



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월03일
(11) 등록번호 10-1157676
(24) 등록일자 2012년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/30 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-7023293

(22) 출원일자(국제) 2004년06월14일

심사청구일자 2009년05월04일

(85) 번역문제출일자 2005년12월05일

(65) 공개번호 10-2006-0018240

(43) 공개일자 2006년02월28일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/018788

(87) 국제공개번호 WO 2004/114354

국제공개일자 2004년12월29일

(30) 우선권주장

10/461,702 2003년06월13일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP10302707 A*

JP2001126656 A*

WO2002052609 A2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

엑셀리스 테크놀로지스, 인크.

미국, 매사추세츠 (우편번호: 01915) 비벌리, 엠
에스 106, 체리 힐 드라이브 108

(72) 발명자

벤베니스테 빅터

미국 매사추세츠 01930 글로우세스터 하버 하이
츠 8

래스멜 로버트

미국 뉴햄프셔 03833 엑시터 트윈 폰드 서클 5

황 영장

미국 매사추세츠 01982 해밀턴 리커 서클 5

(74) 대리인

서장찬, 최재철, 박병석

전체 청구항 수 : 총 28 항

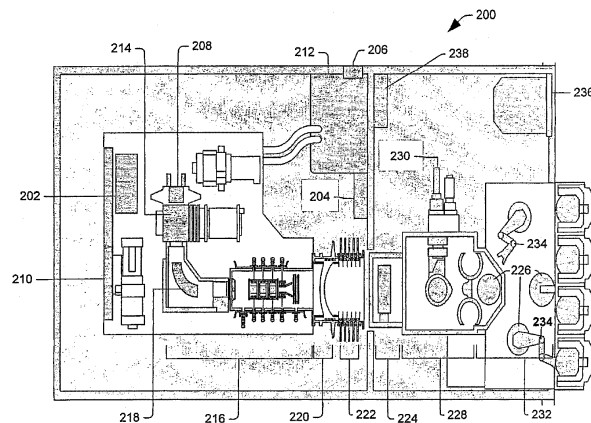
심사관 : 양기성

(54) 발명의 명칭 이온 주입 시스템용 하이브리드 자기/정전 편향기

(57) 요약

이온 빔의 자기 편향기가 개시되고, 제 1 및 2 코일을 포함한다. 이들 코일은 각각 빔의 위 및 아래에 배치되고, 빔의 폭을 따라 연장한다. 이들 코일을 통해 전류가 흘러, 실질적으로 빔의 전체 폭을 따라 일반적으로 빔의 이동 방향과 수직인 코일 간에 자기장을 발생시킨다. 본 발명의 다른 양태에서, 주입 전에 빔을 공작물로 편향시키는 방법이 개시된다. 이 방법은 빔과 관련된 하나 이상의 특성을 결정하여, 이 결정에 기초하여 자기 편향 모듈 및 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키는 단계를 포함한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

리본 형상의 빔 또는 스캔된 펜슬 형상의 빔(scanned pencil-shaped beam)인 이온 빔을 위한 자기 편향기로서,

제 1 코일 및 제 2 코일을 가진 한 쌍의 코일을 구비하는데, 상기 제 1 코일은, 빔의 위에 배치되고, 상기 제 2 코일은 상기 빔의 아래에 배치되며, 상기 제 1 및 2 코일은 빔의 폭을 따라 연장하고, 상기 제 1 및 2 코일을 통해 전류가 동일한 방향으로 흘러, 빔의 전체 폭을 따라 빔의 이동 방향과 수직인 코일 간에 자기장을 유도시키고, 상기 제 1 및 2 코일은 입력단 및 출력단을 형성하도록 배치되고, 상기 출력단은 상기 입력단의 하류에 있고, 상기 출력단은 상기 입력단보다 더 크며,

상기 제 1 코일과 상기 빔 사이에 배치된 제 1 전극 및, 상기 제 2 코일과 상기 빔 사이에 배치된 제 2 전극을 포함하는 한 쌍의 전극을 더 포함하는데, 상기 한 쌍의 전극은 그 사이에 정전기장을 생성시켜 통과하는 빔을 편향시키는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일은 각각 상기 빔의 전체 폭을 따라 폭 방향으로 연장하는 철 요크(iron yoke) 및, 상기 철 요크의 주변에 감겨지고, 상기 빔의 전체 폭을 따라 폭 방향으로 연장하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일을 통해 흐르는 전류의 크기는 가변적이어서, 상기 코일 간에 자기장의 세기의 변동을 용이하게 하는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 쌍의 코일과 관련되어, 상기 코일 간에 플라스마를 공급하도록 하여, 상기 빔과 관련된 공간 전하의 중화를 용이하게 하는 플라스마원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 코일 간에 잔류 가스와 충돌하는 빔 내의 이온과 관련되어, 상기 잔류 가스를 이온화시키는 빔 플라스마를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 쌍의 코일의 측면부를 따라 위치되고, 상기 플라스마원에 의해 발생된 플라스마는 상기 코일 사이에서 자기장과 관련된 자기장 선을 따라 빔의 전체 폭에 걸쳐 확산하여, 빔의 전체 폭을 따라 공간 전하 중화를 제공하는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 한 쌍의 코일 및 상기 한 쌍의 전극 각각에 결합된 제어기를 더 포함하는데, 상기 제어기는 소정의 임계치보다 작은 질량-에너지 곱으로 상기 쌍의 코일을 활성화시키고, 상기 소정의 임계치보다 큰 질량-에너지 곱

으로 상기 쌍의 전극을 활성화시키는 것을 특징으로 하는 자기 편향기.

청구항 8

이온 주입용 하이브리드 편향 시스템으로서,

이온 빔을 빔 축으로부터 편향시키도록 동작 가능한 자기 편향 모듈,

상기 이온 빔을 상기 빔 축으로부터 편향시키도록 동작 가능한 정전 편향 모듈 및,

하나 이상의 입력 제어 신호에 기초하여 상기 자기 편향 모듈 및 상기 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키도록 동작 가능한 제어기를 포함하고,

상기 제어기는, 상기 하나 이상의 제어 신호가 소정의 임계치보다 작은 질량-에너지 곱을 나타낼 시에 상기 자기 편향 모듈을 활성화시키며,

상기 제어기는, 상기 하나 이상의 제어 신호가 소정의 임계치보다 큰 질량-에너지 곱을 나타낼 시에 상기 정전 편향 모듈을 활성화시키는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 이온 빔은 리본 형상의 빔 또는 스캔된 펜슬 형상의 빔(scanned pencil-shaped beam)을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 자기 편향 모듈은 상기 빔의 위에 배치된 제 1 코일 및, 상기 빔의 아래에 배치된 제 2 코일을 포함하고, 상기 제 1 및 2 코일을 통해 도통한 전류는 상기 빔의 이동 방향을 횡단하여 지향되는 자기장을 유도시키는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일은 입력단 및 상기 입력단의 하류의 출력단을 갖도록 지향되고, 상기 출력단의 개방부는 상기 입력단의 개방부보다 큰 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일은 이온 빔의 전체 폭을 따라 연장하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일과 관련되어, 상기 코일 간에 플라스마를 공급하도록 하여, 상기 이온 빔과 관련된 공간 전하의 중화를 용이하게 하는 플라스마원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 코일 간에 잔류 가스와 충돌하는 빔 내의 이온과 관련되어, 상기 잔류 가스를 이온화시키는 빔 플라스마를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 제 1 및 2 코일의 측면부를 따라 위치되고, 상기 플라스마원에 의해 발생된 플라스마는 상기 코일 사이에서 자기장과 관련된 자기장 선을 따라 빔의 전체 폭에 걸쳐 확산하여, 상기 이온 빔의 전체 폭을 따라 공간 전하 중화를 제공하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 16

제 8 항에 있어서,

상기 정전 편향 모듈은 상기 이온 빔의 위에 배치된 제 1 전극 및, 상기 이온 빔의 아래에 배치된 제 2 전극을 포함하고, 상기 제 1 및 2 전극에 걸쳐 전압을 인가할 시에, 상기 전극에 걸쳐 정전기장이 상기 이온 빔의 이동 방향을 횡단하는 방향으로 발생하는 것을 특징으로 하는 이온 주입용 하이브리드 편향 시스템.

