



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월01일  
(11) 등록번호 10-1249473  
(24) 등록일자 2013년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01S 3/10 (2006.01) H01S 3/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0055859  
(22) 출원일자 2011년06월10일  
심사청구일자 2011년06월10일  
(65) 공개번호 10-2012-0136736  
(43) 공개일자 2012년12월20일  
(56) 선행기술조사문헌  
US4991178 A  
US20030214993 A1  
US3885874 A  
JP2008047501 A

(73) 특허권자  
한국기초과학지원연구원  
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
(72) 발명자  
오승태  
세종특별자치시 노을3로 14, 111동 203호(한솔  
동, 첫마을아파트)  
(74) 대리인  
차상윤, 남진필

전체 청구항 수 : 총 4 항

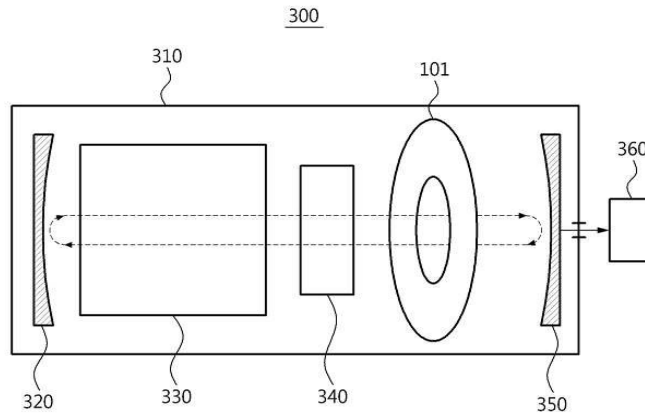
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **톰슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 빔 조사 시스템**

**(57) 요약**

톰슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 빔 조사 시스템이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템은 레이저 캐비티, 레이저 캐비티 내의 일측에 위치하는 전반사 미러, 레이저 캐비티 내의 타측에 위치하는 부분 반사 미러 및 전반사 미러와 부분 반사 미러 사이에 위치하여 펌핑에 의해 광을 유도 방출하는 이득 매질을 포함하고, 전반사 미러와 부분 반사 미러는 이득 매질로부터 유도 방출된 광을 증폭시켜 레이저 빔을 생성하고, 이득 매질과 부분 반사 미러 사이에 위치한, KSTAR 내부에 형성된 플라즈마에 레이저 빔을 조사한다.

**대표도** - 도3



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

튴슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 조사 시스템에 있어서,  
레이저 캐비티;

상기 레이저 캐비티 내의 일측에 위치하는 전반사 미러;

상기 레이저 캐비티 내의 타측에 위치하는 부분 반사 미러; 및

상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러 사이에 위치하여 펄핑에 의해 광을 유도 방출하는 이득 매질(상기 이득 매질은 상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러 사이에 복수 개가 위치됨)을 포함하고,

상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러는 상기 이득 매질로부터 유도 방출된 광을 증폭시켜 레이저 빔을 생성하고,

플라즈마는 상기 이득 매질과 상기 부분 반사 미러 사이에 위치하며,

상기 생성된 레이저 빔이 상기 플라즈마에 조사되는,

튴슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 조사 시스템.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 레이저 캐비티의 외부에 위치하고, 상기 플라즈마를 통과하여 상기 부분 반사 미러로부터 출력된 상기 레이저 빔을 소멸시키는 덤프(dump)를 더 포함하는 튴슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 조사 시스템.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 이득 매질의 후단에 위치하는 이득 제어부로서, 상기 증폭된 빔이 플라즈마 진단에 요구되는 것보다 큰 세기를 가질 경우 증폭된 빔의 세기를 감쇠시키는 이득 제어부를 더 포함하는 튴슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 조사 시스템.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 펄핑은, 광 펄핑, 전기방전 펄핑, 전자-홀 생성 펄핑, 화학 반응 펄핑 및 가스 금속 팽창 펄핑 중 어느 하나의 펄핑 방식으로 이루어지는 튴슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 빔 조사 시스템.

