



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월06일
 (11) 등록번호 10-1358996
 (24) 등록일자 2014년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21B 1/23 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0074358
 (22) 출원일자 2012년07월09일
 심사청구일자 2012년07월09일
 (65) 공개번호 10-2014-0007145
 (43) 공개일자 2014년01월17일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020050103958 A*
 KR1020100046426 A*
 KR101111961 B1
 KR1020090016052 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
 (72) 발명자
오승태
 대전광역시 유성구 봉산로 39 송강마을2단지 205
 동 1309호
 (74) 대리인
차상윤, 한상민, 남건필

전체 청구항 수 : 총 4 항

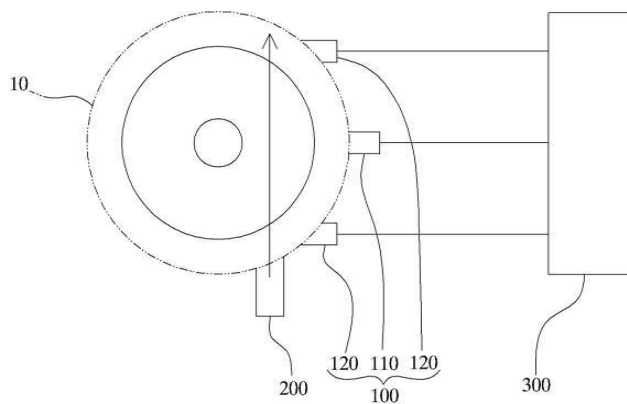
심사관 : 오규환

(54) 발명의 명칭 **톱슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템**

(57) 요약

톱슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템이 개시된다. 톱슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템은 레이저가 플라즈마를 관통하며 산란광을 발생시키며, 플라즈마의 중심부의 산란광을 포집하도록 배열된 코어영역 렌즈모듈; 및 플라즈마의 가장자리의 산란광을 포집하도록 배열된 에지영역 렌즈모듈을 포함하고, 코어영역 렌즈모듈은 순차적으로 플라즈마 중심부로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 텔레센트릭 조리개의 후단에 차례로 배치되는 제2 내지 제4 렌즈, 제4 렌즈 후단에 배치되는 미러, 미러에서 반사되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함하며, 에지영역 렌즈모듈은 순차적으로 플라즈마 가장자리로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 텔레센트릭 조리개 후단에 배치되는 미러, 미러에서 반사되는 빛의 진행 방향에 위치하여 상기 미러와 마주하며 미러에서 반사되는 빛을 입사받는 제2 렌즈, 제2 렌즈로부터 출력되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

핵융합장치 내의 플라즈마의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템으로서,

톰슨산란을 위한 레이저가 핵융합장치 내 플라즈마를 관통하도록 조사되어 산란광을 발생시키며, 상기 플라즈마의 중심부의 산란광을 포집하도록 배열된 코어영역 렌즈모듈; 및 플라즈마의 가장자리의 산란광을 포집하도록 배열된 에지영역 렌즈모듈을 포함하고,

상기 코어영역 렌즈모듈은 순차적으로 상기 플라즈마 중심부로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 상기 텔레센트릭 조리개의 후단에 차례로 배치되는 제2 내지 제4 렌즈, 상기 제4 렌즈 후단에 배치되는 미러, 상기 미러에서 반사되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함하며,

상기 에지영역 렌즈모듈은 순차적으로 상기 플라즈마 가장자리로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 상기 텔레센트릭 조리개 후단에 배치되는 미러, 상기 미러에서 반사되는 빛의 진행 방향에 위치하여 상기 미러와 마주하며 상기 미러에서 반사되는 빛을 입사받는 제2 렌즈, 상기 제2 렌즈로부터 출력되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함하고,

상기 코어영역 렌즈모듈은

상기 제1 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 200.8 ~ 210.8의 곡률 및 후면이 무한대의 곡률을 가지며,

상기 제2 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 -205.90 ~ -215.90의 곡률 및 후면이 286.35 ~ 296.35의 곡률을 가지며,

상기 제3 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 404.3 ~ 414.3의 곡률 및 후면이 -178.25 ~ -188.25의 곡률을 가지며,