청구항 17

이온 주입 시스템으로서,

리본 형상의 빔 또는 스캔된 펜슬 형상의 빔인 이온 빔을 발생시키는 이온원,

상기 이온 빔을 수신하고, 원하지 않는 질량 대 전하비를 가진 이온을 제거하는 질량 분석기 및,

빔 축을 따라 상기 질량 분석기로부터 상기 이온 빔을 수신하여, 자기장을 사용하는 상기 빔 축으로부터 상기 이온 빔을 편향시키는 자기 편향기를 포함하는데,

상기 자기 편향기는 제 1 코일 및 제 2 코일을 포함하며, 상기 제 1 코일은 상기 이온 빔의 위에 배치되고, 상기 제 2 코일은 상기 이온 빔의 아래에 배치되며, 상기 제 1 및 2 코일의 양방은 상기 이온 빔의 폭을 따라 연장하고, 전류는 상기 제 1 및 2 코일을 통해 동일한 방향으로 흘러, 상기 빔의 전체 폭을 따라 빔의 이동 방향과 수직인 코일 간에 자기장을 유도시키며,

상기 제 1 및 2 코일은 입력단 및 출력단을 형성하도록 배치되고, 상기 출력단은 상기 입력단의 하류에 있고, 상기 출력단은 상기 입력단보다 더 크고,

상기 제 1 코일과 상기 빔 사이에 배치된 제 1 전극 및, 상기 제 2 코일과 상기 빔 사이에 배치된 제 2 전극을 포함하는 한 쌍의 전극을 더 포함하는데, 상기 한 쌍의 전극은 그 사이에 정전기장을 생성시켜 통과하는 리본형 빔을 편향시키는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일은 각각 상기 빔의 전체 폭을 따라 폭 방향으로 연장하는 철 요크 및, 상기 철 요크의 주변에 감겨지고, 상기 빔의 전체 폭을 따라 폭 방향으로 연장하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일을 통해 흐르는 전류의 크기는 가변적이어서, 상기 코일 간에 자기장의 세기의 변동을 용이하게 하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일과 관련되어, 상기 코일 간에 플라스마를 공급하여, 상기 이온 빔과 관련된 공간 전하의 중화를 용이하게 하는 플라스마원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 제 1 및 2 코일 간에 잔류 가스와 충돌하는 상기 이온 빔 내의 이온과 관련되어, 상기 잔류 가스를 이온화시키는 빔 플라스마를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 플라스마원은 상기 제 1 및 2 코일의 측면부를 따라 위치되고, 상기 플라스마원에 의해 발생된 플라스마는 상기 코일 사이에서 자기장과 관련된 자기장 선을 따라 상기 이온 빔의 전체 폭에 걸쳐 확산하여, 상기 빔의 전체 폭을 따라 공간 전하 중화를 제공하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 2 코일과 상기 제 1 및 2 전극에 각각 결합된 제어기를 더 포함하는데, 상기 제어기는 소정의 임계치보다 작은 질량-에너지 곱으로 상기 제 1 및 2 코일을 활성화시키고, 상기 소정의 임계치보다 큰 질량-에너지 곱으로 상기 제 1 및 2 전극을 활성화시키는 것을 특징으로 하는 이온 주입 시스템.

청구항 24

에너지 오염을 저감시키기 위해 주입 전에 공작물로 이온 빔을 편향시키는 방법으로서,

상기 빔의 에너지를 결정하는 상기 빔과 관련된 하나 이상의 특성을 결정하는 단계 및,

상기 결정에 기초하여 자기 편향 모듈 및 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키는 단계를 포함하고,

상기 결정에 기초하여 자기 편향 모듈 및 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키는 단계는 상기 이온 빔의 에너지가 소정의 임계치보다 작을 경우에는 상기 자기 편향 모듈을 활성화시키는 단계를 포함하거나, 상기 이온 빔의 에너지가 소정의 임계치보다 클 경우에는 상기 정전 편향 모듈을 활성화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔의 편향 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 빔과 관련된 하나 이상의 특성을 결정하는 단계는 상기 빔과 관련된 질량-에너지 곱을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔의 편향 방법.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 빔과 관련된 하나 이상의 특성을 결정하는 단계는 상기 질량-에너지 곱이 소정의 임계치보다 작은 지를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔의 편향 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 결정에 기초하여 자기 편향 모듈 및 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키는 단계는 상기 이온 빔의 질량-에너지 곱이 소정의 임계치보다 작을 경우에는 상기 자기 편향 모듈을 활성화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔의 편향 방법.

청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 결정에 기초하여 자기 편향 모듈 및 정전 편향 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키는 단계는 상기 이온 빔의 질량-에너지 곱이 소정의 임계치보다 클 경우에는 상기 정전 편향 모듈을 활성화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔의 편향 방법.

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 이온 주입 시스템에 관한 것으로서, 특히, 이온 주입 시스템 내에 채용되어, 이온 빔을 저 에너지로 감속하는 편향 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 이온 주입 시스템은, 집적 회로를 제조할 시에 불순물로 반도체를 도핑하기 위해 이용된다. 이와 같은 시스템에서는, 이온원이 원하는 도펀트 요소를 이온화하며, 이 도펀트 요소는 이온 빔의 형태로 이온원으로부터 추출된다. 이온 빔은, 통상적으로 원하는 질량/전하비의 이온을 선택하기 위해 질량 분석되고 나서, 반도체 웨이퍼의 표면에 지향되어, 도펀트 요소를 웨이퍼에 주입한다. 빔의 이온은, 예컨대, 웨이퍼 내에 트랜지스터 장치를 제작할 시에, 원하는 전도의 영역을 형성하기 위해 웨이퍼의 표면을 관통한다. 통상의 이온 주입기는, 이온 빔을 생성시키는 이온원, 자기장을 이용하여 이온 빔을 질량 분해하는 질량 분석 장치를 포함하는 빔선 조립체 및, 이온 빔에 의해 주입되는 반도체 웨이퍼 또는 공작물(workpiece)을 포함하는 타겟 챔버(target chamber)를 포함한다.

[0003] 소정의 응용을 위한 원하는 주입을 달성하기 위해서는, 주입된 이온의 선량(dose) 및 에너지가 변화될 수 있

다. 이온 선량은, 소정의 반도체 재료에 대한 주입된 이온의 농도를 제어한다. 통상적으로, 고 전류의 주입기는 고 선량 주입에 사용되는 반면에, 중간 전류의 주입기는 보다 저 선량의 응용에 사용된다. 이온 에너지는 반도체 장치에서 접합 깊이를 제어하기 위해 사용되며, 여기서, 빔 이온의 에너지 레벨은, 이온이 주입되는 정도, 또는 반도체 또는 다른 기판 재료 내의 주입된 이온의 깊이를 결정한다. 반도체 장치의 보다 소형화를 위한 계속적인 추세에 의해, 고 빔 전류를 저 에너지를 전달하는 기구가 요구된다. 고 빔 전류는 필요한 선량 레벨을 제공하지만, 저 에너지는 얇은 주입을 가능하게 한다.

[0004] 중간 전류 주입 시스템은 통상적으로 단일 웨이퍼 시스템이고, 고 경사각으로 주입할 수 있다. 이와 같은 시스템은, 중간 내지 고 에너지 범위(예컨대, 10-250 keV) 내의 저 및 중간 선량 프로세스에 적절하다. 저 에너지에서, 빔 전류 가능 출력(capability)은, 종종 빔선 내의 각종 광 요소를 통해 불충분한 빔 전달 효율로 인해 실질적으로 저하한다. 일반적으로, 빔 전달 효율을 향상시키는데 이용되는 한 기술은, 빔을 고 에너지로 전달하여, 공작물로부터의 단거리에서 빔을 원하는 에너지로 감속하는 것이다. 통상적으로, 감속비가 높을 수록, 빔 전달 효율의 이득이 많아진다.

[0005] 그러나, 상술한 것과 같은 감속 시스템은, 때때로, 원하지 않는 에너지 오염물을 공작물에 생성시킨다. 에너지 오염물은, 감속 전에 빔 내에서 생성되는 중성 입자가 타겟에 도달한 상태이다. 중성 입자가 감속되지 않으므로, 이와 같은 입자는, 잔여 이온 빔 보다 실질적으로 더 높은 에너지로 공작물에 도달하여, 종종 에너지 오염물로 지칭된다.

발명의 상세한 설명

[0006] 다음에는, 본 발명의 하나 이상의 양태에 대한 기본적 이해를 제공하기 위해 간략화된 요약물을 제공한다. 이런 요약은, 본 발명의 광범한 개요가 아니며, 본 발명의 키 또는 중요한 요소를 식별하는 것이 아니고, 본 발명의 범주를 서술하는 것도 아니다. 오히려, 이 요약의 주 목적은, 나중에 제공되는 더욱 상세한 설명에 대한 서문으로서 본 발명의 일부 개념을 간략화된 형식으로 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명은, 이온 주입 시스템 내의 자기 편향기에 관한 것이다. 자기 편향기는, 실질적으로 빔 이동 방향으로 횡단하는 실질적으로 균일한 자기장을 제공한다. 자기장은, 이온 빔(예컨대, 펜슬 형상의 빔 또는 리본 형상의 빔) 내의 이동 이온에 힘을 가하여, 빔을 빔 축으로부터 멀리 편향시키며, 이와 같은 편향에 의해, 에너지 오염물의 역할을 하는 중성 입자가 빔으로부터 제거된다.

[0008] 본 발명의 한 양태에 따르면, 자기 편향기는 이온 빔의 상하에 배치된 한 쌍의 코일을 각각 포함한다. 코일은, 그를 통해 전류를 도통시킬 시에, 실질적으로 빔 이동 방향과 수직으로 지향되는 코일 간에 자기장을 생성시키도록 동작한다. 바람직하게는, 코일은, 빔이 리본 빔으로 나타나도록 리본 형상을 이루거나 스캔(scan)될 시에, 빔의 전체 폭을 따라 횡 방향으로 연장하여, 이에 의해, 전체 빔 폭을 따라 균일한 자기장을 제공한다. 게다가, 특히 저 빔 에너지로 공간 전하의 중화를 용이하게 하도록 코일 간의 영역 내에 플라스마를 도입할 수 있다. 플라스마는, 빔의 폭을 따라 실질적으로 균일한 공간 전하 중화를 제공하도록 코일 간의 자기장 선을 따라 확산할 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 하이브리드 자기 및 정전 편향 시스템은 주입 시스템 내에 채용된다. 하이브리드 편향 시스템은, 하나 이상의 제어 신호를 토대로 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키도록 동작할 수 있는 제어기와 함께, 자기 편향기 모듈 및 정전 편향기 모듈을 포함한다. 예컨대, 입력 제어 신호가 질량-에너지 곱(product)이 미리 정해진 임계치보다 작음을 나타낼 시에는 자기 편향기 모듈을 활성화시키고, 질량-에너지 곱이 이 임계치보다 큼을 나타낼 시에는 정전 편향기 모듈을 활성화시키기 위해 제어기가 동작할 수 있다. 상기 방식으로, 하이브리드 시스템은 저 빔 에너지에서 자기 편향을 사용하며, 여기서, 플라스마는, 저 에너지에서 문제가 있을 수 있는 공간 전하 효과의 충격을 완화하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 하이브리드 시스템은, 공간 전하 효과가 덜 나타날 시와, 자기 강성 제한이 경험하게 될 수 있는 곳에 보다 고 빔 에너지에서 정전 편향을 사용할 수 있다.