**명세서**

**기술분야**

본 발명의 실시예들은 플라즈마 진단을 위한 튴슨산란 진단 장치에 이용되는 레이저 빔 조사 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 플라즈마를 레이저 빔 조사용 캐비티 내에 배치시킨 레이저 빔 조사 시스템에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [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 있다. 톰슨산란 진단 장치는 강한 펄스 레이저 빔을 플라즈마 내에 입사시켜 이로 인해 여기된 전자가 안정 상태로 돌아가며 방출하는 전자기파를 측정하여 플라즈마를 진단한다.
- [0005] 도 1은 종래 기술에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.
- [0006] 도 1에 도시된 레이저 빔 조사 시스템은 톰슨산란 진단 장치를 구성하는 하나의 구성 요소로, KSTAR에 설치되어 KSTAR 내부에 형성된 플라즈마(20)에 레이저 빔을 조사한다.
- [0007] 도 1을 참조하면, 레이저 빔 조사 시스템은 전반사 미러(11), 이득 매질(12), 부분 반사 미러(13) 및 덤프(14)를 포함한다. 이들 구성 중 전반사 미러(11), 이득 매질(12) 및 부분 반사 미러(13)는 레이저 캐비티(10) 내에 배치되고, 덤프(14)는 레이저 캐비티(10)의 외부에 배치되어 플라즈마(20)를 통과한 레이저 빔을 처리한다.
- [0008] 전반사 미러(11)는 광을 100% 반사하고, 부분 반사 미러(13)는 광을 약 95% 정도 반사한다.
- [0009] 이득 매질(12)은 레이저 매질로, 전반사 미러(11)와 부분 반사 미러(13) 사이에 위치한다. 이득 매질(12)에서 유도 방출된 광은 전반사 미러(11)와 부분 반사 미러(13) 사이를 왕복하며 증폭된다. 이렇게 증폭된 광은 부분 반사 거울(13)을 통과하게 되는데, 이 통과된 광이 레이저 빔이다. 이 같이 레이저 캐비티(10)에서 발진된 레이저 빔은 플라즈마(20)에 조사되며, 플라즈마(20)를 통과하고 남은 레이저빔은 덤프(14)로 보내진다.
- [0010] 도 1에서와 같이, 레이저 캐비티(10)의 외부로 방출된 레이저 빔은 레이저 캐비티(10)의 내부에서보다 출력이 약하다. 따라서, 레이저 빔의 출력을 최대한으로 이용할 수 없어 레이저 이용 효율이 떨어지며, 플라즈마(20)의 상태를 정확하게 진단하는 것이 어렵다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, KSTAR 내부에 형성된 플라즈마를 레이저 캐비티 내에 위치하도록 구성하여 레이저 빔의 출력을 최대한으로 이용할 수 있는 톰슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 빔 조사 시스템을 제공하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 톰슨산란 플라즈마 진단을 위한 레이저 빔 조사 시스템은, 레이저 캐비티, 상기 레이저 캐비티 내의 일측에 위치하는 전반사 미러, 상기 레이저 캐비티 내의 타측에 위치하는 부분 반사 미러 및 상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러 사이에 위치하여 펌핑에 의해 광을 유도 방출하는 이득 매질을 포함하고, 상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러는 상기 이득 매질로부터 유도 방출된 광을 증폭시켜 레이저 빔을 생성하고, 상기 레이저 매질과 상기 부분 반사 미러 사이에 위치한, KSTAR 내부에 형성된 플라즈마에 상기 레이저 빔을 조사한다.
- [0013] 일측에 따르면, 상기 레이저 빔 조사 시스템은 상기 레이저 캐비티의 외부에 위치하고, 상기 플라즈마를 통과하여 상기 부분 반사 미러로부터 출력된 상기 레이저 빔을 처리하는 덤프(dump)를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 일측에 따르면, 상기 이득 매질은 상기 전반사 미러와 상기 부분 반사 미러 사이에 복수 개가 위치될 수 있다.

[0015] 일측에 따르면, 상기 레이저 빔 조사 시스템은 상기 이득 매질의 후단에 위치하여 상기 증폭된 광의 이득을 제어하는 이득 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0016] 일측에 따르면, 상기 펌핑은 광 펌핑, 전기방전 펌핑, 전자-홀 생성 펌핑, 화학 반응 펌핑 및 가스 금속 팽창 펌핑 중 어느 하나의 펌핑 방식으로 이루어질 수 있다.

