(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0146946
(43) 공개일자 2016년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/147 (2006.01) *H01J 37/20* (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/1474 (2013.01)
H01J 37/1478 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7032770
(22) 출원일자(국제) 2015년04월29일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년11월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/028201
(87) 국제공개번호 WO 2015/168237
국제공개일자 2015년11월05일
(30) 우선권주장
61/986,350 2014년04월30일 미국(US)

(71) 출원인
액셀리스 테크놀러지스, 인크.
미합중국 매사추세츠 (우편번호: 01915) 비벌리 체리 힐 드라이브 108
(72) 발명자
젠, 코스 코-추안
미국 95120 캘리포니아 새너제이 바틀렛 크릭 코트 1119
빈츠, 윌리엄
미국 03053 뉴햄프셔 런던데리 임페리얼 드라이브 13
(74) 대리인
이시용, 정현주

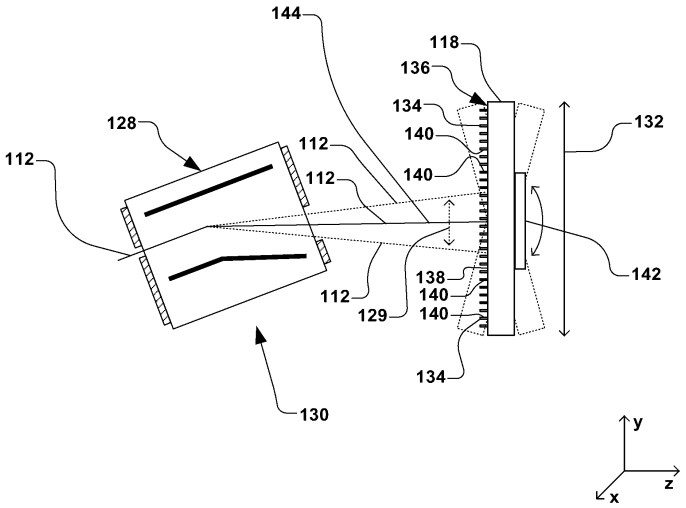
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **각도 에너지 필터를 사용한 각도 스캐닝**

(57) 요 약

스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키기 위한 이온 주입 시스템 및 방법이 제공된다. 시스템은 이온 빔을 형성하도록 구성된 이온 소스 및 이온 빔을 질량 분석하도록 구성된 질량 분석기를 가진다. 이온 빔 스캐너는 제 1 방향으로 이온 빔을 스캔하도록 구성되고, 이온 빔 스캐너는 스캐닝된 이온 빔을 정의한다. 워크피스 지지부는 그 위에 워크피스를 지지하도록 구성되고, 각도 주입 장치는 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변하도록 구성된다. 각도 주입 장치는 각도 에너지 필터 및 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치 중 하나 또는 그 초과를 포함하고, 제어기는 각도 주입 장치를 제어하고, 따라서 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각이 가변된다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
H01J 37/20 (2013.01)
H01J 37/3171 (2013.01)
H01J 2237/08 (2013.01)
H01J 2237/1506 (2013.01)
H01J 2237/151 (2013.01)
H01J 2237/152 (2013.01)
H01J 2237/20207 (2013.01)
H01J 2237/20214 (2013.01)
H01J 2237/31701 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

이온 주입 시스템으로서,

이온 빔을 형성하도록 구성된 이온 소스;

상기 이온 빔을 질량 분석하도록 구성된 질량 분석기;

제 1 축을 따라 상기 이온 빔을 스캔하도록 구성된 이온 빔 스캐너(scanner) - 상기 이온 빔 스캐너는 스캐닝된 이온 빔을 정의함 -;

그 위에 워크피스(workpiece)를 지지하도록 구성된 워크피스 지지부;

각도 주입 장치(angular implant apparatus) - 상기 각도 주입 장치는 제 2 축을 따라 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키도록 구성됨 -; 및

상기 각도 주입 장치를 제어하도록 구성된 제어기 - 상기 제어기는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 상기 입사각을 가변시키도록 구성됨 -

를 포함하는,

이온 주입 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 각도 주입 장치는 상기 이온 빔 스캐너의 다운스트림에 포지셔닝된 각도 에너지 필터를 포함하고, 그리고 상기 제어기는 상기 각도 에너지 필터에 대한 입력을 가변시키도록 구성되고, 상기 각도 에너지 필터는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 상기 입사각을 가변시키는,

이온 주입 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 각도 에너지 필터는 자기 편향 모듈 및 정전기 편향 모듈 중 하나 또는 그 초과를 포함하는,

