 제조방법을 제공한다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈가 상기 중심 영역에 광 차단부를 포함하거나, 또는 상기 튜브형 렌즈가 상기 튜브의 입구와 상기 제1 렌즈 사이에 배치된 광 차단 구조물을 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 OES 장치는 상기 튜브형 렌즈와 상기 분광기 사이에 광섬유를 포함하고, 상기 비침투식으로 결합시키는 단계에서, 상기 튜브형 렌즈와 상기 광섬유를 결합 가이드를 통해 결합할 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 렌즈의 초점은 다른 초점을 갖는 렌즈로의 교체를 통해 변경되고, 상기 제2 렌즈의 초점은 고정되며, 상기 비침투식으로 결합시키는 단계에서, 상기 제2 렌즈의 초점이 상기 광섬유의 입사면에 위치하도록 상기 튜브형 렌즈를 상기 광섬유에 결합할 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 비침투식으로 결합시키는 단계에서, 상기 튜브형 렌즈의 입구 면이 상기 뷰-포트의 외면에 대하여 소정 범위의 경사를 가지도록 결합시킬 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈마의 상태가 허용 범위를 벗어난 경우에, 상기 웨이퍼에 대한 계측 공정을 수행하고, 상기 플라즈마의 상태가 허용 범위 내인 경우에, 상기 웨이퍼에 대한 계측 공정을 생략할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈마의 상태가 허용 범위를 벗어난 경우에, 상기 플라즈마를 발생시키는 단계의 공정 변수들을 조절할 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈마 공정은 상기 웨이퍼에 대한 식각, 증착, 및 확산 공정 중 어느 하나를 포함하고, 상기 플라즈마를 발생시키는 단계에서 상기 웨이퍼에 상기 식각, 증착, 및 확산 공정 중 어느 하나를 수행할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈마 상태를 분석하는 단계에서, 상기 플라즈마 광의 인텐서티를, 설정된 기준 플라즈마 상태에 대해 정량화된 광 인텐서티와 비교하여 상기 플라즈마 상태가 허용 범위에 있는지 판단할 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈마 상태를 분석하는 단계에서 상기 플라즈마의 상태가 허용 범위를 내인 경우에, 상기 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정을 수행하는 단계; 상기 웨이퍼를 각각의 반도체 칩으로 개별화하는 단계; 및 상기 반도체 칩을 패키징하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명의 기술적 사상에 의한 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치 및 그 OES 장치를 포함한 플라즈마 모니터링 시스템은, 튜브 내에 나란히 배치된 제1 렌즈 및 제2 렌즈를 구비하되 상기 제1 렌즈가 중심 영역으로 광의 투과가 차단된 구조를 갖는 튜브형 렌즈를 포함함으로써, 플라즈마 공정에서 챔버 내의 국소 부위의 플라즈마 광의 이상 상태를 정밀하게 검출할 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 기술적 사상에 의한 반도체 소자 제조방법은, 상기 OES 장치를 포함한 플라즈마 모니터링 시스템을 이용하여 플라즈마 상태의 모니터링 및 플라즈마 공정의 제어를 정밀하게 수행함으로써, 플라즈마 공정을 최적화할 수 있다. 또한, 최적화된 플라즈마 공정에 기초하여 반도체 소자들을 제조함으로써, 우수하고 신뢰성 높은 반도체 소자를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 평면도들이다.

도 2는 2개의 렌즈를 나란히 배치하되 광이 입사되는 제1 렌즈의 중심 영역에 차단부가 형성된 경우에 광이 진행하여 광섬유로 입사하는 경로를 보여주는 개념도이다.

도 3은 본 1a의 튜브형 렌즈에서 광이 진행하여 광섬유로 입사하는 경로를 보여주는 개념도이다.

도 4는 OES 장치가 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함하지 않은 경우와 튜브형 렌즈를 포함한 경우의 챔버 내부의 측정 영역을 보여주는 개념도들이다.

도 5는 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 차단부가 형성된 제1 렌즈에 대하여 초점을 고정하고 광원 위치를 변경시킨 경우의 광의 인텐서티를 보여주는 개념도이다.

도 6은 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 차단부가 형성된 제1 렌즈에 대하여 광원을 고정하고 초점 위치를 변경시킨 경우의 광의 인텐서티를 보여주는 개념도이다.

도 7은 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 차단부가 형성된 제1 렌즈의 다양한 형태를 보여주는 단면도들이다.

도 8a 및 도 8b은 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 대한 평면도이다.

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 대한 평면도이다.

도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 단면도, 및 그 광 차단 구조물을 통과한 광에 대한 인텐서티를 보여주는 개념도이다.

도 11a 및 도 11b는 본 발명의 실시예들에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도들이다.

도 12a 및 도 12b는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 이용하여 챔버 내의 국소 지역의 플라즈마의 이상 상태를 측정하는 원리를 보여주는 개념도들이다.

도 13은 일반 초점 렌즈를 포함한 OES 장치와 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치에서, 초점을 달리하면서 거리에 따른 광의 인텐서티를 측정한 그래프들이다.

도 14는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치에 기초하여 챔버 내의 국소 지역의 이상적인 플라즈마 광의 인텐서티를 정량화한 그래프들이다.

도 15는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 이용하여 챔버 내의 국소 지역의 플라즈마 광을 실제로 측정하고, 도 14의 정량화한 그래프들과 비교하여 국소 지역의 플라즈마의 이상 상태를 판단하는 그래프들이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈를 구비한 OES 장치를 개략적으로 보여주는 구성도이다.

도 17은 도 16의 OES 장치에서 분광기 부분을 좀더 상세하게 보여주는 구성도이다.

도 18a 내지 도 18c는 도 16의 OES 장치에서 튜브형 렌즈와 광섬유의 결합 구조를 보여주는 단면도들 및 광섬유에 대한 단면도이다.

도 19 및 도 20은 본 발명의 실시예들에 따른 OES 장치를 구비한 플라즈마 모니터링 시스템들을 개략적으로 보여주는 구성도들이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 상태를 모니터링하고 플라즈마 공정을 제어하는 과정을 보여주는 흐름도이다.

도 22는 발명의 일 실시예에 따른 상기 플라즈마 공정의 제어를 통해 반도체 소자를 제조하는 과정을 보여주는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 통상의 기술자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0038] 이하의 설명에서 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 연결된다고 기술될 때, 이는 다른 구성 요소와 바로 연결될 수도 있지만, 그 사이에 제3의 구성 요소가 개재될 수도 있다. 유사하게, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 상부에 존재한다고 기술될 때, 이는 다른 구성 요소의 바로 위에 존재할 수도 있고, 그 사이에 제3의 구성 요소가 개재될 수도 있다. 또한, 도면에서 각 구성 요소의 구조나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되었고, 설명과 관계없는 부분은 생략되었다. 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 한편, 사용되는 용어들은 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다.

[0039] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 평면도들로, 도 1b는 광이 입사되는 입구(S1) 쪽에서 본 평면도이고, 도 1c는 광이 출사되는 출구(S2) 쪽에서 본 평면도이다.

[0040] 도 1a 내지 도 1c를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)는 튜브(110), 제1 렌즈(120) 및 제2 렌즈(130)를 포함할 수 있다.

[0041] 튜브(110)는 속이 빈 원기둥 관 또는 원통형 관 구조로 형성될 수 있다. 물론, 튜브(110)의 형태가 원통형 관 구조에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 튜브(110)는 속이 빈 타원형 기둥이나 다각형 기둥의 관 구조를 가질 수 있다. 한편, 튜브(110) 중심의 비어있는 공간의 구조는 원기둥 형태를 가질 수 있으나, 역시 그에 한정되는 것은 아니다. 이러한 튜브(110)의 비어 있는 공간에 제1 및 제2 렌즈(120, 130)가 나란히 배치되어 튜브형 렌즈(100)를 구성할 수 있다.

[0042] 튜브(110)는 플라스틱이나, 또는 메탈로 형성될 수 있다. 튜브(110)가 플라스틱으로 형성되는 경우, 예컨대,

PMMA(Poly-Methylmethacrylate), PC(Poly-Carbonate), 테프론(PTEE(Poly-Tetrafluoroethylene)), PE(Poly-Ethylene), FRP(fiber reinforced plastics) 등의 내구성과 경도가 높은 재질로 형성될 수 있다. 한편, 튜브(110)가 메탈로 형성되는 경우, 예컨대, 두랄루민, 알루미늄, 티타늄 등 비교적 가벼운 메탈로 형성될 수 있다.

[0043] 한편, 튜브(110)의 내부 지름(D1)은 수 cm 정도일 수 있고, 두께(T)는 1cm이하일 수 있다. 튜브(110)의 내부 면적은 튜브형 렌즈(100)가 결합하는 챔버(도 4의 1110 참조)의 뷰-포트(viewport. 도 4의 1120 참조)의 면적에 따라 달라질 수 있다. 예컨대, 상기 뷰-포트가 4 ~ 5cm 정도의 지름을 갖는 경우, 튜브(110)의 내부 지름(D)은 4 ~ 5cm 정도의 지름을 가질 수 있다. 튜브(110)의 길이(L)는 6 ~ 7cm 정도일 수 있다. 그러나 튜브(110)의 길이(L)가 6cm 미만이나 7cm보다 크게 형성될 수도 있다. 예컨대, 튜브(110)의 길이(L)는 10cm 정도일 수도 있다. 물론, 튜브(110)의 내부 지름(D), 두께(T), 길이(L) 등이 상기 수치들에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 제1 렌즈(120)는 튜브형 렌즈(100)의 입구(S1)에 인접하여 배치될 수 있다. 제1 렌즈(120)는 중심의 광 차단부(122)와 외곽의 렌즈부(124)를 포함할 수 있다.

[0045] 광 차단부(122)는 광이 투과할 수 없는 물질, 즉 불투명 물질로 형성될 수 있다. 불투명 물질은 형성하는 방법에 따라 흡수성 또는 반사성 특성을 가질 수 있는데, 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)는 흡수성으로 형성될 수 있다. 물론, 반사성으로 형성되는 것이 전적으로 배제되는 것은 아니다. 이러한 광 차단부(122)는 일반적으로 검정 또는 다른 불투명 유색 안료(pigment)를 포함한 유리, 고무, 합성수지(또는 플라스틱) 등으로 형성될 수 있다. 예컨대, 불투명 안료로서, Fe_2O_3, MnO, MnO_2, Cr_2O_3 및 CoO와 같은 산화물은 검정색을 얻기 위해 사용될 수 있으며, TiO_2, CeO_2 또는 ZrO_2 등의 산화물은 백색을 얻기 위해 사용될 수 있다.

[0046] 광 차단부(122)는 제1 렌즈(120)의 중심 영역에 형성되고, 렌즈부(124)에 형성된 관통 홀(H)을 채우는 구조로 형성될 수 있다. 예컨대, 광 차단부(122)는 관통 홀(H)을 채우는 원기둥 형태를 가질 수 있다. 광 차단부(122)의 지름(D1)은 렌즈부(124)의 지름, 즉 튜브(110)의 내부 지름(D)과, 중심 영역의 광을 어느 정도 차단할지에 따라 달라질 수 있다. 예컨대, 튜브의 내부 지름(D)이 4 ~ 5cm 정도로 형성된 경우에 광 차단부(122)의 지름(D1)은 1 ~ 3 cm 정도로 형성될 수 있다. 물론, 광 차단부(122)의 지름(D1)이 상기 수치에 한정되는 것은 아니다.

[0047] 렌즈부(124)는 중심에 관통 홀(H)이 형성된 원형 고리 형태를 가지며, 관통 홀(H)에 광 차단부(122)가 형성됨으로써, 광 차단부(122)를 둘러싸는 구조를 가질 수 있다. 렌즈부(124)는 보통 광학 유리나 광학용 플라스틱으로 만들어질 수 있다. 광학 유리는 크라운 유리(crown glass)와 플린트 유리(flint glass)로 크게 구별되지만, 바륨, 인산, 플루오르 등을 함유한 유리(굴절률이 큰 데 비하여 분산능이 작은)를 사용하여 수차가 작은 렌즈를 만들 수도 있다. 일반적인 렌즈의 제조공정은 설계부터 시작하여 소절단, 원기둥 모양깎기, 마름질, 초벌갈이, 연마, 중심교정, 접합, 박막 증착 등의 작업을 거칠 수 있다. 또한, 레이저나 블레이드를 통한 절단, 식각, 연마 또는 다른 적절한 기술들을 이용하여 중심 부분에 관통 홀(H)을 형성함으로써, 제1 렌즈(120)를 형성할 수 있다.

[0048] 제2 렌즈(130)는 튜브형 렌즈(100)의 출구(S2)에 인접하여 배치될 수 있다. 제2 렌즈(130)는 광학 유리나 광학용 플라스틱으로 형성되고, 일반적인 렌즈 구조를 가질 수 있다. 제2 렌즈(130)의 초점은 고정되며, 제2 렌즈(130)의 초점은 튜브형 렌즈(100)의 출구(S2) 쪽에 결합하는 광학 소자의 입사면에 위치할 수 있다. 제2 렌즈(130)의 초점이 광학 소자의 입사면에 위치함으로써, 광학 소자로 입사하는 광의 입사 효율이 극대화될 수 있다.

[0049] 한편, 제1 렌즈(120)는 초점이 서로 다른 여러 개가 준비되고, 튜브형 렌즈(100)를 이용하여 챔버(도 4의 1110 참조) 내의 플라즈마 광을 측정할 때, 초점이 다른 제1 렌즈들(120)이 교체되면서 플라즈마 광 측정에 사용될 수 있다. 이하, '제1 렌즈(120)의 각각의 초점들'이라는 용어는 제1 렌즈(120) 하나에 여러 개의 초점들이 존재한다는 의미가 아니라, 초점이 다른 여러 개의 제1 렌즈들 각각의 초점들을 의미할 수 있다.

[0050] 한편, 제2 렌즈(130)는 플라즈마 광을 측정할 때, 하나만이 이용되고 따라서 초점이 고정될 수 있다. 물론, 튜브형 렌즈(100)의 출구(S2) 쪽에 결합하는, 광학 소자의 입사면의 위치에 따라 다른 초점을 갖는 제2 렌즈(130)로 교체될 수는 있다. 초점이 다른 제1 렌즈들(120)을 교체하면서 플라즈마 광을 측정하는 이유는 챔버 내의 특정 영역의 플라즈마 광을 검출하기 위한 것으로서, 그에 대해서는 도 12a 내지 도 15의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.

[0051] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)는 튜브(110) 내에 제1 렌즈(120) 및 제2 렌즈(130)를 포함하되, 제1 렌즈(120)가

중심 영역으로 광의 투과가 차단된 구조를 가질 수 있다. 이러한 구조의 튜브형 렌즈(100)는, 플라즈마 공정의 광학 진단 장치인 발광 분광분석(Optical Emission Spectroscopy: OES) 장치를 이용하여 챔버 내의 플라즈마 광을 측정할 때, 상기 OES 장치에 포함되어 챔버 내의 국소 부위의 플라즈마 광을 정밀하게 검출하는데 이용될 수 있다. 챔버 내의 국소 부위의 플라즈마 광을 정밀하게 검출하는 원리에 대해서는 도 12a 내지 도 15의 설명 부분에서 설명한다.

