



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월26일
(11) 등록번호 10-1365103
(24) 등록일자 2014년02월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/36 (2006.01) H01J 37/317 (2006.01)
H01J 37/304 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7000152
(22) 출원일자(국제) 2007년06월14일
심사청구일자 2012년05월02일
(85) 번역문제출일자 2009년01월06일
(65) 공개번호 10-2009-0024239
(43) 공개일자 2009년03월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/014008
(87) 국제공개번호 WO 2008/002403
국제공개일자 2008년01월03일
(30) 우선권주장
11/473,860 2006년06월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US04449051 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35
(72) 발명자
드젠겔레스키 조셉 피.
미국 03858 뉴햄프셔 뉴턴 페즌트 크로싱 2
(74) 대리인
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 18 항

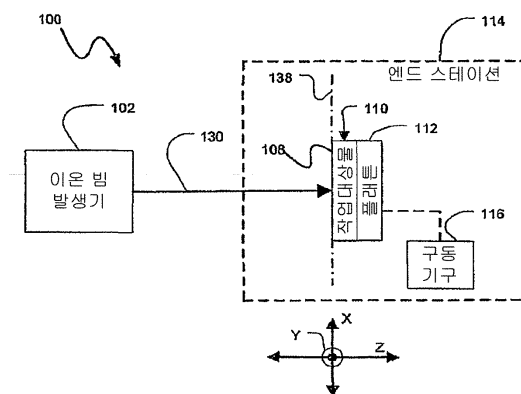
심사관 : 안지현

(54) 발명의 명칭 이온 주입기용 주사 패턴

(57) 요약

이온 주입기가 이온 빔을 발생시키고 이온 빔을 작업 대상물로 인도하도록 구성된 이온 빔 발생기를 포함하고, 이온 빔과 작업 대상물 사이의 상대적인 이동이 작업 대상물 앞면 상에 주사 패턴을 생성한다. 이 주사 패턴은 작업 대상물 앞면의 적어도 일 부분에 진동 패턴을 갖는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

이온 빔을 발생시키도록 구성된 이온 빔 발생기;

상기 이온 빔이 작업 대상물의 앞면의 적어도 일 부분에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시키도록 구성되며, 또한 제1 면에서 상기 이온 빔을 주사하도록 구성된 스캐너; 및

상기 제1 면에 직교하는 제2 면에서 상기 작업 대상물을 구동하도록 구성된 구동 기구를 포함하고,

상기 작업 대상물 앞면 상의 상기 이온 빔의 주사 패턴은, 상기 이온 빔이 상기 제1 면에서 주사되고 상기 작업 대상물이 상기 제2면에서 구동될 때, 상기 작업 대상물에 대한 상기 이온 빔의 상대적인 이동에 의해 제공되고, 상기 주사 패턴은 상기 이온 빔의 상기 진동에 응답하여 상기 작업 대상물 앞면의 상기 적어도 일부분 상에 진동 패턴을 갖는 이온 주입기.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 스캐너는 또한 상기 작업 대상물의 앞면에 대한 상기 이온 빔의 위치에 응답하여 상기 이온 빔을 진동시키도록 구성된 이온 주입기.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 스캐너는 또한 상기 이온 빔의 에너지에 응답하여 상기 이온 빔의 진동 특성을 조정하도록 구성된 이온 주입기.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 특성은 상기 진동의 주파수 또는 진폭을 포함하는 이온 주입기.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 스캐너는 또한 상기 이온 빔의 이온 빔 전류내 요동에 응답하여 상기 이온 빔의 진동 특성을 조정하도록 구성된 이온 주입기.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 스캐너는 정전 스캐너를 포함하는 이온 주입기.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 정전 스캐너는 상기 이온 빔 근처에 위치하는 적어도 하나의 주사 전극을 포함하고,

상기 정전 스캐너는 또한 상기 적어도 하나의 주사 전극에 제공되는 전압 신호에 응답하여 상기 이온 빔을 주파수 및 진폭을 갖고 진동하도록 구성된 이온 주입기.

청구항 8

삭제

청구항 9

이온 빔을 발생시키고;

제1면에서 상기 이온 빔을 주사하고;

상기 제1면에 직교하는 제2면에서 작업 대상물을 구동하고; 및

상기 이온 빔이 작업 대상물의 앞면의 적어도 일부분 상에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시키는 것을 포함하고,

상기 작업 대상물의 앞면 상의 상기 이온 빔의 주사 패턴은, 상기 이온 빔이 상기 제1면에서 주사되고 상기 작업 대상물이 상기 제2면에서 구동될 때, 상기 작업 대상물에 대한 상기 이온 빔의 상대적인 이동에 의해 제공되

고, 상기 주사 패턴은 상기 이온 빔의 상기 진동에 응답하여 상기 작업 대상물 앞면의 상기 적어도 일부분 상에 진동 패턴을 갖는 이온 주입 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 작업 대상물의 앞면에 대한 상기 이온 빔의 위치에 응답하여 상기 이온 빔의 진동 특성을 조정하는 것을 더 포함하는 이온 주입 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서, 상기 이온 빔의 에너지에 응답하여 상기 이온 빔의 진동 특성을 조정하는 것을 더 포함하는 이온 주입 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 특성은 상기 이온 빔 진동의 주파수 또는 진폭을 포함하는 이온 주입 방법.

청구항 13

청구항 9에 있어서, 상기 이온 빔의 이온 빔 전류내 요동에 응답하여 상기 이온 빔의 진동 특성을 조정하는 것을 더 포함하는 이온 주입 방법.

청구항 14

청구항 9에 있어서, 상기 이온 빔의 진동은 주파수 및 진폭을 갖고 상기 이온 주입 방법은 상기 주파수 및 진폭을 조정하는 것을 더 포함하는 이온 주입 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

이온 빔을 발생시키고 상기 이온 빔을 작업 대상물로 인도하도록 구성된 이온 빔 발생기를 포함하되, 상기 이온 빔과 상기 작업 대상물 사이의 상대적인 이동이 상기 작업 대상물의 앞면 상에 주사 패턴을 생성하고, 상기 주사 패턴은 상기 작업 대상물의 앞면의 적어도 일부분 상에 진동 패턴을 갖는 이온 주입기.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 이온 빔을 진동시키어 상기 주사 패턴의 상기 진동 패턴을 제공하도록 구성된 스캐너를 더 포함하는 이온 주입기.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 스캐너는 상기 이온 빔 근처에 위치하는 적어도 하나의 주사 전극을 갖는 정전 스캐너를 포함하고, 상기 정전 스캐너는 또한 상기 적어도 하나의 주사 전극에 제공되는 전압 신호에 응답하여 상기 이온 빔을 주파수 및 진폭을 갖고 진동하도록 구성된 이온 주입기.

청구항 19

청구항 18에 있어서, 상기 전압 신호는 제1의 주기 성분 및 제2의 주기 성분을 포함하고, 상기 제1의 주기 성분은 제1의 피크간 진폭 및 제1의 주파수를 갖고 상기 제2의 주기 성분은 제2의 피크간 진폭 및 제2의 주파수를 갖고, 상기 제2의 피크간 진폭은 상기 제1의 피크간 진폭보다 작고 상기 제2의 주파수는 상기 제1의 주파수보다 더 크고, 상기 주사 패턴의 상기 진동 패턴은 상기 제2의 주기 성분에 의존하는 이온 주입기.