[0010] 본 발명에 따르면, 하이브리드 편향기는, 펜슬 빔, 리본 빔, 또는 사실상 리본 형상과 같은 스캔된 펜슬 빔(scanned pencil beam)에 적용 가능하다.

[0011] 상기 및 관련단을 달성하기 위해, 다음의 설명 및 첨부한 도면이 본 발명의 어떤 설명적인 양태 및 구현에서 상세히 설명된다. 이들은 본 발명의 원리가 이용될 수 있는 여러 방식 중 몇몇 만을 나타낸다. 본 발명의 다른 양태, 이점 및 신규 특징은 도면과 관련하여 고려될 시에 본 발명의 다음의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

실시예

- [0024] 이하, 본 발명은 도면을 참조로 기술되며, 여기서, 동일한 참조 번호는 동일한 구성 요소를 나타내는데 사용된다. 이 도면 및 다음의 설명은 사실상 예시적이고, 제한하는 것은 아니다. 따라서, 도시된 시스템 및 방법 및, 여기에 도시된 것과 다른 구성의 변형은 본 발명의 범주 및 첨부한 청구범위 내에서 고려될 수 있음을 알 수 있다.
- [0025] 본 발명은, 저 에너지 이온 빔을 획득하기 위해 감속 시스템과 함께 이용되는 편향 시스템에 관한 것이다. 편향 시스템은, 이온 빔을 수신하여, 중성 입자가 공작물에 도달하지 못하게 하기 위해 공작물을 향해 도래 빔선 축으로부터 빔을 편향시키도록 구성된다. 더 후술하는 바와 같이, 본 발명은, 빔선 축으로부터 빔을 멀리 편향시키도록 동작 가능한 자기 편향기를 포함한다. 자기 편향기는, 하이브리드 편향 시스템을 형성하기 위해 정전 편향기와 함께 이용될 수 있으며, 여기서, 자기 편향기 모듈은 이온 빔 에너지로 편향시키기 위해 사용되지만, 정전 편향 모듈은 일반적으로 보다 고 빔 에너지로 사용된다. 본 발명은 펜슬 빔 및 리본 빔 주입 시스템의 양방에 적용 가능하다.
- [0026] 도 1에서, 본 발명의 하나 이상의 양태를 구현하는데 적절한 이온 주입 시스템(100)은 블록도의 형태로 도시된다. 시스템(100)은 빔 경로를 따라 이온 빔(104)을 생성시키는 이온원(102)을 포함한다. 더욱 상세히 후술되는 바와 같이, 이온 빔은 펜슬형 빔 또는 리본 빔을 포함할 수 있다. 이온 빔원(102)은, 예컨대, 관련된 전원(108)을 가진 플라스마원(106)을 포함한다. 플라스마원(106)은, 예컨대, 이온 빔이 추출되는 플라스마 제한(confinement) 챔버를 포함할 수 있다.
- [0027] 빔선 조립체(110)는 이온원(102)의 하류에 제공되어, 그로부터 빔(104)을 수신한다. 빔선 조립체(110)는, 질량 분석기(112), (펜슬-빔 타입 시스템용) 스캐너(114), 감속 시스템(116) 및 편향 시스템(118)을 포함할 수 있다. 빔선 조립체(110)는 경로를 따라 위치되어 빔(104)을 수신한다. 질량 분석기(112)는, (도시되지 않은) 자석과 같은 자기장 발생 부품을 포함하고, 질량(예컨대, 전하 대 질량비)을 따라 변화하는 궤적에서 이온 빔(104)에서 이온을 편향시키기 위해 빔 경로에 걸쳐 자기장을 제공하도록 동작한다. 자기장을 통해 이동하는 이온은, 빔 경로를 따라 원하는 질량의 개별 이온을 지향시켜, 빔 경로로부터 원하지 않는 질량의 이온을 멀리 편향시키는 힘을 경험한다.
- [0028] 스캐너(114)는 빔선 축의 방향을 조정하도록 동작하여, 리본 형상의 빔의 효과를 생성시키기 위해 제어 형식으로 공작물에 걸쳐 펜슬 빔을 지향시키거나 "스캔"한다. 스캐너는 정전 또는 자기 및 임의의 이와 같은 스캔 메카니즘일 수 있거나, 다른 타입의 시스템이 본 발명과 함께 사용될 수 있다. 리본형 빔을 생성시키기 위해 펜슬 형상의 빔을 스캔하는 대안으로서, 리본 빔을 직접 생성시키는 이온원을 사용할 수 있다. 본 발명과 함께 사용될 수 있는 한 예시적인 리본 빔원, 2002년 5월 1일자로 출원되고, 본 발명의 양수인에게 양도된 미국 특허 출원 제10/136,047호에 개시되어 있고, 이는 여기서 전적으로 참조로 포함된다.
- [0029] 빔선(110)은, 이온 빔과 관련된 에너지를 변경하기 위해 제어 가능하고 선택적으로 동작 가능한 감속 모듈(116)을 더 포함한다. 예컨대, 중간 에너지에서는, 빔 에너지의 실질적 변화가 필요치 않을 수 있으며, 모듈은 실질적 변화없이 빔이 통과하도록 한다. 선택적으로, (예컨대, 반도체 본체 내에 얇은 접합의 형성을 위한) 저 에너지 응용 시에, 빔의 에너지는 감속될 필요가 있을 수 있다. 이와 같은 상황에서, 감속 모듈(116)은 빔의 에너지를 감속에 의해 원하는 에너지 레벨로 저감시키기 위해 동작할 수 있다.
- [0030] 빔선은 본 발명에 따른 편향 시스템(118)을 더 포함한다. 편향 시스템(118)은, 감속 시스템(116)을 관통한 후에, 빔선 축으로부터 이온 빔을 멀리 편향시키도록 동작할 수 있는 자기 편향기를 포함한다. 예컨대, 도래 빔이 감속되면, 빔 내에 혼입된(entrained) 어떤 중성 입자는 감속되지 않아, 이와 같은 중성 입자가 에너지 오염물로서 공작물에 도달할 것이다. 편향 시스템(118)의 자기 편향기는, 이와 같은 상황 하에, 빔선 축으로부터, 그리고 공작물을 향해 이온 빔을 멀리 편향시키도록 동작할 수 있다. 그러나, 중성 입자는 자기 편향기에 의해 편향되지 않아, 이전에 어떤 빔선 축을 따라 계속 이동하여, 공작물에 도달하지 않는다.
- [0031] 중성 오염 입자는, 이온 및 백그라운드(background) 또는 잔류 입자와의 충돌에 의해 편향 시스템의 상류 영역에 생성될 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 충돌에 의해, 이온의 일부가 전하를 백그라운드 또는 다른 입자와 교환하게 되어, 중성 입자 또는 오염물이 될 수 있다. 이들 중성 입자는, 이온과 도핑될 수 있는 영역 내의 웨이퍼에 주입되어, 의도된 도핑 레벨을 희석시켜, 도핑 프로세스에 악영향을 줄 수 있다. 특히, 이들 입자가 전기적으로 중성이기 때문에, 이들 입자는 감속기를 통과할 수 있고, 특히, (예컨대, 속도 및/또는 방향에서, 감속, 집속, 휨 또는 변경되지 않고) 영향을 받지 않는 전극에 의해 생성된 정전기장을 통과할 수 있

다. 이와 같이, 이들 입자는, 이들의 (영향을 받지 않는) 에너지 레벨이 가속기를 통과하고, 가속기에 의해 조절된 이온 빔 내에서 휨, 집속, 가속화 및/또는 감속 이온의 에너지 레벨과 상이할 시에, 원하지 않는 깊이에서 웨이퍼 내에 주입될 수 있다. 이런 중성 입자의 오염에 의해, 제작된 반도체 장치의 원하는 성능이 상당히 저하될 수 있다.

[0032] 본 발명의 하나 이상의 양태는, 적어도, 이온 빔 내의 중성 오염물로부터 이온을 멀리 편향시키도록 이온 빔을 휨으로써, 중성 입자 오염물을 다룬다. 오염되지 않은 이온 빔은, 예컨대, 오염물의 경로로부터 약 5 도 내지 25 도 간의 각도만큼 편향될 수 있으며, 이 경로는 또한, 전기적으로 중성인 오염물이 전극에 의해 영향을 받지 않으므로 빔의 원래의 빔 경로이다. 이온 빔은 주입을 위한 공작물의 선택 영역과 충돌하도록 공작물로 지향된다. 어떤 타입의 장벽은, 예컨대, 오염물이 공작물 또는 웨이퍼와 충돌하지 못하게 하기 위해 중성 입자의 스트림(stream)의 앞에 배치될 수 있음을 알 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 하나 이상의 양태는, 이온 빔 폭발(blow up)과 관련된 문제를 다루는 것을 알 수 있다. 빔 폭발은, 전하 입자와 같은 반발(repulsive) 성질의 결과로서 발생한다. 이온 빔을 형성하는 양 전하 이온은, 소위 "공간-전하 힘" 때문에 서로 반발한다. 공간-전하 효과는 이온 빔 에너지의 $3/2$ 근(root)에 반비례하여, 빔의 이온이 감속됨에 따라 증가하여, 빔을 더욱 분산시키거나 폭발하기 쉽게 한다. 공간-전하 힘 때문에, 이온 빔의 횡 방향 분산은 다음의 식에 비례한다:

[0034]
$$(\sqrt{m}/\sqrt{q}) \times (Iz^2/U^{3/2})$$

[0035] 여기서, m 은 이온 질량이고, q 는 이온 전하이며, I 는 빔 전류이고, U 는 빔 에너지이며, 이온 빔이 균일하다고 가정하면, z 은 이온 빔의 이동 거리이다. 따라서, 빔 폭발 가능성은 빔 에너지가 감소함에 따라 증가함을 알 수 있다. 따라서, 이온 빔이 보다 저 에너지를 갖는다면, 이온 빔은, 특히 빔이 감속되어, 빔 내에 이온의 큰 빔 전류 또는 농도가 존재할 경우에, 모든 이온이 웨이퍼에 도달하는 것이 더욱 곤란하게 된다.

