



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년11월06일
(11) 등록번호 10-1197574
(24) 등록일자 2012년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 5/00 (2006.01) H05H 1/54 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0119998
(22) 출원일자 2010년11월29일
심사청구일자 2010년11월29일
(65) 공개번호 10-2012-0058287
(43) 공개일자 2012년06월07일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020042802 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국전기연구원
경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)
(72) 발명자
김재훈
경기도 안산시 상록구 해양1로 30, 푸르지오7차 711동 2306호 (사동)
김근주
경기도 안산시 상록구 해양1로 11, 대우푸르지오 6차 608동 1103호 (사동)
(74) 대리인
특허법인명문

전체 청구항 수 : 총 6 항

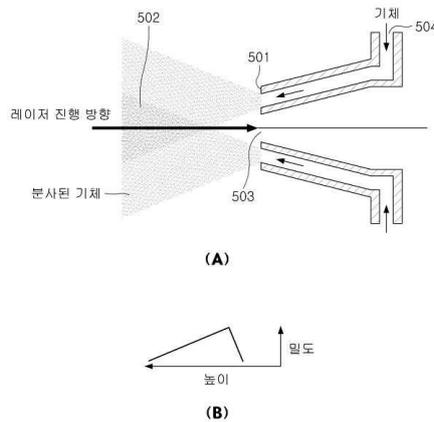
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 플라즈마 밀도를 증가시켜 전자빔을 효과적으로 가속을 위한 장치

(57) 요약

본 발명은 레이저 플라즈마를 이용한 전자빔 가속에서 디페이징 현상을 일으키는 전자의 제한된 에너지를 극복하도록 전자의 에너지를 효과적으로 향상시킬 수 있는 노즐을 장착한 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치를 제공하는 데 있다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

분사되는 기체에 반응 유도장을 진행시켜 발생하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치에 있어서, 기체를 분사하기 위한 노즐을 포함하며, 상기 노즐은 관통 구멍을 둘러싼 링 형태의 기체 토출부를 포함하고, 상기 기체 토출부를 통해 기체가 분사되는 동안 상기 관통 구멍을 향하여 상기 반응 유도장을 진행시키되, 상기 기체 토출부를 통해 분사되는 기체의 밀도가 상기 기체 토출부로부터의 거리에 따라 감소되는 것을 이용하여, 상기 반응 유도장의 진행 방향에 대하여 플라즈마 밀도는 증가시켜서, 플라즈마 내의 전자 가속장의 주기를 감소시키고 가속되는 전자의 에너지는 증가시키기 위한 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 반응 유도장은 레이저, 전기장, 또는 자기장을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 관통 구멍 내부에서의 상기 반응 유도장의 간섭을 제거하기 위하여, 상기 관통 구멍은 상기 반응 유도장의 진행 방향으로 점점 넓어지는 모양인 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 관통 구멍은 상기 반응 유도장의 진행 방향으로 점점 넓어지는 원뿔대 모양인 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기체 토출부는, 속이 빈 원뿔대 모양의 금속 재질의 외벽과 내벽을 포함하고, 상기 외벽과 상기 내벽이 서로 일정 거리 이격되도록 상기 기체 토출부 반대쪽에서 상기 외벽과 상기 내벽 사이에 가장 자리를 따라 지지부재를 용접하여 밀봉하며, 상기 지지부재에 기체를 주입하기 위한 기체 주입구를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 기체 주입구는 대칭적으로 복수개를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 플라즈마 가속기와 같은 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치에 관한 것으로서, 레이저 플라즈마를 이용한 전자빔 가속에서 디페이징 현상을 일으키는 전자의 제한된 에너지를 극복하도록 전자의 에너지를 효과적으로 향상시킬 수 있는 노즐을 장착한 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치를 제공하는 데 있다.

배경 기술

[0002] 레이저 플라즈마 가속기는 레이저와 플라즈마의 상호 작용을 통하여 전자빔을 높은 에너지로 가속한다. 초고출력 레이저가 플라즈마 내부를 진행하는 경우 레이저에 의하여 플라즈마 내의 전자가 외부로 밀려나는 힘을 받게 된다. 이 힘에 의하여 플라즈마 내부에 물결 모양의 전자밀도 구조가 생성되며 레이저의 뒤를 따르는 밀도파가 된다. 이 전자 밀도파는 레이저의 속도로 레이저 뒤를 따라 가게 된다. 밀도파의 일정 위치에는 전자를 가속할 수 있는 강한 전기장이 생성되며 이를 이용하여 전자를 가속할 수 있다.