상기 제4 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 2297.4 ~ 2307.4의 곡률 및 후면이 -345.9 ~ -355.9의 곡률을 갖는

핵융합장치 내의 플라즈마의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 에지영역 렌즈모듈은

상기 제1 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 517.8 ~ 527.8의 곡률, 제2 면이 -212.7 ~ -227.7의 곡률 및 제3 면이 -762.4 ~ -772.4의 곡률을 가지며,

상기 제2 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 -445.8 ~ -455.8의 곡률, 제2 면이 -167 ~ -177의 곡률 및 제3 면이 942.6 ~ 952.6의 곡률을 갖는

핵융합장치 내의 플라즈마의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 코어영역 렌즈모듈은

상기 제1 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 205.8의 곡률 및 후면이 무한대의 곡률을 가지며,

상기 제2 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 -209.09의 곡률 및 후면이 291.35의 곡률을 가지며,

상기 제3 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 409.3의 곡률 및 후면이 -183.25의 곡률을 가지며,

상기 제4 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 2302.4의 곡률 및 후면이 -350.9의 곡률을 갖는 핵융합장치 내의 플라즈마의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 에지영역 렌즈모듈은

상기 제1 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 522.8의 곡률, 제2 면이 -277.7의 곡률, 제3 면이 -767.4의 곡률을 가지며,

상기 제2 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 -450.8의 곡률, 제2 면이 -172의 곡률, 제3 면이 947.6의 곡률을 갖는

핵융합장치 내의 플라즈마의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 렌즈 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 KSTAR의 톰슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 물질을 수억 도까지 가열하게 되면 분자 상태의 기체에서 전자가 하나 둘씩 떨어져 나가 음전하를 띠는 전자와, 양전하를 띠는 이온으로 분리되며 이러한 상태를 플라즈마라고 한다. 이처럼 플라즈마가 전하를 띠는 입자들로 이루어졌다는 점에 착안하여 강력한 자기장을 가하여 하전입자들이 그 주위를 맴돌게 함으로써 플라즈마를 공중에 띄워놓고 가열하는 것이 토카막에 적용되는 자기 구속 핵융합 방식이다.

[0003] 한국형 토카막 장치로는 KSTAR(KOREA SUPERCONDUCTING TOKAMAK ADVANCED RESEARCH)가 있다. 여느 토카막 장치와 마찬가지로, KSTAR 역시 플라즈마 진단이 중요하다.

[0004] 다양한 플라즈마 진단 장치가 있으며, 이 중 하나로 톰슨산란(THOMSON SCATTERING) 진단 장치가 있고, 톰슨산란 진단 장치로, 선행기술문헌 [H. H. Lee, et al., "Design of core and edge Thomson scattering systems for Korea Superconducting Tokamak Advanced Research tokamak", Review of Scientific Instruments, October 2004, Vol. 75, No. 10] 에는 톰슨산란의 코어 영역과 에지 영역을 진단할 수 있는 장치가 개시되어 있다.

톰슨산란 진단 장치는 강한 펄스 레이저를 플라즈마 내에 입사시켜 이로 인해 여기된 전자가 안정 상태로 돌아가며 발생하는 산란광을 통해 방출하는 전자기파를 측정하여 플라즈마를 진단한다. 이때, 레이저는 플라즈마의 중심을 벗어난 원주가 형성되는 일측으로만 조사될 수 있다.

[0005] 전자기파를 측정하기 위해서는 플라즈마에서 발생하는 산란광을 효율적으로 포집하는 것이 중요하다. 톰슨산란 진단장치는 플라즈마에서 발생하는 산란광을 포집하기 위한 구성으로서 광학계를 이용할 수 있다. 즉, 산란광을 포집하기 위한 렌즈모듈을 이용할 수 있다. 렌즈모듈은 복수의 렌즈들의 조합으로 구성될 수 있다. 렌즈모듈은 플라즈마에서 발생하는 산란광을 포집하기 위하여 KSTAR의 다양한 방향에 배치될 수 있다. 즉, 플라즈마의 중심부 주변과 플라즈마의 가장자리 주변에 마주하도록 배치될 수 있다. 각 방향에 배치되는 렌즈모듈들은 모두 동일한 형태의 렌즈모듈이 이용된다.