청구항 20

청구항 19에 있어서, 상기 제1의 피크간 진폭은 10 볼트이고, 상기 제1의 주파수는 1 킬로헤르츠(kHz)이고, 상기 제2의 피크간 진폭은 1 볼트이고, 상기 제2의 주파수는 10 kHz인 이온 주입기.

명세서

기술 분야

[0001] 본 개시는 이온 주입에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이온 주입기용 주사 패턴에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이온 주입(ion implantation)은 반도체 웨이퍼와 같은 작업 대상물 내로 도전성 변경 불순물을 도입하기 위한 통상적인 기술이다. 바람직한 불순물이 이온 소스에서 이온화되고, 이온들이 가속되어 정해진 에너지의 이온빔을 형성하고, 이온 빔이 웨이퍼의 앞면으로 인도된다. 빔 내의 활성 이온들이 반도체 재료의 벌크(bulk) 내로 침투하고, 반도체 재료의 결정 격자 내로 매립되어 바람직한 도전성의 영역을 형성한다. 이온 빔은 빔 스캐닝(scanning)이나 웨이퍼 이동만으로 또는 빔 스캐닝과 웨이퍼 이동의 조합에 의해 웨이퍼 영역 전체에 걸쳐 분포될 수 있다.

[0003] 균일한 깊이와 농도일 수 있는 특정 깊이 및 농도로 이온들을 웨이퍼 내로 도입하는 것이 형성되는 반도체 장치가 사양(specification) 내에서 동작하는 것을 보증하기 위해 중요하다. 웨이퍼 내로의 도즈(dose)의 균일성에 영향을 미칠 수 있는 하나의 요소가 이온빔 전류이다. 그러나 이온빔 전류는 원하는 빔 전류보다 크고 작은 예상치 못한 순간적인 요동(fluctuation)을 가질 수 있고, 이는 균일성 요구 사항에 악영향을 미친다. 이러한 요동의 크기 및 지속은 때때로 상기 이온 빔의 "이온 빔 노이즈"로 언급된다.

[0004] 이온 빔 노이즈에 대처하는 하나의 효과적인 방법은 웨이퍼의 앞면상의 각 위치에 대해 이온 빔 노이즈를 "평균화" 하도록 목표 도즈로 합산되는 더 작은 도즈 레벨들을 복수회 증분 적용하여 목표 도즈를 달성하는 것이다. 따라서, 더 작은 도즈 레벨의 복수회 증분 적용시 각각에 기여하는 이온 빔 전류 내의 어떠한 요동도 서로 상쇄된다. 예를 들어, 웨이퍼의 앞면 상의 특정 위치에 대해 원하는 빔 전류보다 더 큰 이온 빔 전류 내의 요동의 합은 원하는 빔 전류보다 더 작은 이온 빔 전류 내 전체 요동을 상쇄한다. 그러므로 복수회의 증분 적용 각각에 대한 더 작은 도즈 레벨들의 합은 원하는 목표 도즈에 가깝게 접근한다. 일반적으로, 이 방법의 유효성은 웨이퍼의 앞면상의 각 위치에 대한 복수회의 증분 적용이 증가함에 따라 향상된다.

[0005] 복수회의 증분 적용 또는 웨이퍼의 앞면으로의 이온 빔의 "접촉(touches)"을 증가시키기 위한 다양한 종래의 방법들이 있다. 예를 들어, 빔 스캐닝 및 웨이퍼 이동의 조합에 의해 웨이퍼 앞면 전체에 걸쳐 분포되는 이온 빔의 경우, 몇몇 종래 방법들은, 주사되는 이온 빔에 의한 웨이퍼의 패스들(passes) 수를 증가시키고, 주사되는 이온 빔 만큼 웨이퍼가 이동되는 속도를 느리게 하고, 주사되는 이온 빔의 주파수를 증가시키는 것을 포함한다. 모두 효과적이지만, 이들 종래의 방법들은 주어진 작업량 및 다른 시스템 요구사항들에 대해 최적화된다. 그러므로 몇몇 작업 레시피들(recipes)은 이온 주입기를 설정하는 동안 허용되는 허용 가능한 이온 빔 노이즈의 레벨에 대한 엄격한 제한을 두어야 한다. 이는 더 긴 설정 시간 및 더 낮은 작업량을 초래할 수 있다.

[0006] 예를 들어, 일 예로서 주사되는 이온 빔의 상대적인 이동과 주사되는 이온 빔 만큼 웨이퍼가 이동되는 속도에 의해 개발된 통상적인 주사 패턴은, 이온 빔이 웨이퍼 상에 입사되는 동안, 이온 빔과 웨이퍼 사이에 일정한 상대적인 이동 방향을 갖는다. 빔이 웨이퍼의 가장자리를 넘어 이동했을 때에만, 상대적인 이동이 방향을 바꾼다. 이 과정은 이온 빔이 웨이퍼의 원하는 앞면 영역을 가로질러 분포될 때까지 계속된다. 그러므로 증분 적용 수 또는 웨이퍼 앞면에 대한 이온 빔의 "접촉"을 증가시키기 위한 다른 종래 방법이 일단 최적화되면, 이 종래 주사 패턴은 이온 빔 노이즈의 영향을 줄이기 위해 웨이퍼에 증분 적용 수를 더욱 증가시키는 추가적인 방법을 제공하지 못한다.

[0007] 따라서, 이온 주입에 있어서 이온 빔 노이즈의 영향을 줄이기 위해 작업 대상물의 앞면 상에서의 새로운 주사 패턴을 제공하는 새롭고 개선된 장치 및 방법에 대한 요구가 본 기술 분야에 있다.

발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명의 일 태양에 따르면, 이온 주입기(ion implanter)가 제공된다. 상기 이온 주입기는 이온 빔을 발생시키도록 구성된 이온 빔 발생기 및 스캐너를 포함한다. 상기 스캐너는 상기 이온 빔이 작업 대상물의 앞면의 적어도 일부분 상에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시키도록 구성된다.

[0009] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 방법이 제공된다. 상기 방법은 이온 빔을 발생시키고, 상기 이온 빔이 작업

대상물의 앞면의 적어도 일부분 상에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시키는 것을 포함한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 또 다른 이온 주입기가 제공된다. 상기 이온 주입기는 이온 빔을 발생시키고 상기 이온 빔을 작업 대상으로 인도하도록 구성된 이온 빔 발생기를 포함하되, 상기 이온 빔과 상기 작업 대상물 사이의 상대적인 이동이 상기 작업 대상물의 앞면 상에 주사 패턴을 생성한다. 상기 주사 패턴은 상기 작업 대상물의 앞면상의 적어도 일 부분 상에서 진동하는 패턴을 갖는다.

실시예

[0023] 도 1은 이온 빔 발생기(102) 및 엔드 스테이션(114)을 포함하는 이온 주입기(100)의 블록도를 예시한다. 이온 빔 발생기(102)는 요구되는 특성들을 갖는 이온 빔(130)을 발생시키기 위해 다양한 유형의 부품들 및 시스템들을 포함할 수 있다. 이온 빔(130)은 스폿 빔(spot beam)일 수 있으며, 상기 스폿 빔은 적어도 상기 이온 빔(130)의 에너지에 의존하는 단면 형상을 가질 수 있다. 이온 빔(130)은 또한 폭대 높이 비가 큰 리본 빔(ribbon beam)일 수 있다. 이온 빔 발생기(102)에 의해 발생된 이온 빔(130)은 임의의 대전된 입자 빔일 수 있다.