**발명의 효과**

[0017] 본 발명의 실시예들에 따르면, KSTAR 내부에 형성된 플라즈마를 레이저 캐비티 내에 위치하도록 구성함으로써, 레이저 빔의 출력을 최대로 이용할 수 있다. 따라서, 레이저 이용 효율을 향상시킬 수 있으며, 플라즈마의 상태를 보다 정확하게 진단할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0018] 도 1은 종래 기술에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 KSTAR에 배치된 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0019] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 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.

[0020] 도 2는 KSTAR에 배치된 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다.

[0021] 한국형 토카막 장치인 KSTAR(KOREA SUPERCONDUCTING TOKAMAK ADVANCED RESEARCH)(100)는 자기장을 이용하여 플라즈마를 구속한다. 그러나, 자기장을 이용하더라도, 플라즈마는 불안정한 상태를 유지하려고 한다. 따라서, 플라즈마를 지속적으로 관찰하고, 안정한 상태로 유지시켜줘야 한다. 이를 위해 KSTAR(100)에 다양한 플라즈마 진단 장치를 배치 또는 설치하여 플라즈마를 진단하는 것이 중요하다. 플라즈마 진단 장치 중 하나인 톰슨산란(THOMSON SCATTERING) 진단 장치(200)가 있다.

[0022] 도 2를 참조하면, 톰슨산란 진단 장치(200)는 KSTAR(100)의 일 부분에 배치된다. 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 바깥 쪽으로 방출되고, 이렇게 방출된 전자기파는 플라즈마의 상태를 알 수 있는 중요한 정보가 된다.

[0023] 톰슨산란 진단 장치(200)는 강한 레이저 빔을 플라즈마에 조사하여 이로 인해 여기된 전자가 안정 상태로 돌아가면 방출하는 전자기파를 측정한다. 이럴 경우, 레이저 빔이 지나간 곳에서만 전자기파가 방출되므로 상기 반응이 일어난 위치를 보다 정확하게 알 수 있다.

[0024] 톰슨산란 진단 장치(200)는 크게 플라즈마에 레이저 빔을 조사하기 위한 레이저 빔 조사 구성과, 플라즈마로부터 방출된 전자기파 신호를 수신 및 처리하는 구성으로 나눌 수 있다. 이들 각 구성은 다시 세부 구성으로 나눌 수 있다.

[0025] 레이저 빔 조사 구성에 포함되는 레이저 빔 조사 시스템(300)은 레이저 빔 생성, 조사 및 처리 등의 동작을 한다. 본 발명의 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템(300)은 레이저 빔의 출력을 최대로 이용하기 위한 구성을

갖는다. 이에 대해서는 도 3 및 도 4를 이용하여 보다 구체적으로 설명한다.