[0036] 본 발명의 자기 편향기는 저 에너지에서 정전 편향 메커니즘에 비해 이점을 제공한다. 저 에너지에서, 공간 전하 힘과 관련된 문제는 더욱 악화되어, 결과적으로 바람직하지 않은 빔 폭발을 초래한다. 자기장에서 발생하는 편향에 의해, 플라스마를 이용하여 공간 전하가 중화될 수 있다. 자기장은, 일반적으로 자기장 선에 플라스마 확산 저항을 제공하지만, 자기장 선을 따라 플라스마 확산 저항을 보다 작게 나타낸다. 아래에 더욱 상세히 기술되는 바와 같이, 자기장이 빔의 이동(전파) 방향에 수직으로 지향되므로, 플라스마는 빔(공작물의 근처에서 리본형을 나타내는 리본 빔 또는 스캔된 펜슬 빔 중 어느 하나)의 전체 폭에 걸쳐 횡단하여 확산할 수 있어, 그와 관련된 공간 전하의 균일한 중화를 용이하게 한다.

[0037] 도 1에서, 종단국(120)은 또한 시스템(100) 내에 제공되어, 빔선 조립체(110)로부터 질량 분석된, 실질적으로 오염되지 않은 이온 빔(119)을 수신한다. 종단국(120)은, 이온 빔(119)을 이용하여 주입하기 위해 빔 경로를 따라 (도시되지 않은) 반도체 웨이퍼와 같은 하나 이상의 공작물을 지지한다(그러나, 편향기(118)로 인해 원래의 빔선 축으로부터 오프셋함).

[0038] 도 2는 본 발명의 하나 이상의 양태에 따라 저 에너지에서 중간 전류 펜슬 빔 또는 리본 빔을 제공하는데 적절한 예시적인 이온 주입 시스템(200)을 보다 상세히 도시한 것이다. 시스템(200)은, 예컨대, 모듈러 가스 박스(202), 보조 가스 박스(204) 및 가스 박스 원격 퍼지(purge) 제어 패널(206)을 포함한다. 가스 박스(202, 204)는, 특히, 도펀트 기질의 하나 이상의 가스를 포함하고, 가스를 시스템(200) 내에서 연장된 수명(extended life)의 이온원(208)으로 선택적으로 전달하는 것을 용이하게 하며, 여기서, 가스는, 시스템 내에 선택적으로 제공되는 웨이퍼 또는 공작물 내로 주입하는데 적절한 이온을 발생시키도록 이온화될 수 있다. 가스 박스 원격 제어 패널(206)은, 필요하거나 바라는 바대로, 시스템(200)에서 가스 또는 다른 기질의 배기 또는 퍼지를 용이하게 한다.

[0039] 고전압 단자의 배전부(210) 및 고전압 분리(isolation) 변압기(212)는, 특히, 가스로부터 이온을 발생시키기 위해 에너지를 전기적으로 여기하여 도펀트 가스에 공급하도록 포함된다. 이온 빔 추출 조립체(214)는, 이온원(208)으로부터 이온을 추출하여, 질량 분석 자석(218)을 포함하는 빔선(216)으로 가속화시키기 위해 포함된다. 질량 분석 자석(218)은, 부적절한 전하 대 질량비의 이온을 분류하거나 거부(reject)하도록 동작할 수 있다. 특히, 질량 분석 자석(218)은, 바람직하지 않은 질량 대 전하비의 이온이 하나 이상의 자기장을 경유하여 빔가이드를 통해 전달될 시에 충돌하는 만곡된(curved) 측벽을 가진 빔가이드를 포함한다.

[0040] 구성 요소(220)는, 스캔된 이온 빔의 각도를 조절하는 것을 돕기 위해 포함될 수 있다. 이것은, 특히, 스캔 각도 보정 렌즈를 포함할 수 있다. 가속/감속 칼럼(222)은, 속도의 조절 및 조정, 및/또는 이온 빔 내의 이온

의 집속을 용이하게 한다. 간략히 상술한 바와 같이, 편향 시스템(224)은, 에너지 오염 입자가 웨이퍼 또는 공작물과 충돌하는 것을 완화시키도록 오염 입자를 여과하기 위해 더 포함되어 동작할 수 있다.

[0041] 웨이퍼 또는 공작물(226)은, 이온을 선택적으로 주입하기 위해 종단국 챔버(228) 내에 적재된다. 기계적 스캔 구동부(230)는, 빔과의 선택적인 충돌을 용이하게 하기 위해 챔버(228) 내의 웨이퍼를 조종한다(manuever). 웨이퍼 또는 공작물(226)은, 예컨대 하나 이상의 기계적 또는 로봇 암(234)을 포함할 수 있는 웨이퍼 처리 시스템(232)에 의해 종단국 챔버(228) 내로 이동된다. 조작원 콘솔(236)은, 조작원이 시스템(200)의 하나 이상의 구성 요소를 선택적으로 제어함으로써 주입 프로세스를 조절하도록 한다. 최종으로, 배전 박스(238)는 전력을 전체 시스템(200)에 공급하기 위해 포함된다.

[0042] 도 3A에서, 본 발명의 한 양태에 따라, 도 1 및 2의 시스템(118, 224)과 같은 예시적인 편향 시스템이 참조 번호(300)로 도시되고 표시되어 있다. 편향 시스템(300)은, 제어기(304)에 연결되어, 플라스마원(306)과 동작 가능하게 결합된 자기 편향기(302)를 포함한다. 자기 편향기(302)는, 하나 이상의 입력 제어 신호(308)에 기초하여 제어기(304)에 의해 활성화되어, 일반적으로 이온 빔(313)의 이동 방향(312)과 수직(또는 횡 방향)인 영역(310) 내에 자기장을 발생시키도록 동작할 수 있다. 본 예에 따르면, 빔은, 펜슬 빔, 스캔된 펜슬 빔(스캐닝으로 인해 리본 형상과 같이 나타남) 또는 리본 빔이며, 이와 같은 대안 중 모두는 본 발명에 의해 고려된다. 특히, 자기장(310)은, 반도체 웨이퍼와 같은 공작물(318)을 향한 방향(316)으로 빔선 축(314)으로부터 이온 빔을 멀리 편향시키도록 동작할 수 있다.

[0043] 자기 편향기(302)는, 빔에 걸쳐 실질적으로 균일한 자기장 및, 리본 또는 리본형 빔의 경우에는 빔(313)의 (도시되지 않은) 전체 폭을 생성시키도록 동작할 수 있다. 결과적으로, 방향(316)을 따른 빔(313)의 편향은, 이점으로, 리본 빔의 균일성을 유지하기 위해, 전체 빔 폭에 걸쳐 실질적으로 균일하게 일어난다. 게다가, 플라스마원(306)은, 플라스마를 영역(310)에 제공하여, 저 빔 에너지에서 중요할 수 있는 빔과 관련된 공간 전하의 중화를 용이하게 한다. 저 빔 에너지에서 편향을 위한 자기장의 사용은, 자기장이 플라스마를 소멸시키거나 밀어내지 않으므로, 유익하다. 오히려, 플라스마는, 일반적으로 자기장 선을 따라 영역(310)을 통해 확산하게 된다.

[0044] 자기장은 로렌츠 힘 방정식, 즉 $\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$ 에 따라 빔(313)의 이온을 편향시키는 역할을 하며, 여기서, 자기장 벡터 \mathbf{B} 에 의해 표시된 바와 같이 지향되는 자기장에서 속도 벡터 \mathbf{v} 에 의해 표시된 방향으로 속도에 따라 이동하는 전하는 힘 벡터 \mathbf{F} 에 의해 표시된 방향을 가진 값이다. 특히, 도 3B에 도시된 바와 같이, 빔의 이온(320)이 양 전하를 띠게 되어, Z 방향으로 속도 V에 따라 이동하고, 자기장이 이동 방향과 수직인 X 방향으로 지향되면, 힘이 음의 Y 방향으로 이온에 가해지거나, 이 예에서는 도시된 바와 같이 하향으로 가해진다.

[0045] 플라스마원(306)은 자기장 영역(310)과 동작 가능하게 결합된다. 한 예에서, 플라스마는, 이 영역 내에 존재할 수 있는 어떤 잔류 가스와 빔 내의 이온의 상호 작용에 의해 유발된 빔 플라스마이다. 선택적으로, 플라스마원은, 예컨대 크세논과 같이 고 이온화 효율을 가진 가스원일 수 있다. 또 다른 대안에서, 플라스마원(306)은, 플라스마를 발생시켜 자기장 영역 내로 주입하도록 동작할 수 있는 플라스마 플러드(plasma flood) 또는 다른 타입의 장치일 수 있다.