[0003] 도 1은 일반적인 레이저 플라즈마 가속기의 동작 개념을 보여 준다. 도 1의 (A)는 2차원 플라즈마 전산 모사 결과이며 레이저에 의해 발생한 전자의 밀도 구조를 보여준다. 레이저에 의하여 플라즈마 내의 밀도가 변형되며 물결과 모양의 파동이 생성된 것을 보여준다. 이 파동 모양의 전자 밀도 구조가 전자의 밀도파(102)이다. 밀도파(102)는 레이저(101)의 뒤에 형성되며, 이 밀도파(102)에서 전자가 모여 있는 부분의 바로 앞이 전자를 가속할 수 있는 위치(103)로서, 전자가 모여 있는 부분으로 인해 강한 전기장을 형성하며 이 전기장이 전자를 가속하는 가속장이 된다. 도 1의 (B)는 가속장의 레이저 진행 방향에 대한 분포를 보여준다. 가속장 Eacc이 음인 영역(104)의 경우 전자의 전하가 음이므로 레이저 진행 방향으로 가속된다. 반대로 가속장이 양인 지역(105)의 경우는 전자가 감속되는 영역이다. 이러한 가속장은 음과 양이 교대로 나타나는 모양을 보인다.

[0004] 전자가 가속 영역에서 가속되는 경우 일정 에너지 이상으로 가속되면 앞으로 진행하여 감속되는 영역으로 들어가게 된다. 도 2와 같이 가속장의 구조와 전자의 위치를 살펴 보면, 도2의 (A)와 같이 전자가 가속 영역에 있는 경우(201)에 가속하는 힘을 받으며, 도 2의 (B)에서처럼 감속 구간(202)에서는 감속하는 힘을 받게 된다. 전자의 에너지가 높아져서 가속 영역에서 감속 영역으로 이동하는 현상을 디페이징(dephasing)이라 하며 이에 의해서 가속 가능한 최대 전자빔 에너지가 결정된다. 디페이징 현상을 극복하고 전자의 에너지를 높이기 위하여 더 높은 출력의 레이저를 사용하여 더 강한 가속장을 생성하거나 모세관 방전 방법을 이용하여 낮은 플라즈마 밀도를 이용하여 가속 가능한 거리를 증가시켜 전자를 더 높은 에너지로 가속하는 방법이 있다. 높은 출력의 레이저를 사용하는 경우는 레이저 건설 비용이 기하급수적으로 증가하여 비용 문제가 발생한다. 모세관을 이용하는 방법의 경우 플라즈마 생성 위치에 모세관과 레이저를 모아줄 수 있는 방전장치 등 복잡한 장비를 사용해야 함으로 비용문제는 물론 작동 안정성에도 문제가 발생 할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은, 레이저 플라즈마를 이용한 전자빔 가속에서 디페이징 현상을 일으키는 전자의 제한된 에너지를 극복하도록 전자의 에너지를 효과적으로 향상시킬 수 있는 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치를 제공하는 데 있다.

[0006] 또한, 레이저 플라즈마를 이용한 전자빔 가속에서 가속된 전자빔의 에너지를 높이기 위한 플라즈마 밀도 구조를 갖도록 하기 위한 기체 노즐을 장착한 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 먼저, 본 발명의 특징을 요약하면, 상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일면에 따른, 분사되는 기체에 반응 유도장(예를 들어, 레이저, 전기장, 또는 자기장)을 진행시켜 발생하는 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 장치는, 기체를 분사하기 위한 노즐을 포함하며, 상기 노즐은 관통 구멍을 둘러싼 링 형태의 기체 토출부를 포함하고, 상기 기체 토출부를 통해 기체가 분사되는 동안 상기 관통 구멍을 향하여 상기 반응 유도장을 진행시키기 위한 것을 특징으로 한다.

[0008] 상기 기체 토출부를 통해 기체가 분사되는 동안, 상기 반응 유도장이 상기 관통 구멍을 향하여 진행하여 상기 반응 유도장의 진행 방향에 대하여 증가하는 플라즈마 밀도가 형성될 수 있다.

[0009] 상기 관통 구멍 내부에서의 상기 반응 유도장의 간섭을 제거하기 위하여, 상기 관통 구멍은 상기 반응 유도장의 진행 방향으로 점점 넓어지는 모양이다.

[0010] 상기 관통 구멍은 상기 반응 유도장의 진행 방향으로 점점 넓어지는 원뿔대 모양일 수 있다.