[0024] 엔드 스테이션(114)은 원하는 종들(species)의 이온들이 작업 대상물(110) 내로 주입되도록 이온 빔(130)의 경로에 하나 또는 그 이상의 작업 대상물(110)을 지지하기 위한 플레튼(112)을 가질 수 있다. 일 실시예에 있어서, 작업 대상물(110)은 반도체 웨이퍼일 수 있으며 여기에서 그것으로 언급될 수 있다. 반도체 웨이퍼는 실리콘 또는 이온 빔(130)을 이용하여 주입될 수 있는 임의의 다른 재료와 같은 임의 유형의 반도체 재료로 제조될 수 있다. 웨이퍼는 통상의 디스크 형상과 같은 다양한 물리적 형상들을 취할 수 있다.

[0025] 엔드 스테이션(114)은 보유 영역으로부터 플레튼(112)으로 또는 플레튼으로부터 작업 대상물(110)을 물리적으로 이동시키기 위한 작업 대상물 구동 시스템(예시하지 않음)을 포함할 수 있다. 작업 대상물(110)은 정전 클램핑과 같은 공지의 기술을 이용하여 플레튼(112)에 클램핑될 수 있다. 엔드 스테이션(114)은 또한 플레튼(112) 및 따라서 플레튼(112)에 클램핑된 작업 대상물(110)을 요구되는 방식으로 구동하기 위한 구동 기구(116)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 구동 기구(116)는 서보(servo) 구동 모터, 나선 구동 기구, 기계적 연동 장치, 및 요구되는 기계적 병진 운동을 제공하도록 당해 기술 분야에 알려져 있는 임의의 다른 부품들을 포함할 수 있다.

[0026] 이온 빔(130)은 빔 스캐닝 또는 작업 대상물(110) 이동만으로 또는 빔 스캐닝과 작업 대상물 이동의 조합에 의해 정의되는 주사 패턴으로 작업 대상물(110)의 앞면(108) 전체에 걸쳐 분포될 수 있다. 설명을 돕기 위해, 주입 위치에 있는 작업 대상물(110)에 의해 정의되는 작업 대상물 면(138)과 관련하여 좌표계가 정의된다. 상기 좌표계는 작업 대상물 면(138)에서 이온 주입을 위해 위치하는 작업 대상물(10)의 중심에 원점을 갖는다. X축은 수평으로 작업 대상물 면(138)에 있고, Y축은 수직으로 작업 대상물 면(138)에 있으며, Z축은 이온 빔(130)의 진행 방향으로 상기 작업 대상물 면(138)에 수직이다. 예시를 명료하게 하기 위해, 도 1의 X, Y, Z 좌표계의 원점은 위에서 정의된 원점으로부터 -X 방향으로 떨어져 위치하고 있다.

[0027] 일 예에 있어서, 작업 대상물(110)이 주입 위치에 고정되어 있는 동안, 이온 빔(130)은 스캐너(도 1에 예시하지 않음)가 X 방향 및 Y 방향으로 상기 이온 빔을 주사함에 따라 빔 스캐닝만으로 정의되는 주사 패턴으로 작업 대상물(110)의 앞면(108)에 걸쳐 분포될 수 있다. 또 다른 예에 있어서, 상기 주사 패턴은 빔 스캐닝 및 작업 대상물 이동의 조합에 의해 정의될 수 있다. 이 경우, 이온 빔(130)은 스캐너에 의해 제1 면에서 주사될 수 있으며 작업 대상물(110)은 상기 제1 면에 직교하는 제2 면에서 구동된다. 일 예로, 이온 빔(130)은 X 및 Z 축들에 의해 정의되는 면에 평행한 수평면에서 주사되고, 작업 대상물(110)은 X 및 Y 축들에 의해 정의되는 수직면에서 구동된다. 또 다른 예에 있어서, 작업 대상물(110)의 앞면(108) 상의 주사 패턴은 이온 빔(130)이 고정되고 작업 대상물(110)이 구동 기구(116)에 의해 X 및 Y 방향으로 구동됨에 따라 작업 대상물 이동만으로 정의될 수 있다.

[0028] 도 2를 보면, 하류 Z 방향에서 본 작업 대상물(110)의 앞면(108) 상의 주사 패턴(202)의 개략도가 예시되어 있다. 여기에서 사용되듯이, "하류(downstream)" 및 "상류(upstream)"는 이온 빔 수송 방향에서 언급된다. 주사 패턴(202)은 인용 부호들(A-E)에 의해 예시되어 있다. 이들 부호들(A-E) 각각은 주사 패턴(202)의 영역을 나타내는데, 이온 빔(130)이 작업 대상물(110)의 앞면(108)에 입사하지 않을 때 이온 빔(130)은 작업 대상물에 대해 방향을 변경한다. 일반적으로, 인용 부호들(A-E)은 변형된 "W" 주사(scan)로 언급될 수 있는 변형된 지그-재그 형상을 형성할 수 있다. 예시를 명료하게 하기 위해 실질적으로 Y 방향으로 팽창된 단지 하나의 변형된 "W" 주사만이 예시되어 있다. 당해 분야에서 숙련된 자라면 작업 대상물(110)의 앞면(108)에 대해 이온 빔(130)의 한 패스(pass) 동안 아주 많은 수의 변형된 "W" 주사들이 발생할 수 있음을 이해할 것이다. 일 실시예에 있어서, 하나의 변형된 "W" 주사는 Y 방향으로 각 0.635 밀리미터(mm) 증분마다 (인용 부호 A-B, B-C, C-D 및 D-E로)

작업 대상물을 네 번 지날 수 있다.

[0029] 주사 패턴(202)은 바람직하게 작업 대상물(110) 앞면(108)의 적어도 일 부분 상에 진동 패턴(204)을 갖는다. 예를 들어, 이온 빔(130)이 인용 부호들 A와 B 사이에서 작업 대상물(110)에 대해 상대적으로 이동됨에 따라, 상기 진동 패턴(204)은 이온 빔(130)과 작업 대상물(110) 사이의 상대적인 이동 방향이 인용 부호들 A와 B 사이에서 일정하지 않도록 앞뒤로 이동한다. 상기 진동 패턴(204)은, 제한되는 것은 아니나, 도 2의 사인 곡선 형상을 포함하여 다양한 주기적인 형상들을 가질 수 있다. 진동 패턴(204)은 이온 빔(130)과 작업 대상물(110) 사이의 상대적인 이동에 의해 생성될 수 있다. 이 상대적인 이동은 단지 빔 스캐닝 또는 작업 대상물 이동에만 기인하거나 빔 스캐닝과 작업 대상물 이동의 조합에 기인할 수 있다. 진동 패턴은 주사 패턴과 동기되거나 비동기될 수 있다.

[0030] 도 3을 보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 일 주사 패턴의 진동 패턴(304) 확대도가 예시되어 있다. 진동 패턴(304)은 작업 대상물(110) 앞면(108)의 적어도 일 부분 상에 제공된다. 진동 패턴(304)은 진동 패턴(304)을 따르는 서로 다른 포인트들, 예컨대 포인트들(306, 308)에서 앞뒤로 방향을 거꾸로 할 수 있다. 진동 패턴(304)은 진폭과 주파수와 같은 특성들에 의해 정의될 수 있다. 진폭은 작업 대상물에 대한 이온 빔의 방향에서의 반전 길이, 예컨대 포인트들(306과 308) 사이에서 X 방향의 길이(A)로 정의될 수 있다. 주파수는 초당 앞뒤 진동수에 의해 정의될 수 있으며, 예를 들어, 한 사이클은 이온 빔이 포인트들(306과 310) 사이에서 이동하는데 걸리는 시간일 수 있다.