[0006] 그런데 KSTAR 내의 플라즈마는 중심부와 가장자리 부분이 서로 다른 밀집도를 가지고 있다. 이러한 플라즈마에 레이저를 입사시키면 레이저가 입사되는 지점의 중심부와 가장자리 부분에서 산란광이 산란되는 형태는 서로 상이해질 수 있다. 예를 들면, 플라즈마의 중심부는 비교적 밀집도가 낮으므로 산란광이 넓게 퍼져서 산란되는 형태일 수 있고, 플라즈마의 가장자리 부분은 밀집도가 높으므로 산란광이 좁은 영역에서 산란되는 형태일 수 있다.

[0007] 이와 같이 플라즈마 진단을 위해 플라즈마에 레이저가 입사되어 발생하는 산란광의 산란되는 형태가 다른 플라즈마의 각 영역에 균일한 형태의 렌즈모듈을 이용하여 산란되는 빛을 손실 없이 효과적으로 포집하기에는 어려

움이 있었다. 이러한 문제점에 의해 결과적으로 플라즈마의 정확한 진단이 어려워지는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 플라즈마 진단을 위해 KSTAR 장치에 배치되어 플라즈마의 중심부 및 가장자리 영역에서 산란되는 빛을 효과적으로 포집할 수 있도록 한 렌즈 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 핵융합장치 내의 플라즈마의 톱슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템으로서, 톱슨산란을 위한 레이저가 핵융합장치 내 플라즈마를 관통하도록 조사되어 산란광을 발생시키며, 톱슨 산란 플라즈마 진단을 위한 렌즈 시스템은, 레이저가 플라즈마를 관통하며 산란광을 발생시키며, 상기 플라즈마의 중심부의 산란광을 포집하도록 배열된 코어영역 렌즈모듈; 및 플라즈마의 가장자리의 산란광을 포집하도록 배열된 에지영역 렌즈모듈을 포함하고, 상기 코어영역 렌즈모듈은 순차적으로 상기 플라즈마 중심부로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 상기 텔레센트릭 조리개의 후단에 차례로 배치되는 제2 내지 제4 렌즈, 상기 제4 렌즈 후단에 배치되는 미러, 상기 미러에서 반사되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함하며, 상기 에지영역 렌즈모듈은 순차적으로 상기 플라즈마 가장자리로부터 산란되는 빛을 입사받는 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈의 후단에 배치되는 텔레센트릭 조리개, 상기 텔레센트릭 조리개 후단에 배치되는 미러, 상기 미러에서 반사되는 빛의 진행 방향에 위치하여 상기 미러와 마주하며 상기 미러에서 반사되는 빛을 입사받는 제2 렌즈, 상기 제2 렌즈로부터 출력되는 빛을 입사받기 위해 다수의 광파이버가 구비되는 상면을 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 코어영역 렌즈모듈은 상기 제1 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 200.8 ~ 210.8의 곡률 및 후면이 무한대의 곡률을 가지며, 상기 제2 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 -205.90 ~ -215.90의 곡률 및 후면이 286.35 ~ 296.35의 곡률을 가지며, 상기 제3 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 404.3 ~ 414.3의 곡률 및 후면이 -178.25 ~ -188.25의 곡률을 가지며, 상기 제4 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 2297.4 ~ 2307.4의 곡률 및 후면이 -345.9 ~ -355.9의 곡률을 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 에지영역 렌즈모듈은 상기 제1 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 517.8 ~ 527.8의 곡률, 제2 면이 -212.7 ~ -227.7의 곡률 및 제3 면이 -762.4 ~ -772.4의 곡률을 가지며, 상기 제2 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 -445.8 ~ -455.8의 곡률, 제2 면이 -167 ~ -177의 곡률 및 제3 면이 942.6 ~ 952.6의 곡률을 가질 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예에서, 상기 코어영역 렌즈모듈은 상기 제1 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 205.8의 곡률 및 후면이 무한대의 곡률을 가지며, 상기 제2 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 -209.09의 곡률 및 후면이 291.35의 곡률을 가지며, 상기 제3 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 409.3의 곡률 및 후면이 -183.25의 곡률을 가지며, 상기 제4 렌즈가 구면 렌즈이고 전면이 2302.4의 곡률 및 후면이 -350.9의 곡률을 가질 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예에서, 상기 에지영역 렌즈모듈은 상기 제1 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 522.8의 곡률, 제2 면이 -277.7의 곡률, 제3 면이 -767.4의 곡률을 가지며, 상기 제2 렌즈가 3개의 면을 갖는 구면 렌즈이고 제1 면이 -450.8의 곡률, 제2 면이 -172의 곡률, 제3 면이 947.6의 곡률을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 따른 렌즈 시스템에 의하면, KSTAR 내의 플라즈마에 입사되는 레이저에 의해 플라즈마의 서로 다른 밀집도를 갖는 중심부 영역 및 가장자리 영역에서 산란되는 빛을 포집하기에 적합한 각 영역별 렌즈모듈을 구비하여 플라즈마의 각 영역에서 산란되는 빛을 효과적으로 포집하여 전자기파를 측정할 수 있으며, 각 영역별로 측정된 전자기파 측정 정보에 의해 톱슨 산란 진단장치에서 플라즈마 전체의 상태를 정확하게 진단할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 KSTAR에 배치된 렌즈 시스템을 나타낸 도면이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 렌즈 시스템의 코어영역 렌즈모듈을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 렌즈 시스템의 에지영역 렌즈모듈을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0017] 도 1은 KSTAR에 배치된 렌즈 시스템을 나타내는 도면이다.
- [0018] 한국형 토카막 장치인 KSTAR(KOREA SUPERCONDUCTING TOKAMAK ADVANCED RESEARCH)(10)는 자기장을 이용하여 플라즈마를 구속한다. 그러나, 자기장을 이용하더라도, 플라즈마는 불안정한 상태를 유지하려고 한다. 따라서, 플라즈마를 지속적으로 관찰하고, 안정한 상태로 유지시켜줘야 한다. 이를 위해 KSTAR(10)에 다양한 플라즈마 진단 장치를 배치 또는 설치하여 플라즈마를 진단하는 것이 중요하다. 플라즈마 진단 장치 중 하나인 톰슨산란(THOMSON SCATTERING) 진단 장치가 있다.
- [0019] 플라즈마로부터 얻을 수 있는 가장 큰 정보는 자체적으로 방출하는 다양한 파장의 전자기파이다. 플라즈마 내부에서는 입자들이 끊임없이 움직이고 서로 반응하면서 에너지를 얻거나 잃으면서 전자기파를 주고 받는다. 이 같은 전자기파 중 일부가 바깥쪽으로 방출되고, 이렇게 방출된 전자기파는 플라즈마의 상태를 알 수 있는 중요한 정보가 된다.
- [0020] 톰슨 산란 진단 장치는 강한 레이저를 플라즈마에 조사하여 이로 인해 여기된 전자가 안정 상태로 돌아가면 산란광 발생으로 인해 방출되는 전자기파를 측정한다.
- [0021] 톰슨 산란 진단 장치는 크게 플라즈마에 레이저를 조사하기 위한 레이저 조사 구성과, 플라즈마로부터 방출된 전자기파 신호를 수신하는 구성과, 수신된 신호를 처리하는 구성으로 나눌 수 있다. 도 1을 참조하여 예를 들면, 플라즈마에 레이저를 조사하기 위한 레이저 조사 시스템(200)과, 플라즈마로부터 방출되는 전자기파 신호를 수신하기 위한 렌즈 시스템(100)과, 수신된 신호를 수집하여 처리하기 위한 진단 시스템(300)을 포함할 수 있다. 레이저 조사 시스템(200)은 KSTAR(10)의 일 부분에 배치되어 도넛 형태로 형성되는 플라즈마의 중심을 벗어난 일측으로 레이저를 입사시킨다. 렌즈 시스템(100)은 레이저 조사 시스템(200)에 의해 레이저가 플라즈마에 입사되면 발생하는 산란광을 플라즈마의 영역별로 포집할 수 있는 구성을 가질 수 있다. 이에 대해서는 도 2 및 도 3을 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 렌즈 시스템의 코어영역 렌즈모듈을 나타내는 도면이다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 렌즈 시스템의 에지영역 렌즈모듈을 나타내는 도면이다.
- [0023] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 렌즈 시스템(100)은 코어영역 렌즈모듈(110) 및 에지영역 렌즈모듈(120)을 포함할 수 있다.
- [0024] 코어영역 렌즈모듈(110)은 플라즈마에 레이저가 입사되면 플라즈마의 중심부에서 발생하는 산란광을 포집할 수 있다. 코어영역 렌즈모듈(110)은 플라즈마의 중심부에서 발생하는 산란광을 포집하기 위하여, 예를 들면, KSTAR(10)의 중심에 직교하는 방향에 배치될 수도 있고, KSTAR(10)의 중심부에 소정의 각도로 마주하도록 배치될 수도 있다. 도 2를 참조하면, 코어영역 렌즈모듈(110)은 복수의 렌즈(111, 112, 113, 114)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 코어영역 렌즈모듈(110)은 제1 내지 제4 렌즈(111, 112, 113, 114), 텔레센트릭 조리개(115), 미러(116), 상면(117)을 포함할 수 있다. 순차적으로는 제1 렌즈(111), 텔레센트릭 조리개(115), 제2 내지 제4 렌즈(112, 113, 114), 미러(116), 상면(117)의 순서로 배열될 수 있다.
- [0025] 제1 내지 제4 렌즈(114)는 구면 렌즈일 수 있다. 구체적으로는, 제1 렌즈(111)는 볼록렌즈일 수 있고, 제2 렌즈(112)는 오목렌즈일 수 있고, 제3 렌즈(113) 및 제4 렌즈(114)는 볼록렌즈일 수 있다.
- [0026] 제1 렌즈(111)는 플라즈마와 직접 마주하여 플라즈마의 중심부로부터 산란광이 입사될 수 있다. 텔레센트릭 조리개(115)는 제1 렌즈(111)의 후단에 배치되어 제1 렌즈(111)에 수렴된 광의 광량을 조절하여 제2 렌즈(112)로 입사시킬 수 있다. 제2 렌즈(112) 내지 제4 렌즈(114)는 텔레센트릭 조리개(115)의 후단에 차례로 배치되어 텔