[0011] 상기 기체 토출부는, 속이 빈 원뿔대 모양의 금속 재질의 외벽과 내벽을 포함하고, 상기 외벽과 상기 내벽이 서로 일정 거리 이격되도록 상기 기체 토출부 반대쪽에서 상기 외벽과 상기 내벽 사이에 가장 자리를 따라 지지부재를 용접하여 밀봉하며, 상기 지지부재에 기체를 주입하기 위한 기체 주입구(예를 들어, 대칭적으로 복수개)를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치에 따르면, 레이저 플라즈마를 이용한 전자빔 가속에 있어서 기존의 레이저 플라즈마 장치의 노즐 부분만 교체하여 쉽게 적용이 가능하고, 또한 다른 큰 장비의 변화 없이도 동일 조건에서 더 높은 에너지의 전자를 가속할 수 있어 고에너지 전자빔 가속기의 비용 절감에도 도움을 줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 일반적인 레이저 플라즈마 가속기의 동작 개념도이다. 여기서, (A)는 레이저에 의해 플라즈마 내부에 발생하는 플라즈마 물결과 구조(이차원 플라즈마 계산 결과), (B)는 전자를 가속하기 위한 가속장의 공간 분포((A)의 레이저 진행 위치에서의 가속 전기장의 구조임.)

도 2는 일반적인 전자 가속장의 위치에 따른 가속 또는 감속 구간의 개념도이다. 여기서, (A)는 전자가 가속구간에 있으므로 가속되는 상태, (B)는 전자가 감속구간에 있으므로 감속되는 상태.

도 3은 본 발명의 핵심 중 하나인 전자 밀도 증가 구조를 이용한 전자 에너지 향상의 개념도이다. 여기서, (A)는 전자 구조에 따른 전자 가속장의 구조, (B)는 플라즈마 밀도 구조.

도 4는 플라즈마 밀도에 따른 전자 가속장의 2차원 전산 모사 결과 및 가속 전자의 에너지 분포이다. 여기서, (A) 밀도 구조에 따른 가속장의 구조, (B) 각 밀도 구조에 의한 전자 에너지.

도 5는 플라즈마 밀도 증가 구조를 만들기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 기체 노즐 개념도이다. 여기서, (A)는 기체 노즐의 개념도, (B)는 생성된 기체 밀도 분포의 개념도.

도 6은 밀도 증가 구조를 위한 도 5의 노즐의 기구적 모양이다. 여기서, (A)는 평면도, (B)는 정면도 또는 측면도, (C)은 기체 토출부의 내부 모양.

도 7은 도 6의 노즐을 제작하기 위한 과정을 설명하기 위한 도면이다. 여기서, (A)은 노즐 기체 토출부의 외부 벽, (B)는 노즐 기체 토출부의 내부 벽, (C)는 (A)와 (B)의 결합 구조.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0015] 레이저 플라즈마 가속기에서 플라즈마 밀도에 의해 가속장의 크기와 가속장 방향의 변화에 대한 주기, 디페이징 이전에 전자를 가속할 수 있는 최대 거리가 결정된다. 균일한 플라즈마의 경우에 높은 플라즈마 밀도를 사용하면 가속장의 크기는 증가하지만 가속 가능한 거리는 감소하는 경향을 보여준다. 플라즈마 밀도가 증가하거나 감소하는 구조의 경우에는 가속장의 크기가 변할 뿐 아니라 가속장의 구조 또한 변하게 된다.

[0016] 도 3은 본 발명의 핵심 중 하나인 전자 밀도 증가 구조를 이용한 전자 에너지 향상의 개념도이다. 여기서, (A)는 전자 구조에 따른 전자 가속장의 구조, (B)는 플라즈마 밀도 구조이다.

[0017] 도 3의 (B)의 304와 같이 플라즈마 밀도가 같이 균일한 경우에는, 도 3의 (A)의 302와 같이 가속장의 방향이 바뀌는 주기가 일정한 반면, 도 3의 (B)의 303와 같이 플라즈마 밀도가 증가하는 경우에는, 도 3의 (A)의 301과 같이 가속장의 방향이 바뀌는 주기가 레이저 진행 방향에서 점점 짧아질 수 있다. 도 3의 (A)의 301과 같이, 레이저의 위치, 즉, 플라즈마 물결과가 시작되는 위치는 고밀도 플라즈마가 아닌 경우는 동일하므로 밀도 증가에 의한 가속장의 구조는 주기가 짧아져서 레이저의 진행 방향의 앞쪽으로 당겨진 구조를 가진다. 즉, 전자가 가속

되는 지점이 앞으로 당겨져서 전자가 감속구간으로 들어가는 것을 일정 구간 동안 효과적으로 막아줄 수 있다. 이러한 개념을 사용하면 동일한 레이저 파워를 가지고 더 높은 에너지를 가지도록 전자를 가속시킬 수 있다.