[0031] 이온 빔(130)이, 작업 대상물(110)의 앞면(108)을 때릴 때의 단면 면적(공간 전하 효과에 기인하여 낮은 빔 에너지에서 점차 더 커질 수 있다)이 알려져 있는 스폿 빔이라면, 진동 패턴(304)의 진동에 대한 상기 주파수 및 진폭은 작업 대상물 앞면의 특정 부분이 이온 빔(130)에 의해 "접촉(touched)되는 횟수를 증가시키도록 변형될 수 있다. 예를 들어, 작업 대상물(110)의 앞면(108)의 일 부분(372)은 작업 대상물에 대해 포인트들(305와 306) 사이, 포인트들(306과 308) 사이 및 포인트들(308과 310) 사이에서 이동함에 따라 스폿 빔(130)에 의해 세 번 "접촉"될 수 있다. 따라서, 부분(372)의 "접촉" 수는 작업 대상물의 유사한 치수를 가로질러 이온 빔과 작업 대상물 사이에서 일정한 방향으로 상대적으로 이동하는 통상의 "W" 주사 패턴에 대해 본 예에서는 3의 인자만큼 증가된다.

[0032] 도 4를 보면, 본 발명에 따른 이온 주입기(400)의 또 다른 실시예가 예시된다. 도 1의 구성요소들과 유사한 도 4의 구성요소들은 유사하게 지시되고 따라서 명료함을 위해 여기서 반복 설명은 생략된다. 이온 주입기(400)는 스캐너(404), 주사 신호 발생기(422), 각도 보정 마그넷(406), 컨트롤러(420), 및 사용자 인터페이스 시스템(424)을 포함할 수 있다. 엔드 스테이션(114)은 또한 빔 전류 센서(448) 및 위치 센서(444)를 포함할 수 있다. 빔 전류 센서(448)는 이온 빔(130)의 이온 빔 전류를 나타내는 신호를 제공한다. 빔 전류 센서(448)의 신호는 컨트롤러(420)에 제공될 수 있다. 빔 전류 센서(448)는 예시된 바와 같이 작업 대상물 면(138) 하류에 위치할 수 있으나, 상기 작업 대상물 면 상류에 위치할 수도 있다. 일 실시예에 있어서, 빔 전류 센서(448)는 당해 분야에 알려져 있는 패러데이(Faraday) 센서일 수 있다. 위치 센서(444)는 이온 빔(130)에 대한 작업 대상물(110)의 위치를 나타내는 센서 신호를 제공할 수 있다. 독립적인 구성요소로 예시되어 있지만, 상기 위치 센서(444)는 구동 기구(116)와 같은 다른 시스템들의 일부일 수 있으며, 상기 위치 센서는 위치-부호화 장치(position-encoding device)와 같은 당해 분야에 알려진 어떠한 유형의 위치 센서든 가능하다. 위치 센서(444)의 위치 신호는 또한 컨트롤러(420)에 제공될 수 있다.

[0033] 스캐너(404)는 정전(electrostatic) 스캐너 또는 자기(magnetic) 스캐너일 수 있다. 정전 스캐너는 상기 이온 빔 근처에 위치하는 적어도 하나의 주사 전극을 포함할 수 있다. 다른 정전 스캐너들은 이온 빔이 통과하는 갭(gap)을 정의하도록 서로 이격될 수 있는 하나 또는 그 이상의 세트의 주사 전극들을 가질 수 있다. 상기 이온 빔은 상기 주사 전극 근처의 전기장에 의해 편향될 수 있다. 상기 전기장은 주사 신호 발생기(422)에 의해 상기 정전 스캐너의 적어도 하나의 주사 전극에 제공되는 전압 신호에 응답하여 생성될 수 있다. 자기 스캐너는 전자석을 구성하는 자기 자극편들(magnetic polepieces)과 코일을 포함할 수 있다. 상기 자기 자극편들은 갭을 정의하도록 서로 이격될 수 있다. 이온 빔(130)은 상기 갭을 통해 인도될 수 있으며 상기 갭 내의 자기장에 의해 편향될 수 있다. 상기 자기장은 주사 신호 발생기(422)에 의해 상기 자기 스캐너의 코일에 제공되는 전류 주사 신호에 응답하여 생성될 수 있다.

[0034] 주사 신호 발생기(422)는 주사 신호들을 제공할 수 있다. 정전 스캐너의 경우, 상기 주사 신호는 전압 신호일 수 있다. 자기 스캐너의 경우, 상기 주사 신호는 전류 신호일 수 있다. 이러한 신호들은 또한 연관된 증폭기들에 의해 증폭될 수 있다. 컨트롤러(420)가 주사 신호 발생기(422)에 의해 제공된 주사 신호를 제어할 수 있다.