텔레센트릭 조리개(115)에 의해 광량이 조절된 제1 렌즈(111)로부터 입사되는 광을 상면(117)으로 전달하는 구성이 될 수 있다. 미러(116)는 제4 렌즈(114)의 후단에 배치되어 제2 렌즈(112) 내지 제4 렌즈(114)로부터 전달되는 광을 반사하여 미러(116)의 일측 방향에 배치되는 상면(117)으로 입사시킬 수 있다. 상면(117)은 다수의 광섬유를 포함할 수 있다. 상면(117)으로 입사되는 광은 상면(117)의 광섬유로 입사될 수 있다.

[0027] 예지영역 렌즈모듈(120)은 플라즈마에 레이저가 입사되면 플라즈마의 가장자리에서 발생하는 산란광을 포집할 수 있다. 예지영역 렌즈모듈(120)은 플라즈마의 가장자리에서 발생하는 산란광을 포집하기 위하여, 예를 들면, KSTAR(10)의 가장자리와 평행하게 배치될 수도 있고, KSTAR(10)의 가장자리에 소정의 각도록 마주하도록 배치될 수도 있다. 예지영역 렌즈모듈(120)은 복수의 렌즈(121, 122)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 예지영역 렌즈모듈(120)은 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122), 텔레센트릭 조리개(123), 미러(124), 상면(125)을 포함할 수 있다. 순차적으로는 제1 렌즈(121), 텔레센트릭 조리개(123), 미러(124), 제2 렌즈(122), 상면(125)의 순서로 배열될 수 있다. 제2 렌즈(122)의 전면부는 미러(124)를 향하도록 배치될 수 있다.