- [0018] 도 4는 플라즈마 밀도에 따른 전자 가속장의 2차원 전산 모사 결과 및 가속 전자의 에너지 분포이다. 여기서, (A) 밀도 구조에 따른 가속장의 구조, (B) 각 밀도 구조에 의한 전자 에너지이다.
- [0019] 도 4의 (A)에서, 밀도가 증가하는 플라즈마의 경우의 가속장(402)이 밀도가 균일한 플라즈마의 경우의 가속장(401)보다 앞으로 당겨진 구조를 가지는 것을 알 수 있다. 밀도가 낮아지는 플라즈마의 경우의 가속장(403)은 가속장 변화의 주기가 길어져서 가속장(403)이 뒤로 밀리는 경향을 보여준다. 따라서 밀도가 균일하거나 감소하는 구조에 비하여 증가하는 경우는 전자가 더 높은 가속장으로 가속이 되며 가속 가능한 길이가 더 길어진다. 이러한 밀도 구조에서 전자의 에너지는 도 4의 (B)에서처럼 밀도가 증가하는 경우(405)가 균일한 플라즈마를 이용하는 경우(404)에 비하여 증가함을 알 수 있다. 또한, 반대의 경우로 밀도가 감소하는 경우(406)에는 전자의 에너지가 균일한 경우보다 감소한 것을 알 수 있다. 따라서 플라즈마 밀도가 증가하는 구조를 사용하면 전자의 에너지를 간단하고 효과적으로 높일 수 있다.
- [0020] 본 발명에서는 이러한 플라즈마 밀도가 증가하는 구조의 형성을 용이하게 하기 위하여 가운데 구멍이 있는 기체 노즐의 구조를 고안 하였다. 전자빔 가속을 위한 레이저 플라즈마 가속기에서 사용되는 플라즈마는 노즐에서 분사된 기체 매질을 이용하여 생성된다. 따라서 기체의 밀도 구조가 플라즈마의 밀도 구조로 나타난다. 기체 노즐에서 분사되는 기체의 밀도는 기체 노즐에서의 거리에 따라 감소하는 경향을 보인다. 즉 노즐에 수직인 방향(분사 방향)으로 기체 밀도가 감소하는 구조를 가진다. 이러한 기체 밀도 구조를 역으로 이용하면 플라즈마 밀도가 증가하는 구조를 만들 수 있다. 레이저가 노즐에 수직인 위치에서 노즐에 가까워지는 방향으로 진행되는 경우 기체의 밀도가 증가하므로 플라즈마의 밀도도 증가 한다. 기존의 노즐은 레이저와 노즐의 간섭으로 인해서 레이저가 수직인 방향으로 진행할 수 없다. 본 발명에서는 노즐의 가운데에 레이저와 가속된 전자가 진행할 수 있도록 구멍(도 5의 503 참조)을 만들어서 이 문제를 해결하였다.
- [0021] 도 5는 플라즈마 밀도 증가 구조를 만들기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 기체 노즐 개념도이다. 여기서, (A)는 기체 노즐의 개념도, (B)는 생성된 기체 밀도 분포의 개념도이다.
- [0022] 도 5를 참조하면, 플라즈마를 이용해 전자빔 가속을 위한 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈마 장치에서는, 속이 비어 있는 관통 구멍(503)을 둘러싼 링 형태의 기체 토출부(501)를 갖는 노즐을 포함한다.
- [0023] 기체 토출부(501)는 대칭 구조의 기체 주입구(504)를 통해 기체를 공급받고, 공급된 기체는 관통 구멍(503)을 둘러싸고 있는 기체 토출부(501)를 통해 분사된다. 그러므로 분사된 기체의 중첩 영역(503)에서 레이저가 관통 구멍(503)을 향해 노즐의 수직인 방향으로 진행할 수 있으며, 이에 따라 도 5의 (B)와 같이 노즐에 가까워 질수록 플라즈마 밀도가 증가하는 구조를 형성할 수 있다. 이와 같은 방법으로 높은 에너지의 전자를 가속할 수 있는 밀도가 증가하는 플라즈마 구조를 용이하게 생성할 수 있게 된다.
- [0024] 도 6은 밀도 증가 구조를 위한 도 5의 노즐의 기구적 모양이다. 여기서, (A)는 평면도, (B)는 정면도 또는 측면도, (C)은 기체 토출부(501)의 내부 모양이다.
- [0025] 도 6의 (A)와 같이, 기체 주입구(504)는 대칭 구조로, 예를 들어, 4개가 있으며, 기체 주입구(504)를 통해 공급된 기체는 관통 구멍(503)을 둘러싼 링 형태의 기체 토출부(501)를 통해 분사된다. 기체 주입구(504)가 4개인 경우를 예시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 기체를 균일하게 주입하기 위하여 대칭 구조로 더 많은 기체 주입구가 설치될 수 있다.
- [0026] 레이저와 노즐의 간섭을 제거하기 위한 관통 구멍(503)의 크기는 사용하는 레이저의 크기에 따라 결정될 수 있으며, 레이저 플라즈마 가속기에서 사용되는 레이저의 크기가 수십 마이크로미터 정도이므로 이 이상의 크기로 구성한다. 또한 레이저가 집속된 후 관통 구멍(503)의 내부에서 발산하게 되므로 관통 구멍(503)의 내부는 발산하는 레이저와의 간섭을 제거하기 위하여 도 6의 (C)에서 보인 단면도처럼 레이저가 진행되는 방향으로 크기가 커지는 원뿔대 모양으로 구성한다. 기체 분사를 위한 기체 토출부(501)는 균일하게 기체를 분사하기 위하여 원형의 링 형태로 구성된다.
- [0027] 도 7은 도 6의 노즐을 제작하기 위한 과정을 설명하기 위한 도면이다. 여기서, (A)은 노즐 기체 토출부(501)의 외부 벽, (B)는 노즐 기체 토출부(501)의 내부 벽, (C)는 (A)와 (B)의 결합 구조이다.
- [0028] 본 발명의 노즐을 제작하기 위하여, 도 7의 (A)와 같은 속이 빈 큰 원뿔대 모양의 금속 외벽(701)의 속에 도 7의 (B)와 같은 속이 빈 작은 원뿔대 모양의 금속 내벽(702)을 놓은 뒤, 외벽(701)과 내벽(702)이 일정 거리 떨