[0046] 영역 내의 자기장이 빔 내의 이온을 편향시키는 역할을 하므로, 자기장이 가능한 빔에 걸쳐, 특히, 리본 또는 리본형 빔을 사용할 시에 빔의 전체 폭에 걸쳐 균일하도록 하는 것이 바람직하다. 리본 빔이 300 mm 반도체 웨이퍼에 걸쳐 스캔되는 한 예시적인 응용에서, 리본 빔의 폭은 300 mm 보다 커서, 자기장이, 리본 빔의 가장 자리에서 왜곡을 최소화하도록 리본 폭 보다 실질적으로 더 큰 리본 폭에 대응하는 거리에 걸쳐 균일한 것이 바람직하다.

[0047] 본 발명의 한 예시적인 양태에 따르면, 자기 편향기(302)의 자기장은 한 쌍의 코일을 이용하여 생성되며, 그 중 하나는 도 4A에 도시되고, 참조 번호(350)로 표시된다. 코일(350)은, 한 예에서, 요크(352) 주변에 감겨진 도체를 포함한다. 전류가 코일(350)을 통해 도통할 시에, 자기장은 폐쇄 경로를 형성하는 자기장 선을 가진 루프를 통해 생성된다. 도 4B에 도시된 바와 같이, 코일(350)을 통해 흐르는 전류(I)가 시계 방향으로 흐르면 (전자가 시계 반대 방향으로 이동함), 도 4A에 도시된 바와 같이, 오른손 법칙(right hand rule)에 따라, 생성된 자기장은, 요크 내의 (354)에서의 페이지에 들어가서, 리본 빔이 이동하는 자기장 영역(310) 내의 (356)에서의 페이지에서 나온다. 코일(350)이 요크(352)를 따라 리본 빔의 폭 보다 더 크게 연장하는 거리 또는 횡 방향 범위(360)를 가짐으로써, 실질적으로 균일한 자기장이 전체 빔 폭을 따라 존재한다. 선택적으로, 다른 자기장 생성 메카니즘은, 예컨대 영구 자석 또는 전자석 등과 같이 이용되어, 쌍극자장을 생성시킬 수 있다.

- [0048] 도 5A는 한 쌍의 코일(350)을 사용하는 자기 편향기를 가진 시스템(400)을 도시하며, 여기서, 제 1 코일(350a)은 빔(313)의 위에 위치하고, 제 2 코일(350b)은 빔의 아래에 위치된다. 코일(350)은, 자기장(402)을 자기장 영역(310) 내에 형성하기 위해 서로에 관련하여 동작하고, 실질적으로 빔의 이동 방향에 수직이다. 게다가, 본 예에서, 제 1 및 2 코일(350)은, 입력단이 개방(opening) 사이즈(404)를 가지고, 출력단이 입력 보다 더 큰 개방 사이즈(406)를 가진 입력단으로부터 하류에 위치되도록 구성된다. 보다 큰 출력 개방에 의해, 빔이 공작물(318)을 향한 편향 경로를 따라 물리적으로 꺾이지 않고, 빔이 편향된다. 그러나, 실질적으로 서로에 평행하게 구성된 코일이 또한 사용되고, 본 발명의 범주 내에서 고려될 수 있음을 알 수 있다.
- [0049] 한 쌍의 코일(350a, 350b)을 가짐으로써, 리본 또는 리본형 빔의 폭 방향 및 높이 방향의 양방으로 자기장(402)의 균일성을 제공하는데 도움이 된다. 각 코일(350)은, 서로에 중첩하는 생성된 자기장이, 서로 상쇄하는 것과 반대 개념으로서, 서로 부가적이도록 동일 방향으로 흐르는 전류를 갖는다. 코일 중 하나 또는 양방에 전류를 변화시킴으로써, 자기장 영역(310) 내의 자기장(402)의 세기는, 바라는 바대로, 빔의 편향량을 조절하거나, 다수의 상이한 도펀트종 또는 빔 에너지에 소정의 편향을 제공하도록 동조될 수 있다.
- [0050] 도 5B는 본 발명의 한 예시적인 양태에 따른 자기 편향기의 사시도이다. 도 5B에서, 한 쌍의 코일(350a, 350b)은 단일 요크(352)를 통해 위치를 정해 서로 결합된다. 게다가, 보호판(380)은, 중성 입자를 잡거나 수집하는 편향기가 이전에 빔선 축인 것을 따라 이동한 후에 배치되는데, 그 이유는 이와 같은 입자는 편향되지 않기 때문이다. 또한, 멀티커스프(multi-cusp) 자석은, 리본 또는 리본형 빔의 가장자리에서 전자 제한에 도움을 주는 코일 사이에 배치된 요크의 측면부 상에 사용될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 도 6A는 하이브리드 자기/정전 편향 시스템을 도시하고, 참조 번호(500)로 표시된다. 하이브리드 편향 시스템(500)은 자기 편향기 모듈 및 정전 편향기 모듈을 각각 포함한다. 자기 편향기 모듈은 빔(313)의 위 및 아래의 각각 한 쌍의 코일(350)로서 도 6A에 도시된다. 정전 편향기 모듈은 빔의 위 및 아래에 각각 배치된 한 쌍의 전극(504) 또는 횡 방향 연장한 도전판으로서 본 예에 도시된다. 자기 편향기 모듈 및 정전 편향기 모듈의 양방은, 하나 이상의 입력 신호(308)에 기초하여 상기 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키도록 동작할 수 있는 제어기(304)에 동작 가능하게 결합된다.
- [0052] 본 발명의 한 예시적인 양태에 따르면, 제어기(304)는, 빔과 관련된 질량-에너지 곱에 기초하여 상기 모듈 중 하나를 선택적으로 활성화시키도록 동작할 수 있다. 예컨대, 도 6B에 도시된 바와 같이, 소정의 임계치 보다 적은 질량-에너지 곱의 경우, 제어기(304)는, 자기 편향기 모듈을 활성화시키고, 어떤 경우에는 플라스마원(306)을 활성화시킴으로써, 빔이 편향 영역(510) 내에서 자기장(502)을 통해 편향되도록 한다. 마찬가지로, 제어기(304)가, 하나 이상의 입력 제어 신호(308)에 기초하여, 질량-에너지 곱이 임계치보다 더 크다고 결정하면, 제어기는, 정전기장 영역(510) 내의 정전기장(506)을 이용하여 이온 빔의 편향을 달성하기 위해 정전 편향기를 선택적으로 활성화시킨다.
- [0053] 본 발명의 하이브리드 편향기(500)는, 공간 전하 효과가 실질적인 저 에너지에서의 자기 편향기를 사용한다. 자기 편향기의 사용에 의해, 공간 전하 중화를 용이하게 하기 위해 정전기장 영역(510) 내의 플라스마가 사용된다. 정전기장 영역(510) 내의 플라스마는, 자기장 선에 걸쳐 저항을 경험하여, 이와 같은 자기장 선을 횡단하지 않지만, 플라스마 저항은 실질적으로 자기장 선을 따라 감소된다. 결과적으로, 정전기장 영역(510) 내의 플라스마는, 자기장 선을 따라 빔의 폭 방향으로 (리본 또는 리본형 빔의 경우에) 확산시켜, 이에 의해, 그 내의 플라스마가 실질적으로 균일하게 되어, 공간 전하 중화의 균일성이 용이하게 된다.
- [0054] 보다 고 빔 에너지에서, 상당한 빔 전류가, 보다 고 에너지에서 감소된 공간 전하 효과로 인해 플라스마의 부재에도 불구하고 정전 편향기 모듈을 통해 전달될 수 있다. 그래서, 소정의 임계치(예컨대, 4000 keV-amu's)보다 더 큰 질량-에너지 곱의 경우, 제어기는, 정전 편향기 모듈을 선택적으로 활성화시켜, 이에 의해, 전극(504)을 바이어스시켜, 정전기장(506)이 정전기장 영역(510) 내에 형성된다. 정전기장 내의 이온은, 식: $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$ 에 따라 힘을 경험하며, 여기서, 힘은 정전기장의 방향의 전하에 가해진다. 바람직하게는, 전극(504)은, 이와 같은 빔 구성에서 리본 또는 리본형 빔의 적어도 전체 폭을 따라 횡 방향으로 연장함으로써, 빔에 가해진 정전기장이 전체 빔 폭을 따라 실질적으로 균일하여, 빔 가장자리를 따른 왜곡을 저감시킨다. 자기 편향이 그때 자기 강성으로 인해 일부 제한을 가질 수 있기 때문에, 정전 편향은 보다 고 빔 에너지에서 유리하다.
- [0055] 본 발명의 선택적인 양태에 따르면, 도 7A 및 도 7B 각각에 도시된 바와 같이, 코일(350a, 350b)은 다양한 형식으로 지향될 수 있다. 도 7A에 도시된 바와 같이, 코일은 서로 평행할 뿐만 아니라 빔선 축에도 평행할 수 있다. 선택적으로, 도 7B에 도시된 바와 같이, 코일(350a, 350b)은 서로 평행할 뿐만 아니라 사후 편향(post-

deflection) 축에도 평행할 수 있다. 어느 한 경우에서, 시스템 내로의 개방부(404)는 대략 출구 개방부(406)와 동일한 사이즈이다. 코일에 대한 이들 및 다른 선택적인 장치가 본 발명의 범주 내에서 사용되고 고려될 수 있다.