- [0035] 각도 보정 마그넷(406)은 이온 빔(130) 중 원하는 이온 종들의 이온들을 편향시켜 스캐너(404)로부터 발산하는 이온 빔 경로들을 실질적으로 평행한 이온 경로 궤적들을 갖는 거의 평행하게 된 이온 빔 경로들로 전환시킬 수 있다.
- [0036] 컨트롤러(420)는 이온 주입기(400)의 다양한 시스템들 및 구성 요소들로부터 입력 신호 및 지시들을 수신하고 스캐너(404)와 같은 이온 주입기(400)의 구성요소들을 제어하도록 출력 신호를 제공할 수 있다. 예시를 명료하게 하기 위해, 컨트롤러(420)는 이온 빔 발생기(102), 주사 신호 발생기(422) 및 엔드 스테이션(114)에 출력 신호를 제공하는 것으로 예시되어 있다. 당해 분야에서 숙련된 자라면 상기 컨트롤러(420)가 이온 주입기(400)의 각 구성 요소에 출력 신호를 제공하고 그것으로부터 입력 신호를 수신할 수 있음을 인식할 것이다. 컨트롤러(420)는 요구되는 입력/출력 기능들을 수행하도록 프로그램될 수 있는 범용 컴퓨터 또는 범용 컴퓨터의 네트워크이거나 그것을 포함할 수 있다. 컨트롤러(420)는 또한 다른 전자 회로 또는 구성요소들, 예컨대 주문형 집적 회로(application specific integrated circuits), 다른 하드와이어드(hardwired) 또는 프로그래머블 전자 장치들, 개별 요소 회로들(discrete element circuits) 등을 포함할 수 있다. 컨트롤러(420)는 또한 통신 장치들, 데이터 저장 장치들 및 소프트웨어를 포함할 수 있다.
- [0037] 사용자 인터페이스 시스템(424)은, 제한되는 것은 아니나, 사용자가 명령 및/또는 데이터를 입력하고 및/또는 컨트롤러(420)를 통해 이온 주입기(400)를 모니터링하도록 하는 터치 스크린, 키 보드, 사용자 포인팅 장치, 디스플레이, 프린터 등과 같은 장치들을 포함할 수 있다. 제한되는 것은 아니나, 이온 주입의 빔 에너지, 빔 전류, 이온 종들 등을 포함하는 바람직한 레시피들이 사용자 인터페이스 시스템(424)을 통해 사용자에게 의해 입력될 수 있다.
- [0038] 동작시, 이온 빔 발생기(102)는 이온 빔(130)을 발생시키도록 구성되고, 스캐너(404)는 적어도 하나의 면에 이온 빔(130)을 편향 또는 주사하도록 구성된다. 상기 이온 빔이 작업 대상물(110)의 치수를 가로질러 주사될 때, 스캐너(404)는 또한 상기 이온 빔을 진동 패턴으로 편향시킴으로써 상기 이온 빔이 작업 대상물(110) 앞면의 적어도 일 부분에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시키도록 구성된다. 도 4의 실시예에 있어서, 상기 스캐너는 X 및 Z 축들에 의해 정의되는 면에 평행한 수평면에서 상기 이온 빔을 주사하고, 작업 대상물(110)은 X 및 Y 축들에 의해 정의되는 수직면에서 구동 기구(116)에 의해 구동되어 작업 대상물(110)의 전 영역에 걸쳐 상기 이온 빔을 분포시킬 수 있다. 이 경우, 스캐너(404)에 의한 이온 빔(130)의 진동은 적어도 도 2 및 3에 예시된 바와 같은 진동 패턴을 제공할 수 있다.
- [0039] 도 5를 보면, 도 4의 스캐너(404)로 사용될 수 있는 정전 스캐너(404a)의 일 실시예가 예시되어 있다. 이 실시예의 정전 스캐너(404a)는 이온 빔(130)의 대향 측면들에 위치하는 주사 플레이트들(502, 504)의 형태로 주사 전극들의 세트를 가질 수 있다. 다른 정전 스캐너들은 주사 전극들의 세트를 갖지 않고, 이온 빔(130) 근처에 위치하는 하나의 주사 전극만을 가질 수 있다. 주사 플레이트들(502, 504)의 상부에 위치하는 전 주사(prescan) 전극 및 주사 플레이트들(502, 504)의 하부에 위치하는 후 주사(post scan) 전극과 같은 추가적인 전극들(도 4에 예시하지 않음)이 또한 있을 수 있다.
- [0040] 주사 플레이트들(502, 504)은 갭(526)을 정의하도록 이격될 수 있다. 이온 빔(130)은 갭(526)을 통해 인도될 수 있으며, 이온 빔(130)의 부채(fan) 형상의 빔 포락선(528)은 갭(526)을 통과함에 따라 폭이 증가할 수 있다. 주사 플레이트(502)는 주사 증폭기(510)에 연결될 수 있으며, 주사 플레이트(504)는 주사 증폭기(512)에 연결될 수 있다. 주사 증폭기들(510, 512)은 각각 주사 신호 발생기(422)로부터 전압 신호를 수신하여 이온 빔(130)의 편향을 제어할 수 있다. 주사 신호 발생기(422)는 컨트롤러(420)에 의해 제어될 수 있다.
- [0041] 도 6을 보면, 도 5의 주사 신호 발생기(422)의 일 실시예의 블록도가 각 주사 플레이트(502, 504)에 전압 신호를 제공하도록 예시되어 있다. 상기 이온 빔이 작업 대상물(110)의 치수를 가로질러 주사될 때, 상기 전압 신호들에 응답하여, 상기 정전 스캐너(404a)는 상기 이온 빔을 앞뒤로 편향시킴으로써 상기 이온 빔이 작업 대상물(110) 앞면의 적어도 일 부분에 입사할 때 상기 이온 빔을 진동시킨다.
- [0042] 상기 주사 신호 발생기는 제1의 주기 신호 발생기(602) 및 제2의 주기 신호 발생기(604)를 포함할 수 있다. 제1의 주기 신호 발생기(602)는 제1 진폭(A1) 및 제1 주파수(f1)을 갖는 제1의 주기 신호(606)를 발생시킬 수 있다. 제2의 주기 신호 발생기(604)는 제2 진폭(A2) 및 제2 주파수(f2)를 갖는 제2의 주기 신호(608)를 발생시킬 수 있다. 상기 주기 신호들은 임의의 형상을 가질 수 있으며, 도 6의 실시예에 있어서, 제1 주기 신호(606)는 톱니 형상을 갖고, 제2 주기 신호(608)는 사인파 형상을 가질 수 있다. 합산 회로(610)는 상기 제1 및 제2 주기 신호들(606, 608)을 합산하고 각 주사 증폭기, 예컨대 주사 증폭기(510)에 조합된 전압 신호를 출력할 수

있으며, 주사 증폭기들은 상기 전압 신호를 더 증폭하여 각 주사 플레이트에 제공한다.