[0028] 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122)는 구면 렌즈일 수 있다. 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122)는 복수의 표면을 가질 수 있다. 예를 들면, 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122)는 각각 3개의 표면을 가질 수 있다. 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122)가 3개의 표면을 갖기 위하여, 제1 렌즈(121) 및 제2 렌즈(122)는 각각 복수의 렌즈 조합으로 이루어질 수 있다. 즉, 복합렌즈일 수 있다. 일례로, 제1 렌즈(121)는 제1 접합렌즈(121a) 및 제2 접합렌즈(121b)를 포함할 수 있다. 제2 렌즈(122)는 제3 접합렌즈(122a) 및 제4 접합렌즈(122b)를 포함할 수 있다. 제1 접합렌즈(121a) 및 제2 접합렌즈(121b)는 서로 접합될 수 있고, 제3 접합렌즈(122a) 및 제4 접합렌즈(122b)는 서로 접합될 수 있다. 제1 접합렌즈(121a)는 제2 접합렌즈(121b)의 전방에 배치되고, 제3 접합렌즈(122a)는 제4 접합렌즈(122b)의 전방에 배치될 수 있다. 제1 렌즈(121)는 제1 면이 제1 접합렌즈(121a)의 전면부일 수 있고, 제2 면이 제1 접합렌즈(121a)의 후면부와 제2 접합렌즈(121b)의 전면부가 서로 접하는 부분일 수 있고, 제3 면이 제2 접합렌즈(121b)의 후면부일 수 있다. 제2 렌즈(122)는 제1 면이 제3 접합렌즈(122a)의 전면부일 수 있고, 제2 면이 제3 접합렌즈(122a)의 후면부와 제4 접합렌즈(122b)의 전면부가 서로 접하는 부분일 수 있고, 제3 면이 제4 접합렌즈(122b)의 후면부일 수 있다.

[0029] 제1 렌즈(121)는 플라즈마와 직접 마주하여 플라즈마의 가장자리로부터 산란광이 입사될 수 있다. 텔레센트릭 조리개(123)는 제1 렌즈(121)의 후단에 배치되어 제1 렌즈(121)에 수렴된 광의 광량을 조절하여 후단에 배치되는 미러(124)로 전달할 수 있다. 미러(124) 및 제2 렌즈(122)는 텔레센트릭 조리개(123)에 의해 광량이 조절된 제1 렌즈(121)로부터 입사되는 광을 상면(125)으로 전달하는 구성이 될 수 있다. 즉, 미러(124)는 텔레센트릭 조리개(123)의 후단에 배치되어 제1 렌즈(121)로부터 입사되는 광을 제2 렌즈(122)를 향해 반사시킬 수 있다. 제2 렌즈(122)는 미러(124)로부터 반사되는 광을 후단에 배치된 상면(125)에 전달할 수 있다. 상면(125)은 다수의 광섬유를 포함할 수 있다. 상면(125)으로 입사되는 광은 상면(125)의 광섬유로 입사될 수 있다.

[0030] 코어영역 렌즈모듈(110) 및 예지영역 렌즈모듈(120)을 구성하는 렌즈(111, 112, 113, 114, 121, 122)들은 소정 범위의 곡률을 가질 수 있다. 표 1 및 표 2는 코어영역 렌즈모듈(110) 및 예지영역 렌즈모듈(120)을 구성하는 렌즈(111, 112, 113, 114, 121, 122)들이 갖는 소정 범위의 곡률 반경을 나타낸다. 또한 코어영역 렌즈모듈(110) 및 예지영역 렌즈모듈(120)과 관련된 구체적인 세부 사양은 표 1 및 표 2와 같다. 표 1은 코어영역 렌즈모듈(110)의 구체적인 세부 사양을 나타낸다. 표 2는 예지영역 렌즈모듈(120)의 구체적인 세부 사양을 나타낸다.

표 1

[0031]

렌즈 정보	면 정보	표면 타입 (surface type)	곡률 반경 (radius)/(mm)	렌즈 두께 또는 거리 (thickness)/(mm)
제1 렌즈	전면	구(sphere)	200.8 ~ 210.8	15.9 ~ 25.9
	후면	구(sphere)	∞	36.1 ~ 46.1
텔레센트릭 조리개		구(sphere)	∞	7.7 ~ 17.7
제2 렌즈	전면	구(sphere)	-205.90 ~ -215.90	20 ~ 30
	후면	구(sphere)	286.35 ~ 296.35	0.9 ~ 10.9
제3 렌즈	전면	구(sphere)	404.3 ~ 414.3	17.45 ~ 27.45
	후면	구(sphere)	-178.25 ~ -188.25	24 ~ 34
제4 렌즈	전면	구(sphere)	2297.4 ~ 2307.4	13 ~ 23
	후면	구(sphere)	-345.9 ~ -355.9	115 ~ 125
미러		구(sphere)	∞	-316 ~ -326
상면		구(sphere)	492.39 ~ 502.39	