- [0026] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 레이저 빔 조사 시스템(300)은 도 2에 도시된 톱슨산란 진단 장치(200)의 일 구성이다.
- [0027] 도 3을 참조하면, 레이저 빔 조사 시스템(300)은 레이저 캐비티(310), 전반사 미러(320), 이득 매질(330), 이득 제어부(340), 부분 반사 미러(350) 및 덤프(360)를 포함한다.
- [0028] 전반사 미러(320)는 레이저 캐비티(310) 내의 일측에 위치한다. 전반사 미러(320)는 빛 또는 광에 대하여 100%의 반사율을 가질 수 있다.
- [0029] 부분 반사 미러(350)는 레이저 캐비티(310) 내의 타측에 위치하여 전반사 미러(320)와 마주한다. 부분 반사 미러(350)는 빛 또는 광의 약 95% 정도를 반사시키고, 약 5% 정도를 투과시킬 수 있다.
- [0030] 이득 매질(330)은 전반사 미러(320)와 부분 반사 미러(350) 사이에 위치한다. 도 3에 도시되어 있지 않으나, 이득 매질(330)은 자신과 연결된 펌프(미도시)의 펌핑에 의해 광을 유도 방출한다. 이때, 펌핑은 광 펌핑, 전기방전 펌핑, 전자-홀 생성 펌핑, 화학 반응 펌핑 및 가스 금속 팽창 펌핑 중 어느 하나의 펌핑 방식으로 이루어질 수 있다.
- [0031] 이득 매질(330)에서 유도 방출된 광은 전반사 미러(320)와 부분 반사 미러(350) 사이를 왕복하며 증폭된다. 이때, 증폭 이득이 손실보다 크면 광의 강도가 점점 증폭된다. 이렇게 증폭된 광은 강한 레이저 빔이 될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면, KSTAR 운전시, 그 내부에 플라즈마(101)가 형성되는데, 이 플라즈마(101)가 이득 매질(330)과 부분 반사 미러(350) 사이에 위치하도록 구성한다. 즉, 레이저 캐비티(310) 내에 플라즈마(101)가 위치하도록 구성한다. 이 같은 구성에 따라 전반사 미러(320)와 부분 반사 미러(350) 사이를 왕복하며 증폭된 강한 레이저 빔이 플라즈마(101)에 조사될 수 있다.
- [0033] 레이저 빔 조사 시스템(300)은 레이저 캐비티(310)의 부분 반사 미러(350)를 통과한 약한 레이저 빔을 플라즈마(101)에 조사하는 것이 아니라, 충분히 증폭된 강한 레이저 빔을 플라즈마(101)에 조사하는 것으로 레이저 빔을 최대로 활용할 수 있다. 또한, 강한 레이저 빔을 플라즈마(101)에 조사함으로써, 플라즈마(101)로부터 전자기파의 방출을 유도하는 것이 용이하므로 플라즈마(101)의 전자 온도 및 전자 밀도 등의 분포를 보다 정확하게 진단할 수 있다.
- [0034] 한편, 전반사 미러(320)와 부분 반사 미러(350) 사이를 왕복하며 증폭된 강한 레이저 빔을 플라즈마(101)에 조사함에 있어서, "증폭된 강한 레이저 빔"이 플라즈마(101)의 진단에 적정하지 않을 수 있다. 예를 들어, "증폭된 강한 레이저 빔"이 플라즈마(101)의 진단에 요구되는 것보다 큰 세기를 가질 수 있다. 따라서, 이득 매질(330)의 후단에 이득 제어부(340)를 위치시켜, "증폭된 강한 레이저 빔"의 이득을 제어할 수도 있다.
- [0035] 덤프(360)는 레이저 캐비티(310)의 외부에 위치한다. 구체적으로, 덤프(360)는 레이저 캐비티(310)의 후단에 일정 거리 이격되어 위치한다. 그리고, 플라즈마(101)를 통과하고 남은, 즉, 레이저 캐비티(310)를 탈출한 레이저 빔을 처리(소멸)시킨다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 빔 조사 시스템을 나타내는 도면이다. 도 4에 도시된 레이저 빔 조사 시스템(400) 역시, 도 2에 도시된 톱슨산란 진단 장치(200)의 일 구성이 될 수 있다.
- [0037] 도 4를 참조하면, 레이저 빔 조사 시스템(400)은 레이저 캐비티(410), 전반사 미러(420), 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433), 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443) 및 덤프(460)를 포함한다.
- [0038] 전반사 미러(420)는 레이저 캐비티(410) 내의 일측에 위치하며, 빛 또는 광에 대하여 100%의 반사율을 가질 수 있다.
- [0039] 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443)는 레이저 캐비티(410) 내의 타측에 위치하여 각각 전반사 미러(420)와 마주한다. 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443)는 빛 또는 광의 약 95% 정도를 반사시키고, 약 5% 정도를 투과시킬 수 있다.
- [0040] 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433)은 일 방향으로 서로 일정 거리 이격되어 위치한다. 또한, 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433)은 전반사 미러(420)와 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443) 사이에 각각 하

나씩 위치된다.