- [0043] 도 7은 주사 플레이트(502)에 제공될 수 있는 전형적인 전압 신호(702)의 플롯을 예시한다. 하나의 플레이트가 일 방향으로 상기 이온 빔을 "끌어 당길(pull)" 때 대항하는 플레이트는 상기 이온 빔을 동일한 방향으로 "밀어 내(push)"도록, 도 7의 전압 신호와 180도 위상차를 갖고 유사하게 전개되는 전압 신호가 다른 주사 플레이트(504)에 제공될 수 있다. 전압 신호(702)는 또한 단지 하나의 주사 전극을 갖는 정전 스캐너의 하나의 주사 전극에 제공될 수도 있다.
- [0044] 전압 신호(702)는 톱니 형상을 갖는 제1의 주기 성분 및 그것에 더해지는 사인과 형상을 갖는 제2의 주기 성분을 갖는다. 상기 톱니 신호는 사인과 신호의 피크간(peak-to-peak) 진폭보다 더 큰 피크간 진폭을 가질 수 있다. 상기 톱니 신호는 또한 상기 사인과 신호보다 더 작은 주파수를 가질 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 톱니 신호의 피크간 진폭은 약 10 볼트이고 상기 사인과 신호의 피크간 진폭은 1 볼트일 수 있다. 이 실시예에 있어서, 상기 톱니 신호의 주파수는 1 킬로헤르츠(kHz)이고 상기 사인과 신호의 주파수는 10 kHz일 수 있다. 상기 사인과 신호와 같은 제2의 주기 신호의 주파수는 컨트롤러(420)에 투과성이 되도록 충분히 높게 선택될 수 있다.
- [0045] 전압 신호(702) 플롯은 또한 도 2에 자세하게 예시된 진동하는 주사 패턴(202)의 인용 부호들(A-E)에 대응하는 인용 부호들(A-E)로 지시된다. 주사 패턴(202)의 진동 패턴(204)은 따라서 상기 제2의 주기 성분, 예컨대, 본 실시예에서 상기 사인과 신호에 의존한다.
- [0046] 스캐너(404)는 서로 다른 파라미터들에 응답하여 작업 대상물(110)의 앞면(108) 적어도 일 부분에 입사하는 이온 빔(130)의 진동 특성을 조정하도록 구성될 수 있다. 하나의 파라미터는 작업 대상물(110)의 앞면에 대한 상기 이온 빔의 위치일 수 있다.
- [0047] 도 8을 보면, 상기 작업 대상물의 앞면 상의 상기 이온 빔의 위치에 응답하여 변하는 작업 대상물(110)의 앞면 상의 또 다른 주사 패턴(802)의 개략도가 예시되어 있다. 주사 패턴(802)은 임의의 Y 값에 대응하여 X1보다 큰 X 위치들에서 진동하도록 구성된다. 일 예에서, 주사 패턴(802)은 X 및 Z 축들에 의해 정의되는 면에 평행한 수평면에 이온 빔(130)을 주사하는 스캐너(404)에 의해 전개될 수 있으며, 상기 작업 대상물은 X 및 Y 축에 의해 정의되는 수직면에서 구동된다. 스캐너(404)가 +X1 위치를 지나 상기 이온 빔을 주사함에 따라, 스캐너(404)는 상기 진동 패턴(804)을 정의하도록 상기 이온 빔을 진동시키기 시작할 수 있다. 상기 이온 빔이 음의 X 방향으로 +X1 위치를 지나 주사됨에 따라, 상기 스캐너는 주사 패턴(802)을 생성하도록 상기 이온 빔을 진동시키는 것을 멈춘다. 이 주사 패턴(802)을 제공하기 위해, 컨트롤러(420)는 작업 대상물(110)의 앞면에 대한 상기 이온 빔의 위치를 나타내는 신호를 수신할 수 있으며, 그것에 응답하여 주사 신호 발생기(422)를 제어할 수 있다.
- [0048] 도 8의 실시예에 있어서, 진동 패턴(804)은 작업 대상물에 대한 상기 이온 빔의 위치에 응답하여 존재하거나 그렇지 않을 수 있다. 또 다른 실시예들에 있어서, 상기 이온 빔의 진동 특성은 위치에 응답하여 서로 다른 수준들로 조정될 수 있다. 예를 들면, 상기 진동의 진폭 및 주파수가 상기 작업 대상물에 대한 상기 이온 빔의 서로 다른 위치들에 응답하여 서로 다른 수준들로 조정될 수 있다. 스캐너(404)는 또한 이온 빔(130)의 이온 빔 전류내 요동들에 응답하여 상기 작업 대상물 앞면의 적어도 일 부분에 입사하는 이온 빔(130)의 진동 특성을 조정하도록 구성될 수 있다.
- [0049] 도 9를 보면, 시간에 대한 이온 빔(130)의 이온 빔 전류의 플롯(902)이 예시되어 있다. 상기 이온 빔 전류내 요동들의 크기 및 지속은 때때로 상기 이온 빔의 "이온 빔 노이즈"로 언급될 수 있는데, 몇몇 경우들에 있어서 이들 요동들은 바람직한 빔 전류(904)에서 $\pm 30\%$ 만큼 높을 수 있다. 빔 전류 센서(448)는 엔드 스테이션(114)에 위치하는 셋업 패러데이 센서일 수 있으며, 빔 전류를 모니터링할 수 있다. 빔 전류 센서(448)는 플롯(902)과 같은 빔 전류를 나타내는 신호를 컨트롤러(420)에 제공할 수 있다. 이에 응답하여, 컨트롤러(420)는 이온 빔(130)의 진동 특성을 조정하도록 스캐너(404)를 제어할 수 있다. 서로 다른 쓰레숄드들을 넘는 이온 빔 노이즈를 갖는 이온 빔의 경우, 스캐너(404)는 진동의 주파수 및/또는 진폭을 증가시키도록 구성되어 모든 다른 파라미터들은 동일하면서 작업 대상물(110)의 일 부분이 상기 이온 빔에 의해 "접촉"되는 횟수를 증가시킬 수 있다. 서로 다른 쓰레숄드들 보다 낮은 이온 빔 노이즈를 갖는 상대적으로 작은 잡음 이온 빔의 경우, 스캐너(404)는 진동의 주파수 및/또는 진폭을 감소시키거나 및/또는 이 특징을 전체적으로 무력화하도록 구성될 수 있다.
- [0050] 스캐너(404)는 또한 이온 빔(130)의 에너지에 응답하여 상기 작업 대상물 앞면의 적어도 일부분에 입사하는 이온 빔(130)의 진동 특성을 조정하도록 구성될 수 있다. 상기 빔의 진동 특성들은 상기 빔의 진동 주파수 및 진폭을 포함한다. 동작시, 사용자는 특정 에너지 레벨을 갖는 이온 빔(130)의 특정 유형을 정하여 사용자 인터페

이스 시스템(424)을 통해 특정 레시피를 입력할 수 있다. 이에 응답하여, 컨트롤러(420)는 이온 빔이 작업 대상물(110)의 앞면에 입사할 때 이온 빔의 바람직한 진동을 제공하도록 스캐너(404)를 제어할 수 있다. 더 높은 에너지 이온 빔은 공지의 공간 전하 효과들에 기인하여 빔 "팽창(blowup)"하기 더 쉬운 더 낮은 에너지 이온 빔과 대비하여 고도로 포커싱될 수 있다. 따라서, 진동 패턴의 주파수 및/또는 진폭은 더 고도로 포커싱되는 이온 빔의 경우에 증가될 수 있다.

[0051] 도 10은 본 발명에 따른 진동 패턴(1004)을 갖는 또 다른 주사 패턴(1002)을 예시한다. 앞서의 주사 패턴 실시예들과 대비하여, 진동 패턴(1004)은 상기 이온 빔이 인용부호들(A, B 및 C) 사이에서 작업 대상물(110)에 대해 상대적으로 이동함에 따라 수직 Y 방향으로 진동할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 주사 패턴(1002)은 상기 이온 빔을 X 및 Y 방향으로 주사하기 위해 두 세트의 주사 플레이트들(수평 및 수직 주사 플레이트들)을 갖는 스캐너로 성취될 수 있다. 상기 빔이 X 방향으로 주사됨에 따라, 작업 대상물은 Y 방향으로 구동될 수 있다. 상기 수직 주사 플레이트들은 수직인 Y 방향으로 주사되는 이온 빔을 진동시키도록 전압 신호를 수신하여 진동 패턴(1004)을 제공할 수 있다. 예시를 명료하게 하기 위해, 주사 패턴(1002)은 작업 대상물을 단지 두 번 가로지르는 것으로 예시하고 있으나, 실제로 상기 주사 패턴(1002)은 작업 대상물을 여러 번 가로지를 수 있으며, 예컨대, 일 예로 Y 방향으로 각 0.635mm 증분마다 작업 대상물을 네 번 가로지를 수 있다.

[0052] 도 11은 본 발명에 따른 진동 패턴(1104)을 갖는 또 다른 주사 패턴(1102)을 예시한다. 도 10의 주사 패턴과 대비하여, 진동 패턴(1104)은 상기 이온 빔이 인용 부호들(A, B 및 C) 사이에서 작업 대상물(110)에 대해 상대적으로 이동함에 따라 수직 Y 방향 및 수평 X 방향 양쪽으로 진동할 수 있다. 예시를 명료하게 하기 위해, 주사 패턴(1102)은 작업 대상물을 단지 두 번 가로지르는 것으로 예시하고 있지만, 실제로 주사 패턴(1102)은 상기 작업 대상물을 여러 번 가로지를 수 있고, 예컨대, 일 예로 Y 방향으로 각 0.635mm 증분마다 작업 대상물을 네 번 가로지를 수 있다.