이온 주입 시스템.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 각도 주입 장치는 추가로 상기 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치를 포함하고, 상기 기계적 장치는 추가로 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 추가로 가변시키도록 구성되는,

이온 주입 시스템

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 기계적 장치 및 각도 에너지 필터를 제어하도록 추가로 구성되는,

이온 주입 시스템.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 기계적 장치는 상기 이온 빔에 관하여 상기 워크피스를 회전시키도록 구성되는,

이온 주입 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 각도 주입 장치는 상기 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치를 포함하고, 상기 기계적 장치는 추가로 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 추가로 가변시키도록 구성되고, 그리고 상기 제어기는 추가로 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 상기 기계적 장치를 제어하도록 구성되는,

이온 주입 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이온 빔에 관하여 상기 워크피스를 스캔하도록 구성된 워크피스 스캐너를 더 포함하는,

이온 주입 시스템.

청구항 9

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법으로서,

워크피스 지지부 상에 워크피스를 제공하는 단계;

상기 워크피스에 관하여 이온 빔을 스캐닝하는 단계; 및

상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 각도 주입 장치를 통하여 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 단계

를 포함하는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 단계는 각도 에너지 필터에 대한 입력을 가변시키는 단계를 포함하고, 상기 각도 에너지 필터는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌하는 것과 동시에 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 각도 에너지 필터는 자기 편향 모듈 및 정전기 편향 모듈 중 하나 또는 그 초과를 포함하는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 단계는 추가로, 상기 스캐닝된 이온 빔에 관하여 상기 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시키는 단계를 포함하는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시키는 단계는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 수행되는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 단계는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 상기 스캐닝된 이온 빔에 관하여 상기 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시키는 단계를 포함하는,

다수의 입사각들에서 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법.

청구항 15

이온 주입 시스템으로서,

이온 빔을 형성하도록 구성된 이온 소스;

이온 빔을 질량 분석하도록 구성된 질량 분석기;

제 1 축을 따라 상기 이온 빔을 스캔하도록 구성된 이온 빔 스캐너 - 상기 이온 빔 스캐너는 스캐닝된 이온 빔을 정의함 -;

그 위에 워크피스(workpiece)를 지지하도록 구성된 워크피스 지지부;

각도 에너지 필터 - 상기 각도 에너지 필터는 제 2 축을 따라 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키도록 구성됨 -; 및

상기 각도 에너지 필터를 제어하도록 구성된 제어기 - 상기 제어기는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키도록 구성됨 -

를 포함하는,

이온 주입 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 각도 에너지 필터는 상기 이온 빔 스캐너의 다운스트림에 포지셔닝되고, 그리고 상기 제어기는 상기 각도 에너지 필터에 대한 입력을 가변시키도록 구성되고, 상기 각도 에너지 필터는 상기 스캐닝된 이온 빔이 상기 워크피스에 충돌함과 동시에 제 2 축을 따라 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 상기 입사각을 가변시키는,

이온 주입 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 각도 에너지 필터는 자기 편향 모듈 및 정전기 편향 모듈 중 하나 또는 그 초과를 포함하는,

이온 주입 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 워크피스 지지부는 추가로 상기 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치를 포함하고, 상기 기계적 장치는 상기 워크피스에 관하여 상기 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 추가로 가변시키도록 구성되고, 그리고 상기 제어기는 추가로 상기 기계적 장치를 제어하도록 구성되는,

이온 주입 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 기계적 장치는 상기 이온 빔에 관하여 상기 워크피스를 회전시키도록 구성되는,

이온 주입 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 각도 에너지 필터 및 기계적 장치의 제어를 통해 상기 워크피스의 표면상에 배치된 3차원 구조의 복수의 측면들을 공평하게 노출하도록 구성되는,

이온 주입 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이 출원은, 2014년 4월 30일 출원되고, 발명의 명칭이 "ANGULAR SCANNING USING ANGULAR ENERGY FILTER"인 미국 가 출원 번호 제 61/986,350 호의 이익을 주장하고, 상기 가출원의 내용들은 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] 본 개시내용은 일반적으로 이온들을 워크피스(workpiece) 내에 주입하기 위한 이온 주입 시스템들 및 방법들에 관한 것이고, 그리고 보다 구체적으로 동시에 워크피스에 관하여 제 1 방향으로 이온 빔을 스캐닝하고 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 각을 제 2 방향으로 선택적으로 가변시키기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 이온 주입 시스템들은 집적 회로 제조시 불순물들로 반도체들을 도핑하기 위하여 사용된다. 그런 시스템들에서, 이온 소스는 원하는 에너지의 이온 빔 형태로 이온 소스로부터 추출된 원하는 도판트 엘리먼트를 이온화한다. 그 다음으로, 이온 빔은 도판트 엘리먼트를 워크피스에 주입하기 위하여 워크피스의 표면으로 지향된다. 이온 빔의 이온들은 반도체 웨이퍼에 트랜지스터 디바이스들의 제조시 원해지는 바와 같은 원하는 도전성 지역을 형성하기 위하여 워크피스의 표면을 침투한다. 통상적인 이온 주입기는 이온 빔을 생성하기 위한 이온 소스, 자기장들을 사용하여 이온 빔을 질량 분해하기 위한 질량 분석 장치를 포함하는 빔라인(beamline) 어셈블리, 및 이온 빔이 주입될 워크피스를 포함하는 타겟 챔버를 포함한다.