[0052] 기존에 OES 장치의 경우, 광섬유(Optical Fiber)가 뷰-포트를 통해 챔버의 정중앙을 향하고, 광섬유의 특성에 따라 약 30~40° 사이의 플라즈마 광만을 측정가능하며, 또한 그 사이의 플라즈마 광 전체를 측정하게 되므로, 챔버 내의 특정 위치, 또는 웨이퍼 상의 특정 위치에 따른 플라즈마의 상태 및 미세 변화 등은 감지하기 어렵다. 그러나 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)가 OES 장치의 광섬유와 챔버의 뷰-포트 사이에 삽입되고, 제1 렌즈(120) 외곽의 렌즈부(124)를 활용하여 챔버 내의 국소 부위의 플라즈마 광을 받아들임으로써, 챔버 내 위치별 플라즈마의 이상 상태의 감지, 및 플라즈마 상태의 공간적 해석이 가능할 수 있다.

[0053]

[0054] 도 2는 2개의 렌즈를 나란히 배치하되 광이 입사되는 제1 렌즈의 중심 영역에 광 차단부가 형성된 경우에 광이 진행하여 광섬유로 입사하는 경로를 보여주는 개념도이다.

[0055] 도 2를 참조하면, 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130)가 이격 거리(Db)를 가지고 나란히 배치되고, 광원(L.S.)으로부터의 광이 제1 렌즈(120) 및 제2 렌즈(130)를 통과하여 광섬유(300)로 입사될 수 있다. 한편, 광원(L.S.)의 광은 다양한 경로를 통해 제1 렌즈(120)로 입사되게 되는데, 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130)의 중심을 통과하는 라인(CL)에 대하여 소정 각도로 세분하여, 광원(L.S.)으로부터 진행하는 광의 경로를 a_1, a_2, ..., a_{n-1}, a_n, a_{n+1}로 나눌 수 있다.

[0056] 제1 렌즈(120)의 중심 부분에 광 차단부(122)가 없고, 제1 렌즈(120)의 중심축(Ax1)으로부터 광섬유까지는 광의 손실이 없다고 가정한 경우, 광섬유의 입사면에서 광의 인텐서티(OFin)는 다음 식(1)과 같이 계산될 수 있다.

[0057] $$OFin = LSin \times (1/a_1^2 + 1/a_2^2 + 1/a_3^2 +, \ldots +1/a_{n-1}^2 + 1/a_n^2) \ldots\ldots \text{식}(1)$$

[0058] 여기서, LSin는 광원(L.S.)의 위치에서의 광 인텐서티를 의미할 수 있다. a_{n+1}의 경로로 진행하는 광은 제2 렌즈(130)로 입사하지 못하므로 인텐서티 계산에서 제외될 수 있다. 참고로, 광의 굴절은 렌즈의 표면에서 발생하므로, 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130) 각각의 양쪽 표면에서 굴절이 발생하나, 계산상의 편의를 위해 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130)의 중심축(Ax1, Ax2)에서 굴절이 발생하는 것으로 가정하고 있다. 이러한 가정하에, 광의 경로 a_n는 다음 식(2)로 표현될 수 있다.

[0059]

[0060] $$a_n^2 = Ds^2 + t_n^2 \ldots\ldots \text{식}(2)$$

[0061] 여기서, Ds는 제1 렌즈(120)의 중심축(Ax1)과 광원(L.S.)과의 거리이고, t_n은 a_n의 경로로 진행하는 광이 제1 렌즈(120)의 중심축(Ax1)과 만난 높이를 의미할 수 있다. 한편, R은 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130)의 반지름을 의미하고, Df1은 제1 렌즈(120)의 중심축(Ax1)과 초점(F.P.) 사이의 거리로서 제1 렌즈(120)의 초점 거리를 의미할 수 있다.

[0062] 한편, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)에서와 같이, 제1 렌즈(120)의 중심 영역에 광 차단부(122)가 존재하는 경우, 식(1)에서 광 차단부(122)로 향하는 광의 경로들은 인텐서티 계산에서 제외될 수 있다. 이와 같이, 광 차단부(122)의 유무에 따라, 인텐서티 계산이 달라지며, 이러한 인텐서티 계산의 변경은 서로 다른 위치에 있는 광원들로부터의 광에 대한 이상 상태를 검출할 수 있도록 한다.

[0063] 다시 말해서, 거리별로 다수의 광원들(L.S.)이 존재하고 각 광원에서 각자의 광을 방출한다고 할 때, 일반적인 구조의 렌즈를 이용하는 경우에는, 어느 하나의 광원에서 이상이 발생한 경우에도, 해당 광원의 이상을 발견할

수 없다. 그러나 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)를 이용하는 경우에는 어느 하나의 광원에서 이상이 발생할 때, 해당 광원의 이상을 발견할 수 있다. 위치별 광원의 이상 발생을 검출하는 원리에 대해서는 도 12a 내지 도 15의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.

[0064] 도 3은 본 1a의 튜브형 렌즈에서 광이 진행하여 광섬유로 입사하는 경로를 보여주는 단면도이다. 도 1a 내지 도 2의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0065] 도 3을 참조하면, 광원(L.S.)으로부터의 광은 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)의 입구(S1) 쪽으로 입사하여 제1 렌즈(120)와 제2 렌즈(130)를 거쳐 출구(S2) 쪽으로 출사하여 광섬유(300)로 입사될 수 있다. 한편, 광원(L.S.)으로부터의 광은 2가지 종류로 구별될 수 있다. 예컨대, 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)에 의해 차단되는 제1 광(L1)과 제1 렌즈(120)의 렌즈부(124)를 투과하여 제2 렌즈(130)로 진행하는 제2 광(L2)으로 구별될 수 있다. 제1 광(L1)은 광 차단부(122)에 의해 차단되므로 광의 인텐서티 계산에서 제외되고, 제2 광(L2)만이 광의 인텐서티 계산에 포함될 수 있음은 전술한 바와 같다.

[0066] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)는 OES 장치(도 16의 500 참조)의 광섬유(300)에 결합하거나 또는 분광기(400)에 직접 결합하여 챔버(도 4의 1110 참조) 내의 플라즈마 광을 검출하는 데에 사용될 수 있다. 한편, 플라즈마 광을 검출할 때, 제1 렌즈(120)의 경우는 튜브형 렌즈(100)에서 다른 초점을 갖는 제1 렌즈들(120)로 교체되는 식으로 사용되고, 제2 렌즈(130)의 경우는 교체 없이 사용될 수 있다. 그에 따라, 제1 렌즈(120)는 튜브(110)로부터 탈착이 매우 용이한 구조로 튜브(110)에 결합할 수 있다. 제2 렌즈(130)는 교체 없이 사용되므로 튜브(110)에 고정되고, 그에 따라 제2 렌즈(130)의 초점(Df2) 역시 고정될 수 있다. 예컨대, 제2 렌즈(130)의 초점은 광학 소자, 예컨대 광섬유(300)의 입사면(Si)에 위치할 수 있다. 한편, 튜브형 렌즈(100)의 출구(S2) 쪽에 결합하는, 광학 소자, 예컨대 광섬유(300)의 입사면의 위치가 달라지는 경우에, 제2 렌즈(130)를 교체하여 해당 입사면 초점이 위치하도록 할 수 있다.

[0067] 도 4는 OES 장치가 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함하지 않은 경우와 튜브형 렌즈를 포함한 경우의 챔버 내부의 측정 영역을 보여주는 개념도들로서, (a)는 튜브형 렌즈를 포함하지 않은 구조를 보여주고, (b)는 튜브형 렌즈를 포함한 구조를 보여준다. 편의상, OES 장치는 (a)에서는 광섬유 부분을, 그리고 (b)에서는 광섬유와 튜브형 렌즈 부분만을 보여준다. 도 1a 내지 도 3의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0068] 도 4를 참조하면, (a)와 같이 기존 OES 장치는 광섬유(300)가 챔버 시스템(1000)의 챔버(1110)에 설치된 뷰-포트(1120)에 바로 장착되고, 광섬유(300)가 챔버(1110) 내부에서 발생한 플라즈마 광을 수용하여 플라즈마 상태를 측정하게 된다. 도시된 바와 같이 기존의 OES 장치의 광섬유(300)는 30 ~ 40 ° 사이의 플라즈마 광을 수용하고, 그에 따라 12 인치 웨이퍼(2000) 기준으로 약 40% 면적에 해당하는 플라즈마 광만을 측정할 수 있다. 또한, 광섬유(300)는 상기 30 ~ 40 ° 사이의 플라즈마 광 전체를 검출하게 되므로, 플라즈마 광의 이상이 발견된 경우에도 어느 부분의 플라즈마 광에 이상이 발생한 것인지 알 수 없다.

[0069] 한편, (b)와 같이 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)를 포함한 OES 장치(도 16의 500 참조)는 광섬유(300) 전단에 튜브형 렌즈(100)가 결합하고, 튜브형 렌즈(100)가 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)에 장착됨으로써, 매우 좁은 영역의 플라즈마 광을 수용하여 측정할 수 있다. 또한, 후술하겠지만 다른 초점들을 갖는 제1 렌즈들(120)을 교체하면서 플라즈마 광을 측정함으로써, 국소 부위의 플라즈마 광원(L.S.)의 플라즈마 광의 이상을 검출할 수 있다. 그에 따라, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)를 포함한 OES 장치는, 플라즈마 공정에서 웨이퍼(2000)에 직접적으로 영향을 주는 플라즈마 광원(L.S.)의 플라즈마 광에 대해서만 측정하여 플라즈마 상태를 분석할 수 있다. 여기서, 1130은 웨이퍼(2000)가 안치되어 고정되는 정전 척(1130)일 수 있다.

[0070] 한편, 웨이퍼(2000)의 중심 부분에 플라즈마 광원(L.S.)이 위치한 것으로 도시하고 있는데, 이는 튜브형 렌즈(100)를 포함한 OES 장치를 이용하여 특정 위치의 플라즈마 광원(L.S.)의 플라즈마 광을 측정할 수 있음을 설명하기 위한 것이다. 실제로 플라즈마 공정에서, 플라즈마 광은 챔버(1110) 내부의 대부분에서 발생한다. 따라서, 챔버(1110) 내부 전체의 수많은 위치들이 플라즈마 광원들에 해당할 수 있고, 표시된 플라즈마 광원(L.S.)은 수많은 플라즈마 광원들 중의 하나일 수 있다.

[0071] 도 5는 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 광 차단부가 형성된 제1 렌즈에서 초점을 고정하고 광원 위

치를 변경시킨 경우의 광의 인텐서티를 보여주는 개념도로서, 광의 인텐서티는 제1 렌즈의 뒷면이나 제2 렌즈의 전면, 또는 광섬유의 입사면에서의 광의 인텐서티에 해당할 수 있다.

[0072] 도 5를 참조하면, (a)에서, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)와 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.) 사이에 위치한 경우, 광원(L.S.)으로부터의 광은 광 차단부(122)에 의해 대부분 차단되고, 또한 큰 입사각으로 진행하는 외곽 부분의 광은 렌즈부(124)를 거쳐서 제2 렌즈(130)로 진행하지 못하므로, 광의 인텐서티는 거의 0에 해당할 수 있다.

[0073] (b)에서, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)과 동일한 위치에 있는 경우, 광원(L.S.)으로부터의 비교적 많은 광이 렌즈부(124)를 통해서 제2 렌즈(130)로 진행하고, 그에 따라, 광의 인텐서티는 0보다 클 수 있다. 물론, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)과 동일한 위치에 있는 경우에도, 광의 상당 부분은 광 차단부(122)에 의해 차단할 수 있다. 덧붙여, 중심 영역에 광 차단부(122)를 구비한 제1 렌즈(120)의 구조에 대하여, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)의 위치에 있을 때 광의 인텐서티가 최대가 되는 것은 아니다. 다시 말해서, 광의 인텐서티의 최대는 초점 거리에 약간 상관이 있지만, 주로 광 차단부(122)의 사이즈와 제1 렌즈(120)와 광원(L.S.)과의 거리에 상관이 있다. 예컨대, 광 차단부(122)의 사이즈가 매우 작은 경우에는 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)에 근접하여 초점보다 가까이 있을 때 광 인텐서티가 최대가 될 수 있다. 또한, 광 차단부(122)가 제1 렌즈(120)의 대부분을 차지할 정도 크면 광원(L.S.)이 초점보다 더 멀리 있을 때 광의 인텐서티가 최대가 될 수 있다.

[0074] (c)에서, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.) 밖에 위치하게 되면, 광의 인텐서티는 비교적 작을 수 있다. 또한, 제1 렌즈(120)로부터 멀어지는 방향으로, 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)으로부터 매우 멀어지게 되면 광의 인텐서티는 거의 0에 해당할 수 있다.

[0075] 도 6은 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 광 차단부가 형성된 제1 렌즈에서 광원을 고정하고 초점 위치를 변경시킨 경우의 광의 인텐서티를 보여주는 개념도로서, 광의 인텐서티는 제1 렌즈의 뒷면이나 제2 렌즈의 전면, 또는 광섬유의 입사면에서의 광의 인텐서티에 해당할 수 있다.

[0076] 도 6을 참조하면, (a)에서, 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)이 광원(L.S.)과 제1 렌즈(120) 사이에 있는 경우는 광의 인텐서티는 비교적 작을 수 있고, 특히 초점(F.P.)에 비해 광원(L.S.)이 제1 렌즈(120)로부터 상당히 멀리 있는 경우에 광의 인텐서티는 거의 0에 해당할 수 있다. (a)의 초점(F.P.)과 광원(L.S.) 위치 관계 및 그에 따른 광의 인텐서티는 도 5의 (c)에 대응할 수 있다.

[0077] (b)에서, 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)이 광원(L.S.)의 위치와 동일한 경우, 광원(L.S.)으로부터의 비교적 많은 광이 렌즈부(124)를 통해서 제2 렌즈(130)로 진행하고, 그에 따라, 광의 인텐서티는 0보다 클 수 있다. (b)의 초점(F.P.)과 광원(L.S.) 위치 관계 및 그에 따른 광의 인텐서티는 도 5의 (b)에 대응할 수 있다.

[0078] (c)에서, 제1 렌즈(120)의 초점(F.P.)이 광원(L.S.)의 위치 밖에 위치하는 경우, 광원(L.S.)으로부터의 광이 광 차단부(122)에 의해 대부분 차단되고, 또한 큰 입사각으로 진행하는 외곽 부분의 광은 렌즈부(124)를 거쳐서 제2 렌즈(130)로 진행하지 못하므로, 광의 인텐서티는 거의 0에 해당할 수 있다. (c)의 초점(F.P.)과 광원(L.S.) 위치 관계 및 그에 따른 광의 인텐서티는 도 5의 (a)에 대응할 수 있다.

[0079] 도 7은 도 1a의 튜브형 렌즈에 포함된, 중심 영역에 광 차단부가 형성된 제1 렌즈의 다양한 형태를 보여주는 단면도들이다. 도 1a 내지 도 6의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0080] 도 7을 참조하면, (a)의 제1 렌즈(120)는 도 1a의 튜브형 렌즈(100)에 포함된 제1 렌즈(120)에 해당할 수 있다. 그에 따라, 제1 렌즈(120)는 광 차단부(122)와 렌즈부(124)를 포함하고, 광 차단부(122)는 렌즈부(124)의 관통홀(H)을 채우는 구조를 형성될 수 있다.

[0081] (b)의 제1 렌즈(120a)는 (a)의 제1 렌즈(120)와는 다른 구조를 가질 수 있다. 즉, 제1 렌즈(120a)에서, 광 차단부(122a)는 렌즈부(124a)를 관통하는 구조가 아니라 렌즈부(124a)의 표면에 얇게 형성된 홈(groove)을 채우는 구조를 가질 수 있다. 한편, 이러한 광 차단부(122a)는 튜브(110)의 입구(S1) 쪽에서 볼 때, 도 1b의 광 차단부(122)와 같이 원형 구조를 가질 수 있다. 따라서, 그 기능은 (a)의 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)와 실질적으로 동일할 수 있다. 광 차단부(122a)의 재질은 도 1a 내지 도 1c의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.