[0053] 바람직하게, 상기 이온 빔과 작업 대상물 사이의 상대적인 이동이 상기 작업 대상물 앞면의 적어도 일부분 상에 진동 패턴을 갖는 주사 패턴을 생성하는 이온 주입기가 제공된다. 그러므로 상기 작업 대상물의 부분은 모든 다른 파라미터들이 동일하면서도 종래의 주사 패턴보다 더 자주 "접촉"될 수 있다. 이것은 이온 빔 노이즈의 양호한 평균화를 제공함으로써 이온 빔 노이즈의 악영향을 감소시킨다. 몇몇 응용예들의 경우, 이것은 이온 빔 설정 동안 허용되는 이온 빔 노이즈의 수준에 대한 엄격한 제한이 완화되도록 할 수 있다. 따라서, 더 짧은 설정 시간 및 더 높은 작업량(throughput)이 달성될 수 있다. (이온 빔 노이즈를 포함하여) 모든 다른 파라미터들이 동일하면서도, 상기 진동 주사 패턴은 작업 대상물의 특정 위치가 상기 이온 빔에 의해 "접촉"되는 횟수를 증가시킴으로써 균일성을 향상시킬 수 있다. 이것은 고도로 포커싱된 스폿 빔들 및 상대적으로 적은 횟수로 주사되는 이온 빔을 지나 작업 대상물을 이동하는 낮은-패스(low-pass) 주입들의 경우 특히 사실이다.

[0054] 나아가, 유사한 이유로, 이온 빔이 빔 전류 센서에 입사할 때 주사되는 이온 빔의 진동은 상기 빔 전류 센서의 정확성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 패러데이 센서에 입사하는 이온들의 양에 응답하여 전류값을 생성하는 패러데이 센서의 경우, 전류값의 신호대 잡음비가 종래의 주사 패턴과 대비하여 상기 패러데이 센서에 입사하는 진동 주사 패턴으로 향상된다.

[0055] 본 발명의 적어도 하나의 예시적인 실시예를 설명하였지만, 다양한 변경, 변형 및 개선들이 당해 분야에서 숙련된 자들에게 즉시 발생할 것이다. 이러한 변경, 변형 및 개선들은 본 발명의 범위 내에 있도록 의도된다. 따라서 앞의 설명은 단지 예일 뿐이며 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 개시를 더 잘 이해하도록, 다음의 도면들이 참조 되는데, 이들은 여기에 참고 문헌으로 포함된다.

[0012] 도 1은 이온 주입기의 개략적인 블록도이다.

[0013] 도 2는 도 1의 작업 대상물 앞면 상에서의 주사 패턴의 개략적인 도면이다.

[0014] 도 3은 작업 대상물 앞면 상에서의 주사 패턴 중 진동 패턴의 확대도이다.

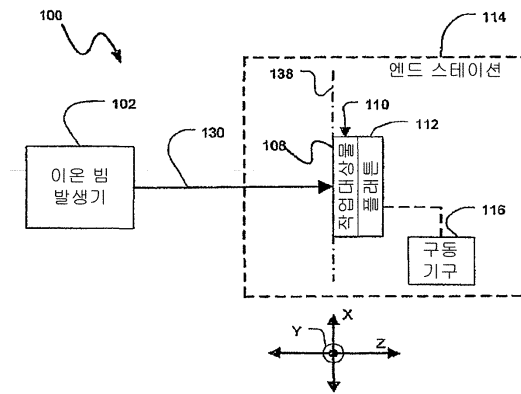
[0015] 도 4는 스캐너를 갖는 또 다른 이온 주입기의 개략적인 블록도이다.

[0016] 도 5는 도 4의 스캐너로 사용될 수 있는 정전(electrostatic) 스캐너의 개략도이다.

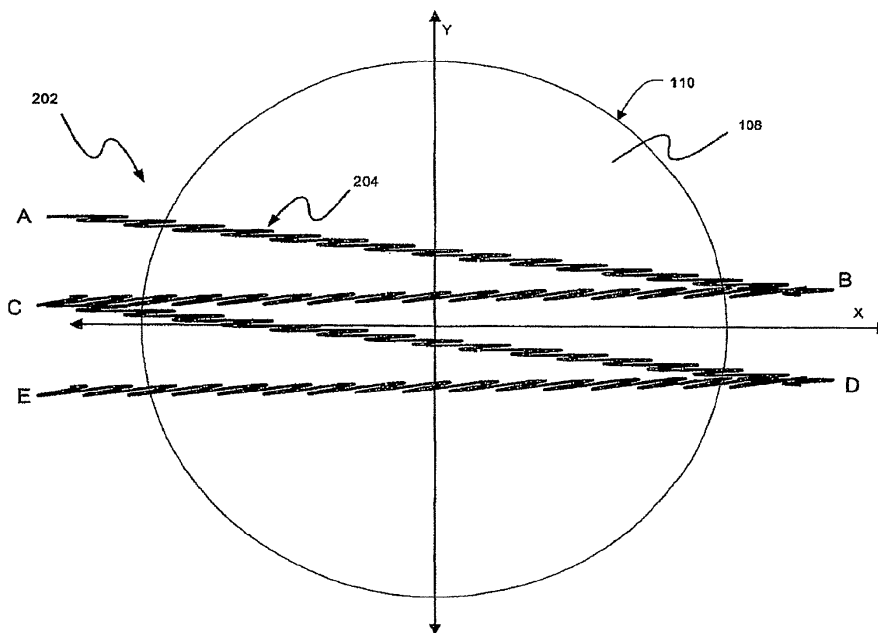
- [0017] 도 6은 도 5의 주사 신호 발생기의 일 실시예의 블록도이다.
- [0018] 도 7은 도 5의 정전 스캐너의 하나의 주사 전극으로의 전압 신호 입력 플롯이다.
- [0019] 도 8은 작업 대상물의 앞면에 대한 이온 빔의 위치에 대응하여 변하는 작업 대상물의 앞면 상의 또 다른 주사 패턴의 개략도이다.
- [0020] 도 9는 빔 전류와 시간의 플롯이다.
- [0021] 도 10은 본 발명에 따른 또 다른 주사 패턴의 개략도이다.
- [0022] 도 11은 본 발명에 따른 또 다른 주사 패턴의 개략도이다.