[0004] 이온 주입 프로세스들에서, 이온 빔이 워크피스에 접근하는 각도(또한 주입 각이라 불림)는 이온 주입 동안 특정 각도로 고정된다. 그러나, 도 1에 예시된 바와 같이 워크피스(10) 상에 형성되는 디바이스들이 3차원(3-D) 구조들(12)을 가지는 것은 일반적이 되고 있고, 3-D 구조의 모든 차원 표면들에 걸쳐 균일한 이온 주입이 원해진다. 예컨대, FinFET 디바이스(14)에서, 워크피스(10)에 대한 이온 빔(16)의 입사각의 변동들은 FinFET 디바이스의 트렌치들(18)과 구조들(22)의 측벽들(20) 둘 다에 주입하기 위하여 바람직하다.

[0005] 통상적으로, 상이한 입사각들로 워크피스(10)에 이온들을 주입하기 위하여, 이온 주입은 일시적으로 중단되거나 대기되고(이온 빔(16)이 워크피스 쪽으로 지향되지 않음), 그리고 워크피스는 이온 빔(16)에 관하여 기계적으로 기울어지고(예컨대, 화살표(24)에 의해 예시됨), 따라서 워크피스에 대한 이온 빔의 입사각이 가변되거나 수정된다. 그 다음으로, 이온 빔(16)은 다시 워크피스(10) 쪽으로 지향되고 워크피스는 수정된 입사각으로 주입된다. 복잡한 3-D 구조들이 존재할 수 있는 FinFET 디바이스들에서, 이것은 트렌치들(18) 및/또는 구조들(22)의

측벽들(20)에 적당하게 주입하기 위하여 2 또는 그 초과의 상이한 입사각 변동들을 요구할 수 있다. 이전에, 각도 변동을 달성하기 위한 시스템들 및 방법들은, 이온 빔(16)이 상이한 각도로 워크피스에 부딪치도록, 축을 중심으로 워크피스(10)를 피봇하도록 하였다.

[0006] 이로써, 입사각이 워크피스(10)에서 기계적으로 가변되기 때문에, 이온 주입 시스템의 동작과 연관된 처리량은 악영향을 받을 수 있는데, 그 이유는 입사각이 기계적으로 가변되는 동안 이온 빔이 워크피스에 충돌하지 않은 채로 상당한 시간이 소비될 수 있기 때문이다.

발명의 내용

[0007] 본 개시내용은 워크피스에 대한 이온 빔의 선택적 가변 입사각을 제공하기 위한 신규한 접근법을 제시하고, 이에 의해 이온 빔이 이동하는 각도는 선택된 각도로 워크피스에 부딪치기 위하여 가변된다. 따라서, 본 개시내용은 처리량을 최대화하고 시스템들과 연관된 소유 비용들을 최소화하면서 이온들을 워크피스들에 주입하기 위한 시스템, 장치 및 방법을 제공한다. 보다 구체적으로, 본 개시내용은 이온 주입 동안 워크피스 스캐닝과 동시에 작은 각도 범위를 가지는 연속으로 가변하는 주입 각을 제공한다. 따라서, 최종 도판트 프로파일은 다수의 이산 각 주입 단계들을 사용하는 종래 방법들과 대조적으로, 3차원 트렌치형 구조에 대해 더 균일하게 될 수 있다.

[0008] 따라서, 다음은 본 발명의 일부 양상들의 기본적인 이해를 제공하기 위하여 본 발명의 간략화된 요약을 제시한다. 이 요약은 본 발명의 광범위한 요약이 아니다. 이 요약은 본 발명의 핵심 또는 중요 엘리먼트들을 식별하지도 본 발명의 범위를 기술하지도 않도록 의도된다. 이 요약의 목적은 이후 제시되는 더 상세한 설명에 대한 전제로서 간략화된 형태로 본 발명의 일부 개념들을 제시하는 것이다.