표 2

[0032]

렌즈 정보	면 정보	표면 타입 (surface type)	곡률 반경 (radius)/(mm)	렌즈 두께 또는 거리 (thickness)/(mm)
제1 렌즈	제1 면	구(sphere)	517.8 ~ 527.8	19.65 ~ 29.65
	제2 면	구(sphere)	-212.7 ~ -227.7	15 ~ 25
	제3 면	구(sphere)	-762.4 ~ -772.4	0
텔레센트릭 조리개		구(sphere)	∞	115 ~ 125
미러		구(sphere)	∞	-169.55 ~ -179.55
제2 렌즈	제1 면	구(sphere)	-445.8 ~ -455.8	-5 ~ -15
	제2 면	구(sphere)	-167 ~ -177	-23.5 ~ -33.5
	제3 면	구(sphere)	942.6 ~ 952.6	-391.9 ~ -401.9
상면		구(sphere)	495.0 ~ 505.0	

[0033]

코어영역 렌즈모듈(110) 및 에지영역 렌즈모듈(120)은 표 1 및 표 2에서 예시된 소정 범위의 곡률 반경, 렌즈 두께를 가질 수 있으며, 예시된 곡률 반경, 렌즈 두께를 갖도록 구비되는 경우 효율적으로 플라즈마의 산란광을 포집할 수 있다.

[0034]

표 3 및 표 4는 코어영역 렌즈모듈(110) 및 에지영역 렌즈모듈(120)의 가장 바람직한 곡률 반경, 렌즈 두께를 예시한다. 표 3은 코어영역 렌즈모듈(110)의 가장 바람직한 세부 사양을 나타낸다. 표 4는 에지영역 렌즈모듈(120)의 가장 바람직한 세부 사양을 나타낸다.

표 3

[0035]

렌즈 정보	면 정보	표면 타입 (surface type)	곡률 반경 (radius)/(mm)	렌즈 두께 또는 거리 (thickness)/(mm)
제1 렌즈	전면	구(sphere)	205.8	20.9
	후면	구(sphere)	∞	41.1
텔레센트릭 조리개		구(sphere)	∞	12.7
제2 렌즈	전면	구(sphere)	-209.90	25
	후면	구(sphere)	291.35	5.9
제3 렌즈	전면	구(sphere)	409.3	22.45
	후면	구(sphere)	-183.25	29
제4 렌즈	전면	구(sphere)	2302.4	18
	후면	구(sphere)	-350.9	120
미러		구(sphere)	∞	-321
상면		구(sphere)	497.39	

표 4

[0036]

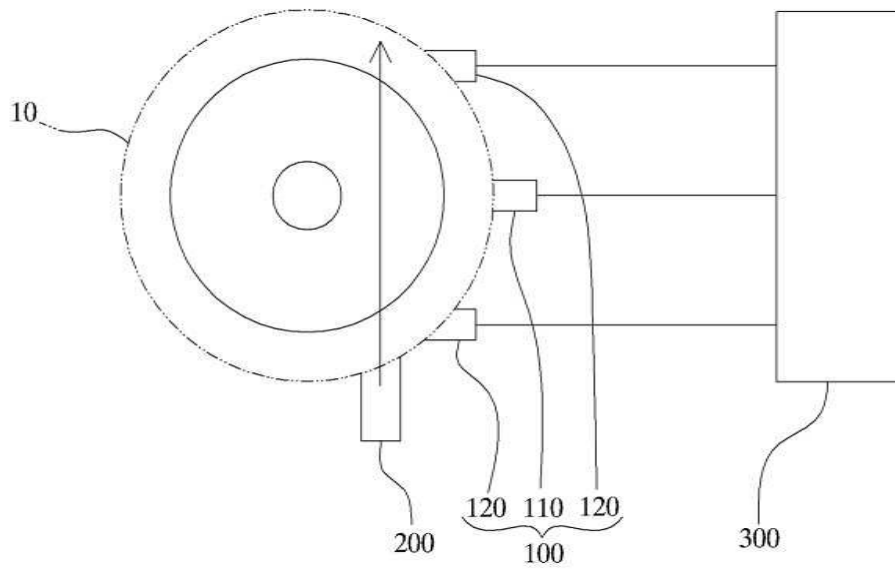
렌즈 정보	면 정보	표면 타입 (surface type)	곡률 반경 (radius)/(mm)	렌즈 두께 또는 거리 (thickness)/(mm)
제1 렌즈	제1 면	구(sphere)	522.8	24.65
	제2 면	구(sphere)	-217.7	20
	제3 면	구(sphere)	-767.4	0
텔레센트릭 조리개		구(sphere)	∞	120
미러		구(sphere)	∞	-174.55
제2 렌즈	제1 면	구(sphere)	-450.8	-10
	제2 면	구(sphere)	-172	-28.5
	제3 면	구(sphere)	947.6	-396.9
상면		구(sphere)	500.0	