[0082] (c)의 제1 렌즈(120b)는 (b)의 제1 렌즈(120a)와 유사하게 광 차단부(122a1, 122a2)가 렌즈부(124b)의 얇은 홈

을 매립하는 구조로 형성될 수 있다. 그러나 도시된 바와 같이 제1 렌즈(120b)는, 광 차단부(122a1, 122a2)가 렌즈부(124b)의 양 표면에 각각 형성된다는 점에서, (b)의 제1 렌즈(120a)와 다를 수 있다. 본 실시예의 제1 렌즈(120b)의 광 차단부(122a1, 122a2) 역시 튜브(110)의 입구(S1) 쪽에서 볼 때, 원형 구조를 가질 수 있고, 기능 역시 (a)의 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)와 실질적으로 동일할 수 있다. 또한, 광 차단부(122a1, 122a2)의 재질은 도 1a 내지 도 1c의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.

[0083] (d)의 제1 렌즈(120c)는, 광 차단부(122b)가 렌즈부(124c)의 관통 홀이나 홈을 메우는 구조가 아니라 렌즈부(124c)의 표면에 추가적으로 형성된 구조물이라는 점에서, 앞서 실시예들의 제1 렌즈(120 120a, 120b)와 전혀 다를 수 있다. 본 실시에의 광 차단부(122c)는 렌즈부(124c)의 표면에 불투명 접착제를 부착하여 형성할 수 있다. 또한, 도료, 인쇄잉크, 그림물감 등을 만들어 렌즈부(124c)의 표면에 착색하여 형성할 수도 있다. 본 실시예의 제1 렌즈(120c)의 광 차단부(122b) 역시 튜브(110)의 입구(S1) 쪽에서 볼 때, 원형 구조를 가질 수 있고, 기능 역시 (a)의 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)와 실질적으로 동일할 수 있다.

[0084] (e)의 제1 렌즈(120d)는, (d)의 제1 렌즈(120c)와 유사하게 광 차단부(122b1, 122b2)가 렌즈부(124c)의 표면에 추가적으로 형성된 구조를 가질 수 있다. 그러나 도시된 바와 같이 제1 렌즈(120d)는, 광 차단부(122b1, 122b2)가 렌즈부(124c) 양 표면에 각각 형성된다는 점에서, (d)의 제1 렌즈(120c)와 다를 수 있다. 본 실시예의 제1 렌즈(120d)의 광 차단부(122b1, 122b2) 역시 튜브(110)의 입구(S1) 쪽에서 볼 때, 원형 구조를 가질 수 있고, 기능 역시 (a)의 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)와 실질적으로 동일할 수 있다.

[0085] 한편, 제1 렌즈의 광 차단부는 전술한 구조나 형성 방법 이외에도 다양한 구조와 방법으로 형성될 수 있다. 예컨대, 안료와 비슷한 것으로 염료(dye)가 있는데, 염료는 물 또는 유기 용제에 녹는 유색 분발로서, 섬유나 플라스틱의 착색에 사용될 수 있다. 따라서, 이러한 염료를 이용하여 제1 렌즈의 광 차단부가 형성될 수도 있다. 그외 제1 렌즈의 광 차단부는 렌즈부 표면 일부의 윤택을 지우거나 또는 렌즈부 표면 일부에 불투명 재료를 코팅하여 형성될 수도 있다. 또한, 제1 렌즈의 광 차단부는 레이저 에칭, 연마, 또는 다른 적절한 기술들을 이용하여 렌즈부의 일부 영역이 불투명 또는 덜 투명하게 되도록 처리하여 형성될 수 있다.

[0086] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 대한 평면도이다. 도 1a 내지 도 7의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0087] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100a)는 제1 렌즈(120e)의 중심 영역으로 광이 투과하지 못하도록 하는 광 차단 구조물(140)을 더 포함한다는 측면에서, 도 1a의 튜브형 렌즈(100)와는 다를 수 있다. 구체적으로, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100a)는 튜브(110), 제1 렌즈(120e), 제2 렌즈(130) 및 광 차단 구조물(140)을 포함할 수 있다. 튜브(110)와 제2 렌즈(130)는 도 1a의 튜브형 렌즈(100)에서 설명한 바와 같다. 제1 렌즈(120e)는 제2 렌즈(130)와 같이 일반적인 렌즈 구조를 가질 수 있다. 즉, 제1 렌즈(120e)의 중앙 영역에는 광 차단부가 형성되지 않을 수 있다.

[0088] 한편, 제1 렌즈(120e)는 도 1a의 튜브형 렌즈(100)의 제1 렌즈(120)와 유사하게 튜브(110)로부터 탈착이 매우 용이한 구조로 튜브(110)에 결합할 수 있다. 또한, 제1 렌즈(120e)는 초점이 서로 다른 여러 개가 준비되고, 플라즈마 광 측정 시에 튜브형 렌즈(100a)에서 서로 다른 초점을 갖는 제1 렌즈들(120e)로 교체되는 식으로 이용될 수 있다.

[0089] 광 차단 구조물(140)은 원형 평판 구조를 가지며, 도 8b에 도시된 바와 같이 중앙의 광 차단 영역(142)과 외곽의 투과 영역(144)을 포함할 수 있다. 광 차단 영역(142)은, 도 1a의 튜브형 렌즈(100)의 제1 렌즈(120)의 광 차단부(122)에 대해 설명한 구조나 재질로 형성될 수 있다. 예컨대, 광 차단 영역(142)은 투과 영역(144)의 중심 부분에 형성된 관통 홀에 불투명 물질이 채워서 형성될 수 있다. 그 외, 광 차단 영역(142)은 도 7의 제1 렌즈의 광 차단부들에 대해 설명한 다양한 구조로 형성될 수도 있다.

[0090] 투과 영역(144)은 광이 투과하는 영역으로, 제1 렌즈(120e)와 제2 렌즈(130)의 구조와 달리 두께가 일정한 평판 유리와 같은 구조를 가질 수 있다. 투과 영역(144)의 중앙에는 광 차단 영역(142)을 위한 관통 홀이 형성됨은 전술한 바와 같다. 그러나 광 차단 영역(142)이 도 7의 (b) 및 (c)의 제1 렌즈와 유사한 구조로 형성되는 경우는, 투과 영역(144)에는 관통 홀이 형성되는 대신 얇은 홈이 형성될 수 있다. 또한, 광 차단 영역(142)이 도 7의 (d) 및 (e)의 제1 렌즈와 유사한 구조로 형성되는 경우는, 투과 영역(144)에는 관통 홀이나 홈이 전혀 형성되지 않을 수 있다.

[0091] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100a)는 광 차단 구조물(140)이 제1 렌즈(120e)의 전방에 배치됨으로써, 광 차단 구조물(140)과 제1 렌즈(120e)가 함께, 도 1a의 튜브형 렌즈(100)의 제1 렌즈(120)의 기능을 수행할 수 있다. 다시 말해서, 광 차단 구조물(140)이 광 차단 영역(142)을 통해 중심 영역으로 진행하는 광을 차단함으로써, 제1 렌즈(120e)의 중심 영역으로 진행하는 광을 차단하고, 따라서, 제1 렌즈(120e)의 중심 영역으로 광이 투과되지 못하도록 할 수 있다. 한편, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100a)에서, 중앙 영역으로 진행하는 광은 차단하고 외곽 부분으로 진행하는 광은 투과시키는 기능적인 측면에서, 광 차단 구조물(140)은 일종의 광학 필터에 해당할 수 있다.

[0092] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 및 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 대한 평면도이다. 도 1a 내지 도 8b의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0093] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100b)는 제1 렌즈(120e)의 전방으로 광 차단 구조물(140a)을 더 포함한다는 측면에서, 도 8a의 튜브형 렌즈(100a)와 유사할 수 있다. 그러나 광 차단 구조물(140a)의 기능 및 구조가, 도 8a의 튜브형 렌즈(100a)의 광 차단 구조물(140)과 다를 수 있다.

[0094] 예컨대, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100b)에서, 광 차단 구조물(140a)은 일종의 광학 필터로서, 중심에 가까울수록 광의 투과율이 낮을 수 있다. 광 차단 구조물(140a)의 구조는 원형 평판 구조를 가지나, 도 8a 및 도 8b의 광 차단 구조물(140)에서와 같은 불투명한 물질로 형성된 광 차단 영역(142)이 존재하지 않을 수 있다.

[0095] 광 차단 구조물(140a)은 예컨대, ND(Neutral Density) 필터로 형성될 수 있다. ND 필터는 ND 그라디언트 필터, 또는 그라디언트 ND 필터라고 하기도 한다. ND 필터는 중심에 가까울수록 광의 투과율을 낮게 하는 기능을 가질 수 있다. 다시 말해서, 광이 ND 필터를 통과할 때, 중심에서의 광의 투과율이 낮고 외곽 부분에서의 광은 투과율이 높을 수 있다. 예컨대, 도 9b에서, 중심에서 제1 반지름(R1)까지에 해당하는 차단 영역(Ab)에서 투과율이 40% 이하이고, 제1 반지름(R)1부터 제2 반지름(R2)까지에 해당하는 투과 영역(At)에서 투과율은 95% 이상일 수 있다. 따라서, 광이 ND 필터를 통과 후, 중심에서 광의 인텐서티가 낮고 외곽 부분에서 광의 인텐서티는 높을 수 있다.

[0096] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100b)는 ND 필터와 같이 중심에서의 광의 투과율이 낮은 광학 필터를 광 차단 구조물(140a)로 사용함으로써, 도 8a의 광 차단 구조물(140)과 유사한 기능을 수행하도록 할 수 있다. 다만, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100b)에서, 광 차단 구조물(140a)은 중심 영역에서의 광을 완전히 차단하지는 않으므로, 도 5의 (a)나 또는 도 6의 (c)와 같은 유사한 배치 구조의 광 인텐서티 실험에서 광 인텐서티는 0 보다 크게 검출될 수 있다.

[0097] 도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도, 그 튜브형 렌즈에 포함된 광 차단 구조물에 단면도, 및 그 광 차단 구조물을 통과한 광에 대한 인텐서티를 보여주는 개념도이다. 도 1a 내지 도 9b의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0098] 도 10a 내지 도 10c를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100c)는 제1 렌즈(120e)의 전방으로 광 차단 구조물(140b)을 더 포함한다는 측면에서, 도 8a 또는 도 9a의 튜브형 렌즈(100a, 100b)와 유사할 수 있다. 그러나 광 차단 구조물(140b)의 기능 및 구조가, 도 8a 또는 도 9a의 튜브형 렌즈(100a, 100b)의 광 차단 구조물(140, 140a)과 다를 수 있다.

[0099] 예컨대, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100c)에서, 광 차단 구조물(140b)은 입사된 광을 링 형태의 광으로 변환시키는 광학 소자일 수 있다. 링 형태의 빔은 도 10c에 도시된 바와 같이, 광이 진행하는 방향에 수직인 단면 상에서, 도너츠 또는 원형 링과 같은 형태로 광이 분포하는 빔을 의미할 수 있다. 따라서, 도 10c에 도시된 바와 같이, 광 차단 구조물(140b)을 통과한 광은, 중심에서 제1 반지름(R1)까지에 해당하는 차단 영역(A'b)에서 광의 인텐서티는 거의 0이고, 제1 반지름(R1)부터 제2 반지름(R2)까지에 해당하는 투과 영역(A't)에서 광의 인텐서티는 높을 수 있다. 예컨대, 투과 영역(A't)에서 광의 인텐서티는 일반 유리를 통과하는 광의 인텐서티와 유사하거나 그 이상일 수 있다.

[0100] 광 차단 구조물(140b)은 예컨대, 도 10b에 도시한 바와 같이 한 쌍의 엑시콘(axicon) 렌즈(140b-1, 140b-2))로 형성될 수 있다. 한편, 광 차단 구조물(140b)은 엑시콘 렌즈 이외의 다른 소자들 예컨대 SLM(Spatial Light

Modulator)로 형성될 수도 있다. SLM 역시 입사된 광을 링 형태의 광으로 변환시킬 수 있다.

[0101] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100c)는 한 쌍의 엑시콘 렌즈와 같이 입사된 광을 링 형태로 변환시키는 광학 소자를 광 차단 구조물(140b)로 사용함으로써, 도 8a의 광 차단 구조물(140)과 유사한 기능을 수행할 수 있다. 즉, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100c)에서, 광 차단 구조물(140b)이 차단 영역(A'b)을 통해 중심 영역으로 진행하는 광을 차단함으로써, 제1 렌즈(120e)의 중심 영역으로 진행하는 광을 차단하고, 따라서, 제1 렌즈(120e)의 중심 영역으로 광이 투과되지 못하도록 할 수 있다.

[0102] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 실시예들에 따른 튜브형 렌즈에 대한 단면도들이다. 도 1a 내지 도 10c의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0103] 도 11a를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100d)는 제1 렌즈(120e)의 후방으로 배치된 광 차단 구조물(140)을 포함한다는 측면에서, 도 8a의 튜브형 렌즈(100a)와 다를 수 있다. 예컨대, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100d)에서, 광 차단 구조물(140)은 도 8a의 튜브형 렌즈(100a)의 광 차단 구조물(140)과 동일한 구조를 가지나 그 배치 위치가 제1 렌즈(120e)의 후방, 즉 제2 렌즈(130) 방향으로 제1 렌즈(120e)에 인접하여 배치될 수 있다.

[0104] 이와 같이 광 차단 구조물(140)이 제1 렌즈(120e)의 후방에 배치되는 경우에도, 제1 렌즈(120e)의 중앙 영역을 통과한 광이 광 차단 구조물(140)의 광 차단 영역(142)에 의해 차단되므로, 결국 제1 렌즈(120e)의 중앙 영역으로 광이 투과하지 못한 것과 동일한 효과를 가질 수 있다. 한편, 광 차단 구조물(140)은 도 9a 또는 도 10a의 광 차단 구조물(140a, 140b)의 구조로 대체될 수도 있다.

[0105] 도 11b를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100e)는 제1 렌즈(120e)의 후방으로 배치된 광 차단 구조물(140)을 포함한다는 측면에서, 도 11a의 튜브형 렌즈(100d)와 유사할 수 있다. 그러나 본 실시예의 튜브형 렌즈(100e)는, 광 차단 구조물(140)이 제1 렌즈(120e)보다 제2 렌즈(130)에 인접하여 배치된다는 점에서, 도 11a의 튜브형 렌즈(100d)와 다를 수 있다. 본 실시예의 튜브형 렌즈(100e)는 제1 렌즈(120e)의 중심 영역을 투과한 광을 차단한다는 측면보다는, 제2 렌즈(130)의 중앙 영역으로 광이 투과되는 것을 차단한다는 측면이 강할 수 있다. 이와 같은 구조로 광 차단 구조물(140)이 배치되는 경우에도, 결국, 제1 렌즈(120e)의 중심 영역을 투과한 광이 광섬유(도 3의 300 참조)로 입사되는 것이 차단되므로, 제1 렌즈(120e)의 중앙 영역으로 광이 투과하지 못한 것과 동일한 효과를 가질 수 있다. 한편, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100e)에서의 광 차단 구조물(140) 역시 도 9a 또는 도 10a의 광 차단 구조물(140a, 140b)의 구조로 대체될 수 있다.