어지도록 하부에서(기체 토출부 반대쪽에서) 외벽(701)과 내벽(702) 사이에 가장 자리를 따라 소정 지지부재(703)를 용접하여 밀봉(기체가 새지 않도록 모든 틈을 봉함.)한다. 지지부재(703)에는 기체가 주입될 수 있도록 하기 위한 기체 주입구(504)로서의 복수의 구멍을 포함한다.

[0029] 이러한 방법으로 레이저가 진행하는 방향으로 크기가 커지는(넓어지는) 원뿔대 모양의 관통 구멍(503)의 제작이 용이하며 원하는 크기의 기체 토출부(501)를 쉽게 제작할 수 있다.

[0030] 이와 같이, 본 발명에서는 레이저 플라즈마 전자빔 가속기와 같은 전자빔 가속을 위한 플라즈마 장치에서, 레이저가 진행함에 따라 플라즈마의 밀도를 증가시켜 전자를 더 높은 에너지로 가속할 수 있도록 하였다. 이러한 플라즈마 밀도 증가 구조를 만들기 위하여 노즐의 중심부에 관통 구멍(503)을 만들고 기체 토출부(501)가 이 관통 구멍(503)을 감싸는 구조로 하여, 레이저가 노즐과 간섭없이 노즐에 수직인 방향으로 진행할 수 있도록 하였다. 이를 이용하면 간단히 밀도가 증가하는 플라즈마를 만들 수 있고 이 플라즈마를 이용하여 더 높은 에너지의 전자를 가속할 수 있다. 또한 노즐 부분을 간단히 변형하여 기존의 레이저 플라즈마 전자빔 가속기에 적용이 용이하게 하였다.