[0037]

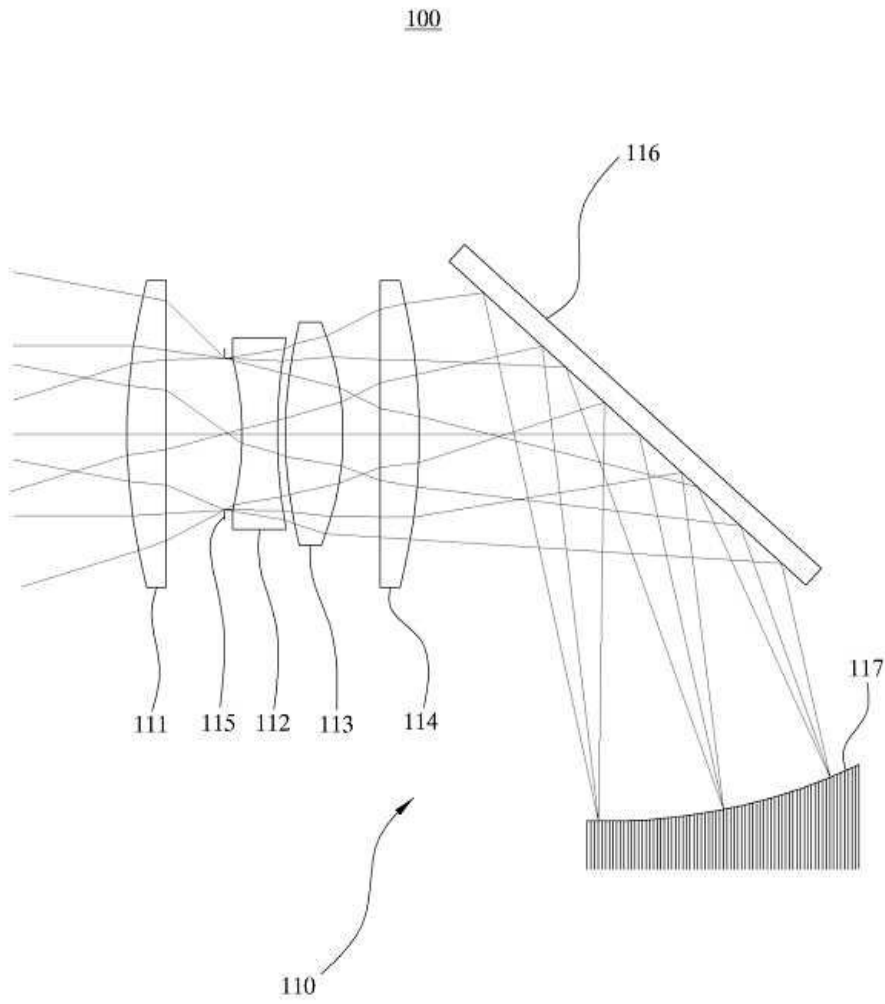
코어영역 렌즈모듈(110) 및 에지영역 렌즈모듈(120)은 표 3 및 표 4에서 예시된 수치의 곡률 반경, 렌즈 두께를 가질 수 있으며, 예시된 곡률 반경, 렌즈 두께를 갖도록 구비되는 경우 가장 효율적으로 플라즈마의 산란광을

도면

도면1



도면2



도면3