[0106] 도 12a 및 도 12b는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 이용하여 챔버 내의 국소 지역의 플라즈마의 이상 상태를 측정하는 원리를 보여주는 개념도들이다. 편의상, OES 장치는 광섬유와 튜브형 렌즈 부분만을 보여준다. 도 1a 내지 도 11b의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0107] 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)는 광섬유(300) 전단으로 결합하여 OES 장치(도 16의 500 참조)를 구성하고, 튜브형 렌즈(100)는 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)에 부착될 수 있다. 튜브형 렌즈(100)는 입구(도 1a의 S1 참조) 쪽이 뷰-포트(1120)에 부착되고 출구(도 1a의 S2 참조) 쪽이 광섬유(300)에 결합할 수 있다.

[0108] 튜브형 렌즈(100)는 뷰-포트(1120)에는 탈착이 용이한 구조로 부착될 수 있다. 예컨대, 나사 결합, 후크 결합, 쐐기 결합 등을 위한 구조물이 튜브형 렌즈(100)의 입구 쪽에 형성될 수 있고, 또한, 뷰-포트(1120) 부분에 그에 대응하는 구조물이 형성될 수 있다. 한편, 경우에 따라 뷰-포트(1120)의 외면이 챔버(1110) 벽면에서 내부로 들어간 구조, 즉 홈과 같은 구조로 형성될 수 있다. 뷰-포트(1120)가 그러한 홈 구조로 형성된 경우, 튜브형 렌즈(100)는 외형이 홈에 맞도록 형성되고, 홈에 단순히 끼워서 결합하는 식으로 뷰-포트(1120)에 결합할 수 있다. 또한, 튜브형 렌즈(100)의 튜브(110)의 외면으로 진공 빨판과 같은 구조물이 설치되어 진공 흡착의 원리를 통해 튜브형 렌즈(100)가 뷰-포트(1120) 부분에 결합할 수도 있다.

[0109] 한편, 튜브형 렌즈(100)는 광섬유(300)에 결합 가이드(도 18a 또는 도 18b의 200, 200a 참조)를 이용하여 결합할 수 있다. 튜브형 렌즈(100)의 광섬유(300)로의 결합에 대해서는 도 18a 내지 도 18c의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.

[0110] 본 실시예의 튜브형 렌즈(100)가 뷰-포트(1120) 부분에 부착되면, 튜브형 렌즈(100) 구조에 기인하여 좁은 영역의 플라즈마 광이 튜브형 렌즈(100)로 입사될 수 있다. 튜브형 렌즈(100)로 입사되는 플라즈마 광의 영역은 튜

브형 렌즈(100)의 구조 및 제1 렌즈(120)의 초점에 좌우될 수 있다. 튜브형 렌즈(100)로 입사되는 플라즈마 광의 영역을 정확히 정의할 수는 없으나, 튜브형 렌즈(100)의 내부 지름(도 1a의 D 참조)과 제1 렌즈(120)의 초점 거리에 기초하여 어느 정도 근사적인 측정 영역(MA, MA')이 정의될 수 있다.

[0111] 도 12a 및 도 12b에서는 동일한 폭을 갖는 영역이 측정 영역(MA, MA')으로 정의되고 있지만, 측정 영역(MA, MA')의 구조가 그에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 어느 일방으로 테이퍼진 구조로 측정 영역(MA, MA')이 정의되거나, 또는 도 4b에서와 같이 중심에서 좁고 양 방향으로 넓어지는 측정 영역(MA, MA')이 정의될 수도 있다. 한편, 측정 영역의 모든 부분에서 플라즈마 광이 발생하므로, 측정 영역(MA, MA')의 곳곳이 플라즈마 광원들에 해당할 수 있다. 다만, 너무 세분하여 플라즈마 광원들을 선정하게 되면 측정 과정과 계산 과정이 복잡해지므로, 제1 렌즈(120)의 초점과 광 차단부(122)의 사이즈 등에 기초하여 측정 영역(MA, MA') 중 몇 곳만이 플라즈마 광원들(도 12a에서 LS1, LS2, LS3, LS4, 또는 도 12b에서 LS'1, LS'2, LS'3, LS'4)로 선정되고, 그러한 부분들에 대해서 플라즈마 광의 검출되어 플라즈마 상태가 분석될 수 있다.

[0112] 도 12a의 경우는 튜브형 렌즈(100)의 입구의 면과 뷰-포트(1120)의 외면이 수평하게 결합한 경우를 보여준다. 그에 따라, 튜브형 렌즈(100)의 입구의 면에 수직하는 영역이 측정 영역(MA)으로 정의되고, 그러한 측정 영역(MA)의 플라즈마 광들이 튜브형 렌즈(100)에 입사될 수 있다.

[0113] 그에 반해, 도 12b의 경우는 튜브형 렌즈(100)의 입구의 면과 뷰-포트(1120)의 외면이 제1 경사(Θ)를 가지고 결합한 경우를 보여준다. 제1 경사(Θ)는 90° 미만일 수 있다. 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)의 구조에 따라 달라질 있으나 제1 경사(Θ)는, 예컨대 0 ~ 60° 정도의 범위를 가질 수 있다. 이와 같이 제1 경사(Θ)를 가지고 튜브형 렌즈(100)가 뷰-포트(1120)에 결합한 경우에, 역시 튜브형 렌즈(100)의 입구의 면에 수직하는 영역이 측정 영역(MA')으로 정의되고, 그러한 측정 영역(MA')의 플라즈마 광들이 튜브형 렌즈(100)에 입사될 수 있다.

[0114] 도 13은 일반 초점 렌즈를 포함한 OES 장치와 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치에서, 초점을 달리하면서 거리에 따른 광의 인텐서티를 측정한 그래프들이다. 여기서, x 축이 광원으로부터의 거리이고 y축이 측정된 광의 인텐서티이다. 이해의 편의를 위해, 도 2, 도 12a 및 도 12b를 함께 참조하여 설명한다.

[0115] 도 13을 참조하면, (a)의 일반 초점 렌즈를 포함한 OES 장치의 경우, 광의 인텐서티는 광원에서 멀어짐에 따라 점차로 작아짐을 알 수 있다. 또한, 초점이 다른 렌즈를 사용하는 경우, 거리별로 인텐서티가 약간씩 다르나 역시 광원으로부터 멀어지면 작아지는 추세를 갖는다. 한편, 초점이 다른 각각의 렌즈들에 대하여, 모든 위치에서 광 인텐서티를 합한 전체 광 인텐서티는 거의 동일한 값이 나타남을 알 수 있다. 예컨대, 초점 거리가 27㎜인 렌즈(●)를 이용하는 경우, 광원으로부터 거리가 가까운 지점에서 광 인텐서티가 높게 나오나 광원으로부터 멀어질수록 광 인텐서티의 감소가 클 수 있다. 이에 반해, 초점 거리가 55 ㎜인 렌즈(◀)를 이용하는 경우, 광원으로부터 거리가 가까운 지점에서 광 인텐서티가 높지 않으나 광원으로부터 멀어져도 광 인텐서티의 감소가 크지 않음을 알 수 있다. 따라서, 각각의 렌즈들에 대하여, 모든 지점들에서의 광 인텐서티를 합하게 되면 거의 유사한 값이 나올 수 있다.

[0116] 이러한 결과는 렌즈를 고정하고 거리별로 다수의 광원들을 배치하는 경우에도 동일하게 나타남을 알 수 있다. 좀더 구체적으로 설명하면, 거리별로 다수의 광원들이 배치된 구조의 경우, 모든 광원들에서의 광이 일반 초점 렌즈에 한꺼번에 입사하게 되므로, 앞서 하나의 광원에 대하여 모든 지점들에서의 광 인텐서티를 합치는 것과 유사한 결과가 될 수 있다. 따라서, 거리별로 다수의 광원들이 배치된 구조에 대하여, 초점이 서로 다른 일반 초점 렌즈들을 이용하여 광 인텐서티를 측정하는 경우에 모두 동일 또는 유사한 광 인텐서티를 검출하게 된다.

[0117] 이러한 결과는 챔버 내의 플라즈마 광을 측정할 때도 동일하게 나타날 수 있다. 예컨대, 도 12에서와 유사하게 측정 영역(M.A.)이 좁은 라인 형태로 정의되고, 측정 영역(M.A.) 곳곳에 플라즈마 광원들이 존재한다고 가정할 때, 초점이 서로 다른 일반 초점 렌즈들을 이용하여 플라즈마 광을 측정하게 되면 모두 동일한 광 인텐서티를 검출하게 되어 특정 위치의 플라즈마 상태를 분석할 수 없다.

[0118] 한편, (b)의 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함하는 OES 장치의 경우, 광원으로 거리에 따른 광의 인텐서티는, (a)의 일반 초점 렌즈를 이용하는 경우와는 전혀 다르게 나타남을 알 수 있다.

[0119] 구체적으로, 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함하는 OES 장치의 경우, 광원으로부터 어느 정도 거리까지 광 인텐서티가 거의 0으로 유지되다가 점차 증가하며, 최대치를 갖는 피크 점을 지나면서 다시 감소하는 식으로 나타남을 알 수 있다. 예컨대, 도 1a의 튜브형 렌즈(100)의 제1 렌즈(120)로서 초점 거리가 27㎜인 렌즈(●)를 이용하는 경우, 광원으로부터 2㎝까지 광 인텐서티가 거의 0을 유지하다가 그 이후로 점차 증가하여 피크 점인 8㎝ 정

도에서 최대치를 나타내며, 그 이후로는 다시 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는, 각각의 위치에서 광 인텐서티의 차이가 있고 또한 피크 점이 서로 다르기는 하지만, 초점 거리가 다른 렌즈들 모두에 대해서 비슷한 양상을 보임을 알 수 있다.

[0120] 참고로, 광원에서 가까운 지점에서 광 인텐서티가 거의 0이 나오게 되는 것은 도 5의 (a)의 배치 구조 또는 도 6의 (c)의 배치 구조에서 어느 정도 예측할 수 있다. 다시 말해서, 광원이 제1 렌즈(120)에 가까이 배치된 경우에는 광 차단부(122)에서 대부분의 광을 차단하게 되므로 광 인텐서티는 거의 0으로 나타날 수 있다. 한편, 광 인텐서티가 0보다 큰 지점들에서의 광 인텐서티들의 경우, 도 2의 설명 부분에서 설명한 바와 같이, 제1 렌즈(120)의 중심 영역의 광 차단부(122)의 존재로 인해, 식(1)에서 차단부(122)로 향하는 경로들은 인텐서티 계산에서 제외되고, 따라서 모든 지점에서 광 인텐서티는 (a)의 일반 초점 렌즈를 이용하는 경우에 비해 작아짐을 예측할 수 있다.

[0121] 한편, 광의 인텐서티가 최대가 되는 피크 점은 도 5의 설명 부분에서 전술한 바와 같이 광원의 위치와 제1 렌즈(120)의 초점의 일치 여부보다는 주로 광 차단부(122)의 사이즈에 크게 좌우될 수 있다. 예컨대, 광 차단부(122)의 사이즈가 작은 경우에 광 인텐서티의 피크 점은 왼쪽, 즉 광원으로 거리가 가까운 곳으로 이동할 수 있다. 그에 반해, 광 차단부(122)의 사이즈가 큰 경우에 광 인텐서티의 피크 점은 오른쪽, 즉 광원으로 거리가 먼 곳으로 이동할 수 있다. 덧붙여, 초점 거리에 상관없이 광원으로 멀어질수록 광의 인텐서티가 일정한 값에 수렴하게 됨을 알 수 있다. 물론, 광원에서 매우 멀어지게 되면 (a)의 경우와 비슷하게 광 인텐서티 값은 0에 수렴하게 될 것이다.

[0122] 한편, (a)에서와 달리, 초점이 다른 각각의 렌즈에 대하여, 모든 위치에서 광 인텐서티를 합한 전체 광 인텐서티는 서로 다르게 나타날 수 있다. 이는 (b)에서 각각의 초점에 해당하는 렌즈들에 의해 그려진 그래프들에 의해 덮인 면적을 살펴보면 어느 정도 예측할 수 있다. 따라서, 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함하는 OES 장치의 경우, 광원의 거리에 따른 플라즈마 광의 이상 여부를 검출하는 것이 가능함을 예상할 수 있다. 그에 대해서는 도 14 및 도 15의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.

[0123] 도 14는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치에 기초하여 챔버 내의 국소 지역의 이상적인 플라즈마 광의 인텐서티를 정량화한 그래프들로서, (a)는 제1 렌즈의 초점 거리를 달리하면서, 광원으로부터의 거리별 광의 인텐서티를 정량화한 그래프이고, (b)는 제1 렌즈의 초점들 각각에 대하여 축적 광 인텐서티를 정량화한 그래프이다.

[0124] 도 14를 참조하면, (a)는 챔버 내의 국소 지역 예컨대, 도 12a나 도 12b의 측정 영역(MA, MA')의 이상적인(ideal) 플라즈마 광의 인텐서티를, 제1 렌즈(도 1a의 120)의 각각의 초점들에 대하여 거리별로 정량화하고 있는데, 정량화된 그래프의 패턴은 도 13의 (b)의 그래프의 패턴과 유사하게 나타날 수 있다. 즉, 제1 렌즈의 초점들 각각에 대하여, 광 인텐서티는 처음의 0에서 피크 점의 최대값으로 갑자기 증가한 후 다시 점차로 감소하는 추세를 가짐을 알 수 있다.

[0125] 참고로, (a)의 정량화 그래프는 도 13의 (b)와 달리, 챔버 내에 이상적인 상태의 플라즈마 광원들이 측정 영역들에 배치되어 있다고 가정하고 식(1)에 기초하여 시뮬레이션 계산을 통해 구해진 그래프일 수 있다. 여기서, 이상적인 상태의 플라즈마 광원은 플라즈마 공정에서 허용범위 내의 광 인텐서티를 갖는 플라즈마 광을 발생시키는 플라즈마 광원에 해당할 수 있다.

[0126] 한편, 도 13의 (b)와 비교하여 제1 렌즈(120)의 초점들은 동일하나 피크 점의 위치가 광원에 가깝고 또한 피크 점까지 갑작스러운 광 인텐서티의 증가 패턴을 볼 때, 광 차단부(도 1a의 122)의 사이즈가 큰 제1 렌즈(120)를 이용하여 광 인텐서티를 정량화한 것으로 예측할 수 있다. 또한, (a)의 광 인텐서티의 정량화는 피크 점의 위치를 제1 렌즈(120)의 각각의 초점들에 근접하도록 정량화하고 있음을 알 수 있다.

[0127] (b)는 제1 렌즈(120)의 각각의 초점들에 대하여, 광원으로부터의 거리별 광 인텐서티를 모두 합친 축척 광 인텐서티에 대한 정량화 그래프로서, (a)의 제1 렌즈들(120)의 각각의 초점들에 대하여, 거리별 광 인텐서티를 모두 합하여 생성할 수 있다. 구체적으로, 초점 거리 18㎜에 해당하는 제1 렌즈(120)에 대하여 거리별 광 인텐서티를 모두 합한 축적 광 인텐서티가 가장 높게 나타남을 확인할 수 있고, 초점 거리 55㎜에 해당하는 제1 렌즈(120)에 대하여 거리별 광 인텐서티를 모두 합한 축적 광 인텐서티가 가장 낮게 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 (a)의 제1 렌즈(120)의 각각의 초점들에 대하여, 거리별 광 인텐서티의 그래프들에 의해 둘러싸인 면적을 고려하면 어느 정도 예상할 수 있다.

[0128] 도 15는 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 이용하여 챔버 내의 국소 지역의 플라즈마 광을 실제로 측정하고, 도 14의 정량화한 그래프들과 비교하여 국소 지역의 플라즈마의 이상 상태를 판단하는 그래프들이다.