[0009] 본 발명은 일반적으로 이온 주입 시스템에 관한 것이고, 이온 주입 시스템은 이온 빔을 형성하도록 구성된 이온 소스 및 이온 빔을 질량 분석하도록 구성된 질량 분석기를 포함한다. 이온 빔 스캐너는 제 1 방향으로 이온 빔을 스캔하도록 구성되고, 이온 빔 스캐너는 스캐닝된 이온 빔을 정의하고, 그리고 워크피스 지지부는 그 위에 워크피스를 지지하도록 구성된다. 각도 주입 장치는 추가로 제공되고, 각도 주입 장치는 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키도록 구성되고, 그리고 제어기는 각도 주입 장치를 제어하도록 구성된다. 제어기는 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌하는 것과 동시에 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키도록 구성된다. 추가로, 다른 예에서, 입사각은 워크피스 지지부 상에 자리하는 워크피스를 기계적 스캐닝하는 것과 동시에 가변된다.

[0010] 일 예시적 양상에 따라, 각도 주입 장치는 이온 빔 스캐너의 다운스트림에 포지셔닝된 각도 에너지 필터를 포함한다. 따라서, 제어기는 각도 에너지 필터에 대한 입력을 가변시키도록 구성되고, 각도 에너지 필터는 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌하는 것과 동시에 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시킨다. 일 예에서, 각도 에너지 필터는 자기 편향 모듈 및 정전기 편향 모듈 중 하나 또는 그 초과를 포함한다.

[0011] 다른 예에서, 각도 주입 장치는 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치를 포함하고, 기계적 장치는 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 추가로 가변시키도록 구성된다. 제어기는 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 기계적 장치를 제어하도록 추가로 구성된다. 다른 예시적 양상에 따라, 각도 주입 장치는 각도 에너지 필터 및 워크피스 지지부에 동작 가능하게 커플링된 기계적 장치 둘 다를 포함한다.

[0012] 또 다른 양상에 따라, 하나 또는 그 초과의 입사각들로 이온들을 워크피스에 주입하기 위한 방법이 제공된다. 방법은 워크피스 지지부 상에 워크피스를 제공하는 단계 및 워크피스에 관하여 이온 빔을 스캐닝하는 단계를 포함한다. 추가로, 방법에 따라, 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각은 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 가변된다. 예컨대, 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각은 각도 에너지 필터 중 하나 또는 그 초과에 대한 입력을 가변시키고 스캐닝된 이온 빔에 관하여 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시킴으로써 가변된다. 이로써, 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각은 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 가변된다.

[0013] 상기 요약은 본 발명의 일부 실시예들의 일부 피처(feature)들의 짧은 개요를 제공하도록 의도되고, 그리고 다른 실시예들은 위에 언급된 것들에 부가되는 피처 및/또는 상이한 피처를 포함할 수 있다. 특히, 이 요약은 본 출원의 범위를 제한하도록 이해되지 않는다. 따라서, 상기 및 관련된 목적들의 달성을 위하여, 본 발명은 이후 설명되고 특히 청구항들에서 지적되는 피처들을 포함한다. 다음 설명 및 첨부된 도면들은 본 발명의 특정 예시적 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나, 이들 실시예들은, 본 발명의 원리들이 이용될 수 있는 다양한 방식들 중 일부를 나타낸다. 본 발명의 다른 목적들, 장점들 및 새로운 피처들은, 도면들과 함께 고려될 때 본 발명의

다음 상세한 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른 예시적인 3차원 워크피스를 예시한다.

도 2는 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른 예시적 이온 주입 시스템의 개략적인 블록 다이어그램을 예시한다.

도 3은 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른 도 2의 개략적인 블록 다이어그램의 일부의 다른 뷰(view)를 예시한다.

도 4는 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른 예시적인 각도 에너지 필터를 예시한다.

도 5는 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른 다른 예시적인 각도 에너지 필터 및 기계적 스캔을 예시한다.

도 6은 본 개시내용의 다양한 양상들에 따른, 이온들을 워크피스에 주입하는 것을 핸들링하기 위한 예시적인 방법을 예시하는 블록 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 개시내용은 일반적으로 이온들을 워크피스(workpiece) 내에 주입하기 위한 이온 주입 시스템들 및 방법들에 관한 것이고, 그리고 보다 구체적으로 동시에 워크피스에 관하여 제 1 방향으로 이온 빔을 스캐닝하고 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 각을 제 2 방향으로 선택적으로 가변시키기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 따라서, 본 발명은 이제 도면들을 참조하여 설명될 것이고, 여기서 동일한 참조 번호들은 전체에 걸쳐 동일한 엘리먼트들을 지칭하기 위하여 사용될 수 있다. 이들 양상들의 설명이 단지 예시적이고 이들 양상들이 제한적 의미로 해석되지 않아야 하는 것이 이해될 것이다. 다음 설명에서, 설명의 목적들을 위하여, 다수의 특정 상세들은 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위하여 설명된다. 그러나, 본 발명이 이들 특정 상세들 없이 실시될 수 있다는 것이 당업자에게 명백할 것이다. 추가로, 본 발명의 범위는 첨부 도면들을 참조하여 이후에 설명되는 실시예들 또는 예들에 의해 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 첨부된 청구항들 및 청구항들의 등가물들에 의해서만 제한되도록 의도된다.