- [0041] 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433)은 자신과 연결된 펌프(미도시)의 펌핑에 의해 광을 유도 방출한다. 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433)에서 유도 방출된 광은 전반사 미러(320)와 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443) 사이에 왕복하며 증폭되어 레이저 빔을 생성한다.
- [0042] 플라즈마(101)는 제1 내지 제3 이득 매질(431, 432, 433)과 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443) 사이에 위치된다. 이 같은 구성에 따라 전반사 미러(420)와 제1 내지 제3 부분 반사 미러(431, 432, 433) 사이를 왕복하며 증폭된 강한 레이저 빔이 플라즈마(101)에 조사될 수 있다. 이때, 플라즈마(101)는 전반사 미러(420)와 서로 다른 영역에 위치하는 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443) 사이에서 레이저 빔을 조사받는 것으로, 3개의 영역에 레이저 빔을 조사받게 된다.
- [0043] 앞서 설명한 바와 같이, 플라즈마(101)에 있어서, 레이저 빔이 지나간 곳에서만 전자기파가 방출되므로 전자기파의 발생을 위한 반응이 일어난 위치를 정확하게 알 수 있다.
- [0044] 도 4에 도시된 레이저 빔 조사 시스템(400)의 경우, 3개의 이득 매질(431, 432, 433)과 3개의 부분 반사 미러(441, 442, 443)에 의해 3개의 영역에 레이저 빔을 조사할 수 있다. 따라서, 다수의 위치에서 플라즈마의 상태를 진단할 수 있어 보다 정확한 진단이 가능하다.
- [0045] 제1 내지 제3 덤프(451, 452, 453)는 레이저 캐비티(410)의 후단에 일정 거리 이격되어 위치한다. 그리고, 제1 내지 제3 부분 반사 미러(441, 442, 443)를 통과하여 레이저 캐비티(410)를 탈출한 레이저 빔을 처리(소멸)시킨다.
- [0046] 한편, 도 4에서는 전반사 미러(420), 3개의 이득 매질(431, 432, 433), 3개의 부분 반사 미러(441, 442, 443) 및 3개의 덤프(451, 452, 453)로 구성된 레이저 빔 조사 시스템(400)을 도시하고 있으나, 이득 매질, 부분 반사 미러 및 덤프의 개수 및 그들의 이격 거리는 이에 한정되지 않는다.
- [0047] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시 예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허 청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

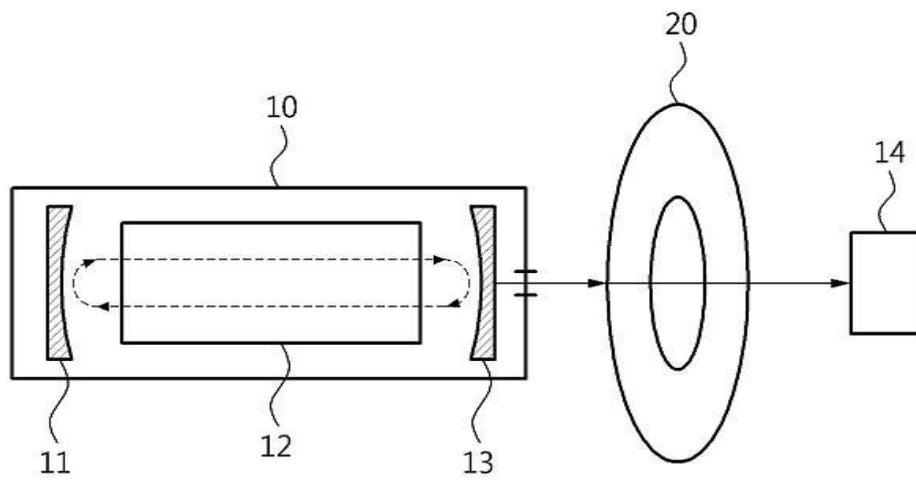
**부호의 설명**

[0048]	100: KSTAR	101: 플라즈마
	200: 톨슨산란 진단 장치	300, 400: 레이저 빔 조사 시스템
	310, 410: 레이저 캐비티	320, 420: 전반사 미러
	330: 이득 매질	340: 부분 반사 미러
	350: 덤프	431: 제1 이득 매질
	432: 제2 이득 매질	433: 제3 이득 매질
	441: 제1 부분 반사 미러	442: 제2 부분 반사 미러
	443: 제3 부분 반사 미러	451: 제1 덤프
	452: 제2 덤프	453: 제3 덤프