[0129] 도 15를 참조하면, (a)와 같이 제1 렌즈(도 1a의 120)의 초점 거리를 달리하면서 거리별로 광 인텐서티를 측정한 결과를 도 14의 (a)의 이상적인 플라즈마 상태에 대해 정량화된 그래프와 비교함으로써, 점선의 원들(Pab)로 표시된 부분에서 플라즈마 상태의 이상이 발생한 것을 검출할 수 있음 보여주고 있다.

[0130] 다만, 도 14의 (a)와 도 15의 (a)의 그래프의 비교에 따른 플라즈마 상태의 이상에 대한 판단은 어느 정도 가상적인 방법에 지나지 않을 수 있다. 즉, 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 통해서 측정되는 플라즈마 광은 거리별로 구별되어 측정되는 것이 아니라, 측정 범위 내에 포함된 모든 플라즈마 광원으로부터 광이 모두 합쳐져 측정되기 때문이다. 따라서, 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 이용하여, 도 15의 (a)와 거리별 광 인텐서티에 대한 그래프를 실제로 획득하는 것은 어려울 수 있다.

[0131] 결국, 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치를 통해서, (b)에 도시된 바와 같이 제1 렌즈(120)의 각각의 초점들에 대하여 축척 광 인텐서티(●: Measure)를 측정할 수 있다. 따라서, 그러한 측정된 축척 광 인텐서티에 대한 그래프를, 도 13의 (b)의 이상적인 플라즈마에 대한 축적 광 인텐서티의 정량화 그래프와 비교함으로써, 플라즈마 상태의 이상을 판단할 수 있다. 예컨대, 제1 렌즈의 첫 번째, 그리고 세 번째 초점 거리(18㎜, 36㎜) 해당하는 부분에서 플라즈마 상태의 이상이 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 네 번째와 다섯 번째 초점 거리(45㎜, 55㎜)에 해당하는 부분에는 플라즈마 상태가 정상임을 알 수 있다.

[0132] 이러한 원리를 통해 본 실시예의 튜브형 렌즈를 포함한 OES 장치는 챔버 내 특정 영역의 플라즈마 상태의 이상을 검출할 수 있다. 덧붙여, 도 14의 (a)에서, 제1 렌즈의 초점들과 피크 점의 플라즈마 광원의 위치를 거의 유사한 위치에 대응하도록 정량화하고 있으나, 그와 달리 피크 점의 플라즈마 광원의 위치를 제1 렌즈의 초점의 거리보다 몇 배 먼 곳에 대응시킬 수도 있다. 또한, 제1 렌즈의 초점들과 피크 점의 플라즈마 광원의 위치를 거의 유사하게 대응시키는 경우라도, 초점 거리들이 큰 제1 렌즈들을 사용함으로써, 피크 점의 플라즈마 광원의 위치를 먼 곳에 대응하도록 할 수도 있다.

[0133] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브형 렌즈를 구비한 OES 장치를 개략적으로 보여주는 구성도이고, 도 17은 도 16의 OES 장치에서 분광기 부분을 좀더 상세하게 보여주는 구성도이다. 도 1 내지 도 15의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0134] 도 16 및 도 17을 참조하면, 본 실시예의 OES 장치(500)는 OES를 수행할 수 있는 장치로서, 기본적으로, 튜브형 렌즈(100), 광섬유(300) 및 분광기(400)를 포함할 수 있다. 튜브형 렌즈(100)는 도 1a 내지 도 1c의 설명 부분에서 설명한 튜브형 렌즈(100)일 수 있다. 물론, 본 실시예의 OES 장치(500)에, 도 1a의 튜브형 렌즈(100) 대신 다른 실시예들의 튜브형 렌즈들(100a ~ 100e) 중 어느 하나가 채용될 수 있음은 물론이다.

[0135] 광섬유(300)는 광섬유 결합부(310)과 광케이블(320)을 포함할 수 있다. 광섬유 결합부(310)는 광섬유를 다른 광학 소자에 광학적으로 결합시키는 부분으로, 본 실시예의 OES 장치(500)에서 광섬유 결합부(310)는 튜브형 렌즈(100)와 결합할 수 있다. 광섬유 결합부(310)와 튜브형 렌즈(100)의 결합 구조와 광케이블(320)의 구조에 대해서는 도 18a 내지 도 18b의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다. 한편, 도 17에 도시된 바와 같이 광섬유(300)는 분광기(400)와 결합하는 쪽으로 광섬유 결합부(330)를 포함할 수 있다.

[0136] 분광기(400)는 입사 개구(410), 결상 거울(420), 회절 격자(430) 및 어레이 검출기(440)를 포함할 수 있다. 이러한 분광기(400) 구조에서, 광섬유(300)로부터 광이 입사 개구(410)로 입사되고, 입사 개구(410)에서 퍼져나가는 광은 결상 거울(422)에 모아져 입사 개구(410)의 상을 만드는데, 통상적으로 쓰이는 평면 회절격자(430)가 광 경로 상에 배치되고, 입사 개구(410)의 상이 생기는 곳에 어레이 검출기(440)가 배치될 수 있다. 그에 따라, 수렴하는 빛이 평면 회절격자(430)에 입사한 후 분광 분해되어 파장에 따라 어레이 검출기(440)의 다른 곳에 상을 맺을 수 있다. 여기서 어레이 검출기(440)는 CCD(Charged Coupled Device)로 구현될 수 있다.

[0137] 도 17의 분광기(400)의 구조는 하나의 예시에 지나지 않으며, 다양한 구조의 분광기(400)가 본 실시예의 OES 장치(500)에 채용될 수 있음은 물론이다. 예컨대, 다른 분광기 구조에서, 결상 거울 대신, 입사 개구에서 나오는 빛을 평행하게 만들어 회절격자로 보내는 시준 거울, 회절 격자에 의해 분광 분해된 빛을 모아 어레이 검출기 보내는 집속 거울, 그리고 어레이 검출기 전단으로 배치되는 차수정렬필터를 포함할 수 있다.

[0138] 분광기(400)의 어레이 검출기(440)를 통해 수신된 분광 분해된 광에 대한 데이터는 분석 장치(도 19의 700 참조)로 전달되어 플라즈마의 상태를 분석하는 데에 이용될 수 있다. 한편, 본 실시예의 OES 장치(500)는 광섬유(300)를 포함하고 있지만, 도 20에 도시된 바와 같이 OES 장치(500a)가 광섬유를 포함하지 않을 수도 있다. 그러한 경우에는 OES 장치(500a)의 분광기(400)가 튜브형 렌즈(100)에 바로 결합할 수 있다.

[0139] 도 18a 내지 도 18c는 도 16의 OES 장치에서 튜브형 렌즈와 광섬유의 결합 구조를 보여주는 단면도들 및 광섬유에 대한 단면도이다. 도 1 내지 도 17의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0140] 도 18a를 참조하면, 튜브형 렌즈(100)는 광섬유(300)에 결합 가이드(200)를 통해 결합할 수 있다. 결합 가이드(200)는 튜브형 렌즈(100)의 튜브(110)와 광섬유(300)의 광섬유 결합부(310)의 외곽을 덮는 구조를 가질 수 있다. 이러한 결합 가이드(200)의 구조는 하나의 예시로서, 결합 가이드(200)의 구조가 그에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 결합 가이드(200)는 튜브형 렌즈(100)와 광섬유(300)를 결합하기 위한 다른 다양한 구조를 가질 수 있다. 한편, 튜브형 렌즈(100)의 제2 렌즈(130)의 초점의 위치는 광이 광섬유(300)로 입사되는 면, 예컨대 광케이블(320)의 입사면일 수 있다.

[0141] 도 18b를 참조하면, 광섬유(300)는 도시된 바와 같이 광섬유 결합부를 포함하지 않을 수 있다. 이러한 경우에 튜브형 렌즈(100)는 결합 가이드(200a)를 이용하여 광케이블(320)에 바로 결합할 수도 있다. 튜브형 렌즈(100)가 광케이블(320)에 바로 결합하는 구조의 경우에, 튜브형 렌즈(100)의 제2 렌즈(130)의 초점은 광케이블(320)의 입사면에 위치할 수 있다. 한편, 도 18c의 광케이블(320)의 단면을 간단히 도시하고 있는데, 광케이블(320)은 중심의 광섬유 다발(322)과 외곽의 피복층(324)을 포함할 수 있다. 피복층(324)은 광섬유 다발(322) 둘러싸 광섬유 다발(322)을 보호하는 기능을 할 수 있다. 광섬유 다발(322)은 1개 내지 8개의 단위 광섬유를 포함할 수 있다. 물론, 단위 광섬유의 개수가 상기 개수에 한정되는 것은 아니다. 단위 광섬유 각각은 입사된 광을 전반사를 통해 전달할 수 있다. 광섬유 다발(322)은 실리카계 광섬유, 불소계 광섬유, 희토류계 광섬유, 플라스틱 클래딩 광섬유, 플라스틱 광섬유 등 다양한 재질로 형성될 수 있다.

[0142] 도 19 및 도 20은 본 발명의 실시예들에 따른 OES 장치를 구비한 플라즈마 모니터링 시스템들을 개략적으로 보여주는 구성도들로서, 도 19는 OES 장치가 광섬유를 포함한 구조를 보이며, 도 20은 OES 장치가 광섬유를 포함하지 않는 구조를 보여준다. 도 1 내지 도 18의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0143] 도 19 및 도 20을 참조하면, 본 실시예의 플라즈마 모니터링 시스템(10000, 10000a)은 OES 장치(500, 500a), 챔버 시스템(1000), 및 분석 장치(700)를 포함할 수 있다. 도 19의 플라즈마 모니터링 시스템(10000)에서, OES 장치(500)는 예컨대, 도 16의 OES 장치(500)일 수 있다. 한편, 도 20의 플라즈마 모니터링 시스템(10000a)에서, OES 장치(500a)는 광섬유를 포함하지 않을 수 있다. 따라서, 분광기(400)가 튜브형 렌즈(100)에 바로 결합하는 구조를 가질 수 있다.

[0144] OES 장치(500, 500a) 및 그 구성요소들에 대해서는 이미 설명하였으므로 여기서 그에 대한 설명은 생략한다. 또한, 도 19의 플라즈마 모니터링 시스템(10000)과 도 20의 플라즈마 모니터링 시스템(10000a)은 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)에 결합하는 OES 장치(500, 500a)만 다르므로, 이하에서, 도 19 및 도 20의 플라즈마 모니터링 시스템(10000, 10000a)에 대하여 통합적으로 설명한다.

[0145] 챔버 시스템(1000)은 챔버(1110), 뷰-포트(1120), 정정 천(1230), 샤워 헤드(1140), RF 전원 장치(1150), 히터(1160), 공정 가스 인렛(1170)과 터보 펌프(118)를 포함할 수 있다.

[0146] 챔버(1110)는 플라즈마 공정을 위한 챔버일 수 있다. 예컨대, 도시된 바와 같이 챔버(1110)는 CCP(Capacitively Coupled Plasma)용 챔버일 수 있다. 물론, 챔버(1110)가 CCP용 챔버에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 본 실시예의 플라즈마 모니터링 시스템(1000)은 ICP(Inductively Coupled Plasma)용 챔버, ECR(Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마용 챔버, SWP(Surface Wave Plasma)용 챔버, 헬리콘파(Helicon Wave) 플라즈마용 챔버, 전자빔(e-beam) 플라즈마용 챔버 등의 다양한 챔버를 채용할 수 있다. 한편, 챔버를 비롯한 주변 장치들은 챔버 시스템에 따라 조금씩 달라질 수 있다. 예컨대, ICP 챔버 시스템의 경우, 상부 및 하부 RF 전원 장치가 구비되고, 상부 RF 전원 장치에는 코일이 포함되어 RF 전원 인가에 의해 챔버 내에 자기장이 발생할 수 있고, 그러한 자기장을 이용하여 챔버 내의 플라즈마 발생을 가속화할 수 있다.

[0147] 참고로, 플라즈마는 온도에 따라 저온 플라즈마와 열 플라즈마로 나눌 수 있는데, 저온 플라즈마는 반도체 제조, 금속 및 세라믹 박막제조, 물질합성 등 반도체 공정에서 주로 사용되고, 열 플라즈마는 금속의 절단 등에 응용되고 있다. 저온 플라즈마는 다시 응용 분야별로 대기압 플라즈마, 진공 플라즈마, 차세대 플라즈마 등으로 구별될 수 있다. 대기압 플라즈마 기술은 기체의 압력을 100 Torr에서 대기압(760 Torr)까지 유지하면서 저온 플라즈마를 발생시키는 기술을 의미하며, 표면 개질, 디스플레이 평판 세척, LCD용 광원 등에 이용될 수 있다. 진공 플라즈마 기술은 기체의 압력을 100 Torr 이하로 유지하면서 저온 플라즈마를 발생시키는 기술을 의미하며, 반도체 공정에서 건식 식각, 박막 증착, PR 에싱(ashing), ALD 성장 등에 이용되고, 디스플레이 공정에서는 디스플레이 평판에 대한 식각이나 박막 증착 등에 이용될 수 있다. 차세대 플라즈마 기술은 신개념 저온 플라즈마 발생 및/또는 차세대 신기술에 사용할 수 있는 저온 플라즈마를 발생시키는 기술을 의미할 수 있다.

[0148] 챔버(1110)에는 적어도 하나의 뷰-포트(1120)가 형성되고, 이러한 뷰-포트(1120)를 통해 챔버(1110) 내부가 모니터링 될 수 있다. 예컨대, 본 실시예의 플라즈마 모니터링 시스템(10000, 10000a)에서도 OES 장치(500, 500a)의 튜브형 렌즈(100)가 뷰-포트(1120) 부분에 결합하여, 챔버(1110) 내부의 플라즈마 상태를 모니터링 할 수 있다. 도면에서, 챔버(1110)에 뷰-포트(1120)가 2개 설치되어 있는데, 챔버 시스템에 따라, 1개만 설치될 수도 있고 3개 이상 설치될 수도 있다.

[0149] 정전 척(1130)은 챔버(1110) 내부의 하부 부분에 배치되며, 정전 척(1130)의 상면에 웨이퍼(2000)가 배치되어 고정될 수 있다. 정전 척(1130)은 정전기의 힘에 의해 웨이퍼(2000)를 고정할 수 있다.

[0150] 샤워 헤드(1140)는 챔버(1110) 내부의 상부 부분에 배치되며, 다수의 분사공을 통해 공정 가스 인렛(1170)을 통해 공급된 공정 가스들을 챔버(1110) 내부로 분사할 수 있다.

[0151] RF 전원 장치(1150)는 RF 전원을 생성하여 샤워 헤드(1140)에 인가하여 챔버(1110) 내부의 공정 가스들로 RF 전력을 공급할 수 있다. 샤워 헤드(1140)가 상부 전극의 기능을 할 수 있다. 그러나 샤워 헤드(1140)와 별도로 상부 전극이 배치되고 그러한 상부 전극에 RF 전원이 인가될 수도 있다. RF 전원 장치(1150)는 예컨대, RF-생성기 및 매처를 포함할 수 있다. RF-생성기는 RF 전원을 생성하고, 매처는 임피던스를 조절하여 플라즈마를 안정화한다. 매처는 매칭 박스(matching box)라고 부르기도 한다.

[0152] 히터(1160)는 정전 척(1130)의 내부에 배치된 코일 등을 통해 웨이퍼(2000)를 가열 및/또는 챔버 내부의 온도를 적정 온도로 유지시킬 수 있다.