[0056] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 도 8에 도시되고, 참조 번호(600)로 표시된 바와 같이, 공작물을 향해 이온 빔을 편향시키는 방법이 제공된다. 방법(600)이 일련의 동작 또는 이벤트(event)로서 아래에 도시되고 기술되지만, 본 발명은 이와 같은 동작 또는 이벤트의 예시된 순서에 의해 제한되지 않는다. 예컨대, 어떤 동작은, 본 발명의 하나 이상의 양태에 따라 도시되고 기술된 것과는 별도로, 상이한 순서로 및/또는 다른 동작 또는 이벤트와 동시에 일어날 수 있다. 게다가, 설명된 모든 단계가 본 발명에 따른 방법을 구현하는데 필요하지 않을 수 있다. 더욱이, 본 발명에 따른 방법은, 여기에 도시되고 기술된 구조체의 형성 및/또는 처리와 관련할 뿐만 아니라 설명되지 않은 다른 구조체와도 관련하여 구현될 수 있다.

[0057] 방법(600)은 (602)에서 개시하며, 여기서, 하나 이상의 입력 제어 신호는, 예컨대, 제어기에 의해 수신된다. 제어 신호는, 예컨대, 사용되는 도펀트종 및 빔(예컨대, 리본 빔)의 원하는 에너지를 반사(reflect)시킬 수 있으며, 이는 얼마나 많은 사후 분석 감속이 편향 시스템으로 도입하기 전에 사용되는 지를 결정하는데 이용될 것이다. 도펀트종 및 최종 에너지 레벨에 관한 정보에 의해, 질량-에너지 곱(MEP)은 (604)에서 결정되어, 질량-에너지 곱이 (606)에서 소정의 임계치보다 더 큰지를 결정하는데 이용될 수 있다. 이 결정에 따라, 2개의 상이한 모듈 중 하나가 활성화된다. MEP가 (608)(YES)에서 임계치보다 작으면, 위에서 강조된 것과 같은 자기 편향기 모듈은 (608)에서 활성화되고, 플라스마가 도입될 수 있거나, (610)에서 형성되어, 공간 전하 중화를 용이하게 할 수 있다.

[0058] 선택적으로, MEP가 (606)(NO)에서 소정의 임계치보다 더 큰 것으로 결정되면, 정전 편향기 모듈이 (612)에서 활성화된다. 이점으로, 질량-에너지 곱 또는 빔 에너지와 같은 기준에 따라 상이한 타입의 편향기를 사용함으로써, 편향 메카니즘이 저 에너지를 위해 제작될 수 있다. 결과적으로, 더욱 고 빔 전류가 공간 전하의 중화로 인해 저 에너지로 효율적으로 사용될 수 있다.

산업상 이용 가능성

[0059] 본 발명이 어떤 양태 및 구성에 대해 도시되고 상술되었지만, 등가의 변경 및 수정이 본 명세서 및 첨부한 도면의 판독 및 이해로부터 본 기술 분야의 다른 숙련자에게 행해질 수 있음을 알 수 있다. 특히, 상술한 구성 요소(조립체, 장치, 회로, 시스템 등)에 의해 실행된 여러 기능에 대해, 이와 같은 구성 요소를 기술하는데 이용된 ("수단"에 대한 참조를 포함하는) 용어는, 달리 지시되지 않으며, 여기에 도시된 본 발명의 예시적인 구성에서의 기능을 실행하는 개시된 구조체와 구조적으로 등가가 아닐지라도, 기술된 구성 요소의 특정 기능(즉, 기능적으로 등가임)을 실행하는 임의의 구성 요소에 대응한다. 이 점에서, 또한, 본 발명은, 본 발명의 여러 방법의 단계를 실행하기 위해 컴퓨터 실행 가능 명령어를 가진 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함할 수 있음을 인식하게 될 것이다. 게다가, 수개의 구성 중 하나만에 대해 본 발명의 특징의 특징이 개시되었지만, 이와 같은 특징은 어느 소정 또는 특정 응용에 바람직하고 유리한 대로 다른 구성의 하나 이상의 다른 특징과 조합될 수 있다. 본 발명에 따르면, 용어 "리본형"은 리본 빔 및 스캔된 펜슬형 빔의 양방을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 더욱이, 용어, "포함하는", "포함한다", "가진", "갖는다", "갖는" 또는 그의 변형은 상세한 설명 및 청구범위 내에 이용되는 범위까지, 이들 용어는 용어 "구비하는"과 유사한 방식으로 포함된다. 또한, 여기서 이용된 바와 같은 용어 "예시적인"은 가장 좋은 실행이기보다는 단지 예를 의미한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 하나 이상의 양태에 따른 이온 주입 시스템의 구성 요소를 도시한 개략적인 블록도이다.

[0013] 도 2는 본 발명의 하나 이상의 양태에 따른 이온 주입 시스템의 개략도이다.

[0014] 도 3A는 본 발명의 양태에 따라 에너지 오염을 저감시키기 위해 사용되는 자기 편향 시스템을 도시한 블록도이다.

[0015] 도 3B는 로렌츠의 힘 방정식에 따라 이동하는 이온 상의 자기장의 충돌을 도시한 다이어그램이다.

[0016] 도 4A는 본 발명의 예시적인 양태에 따라 코일을 포함하는 예시적인 자기 편향기의 일부의 사시도이다.

[0017] 도 4B는 코일을 통한 전류 흐름과 자기 편향기 부분을 도시한 라인 4B-4B를 따라 취해진 도 4A의 단면도이다.

[0018] 도 5A는 본 발명의 양태에 따라 리본 빔의 이동 방향에 일반적으로 수직으로 지향되는 자기장을 생성시키도록

한 쌍의 코일을 사용하는 자기 편향 시스템을 도시한 블록도이다.

[0019] 도 5B는 본 발명에 따른 예시적인 자기 편향기의 사시도이다.

[0020] 도 6A는 본 발명의 다른 양태에 따라 에너지 오염을 저감시키도록 이온 빔을 편향시키는 하이브리드 자기/정전 편향 시스템을 도시한 블록도이다.

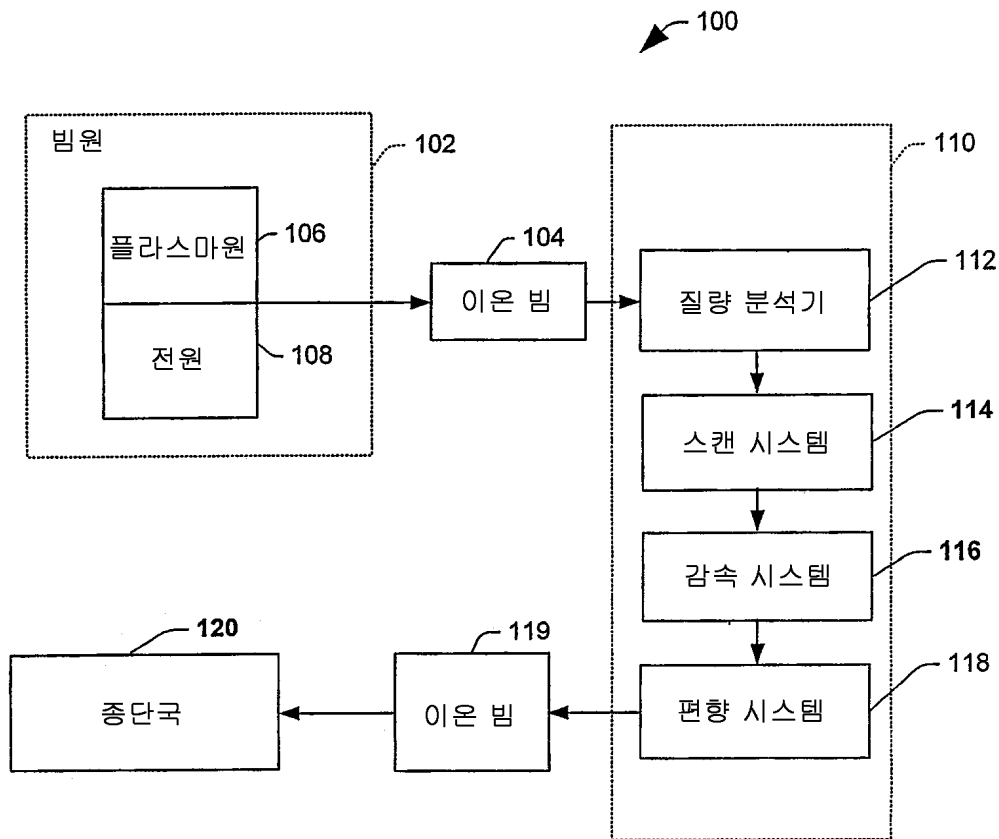
[0021] 도 6B는 질량-에너지 곱과 관련된 임계치 및, 질량-에너지 곱에 기초한 자기 또는 정전 편향의 선택을 설명한 그래프이다.

[0022] 도 7A 및 7B는 추가적인 예들에 따라 하이브리드 자기/정전 편향 시스템을 도시한 블록도이다.