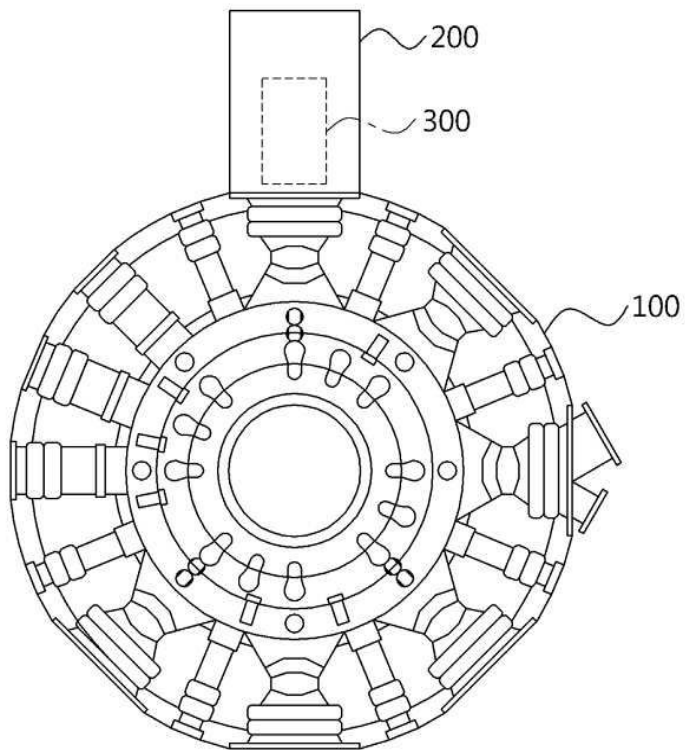


도면

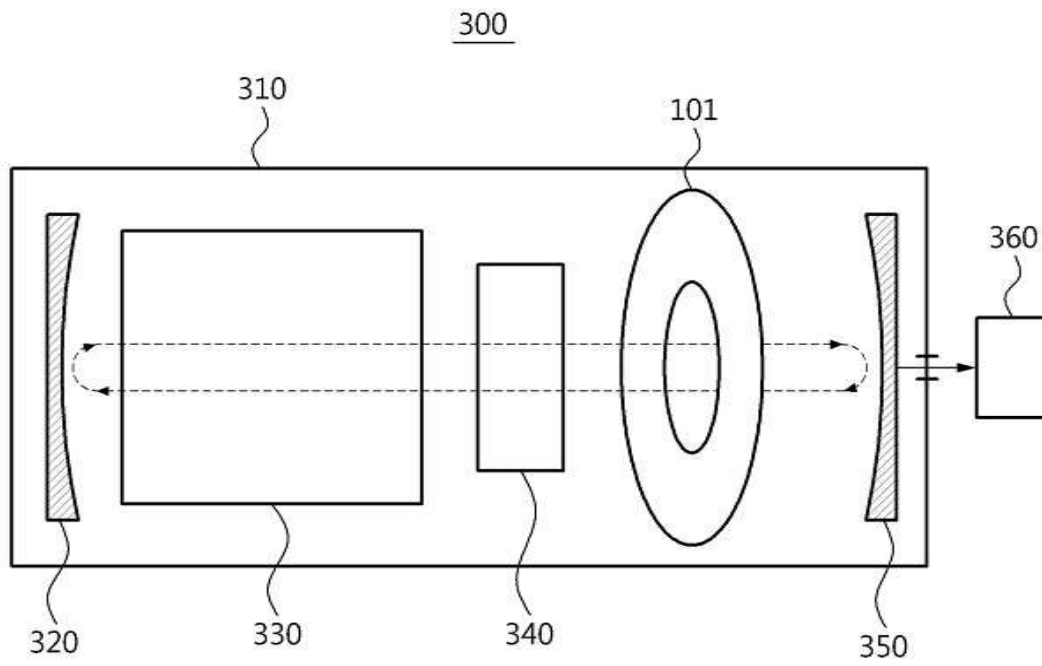
도면1



도면2



도면3





도면4

400