[0153] 공정 가스 인렛(1170)은 가스 플라즈마 공정에 필요한 공정 가스를 공급원들로부터 공급받아 샤워 헤드(1140)로 공급한다. 여기서, 공정 가스는 소스 가스, 반응 가스, 퍼지 가스 등 해당 플라즈마 공정에서 요구되는 모든 가스들을 의미할 수 있다. 경우에 따라, 공정 가스 인렛(1170)은 챔버 내부로 바로 연결되어 챔버(1110) 내부로 바로 특정 공정 가스를 공급할 수도 있다.

[0154] 터보 펌프(1180)는 진공 펌프 등을 통해 플라즈마 공정 후, 챔버(1110) 내부의 가스들을 외부로 배기할 수 있다. 또한, 터보 펌프(1180)는 챔버(1110) 내부의 압력을 조절하는 기능을 할 수도 있다.

[0155] 분석 장치(700)는 일반 PC(Personal Computer), 워크스테이션(workstation), 슈퍼컴퓨터 등으로 구성될 수 있다. 분석 장치(700)에는 플라즈마 상태를 분석하기 위한 분석 프로그램이 깔려있을 수 있다. 이러한 분석 장치(700)는 OES 장치(500)로부터 전달받은 플라즈마 광에 대한 데이터에 기초하여 상기 분석 프로그램을 이용하여 챔버(1110) 내부, 특히 챔버 내의 국소 위치의 플라즈마 상태를 분석한다. 참고로, 분석 프로그램은 앞서 도 14 및 도 15의 설명 부분에서 설명한 이상적인 플라즈마에 대한 정량화된 광 인텐서티 그래프를 포함할 수 있다.

[0156] 한편, 분석 장치(700)는 분석 프로그램을 통해 국소 위치의 플라즈마 상태 분석한 후에, 플라즈마 상태가 허용범위를 벗어난 경우, 그 원인을 분석하여 해당 플라즈마 공정에 대한 새로운 공정 조건들을 제시할 수도 있다. 경우에 따라, OES 장치(500)와 분석 장치(700)를 함께 OES 시스템으로 언급할 수도 한다.

[0157] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 상태를 모니터링하고 플라즈마 공정을 제어하는 과정을 보여주는 흐름도이다. 설명의 편의를 위해 도 19를 함께 참조하여 설명한다.

[0158] 도 21을 참조하면, 먼저, 챔버(1110)의 뷰-포트(1120) 부분에 본 실시예의 OES 장치(500, 500a)를 결합한다(S110). 본 실시예의 OES 장치(500, 500a)는 전술한 실시예들의 튜브형 렌즈들(100, 100a ~ 100e) 중 어느 하나를 포함할 수 있다. OES 장치(500, 500a)의 결합은 튜브형 렌즈(100, 100a ~ 100e)를 뷰-포트(1120) 부분에 소정 결합 방법을 통해 결합하는 식으로 수행될 수 있다. 결합 방법은 예컨대, 나사 결합, 후크 결합, 쐐기 결

합, 진공 흡착 결합. 스냅 결합 등 다양한 방법을 포함할 수 있다. 경우에 따라, 단순히 튜브형 렌즈(100, 100a ~ 100e)의 튜브(110)를 오목한 구조의 뷰-포트(1120) 구조에 삽입하는 식으로 결합할 수도 있다.

[0159] 한편, OES 장치(500, 500a)가 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)에 결합할 때, 분석 장치(700)가 OES 장치(500, 500a)에 연결되어 OES 장치(500, 500a)로부터 실시간으로 플라즈마 광에 대한 데이터를 전달받을 수 있다. 경우에 따라, 분석 장치(700)는 OES 장치(500, 500a)에 연결되지 않은 상태로 있다가, OES 장치(500, 500a)가 플라즈마 광을 검출한 후에, 분석 장치(700)가 OES 장치(500, 500a)로 연결되고, OES 장치(500, 500a)에 저장된 플라즈마 광에 대한 데이터를 전송받을 수도 있다.

[0160] 챔버(1110) 내부의 정전 척(1130) 상에 웨이퍼(2000)를 배치한다(S120). 웨이퍼(2000)의 배치는 앞서 OES 장치(500, 500a)의 결합 이전에 수행할 수도 있다.

[0161] 챔버(1110)에 공정 가스 주입 및 RF 전원을 인가하여 플라즈마를 생성한다(S130). 공정 가스 주입은 가스 공급원들로부터 전달된 공정 가스들이 공정 가스 인렛(1170)을 거쳐 샤워 헤드(1140)를 통해 분사되는 식으로 챔버(1110)에 주입될 수 있다. RF 전원 인가는 RF 전원 장치(1150)가 샤워 헤드(1140)에 RF 전력을 인가하는 식으로 수행될 수 있다. 샤워 헤드(1140)와는 별도의 상부 전극이 존재하는 경우에는 상기 상부 전극으로 RF 전력이 인가될 수 있다.

[0162] 한편, 본 단계에서 플라즈마를 생성한다는 것은 생성된 플라즈마를 이용하여 플라즈마 공정을 진행한다는 의미일 수 있다. 플라즈마 공정은 예컨대, 식각, 증착, 확산, 표면처리, 신물질 합성 공정 등일 수 있다.

[0163] OES 장치(500, 500a)를 통해 챔버 내부에 발생한 플라즈마 광을 검출한다. 본 실시예의 OES 장치(500, 500a)는 튜브형 렌즈(100)를 이용하여 챔버 내부의 플라즈마 광을 수용함으로써, 챔버 내부의 특정 영역의 플라즈마 광만을 검출할 수 있다. 이와 같이 챔버 내부, 또는 웨이퍼 상의 특정 영역의 플라즈마 광을 검출하여, 상기 특정 영역의 플라즈마의 상태의 이상 여부를 판단하는데 이용할 수 있음은 도 12a 내지 도 15의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.

[0164] OES 장치(500, 500a)로부터 검출된 플라즈마 광에 대한 데이터에 기초하여 플라즈마 상태를 분석한다(S150). 플라즈마 상태 분석은 전술한 바와 같이 분석 장치(700)를 통해 이루어질 수 있다.

[0165] 플라즈마 상태가 허용 범위 내에 있는지 판단한다(S160). 플라즈마 상태가 허용 범위 내인지는 분석 장치(700)를 통해 이루어질 수 있다. 예컨대, 분석 장치(700)는 도 14의 이상적인 플라즈마 상태에 대해 정량화된 광 인텐서티 그래프와 OES 장치(500, 500a)를 통해 측정된 광 인텐서티를 비교하여 챔버 내의 특정 영역의 플라즈마 상태의 이상 여부를 판단할 수도 있다. 더 나아가, 분석 장치(700)는 플라즈마 상태에 이상이 있는 경우에 그 원인을 파악하여 해당 플라즈마 공정에 대한 새로운 공정 조건들을 제시할 수도 있다.

[0166] 플라즈마 상태가 허용 범위 내이면(Yes), 플라즈마 상태에 대한 모니터링을 종료한다. 한편, 플라즈마 상태가 허용 범위 밖이면(No), 플라즈마 공정의 공정 변수들을 조절한다(S170). 공정 변수들의 조절은 예컨대, 공정 가스들의 압력의 증감이나, 또는 인가되는 RF 전력의 증감 등을 통해 이루어질 수 있다. 한편, 공정 조건들의 조절은 분석 장치(700)에서 시뮬레이션을 통해 획득된 데이터를 기초로 수행될 수 있다. 공정 변수들의 조절 후, 챔버 내부에 새로운 웨이퍼를 배치하는 단계(S120)로 돌아가, 다시 플라즈마 공정 수행 및 그에 대한 모니터링을 수행한다.

[0167] 덧붙여, 플라즈마 상태가 허용 범위 내이면 웨이퍼에 대한 별도의 계측 공정이 생략될 수 있다. 예컨대, 측정된 플라즈마 상태가 허용 범위 밖이면 해당 웨이퍼에 대한 계측 공정이 시행되고, 이러한 계측 공정을 통해 웨이퍼에 대한 플라즈마 공정, 예컨대, 증착, 에칭, 확산 등의 공정 불량을 확인하게 된다. 이러한 웨이퍼에 대한 계측 공정은 플라즈마의 상태 이상에 대한 확인 작업일 수 있다. 그러나 플라즈마 상태가 정상이라고 판단된 경우에는 웨이퍼에 대한 별도의 계측 공정이 수행될 필요가 없다.

[0168] 본 실시예의 플라즈마 상태 모니터링 방법은, 튜브형 렌즈(100)를 구비한 OES 장치(500, 500a)를 이용하여 챔버(1110)의 뷰-포트(1120)를 통해 플라즈마 광을 검출함으로써, 챔버 내의 특정 영역의 플라즈마 광을 검출하며, 또한 제1 렌즈(120)의 초점을 변경하면서 플라즈마 광을 측정하여 이상적인 플라즈마 상태의 광 인텐서티 그래프와 비교함으로써, 특정 영역 내의 플라즈마 상태의 이상을 매우 정밀하게 검출 및 모니터링 할 수 있다. 또한, 본 실시예의 플라즈마 공정 제어 방법은, OES 장치(500, 500a)를 이용한 챔버(1110) 내부의 플라즈마 상태에 대한 정확한 모니터링에 기초하여, 플라즈마 공정의 공정 조건들을 적절히 제어함으로써, 플라즈마 공정을 최적화할 수 있다.

[0169] 도 22는 발명의 일 실시예에 따른 상기 플라즈마 공정의 제어를 통해 반도체 소자를 제조하는 과정을 보여주는 흐름도이다.

[0170] 도 22를 참조하면, 먼저, 도 21의 설명 부분에서 설명한, 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법을 수행한다. 상기 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법은 웨이퍼(2000)에 대한 플라즈마 공정을 포함할 수 있다. 예컨대, 도 21의 설명 부분에서, 플라즈마를 생성하는 단계(S130)가 웨이퍼(2000)에 대한 플라즈마 공정에 해당할 수 있다.

[0171] 참고로, 도 22에서 "S160"은, 도 21의 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법을 수행함을 의미하고, "S160"로부터의 화살표는 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법을 종료하여 다음 단계로 이행함을 의미할 수 있다. 좀더 정확히 말하자면, 도 21의 플라즈마 상태의 허용 범위 판단 단계(S160)에서, 플라즈마 상태가 허용 범위 내에 속하여(Yes), 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법을 종료하고 다음 단계로 이행함을 의미할 수 있다.

[0172] 웨이퍼(2000)에 대한 후속 반도체 공정을 수행한다(S210). 웨이퍼(2000)에 대한 후속 반도체 공정은 다양한 공정들을 포함할 수 있다. 예컨대, 웨이퍼(2000)에 대한 후속 반도체 공정은 증착 공정, 식각 공정, 이온 공정, 세정 공정 등을 포함할 수 있다. 상기 증착 공정, 식각 공정, 이온 공정, 세정 공정 등은 플라즈마를 이용한 공정일 수도 있고, 플라즈마를 이용하지 않은 공정일 수도 있다. 만약, 플라즈마를 이용하는 공정인 경우에는, 전술한 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어 방법을 다시 적용할 수 있다. 이러한 웨이퍼(2000)에 대한 후속 반도체 공정을 수행하여 해당 반도체 소자에서 요구되는 집적 회로들 및 배선들을 형성할 수 있다. 한편, 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정에는 웨이퍼 레벨의 반도체 소자에 대한 테스트 공정을 포함할 수도 있다.

[0173] 웨이퍼(2000)를 각각의 반도체 칩으로 개별화 한다(S220). 각각의 반도체 칩으로의 개별화는 블레이드나 레이저에 의한 소잉 공정을 통해 이루어질 수 있다.

[0174] 이후, 반도체 칩에 대한 패키징 공정을 수행한다(S230). 패키징 공정은 반도체 칩들을 PCB 상에 실장하고 밀봉재로 밀봉하는 공정을 의미할 수 있다. 한편, 상기 패키징 공정은 PCB 상에 다수의 반도체를 다층으로 적층하여 스택 패키지를 형성하거나, 또는 스택 패키지 상에 스택 패키지를 적층하여 POP(Package On Package) 구조를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 반도체 칩에 대한 패키징 공정을 통해 반도체 소자 또는 반도체 패키지가 완성될 수 있다. 한편, 패키징 공정 후에 반도체 패키지에 대한 테스트 공정이 수행될 수 있다.

[0175] 본 실시예의 반도체 소자 제조방법은, 도 19 또는 도 20의 플라즈마 모니터링 시스템(10000, 10000a)을 이용하여 플라즈마 상태 모니터링 및 플라즈마 공정 제어를 수행함으로써, 플라즈마 공정을 최적화할 수 있다. 또한, 최적화된 플라즈마 공정에 기초하여 반도체 소자들을 제조함에 따라 우수하고 신뢰성 높은 반도체 소자를 구현할 수 있다.

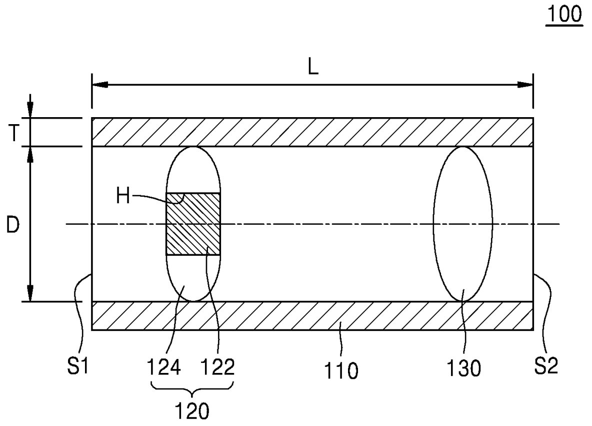
[0176] 지금까지, 본 발명을 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

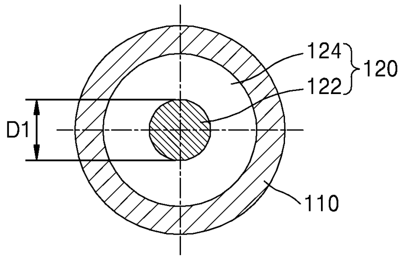
[0177] 100, 100a ~ 100e: 튜브형 렌즈, 110: 튜브, 120, 120a ~ 120e: 제1 렌즈, 122, 122a, 122b: 광 차단부, 124, 124a ~ 124c: 렌즈부, 130: 제3 렌즈, 140: 광 차단 구조물, 142: 광 차단 영역, 144: 투과 영역, 200, 200a: 결합 가이드, 300: 광섬유, 310: 광섬유 결합부, 320: 광섬유 케이블, 322: 광섬유 다발, 324: 피복층, 400: 분광기, 410: 입사 개구, 420: 결상 거울, 430: 회절 결자, 440: 어레이 검출기, 500, 500a: OES 장치, 700: 분석 장치, 1000: 챔버 시스템, 1110: 챔버, 1120: 뷰-포트, 1130: 정전 척, 1140: 샤워 헤드, 1150: RF 장치, 1160: 히터, 1170: 공정 가스 인렛, 1180: 터보 펌프, 10000, 10000a: 플라즈마 모니터링 시스템.