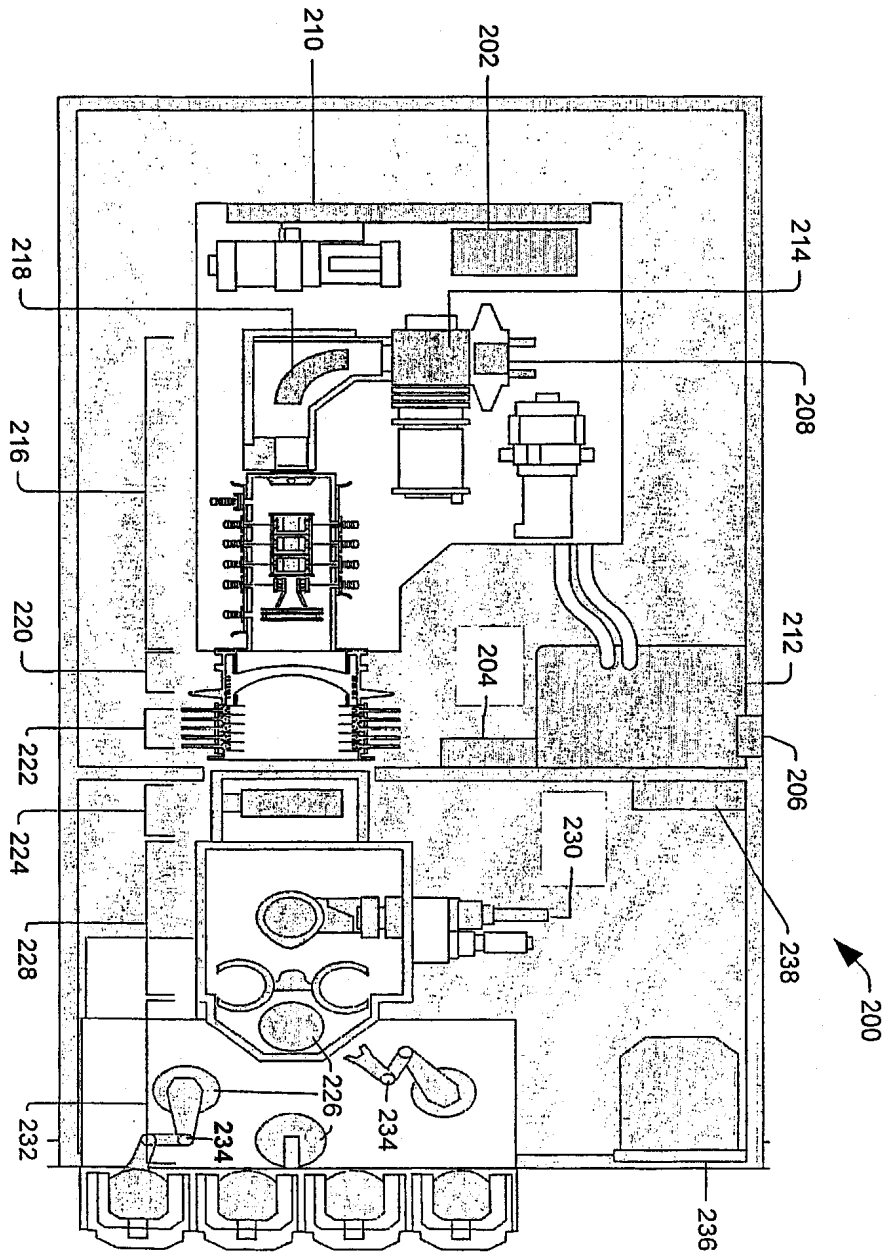
[0023] 도 8은 본 발명의 또 다른 양태에 따라 펜슬 빔 또는 리본 빔을 사용한 이온 주입 시에 에너지 오염을 저감시키는 방법을 도시한 플로우 차트이다.