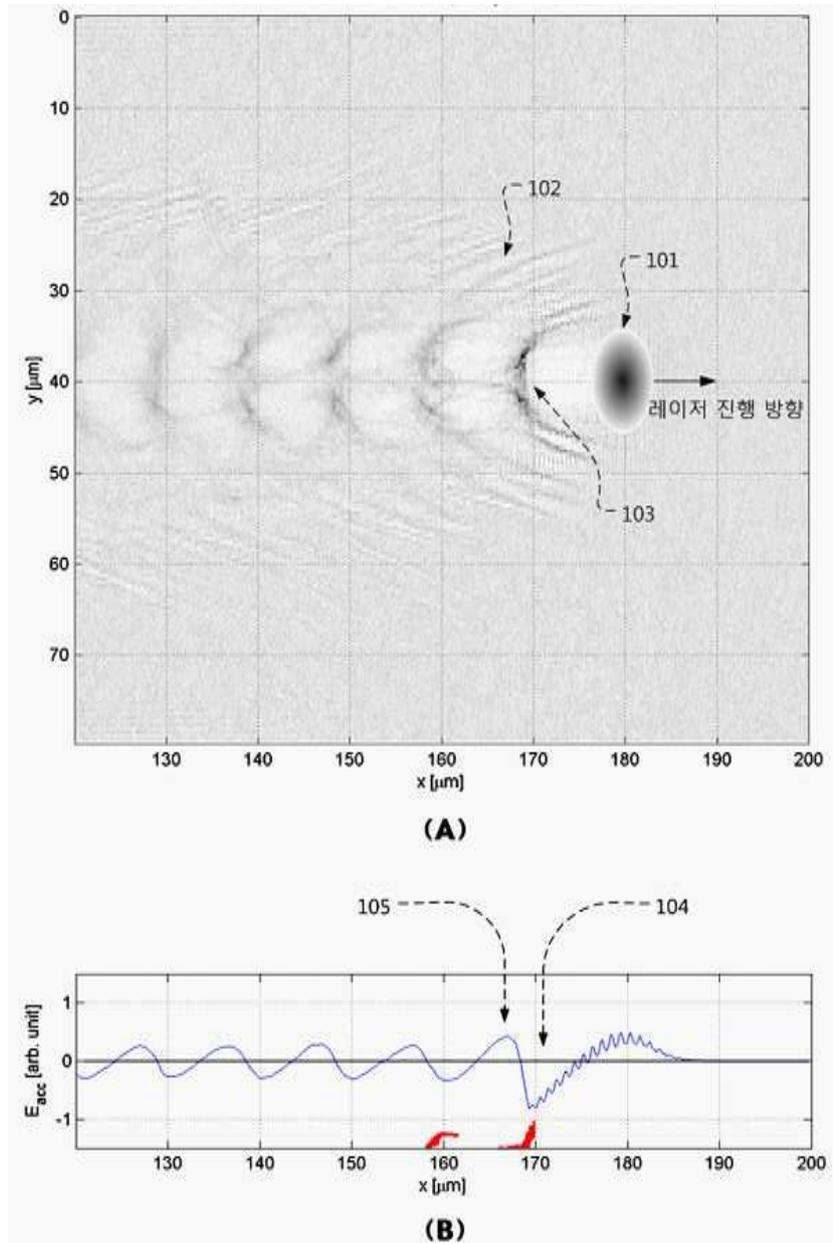
[0031] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 플라즈마 발생을 위한 반응 유도장으로서 레이저를 예로 들어 설명하였으나 이에 한정되는 것은 아니며, 전기장, 자기장 등 다른 형태의 플라즈마 발생을 위한 반응 유도장이 이용될 수 있다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

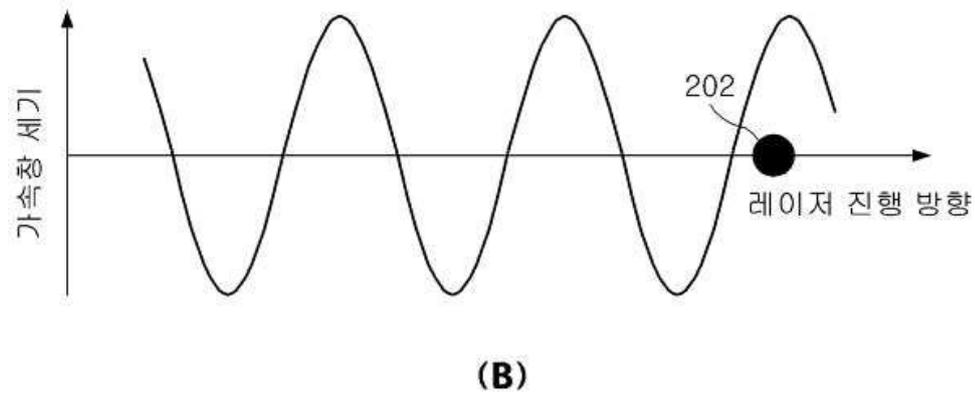
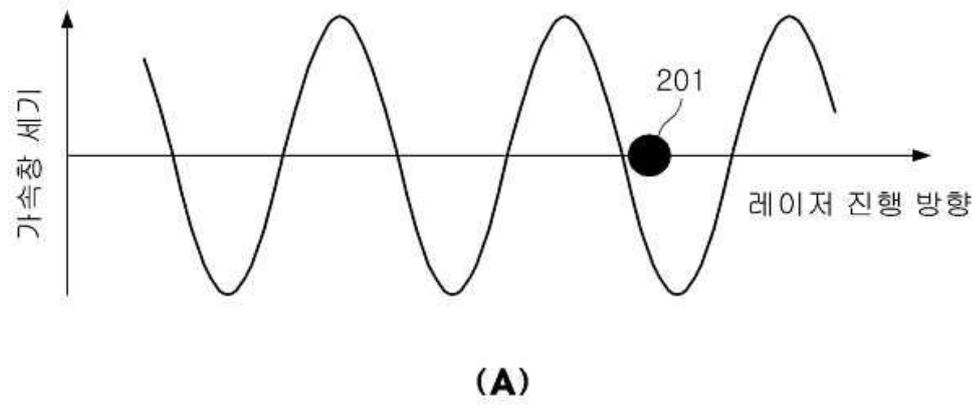
[0032] 관통 구멍(503)
 기체 토출부(501)
 기체 주입구(504)
 외벽(701)
 내벽(702)
 지지부재(703)