도면

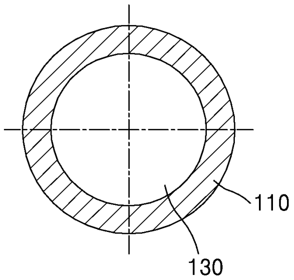
도면1a



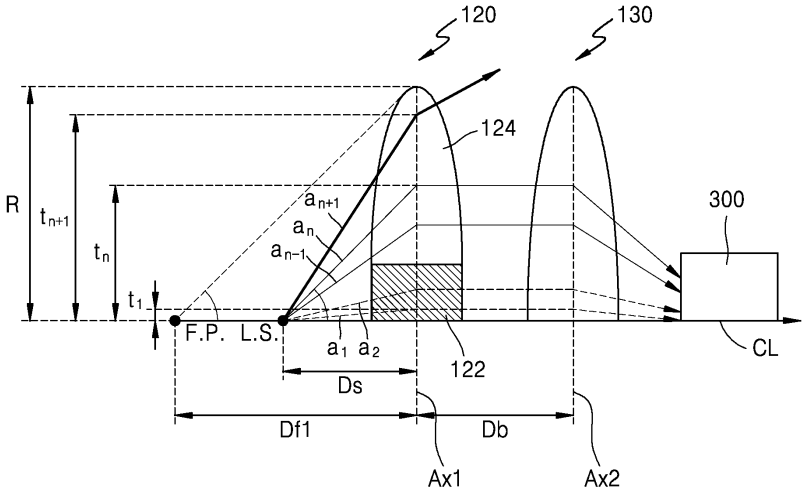
도면1b



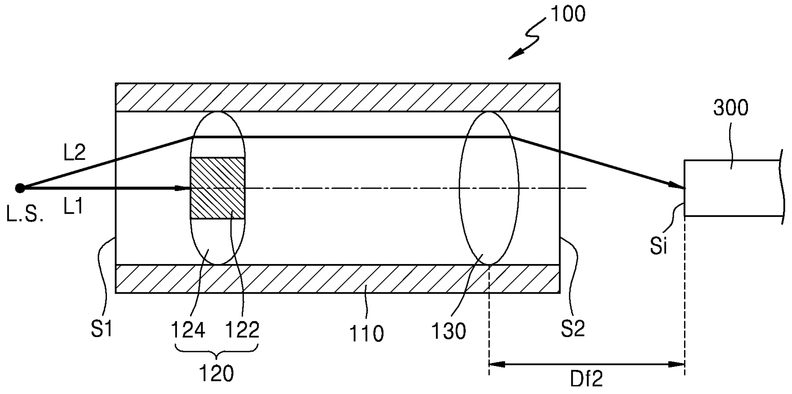
도면1c



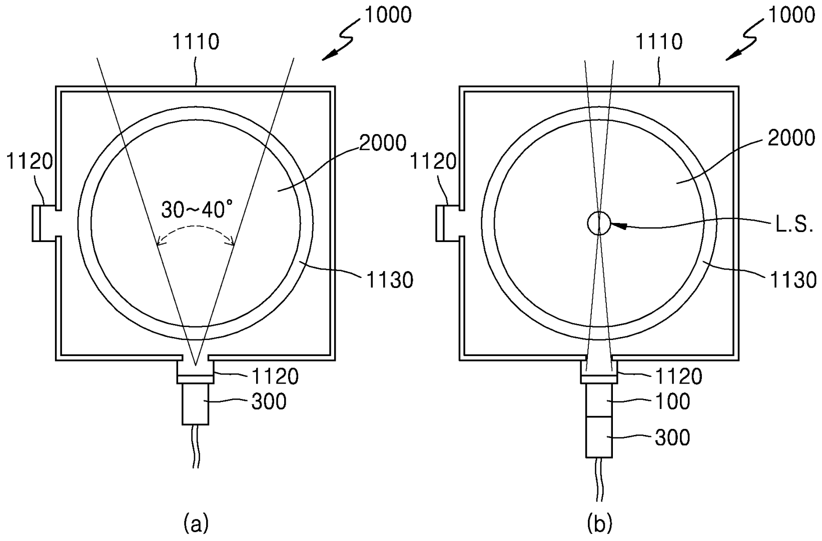
도면2


120
130
124
R
t_{n+1}
t_n
t_1
a_{n+1}
a_n
a_{n-1}
300
F.P.
L.S.
a_1 a_2
122
CL
Ds
Df1
Db
Ax1
Ax2

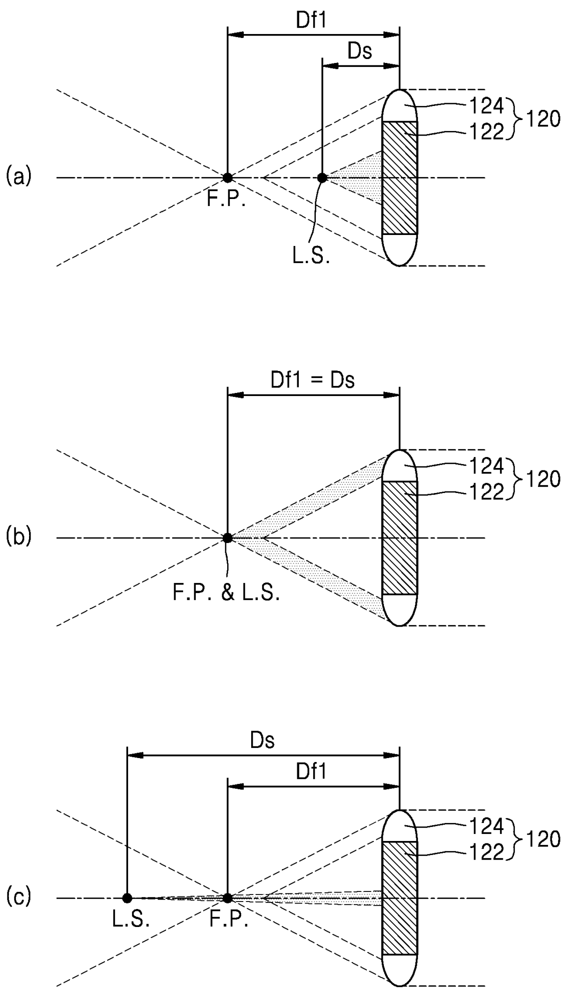
도면3


100
300
L2
L.S.
L1
Si
S1
124
122
120
110
130
S2
Df2

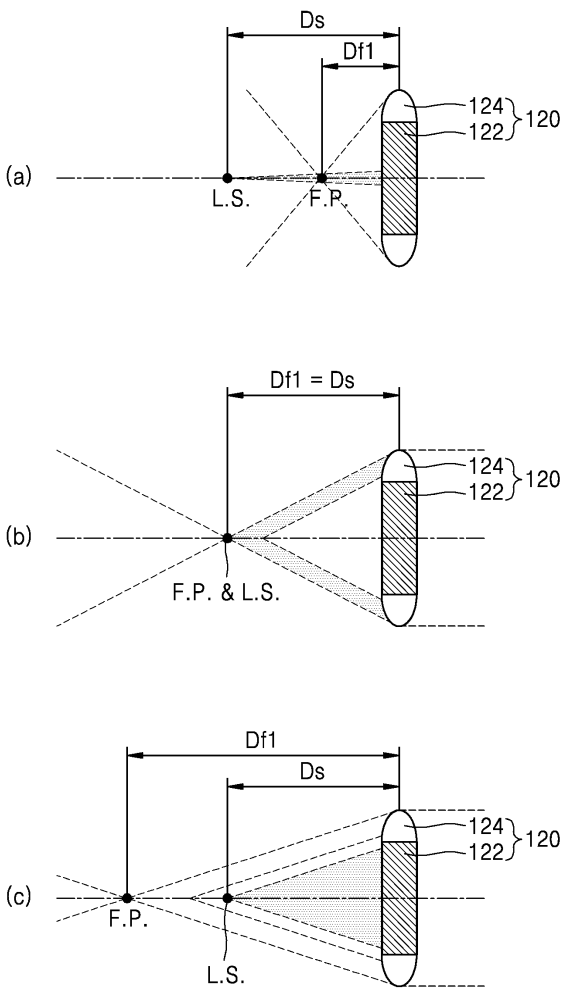
도면4


1000
1110
1120
2000
30~40°
1130
1120
300
(a)
1000
1110
1120
2000
L.S.
1130
1120
100
300
(b)

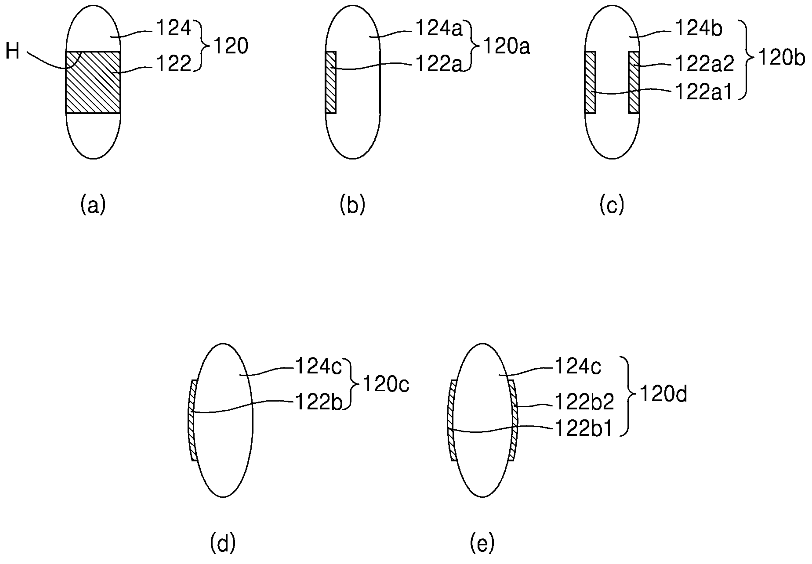
도면5


Df1
Ds
124
122
120
(a)
F.P.
L.S.
Df1 = Ds
124
122
120
(b)
F.P. & L.S.
Ds
Df1
124
122
120
(c)
L.S.
F.P.

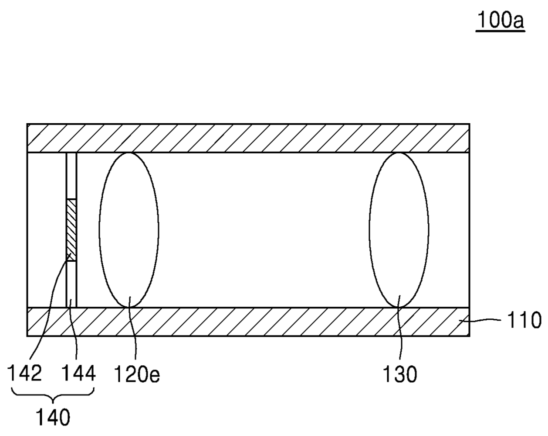
도면6


Ds
Df1
124
122
120
(a)
L.S.
F.P.
Df1 = Ds
124
122
120
(b)
F.P. & L.S.
Df1
Ds
124
122
120
(c)
F.P.
L.S.

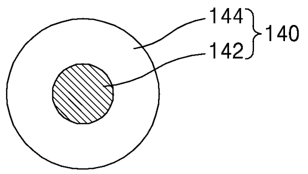
도면7


H
124
122
120
124a
122a
120a
124b
122a2
122a1
120b
(a)
(b)
(c)
124c
122b
120c
124c
122b2
122b1
120d
(d)
(e)