도면

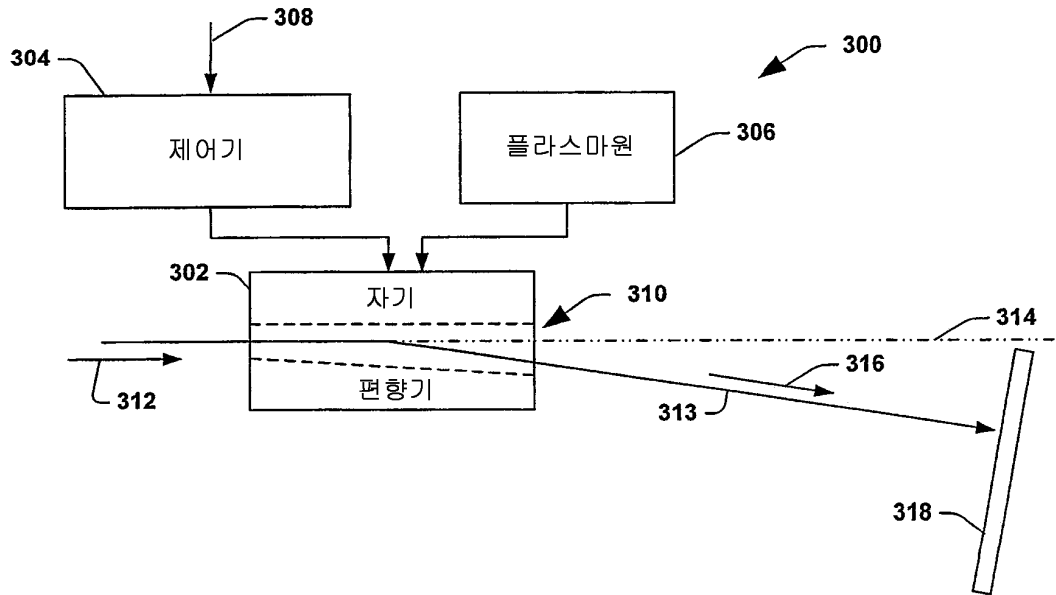
도면1



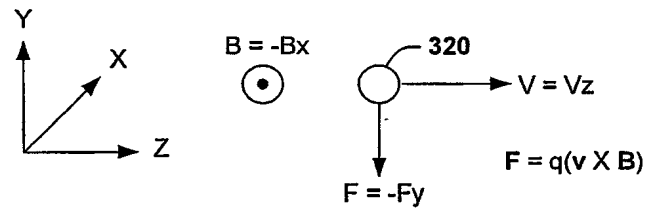
도면2



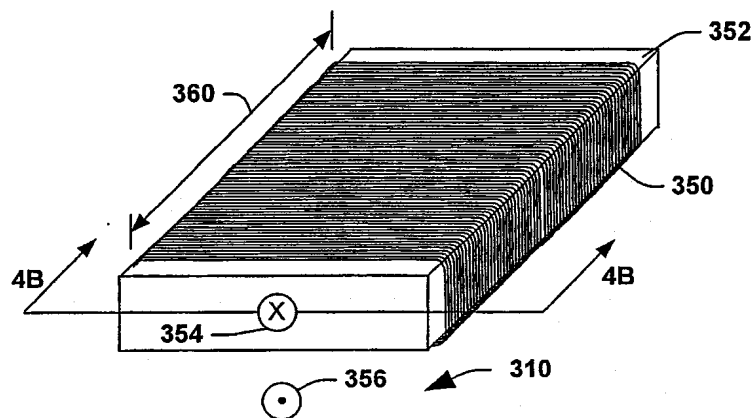
도면3A



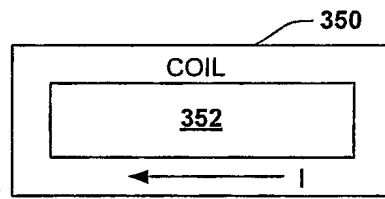
도면3B



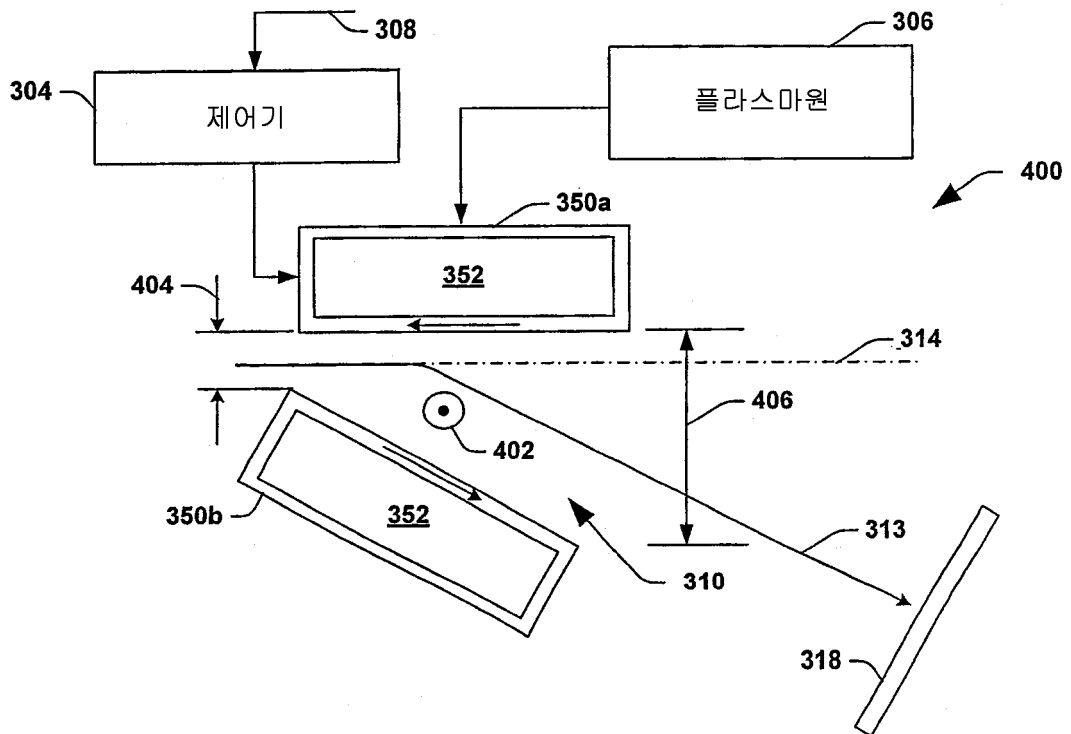
도면4A



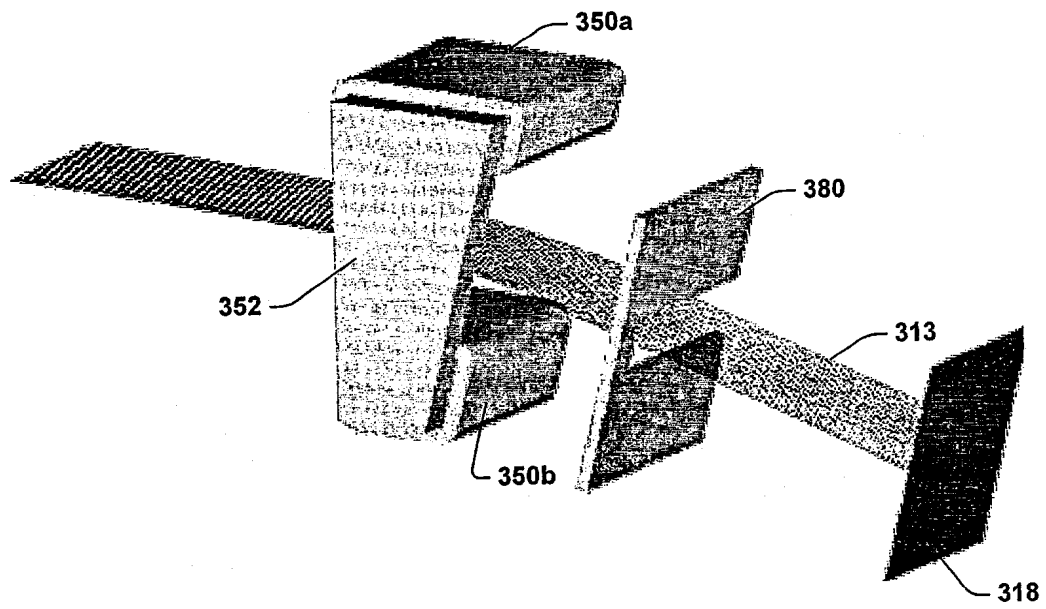
도면4B



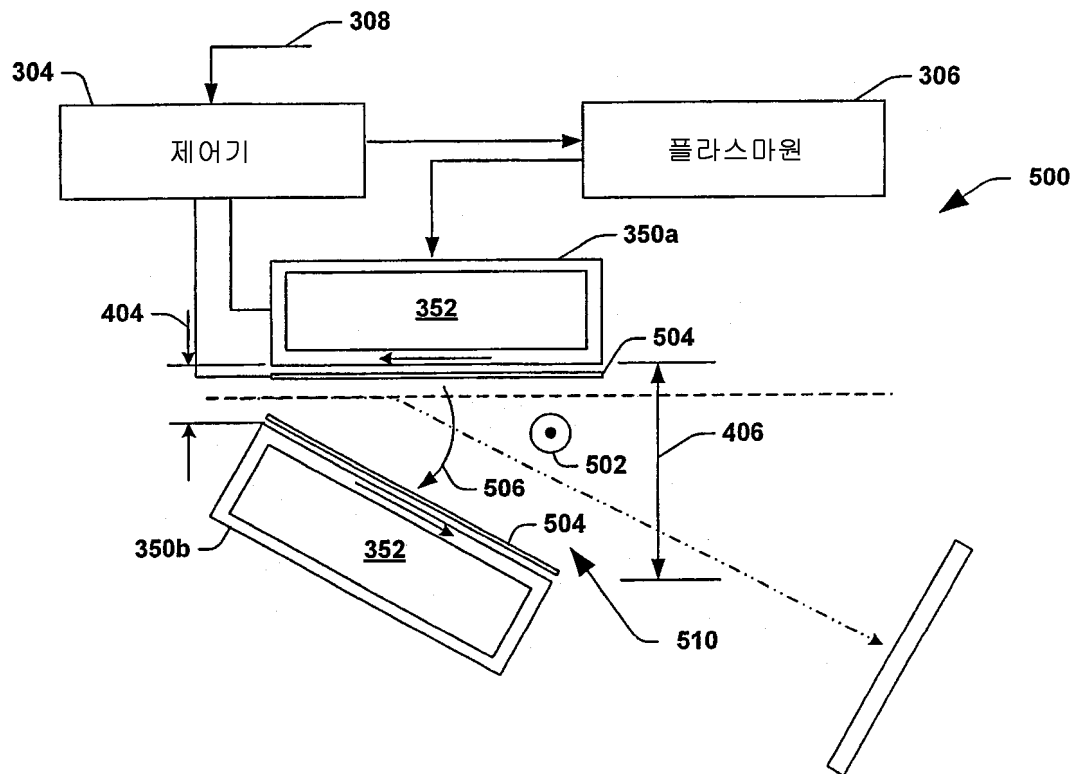
도면5A



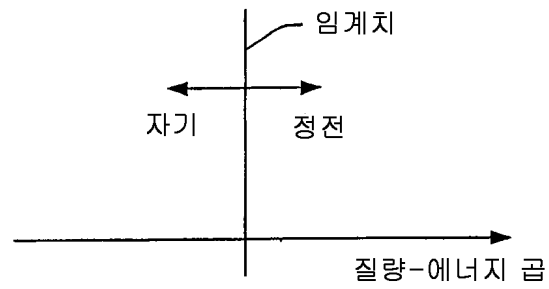
도면5B



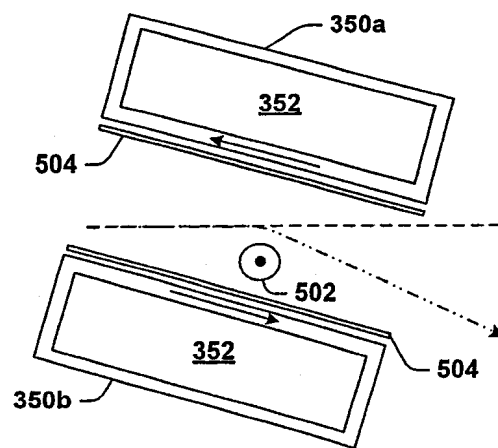
도면6A



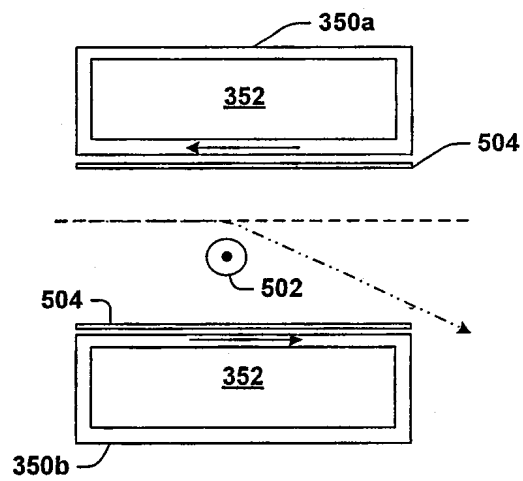
도면6B



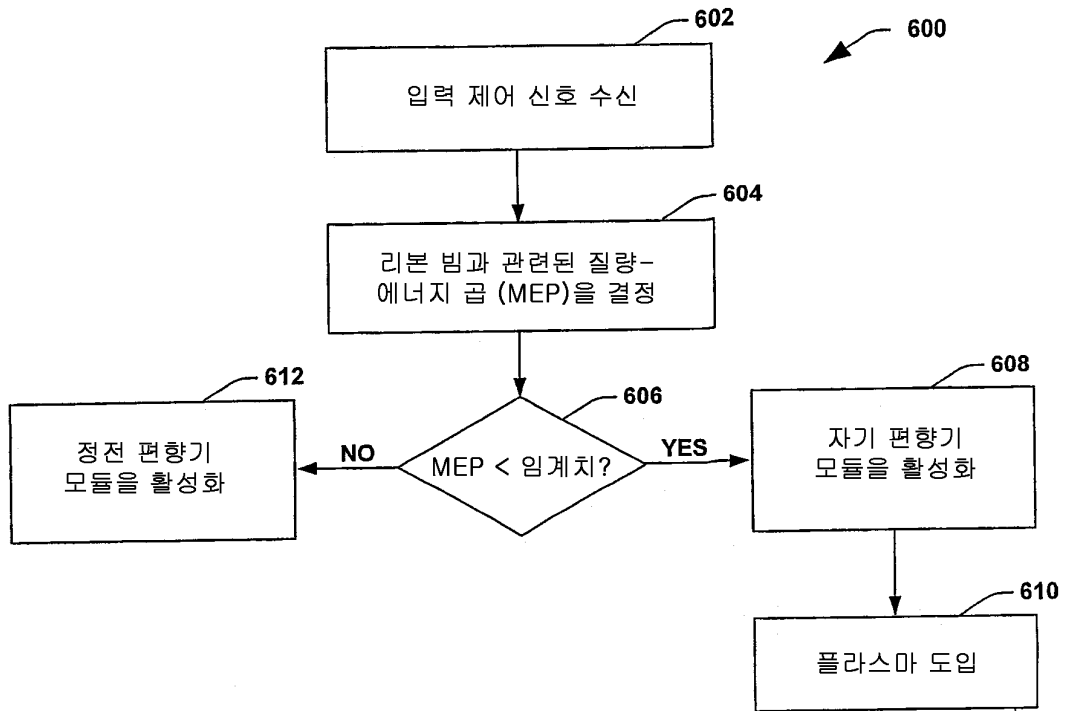
도면7A



도면7B



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제8항 제5행

【변경전】

하나 이상의 입력 제어 신호

【변경후】

하나 이상의 제어 신호