도면

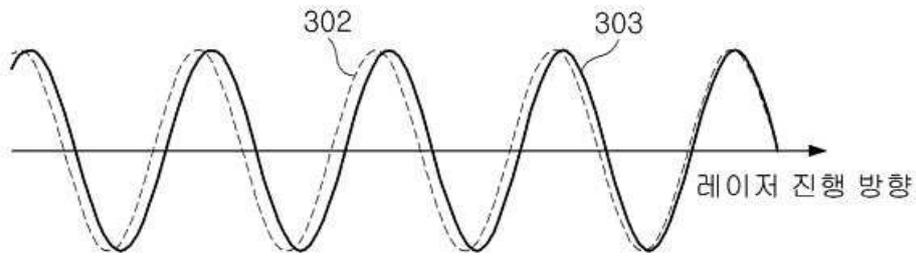
도면1



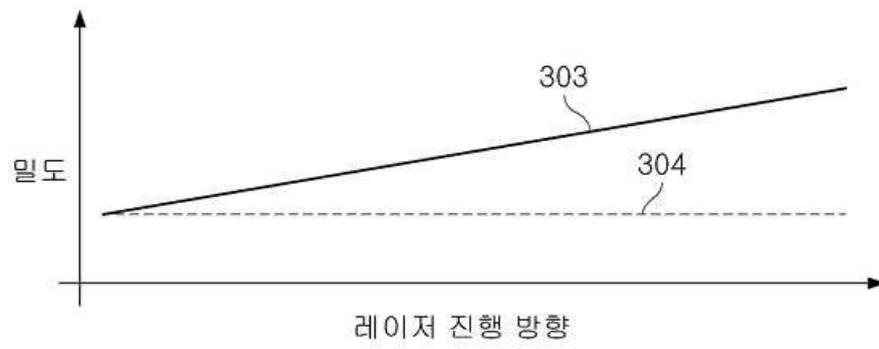
도면2



도면3

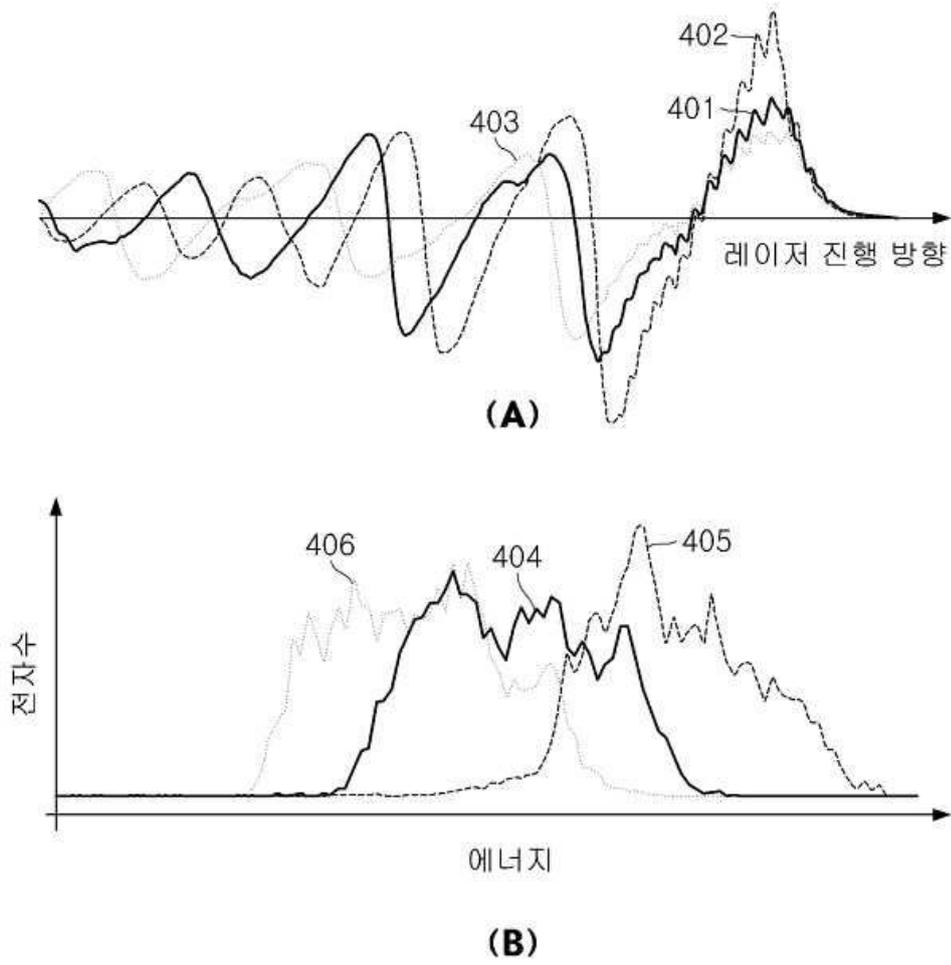


(A)