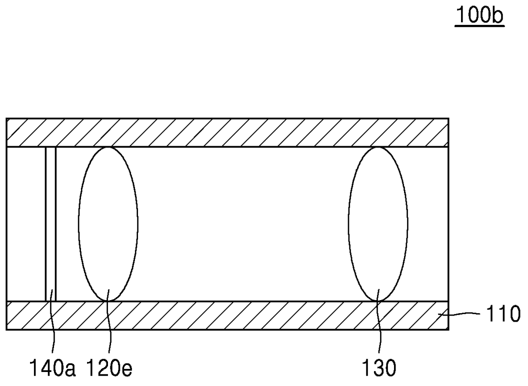
도면8a



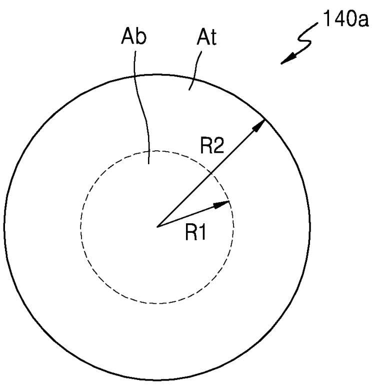
도면8b



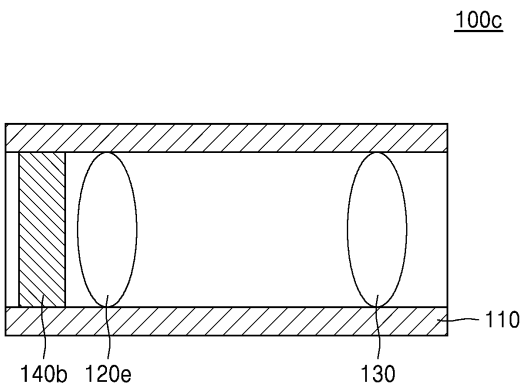
도면9a



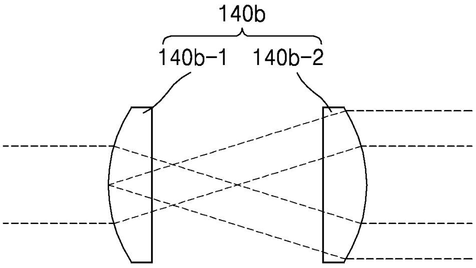
도면9b



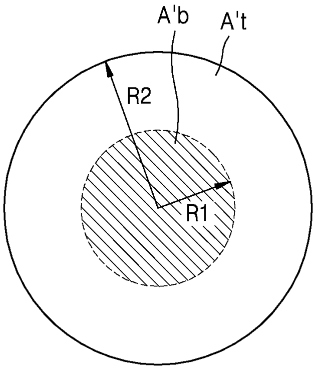
도면10a



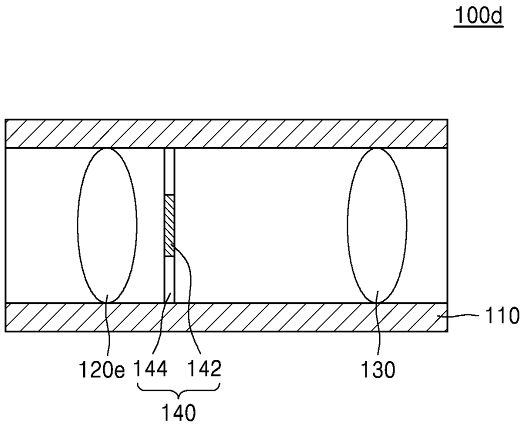
도면10b



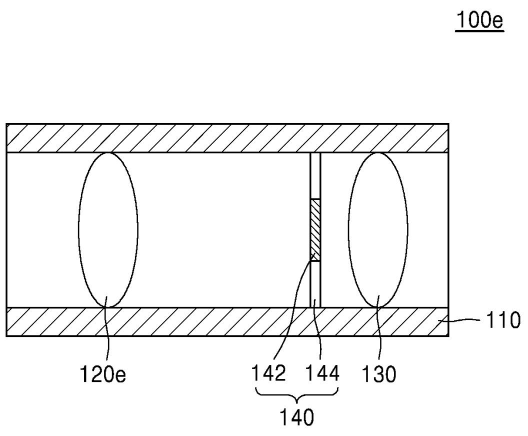
도면10c



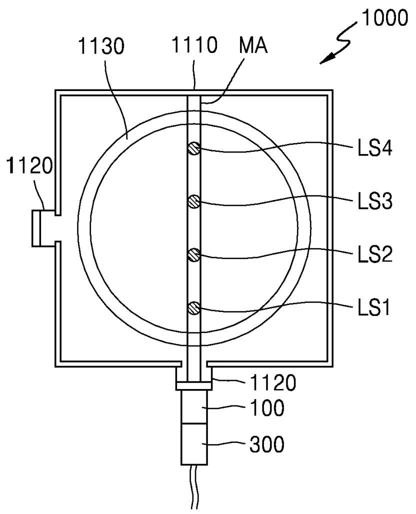
도면11a



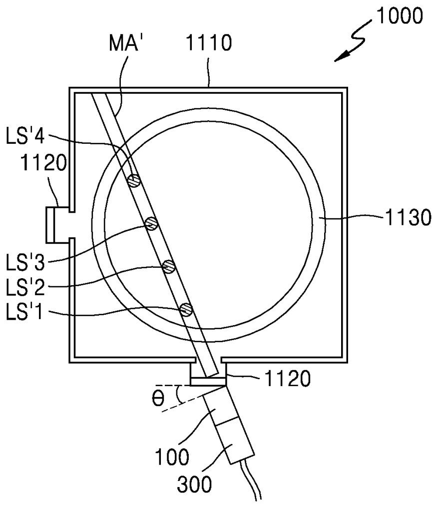
도면11b



도면12a

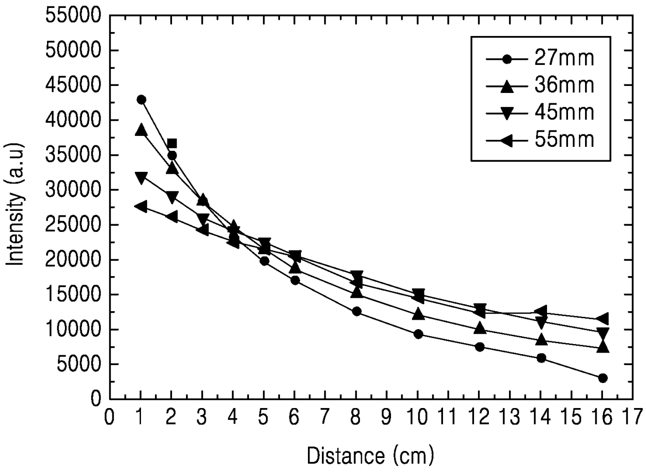


도면12b

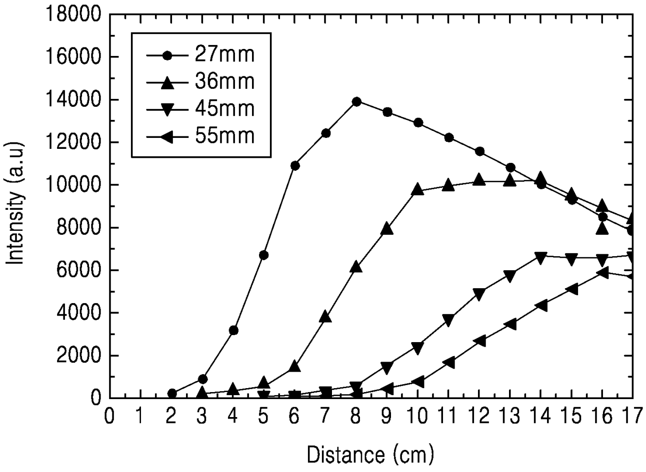


도면13

(a)

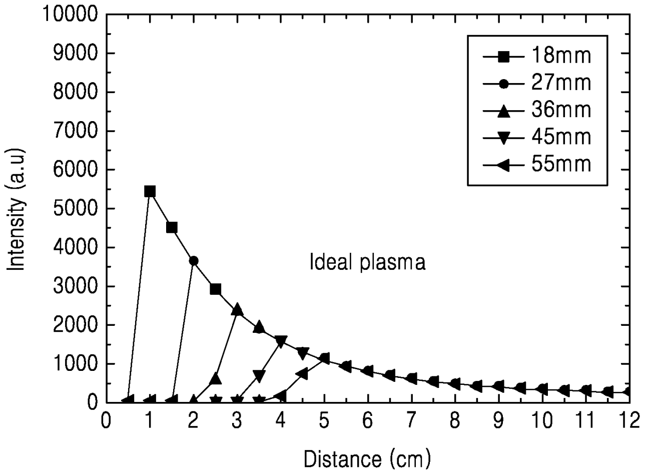

Intensity (a.u)
Distance (cm)
27mm
36mm
45mm
55mm

(b)

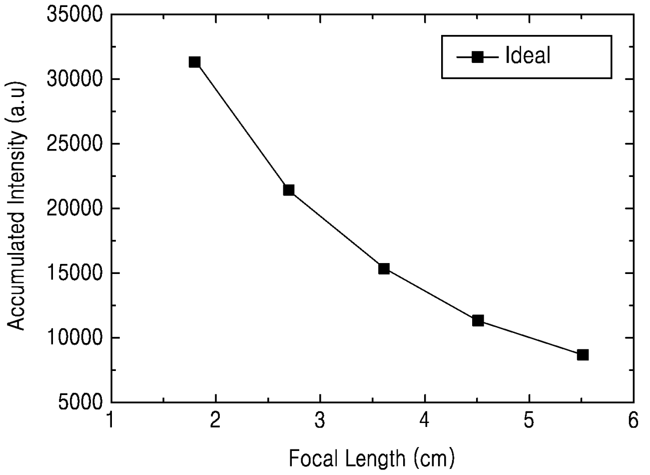

Intensity (a.u)
Distance (cm)
27mm
36mm
45mm
55mm

도면14

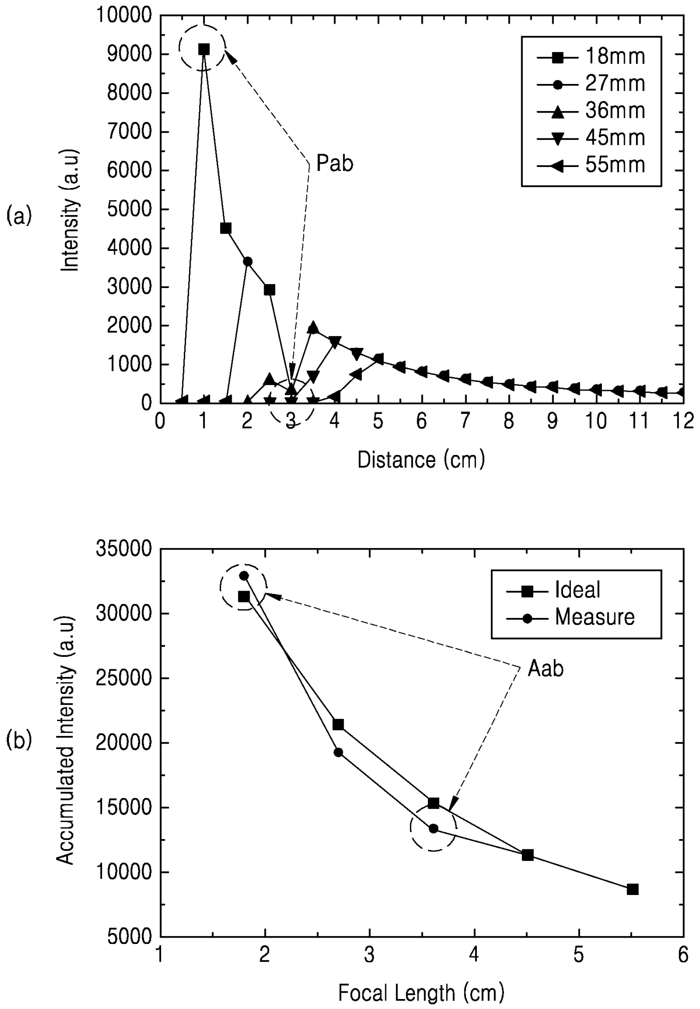
(a)


10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
Intensity (a.u)
18mm
27mm
36mm
45mm
55mm
Ideal plasma
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Distance (cm)

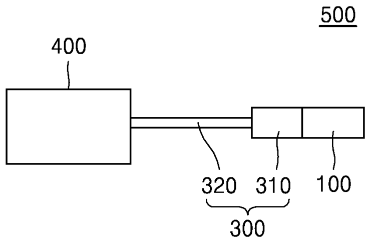
(b)


35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
Accumulated Intensity (a.u)
Ideal
1 2 3 4 5 6
Focal Length (cm)

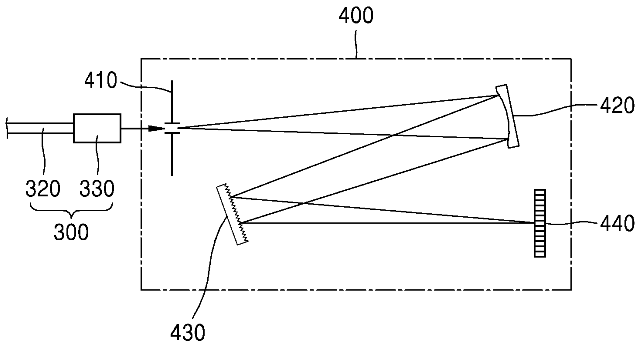
도면15



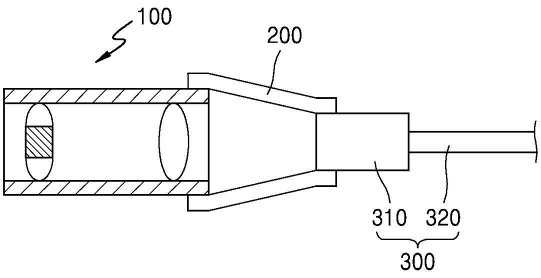
도면16



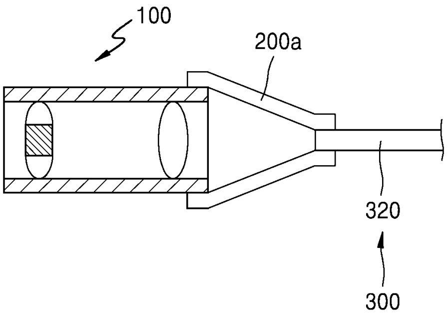
도면17



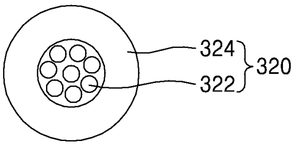
도면18a



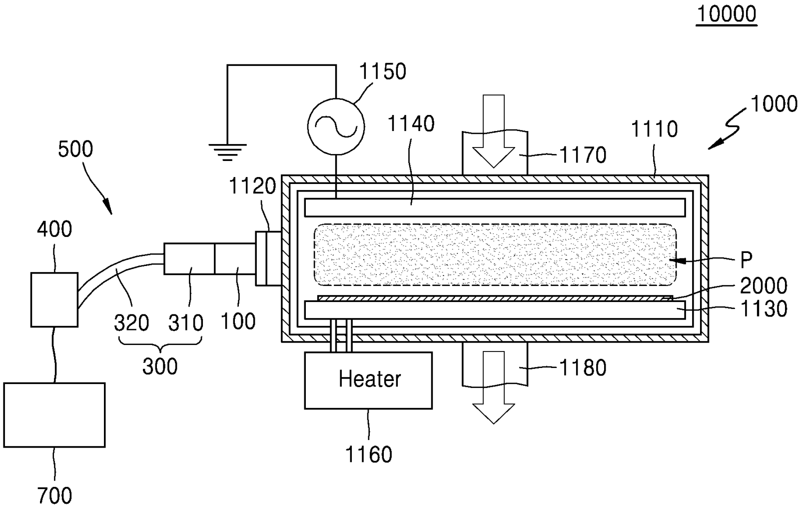
도면18b



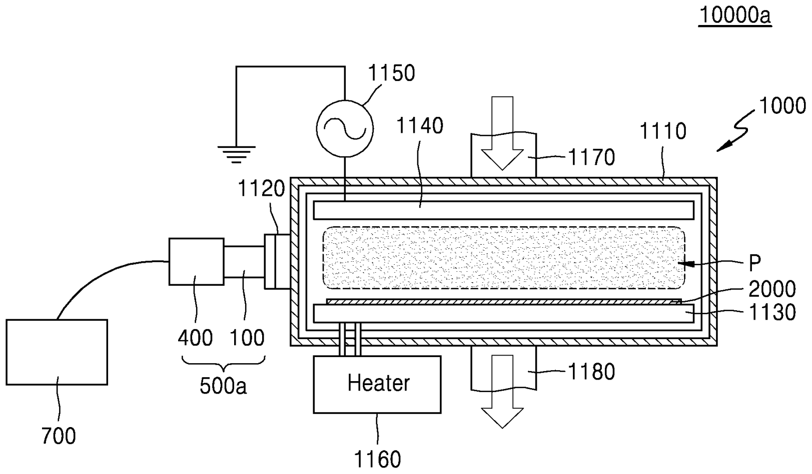
도면18c



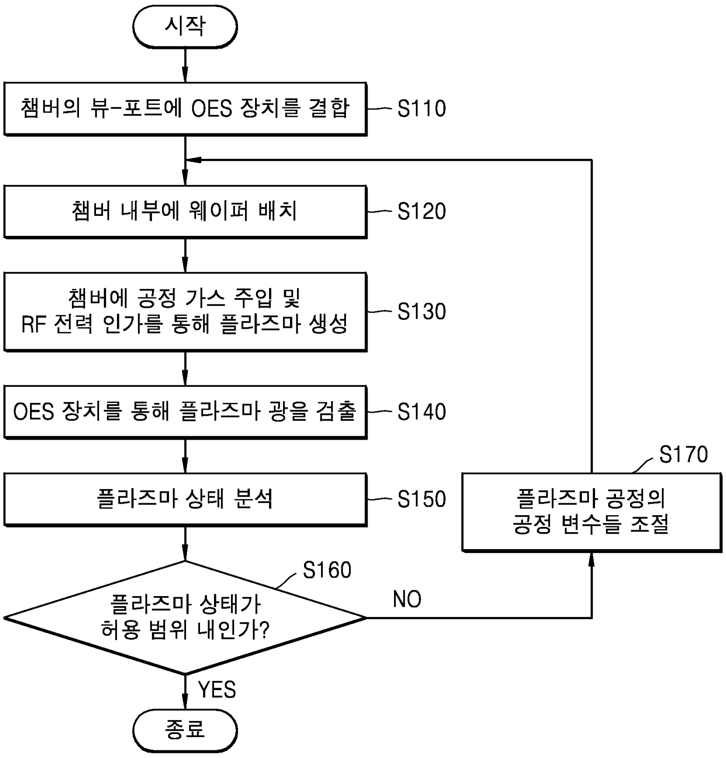
도면19



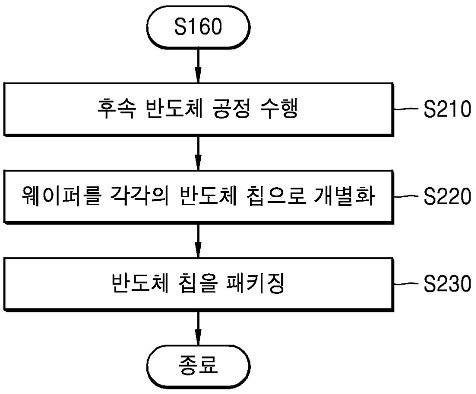
도면20


10000a
1150
1140
1000
1110
1170
1120
P
2000
1130
400
100
500a
Heater
1180
700
1160

도면21


시작
챔버의 뷰-포트에 OES 장치를 결합
S110
챔버 내부에 웨이퍼 배치
S120
챔버에 공정 가스 주입 및
RF 전력 인가를 통해 플라즈마 생성
S130
OES 장치를 통해 플라즈마 광을 검출
S140
플라즈마 상태 분석
S150
S170
플라즈마 공정의
공정 변수들 조절
S160
플라즈마 상태가
허용 범위 내인가?
NO
YES
종료

도면22


S160
후속 반도체 공정 수행
S210
웨이퍼를 각각의 반도체 칩으로 개별화
S220
반도체 칩을 패키징
S230
종료