도면

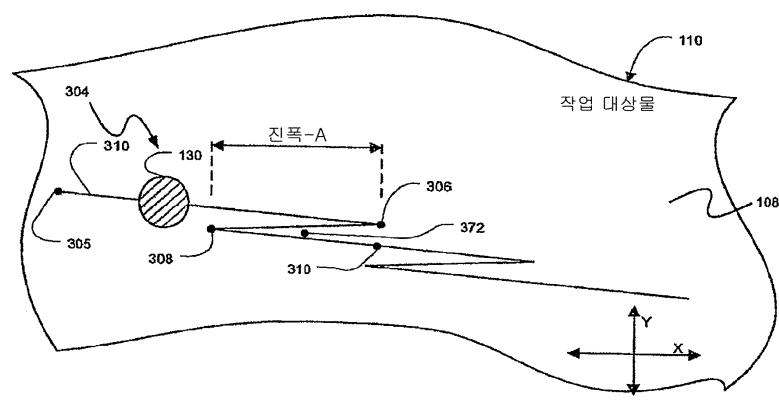
도면1



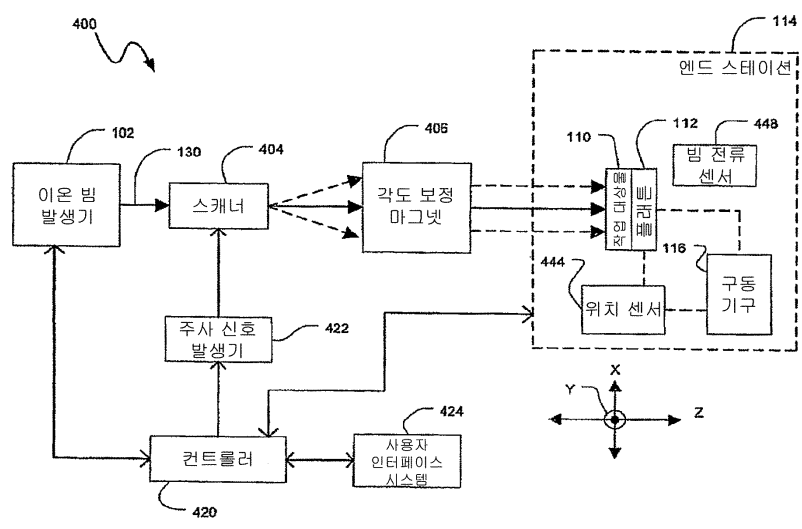
도면2



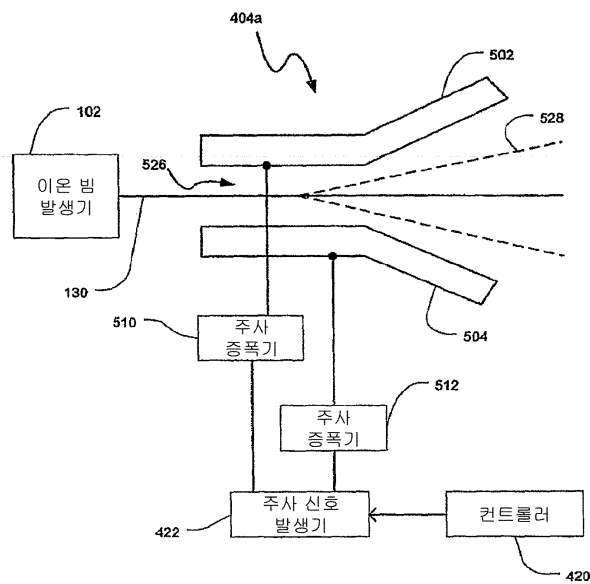
도면3



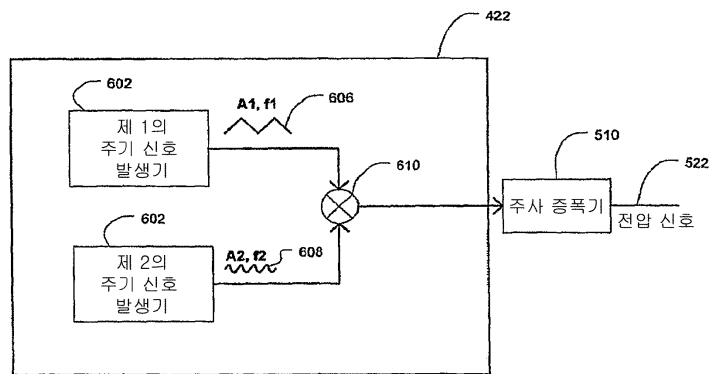
도면4



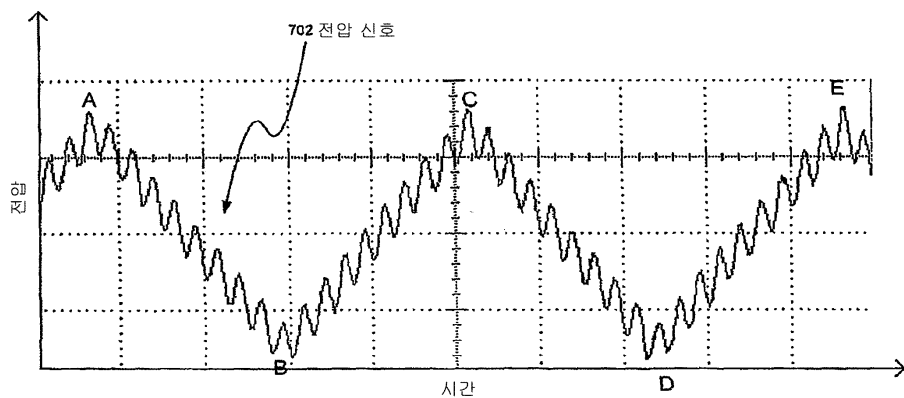
도면5



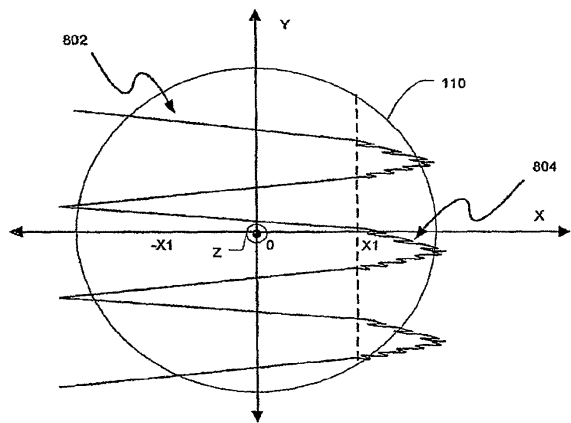
도면6



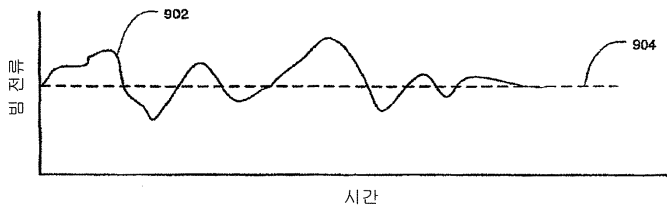
도면7



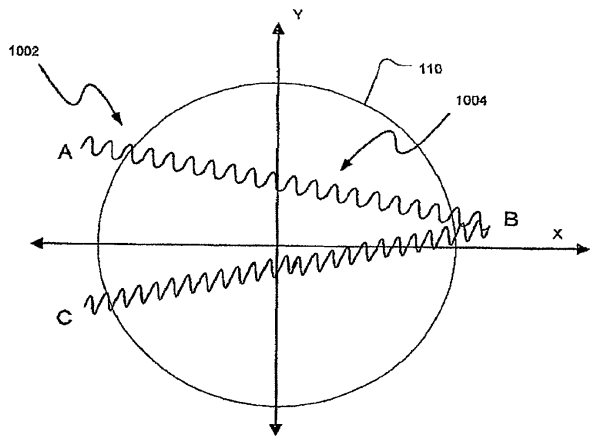
도면8



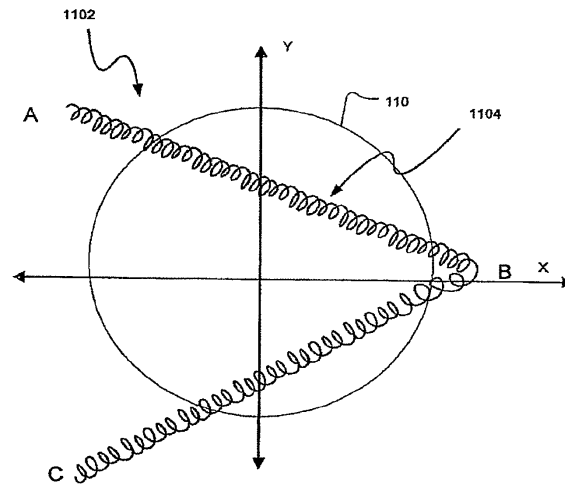
도면9



도면10



도면11



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제9항

【변경전】

제2면에서 상기 작업 대상물을 구동하고

【변경후】

제2면에서 작업 대상물을 구동하고