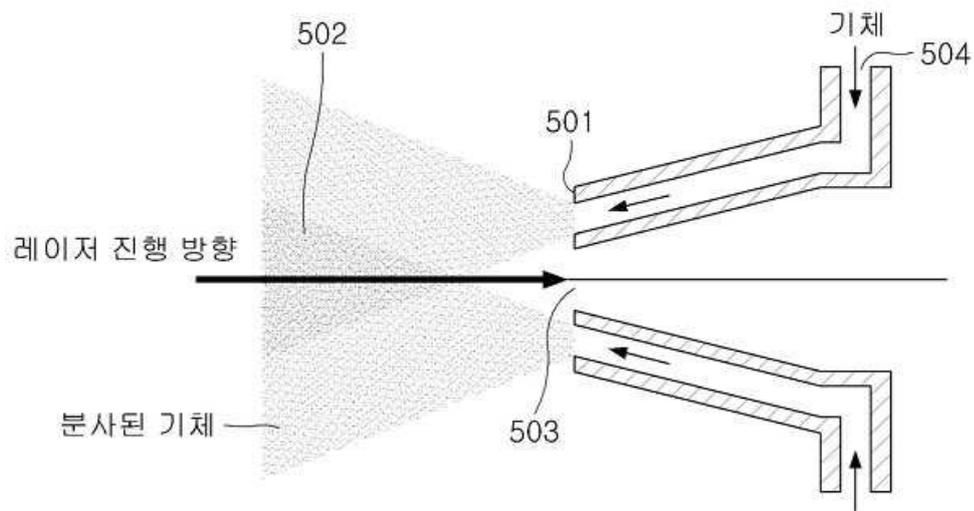


(B)

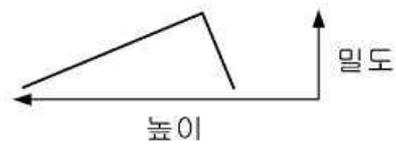
도면4



도면5

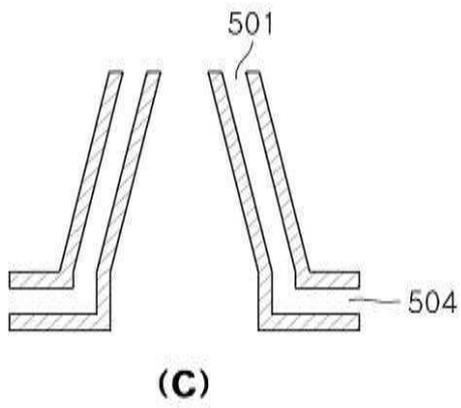
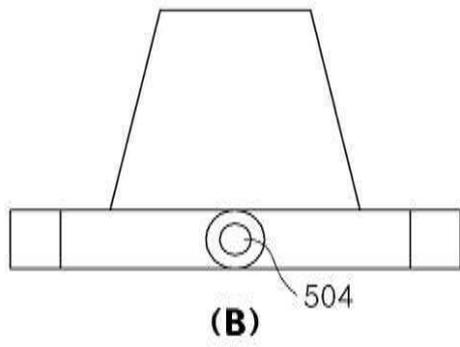
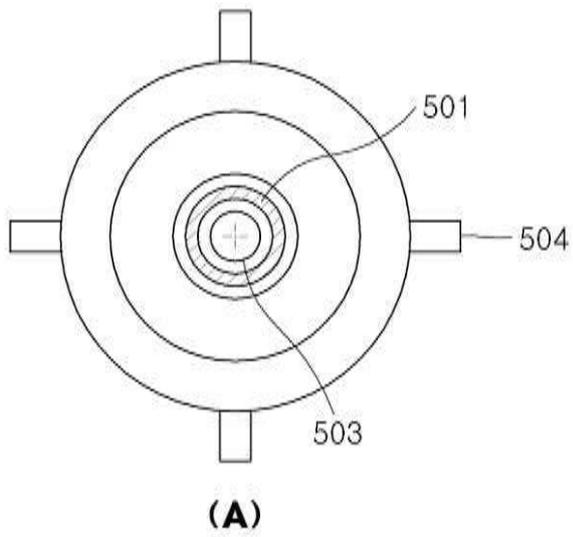


(A)



(B)

도면6



도면7