[0016] 또한, 도면들이 본 개시내용의 실시예들의 일부 양상들의 예시를 제공하기 위하여 제공되고 그러므로 단지 개략으로서 간주되는 것이 주의된다. 특히, 도면들에 도시된 엘리먼트들은 반드시 서로 실척이지 않고, 그리고 도면들에서 다양한 엘리먼트들의 배치는 각각의 실시예의 명확한 이해를 제공하기 위하여 선택되고, 필수적으로 본 발명의 실시예에 따른 구현들에서 다양한 컴포넌트들의 실제 상대적 위치들의 표현인 것으로 이해되지 않을 것이다. 게다가, 본원에 설명된 다양한 실시예들 및 예들의 피처들은, 구체적으로 다르게 언급되지 않으면, 서로 결합될 수 있다.

[0017] 다음 설명에서, 기능 블록들, 디바이스들, 컴포넌트들, 회로 엘리먼트들 또는 도면들에 도시되거나 본원에 설명된 다른 물리적 또는 기능적 유닛들 사이의 임의의 직접 연결 또는 커플링이 또한 간접 연결 또는 커플링에 의해 구현될 수 있다는 것이 또한 이해될 것이다. 게다가, 도면들에 도시된 기능 블록들 또는 유닛들이 일 실시예에서 별개의 피처들 또는 회로들로서 구현될 수 있고, 그리고 또한 또는 대안적으로, 다른 실시예에서 공통 피처 또는 회로로 완전히 또는 부분적으로 구현될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 예컨대, 몇몇 기능 블록들은 신호 프로세서 같은 공통 프로세서상에서 실행되는 소프트웨어로서 구현될 수 있다. 다음 명세서에서 유선-기반인 것으로서 설명된 임의의 연결이 또한, 반대로 언급되지 않으면, 무선 통신으로서 구현될 수 있다는 것이 추가로 이해될 것이다.

[0018] 이제 도면들을 참조하여, 본 개시내용의 일 양상에 따라, 도 2는 예시적인 이온 주입 시스템(100)을 예시한다. 이온 주입 시스템(100)은, 예컨대, 터미널(terminal)(102), 빔라인 어셈블리(104), 및 단부 스테이션(106)을 포함한다. 일반적으로 말해서, 터미널(102) 내의 이온 소스(108)는 도판트 가스를 복수의 이온들로 이온화하고 이온 빔(112)을 형성하기 위하여 전원(110)에 커플링된다. 본 예에서 이온 빔(112)은 질량 분석기(114)를 통하여, 그리고 애퍼처(aperture)(116) 밖으로 단부 스테이션(106) 쪽으로 지향된다. 단부 스테이션(106)에서, 이온 빔(112)은 척(120)(예컨대, 정전기 척 또는 ESC)에 선택적으로 클램핑되거나 장착되는 워크피스(118)(예컨대, 실리콘 웨이퍼, 디스플레이 패널 등 같은 반도체 워크피스)에 충돌한다. 워크피스(118)의 격자 내에 임베딩(embed)되면, 주입된 이온들은 워크피스의 물리적 및/또는 화학적 특성들을 변화시킨다. 이 때문에, 이온 주입은 반도체 디바이스 제조 및 금속 마감처리뿐 아니라, 재료 과학 연구의 다양한 애플리케이션들에 사용된다.

[0019] 본 개시내용의 이온 빔(112)은 임의의 형태, 이를테면 펜슬(pencil) 또는 스폿 빔(spot beam), 리본 빔, 스캔된 빔, 또는 이온들이 단부 스테이션(106) 쪽으로 지향되게 하는 임의의 다른 형태를 취할 수 있고, 그리고 모든 그런 형태들은 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로서 고려된다. 바람직한 실시예에서, 이온 빔(112)은 스폿 빔을 포함하고, 스폿 빔은 애퍼처(116)의 다운스트림에 포지셔닝된 빔 스캐너(122)를 통해 스캐닝된다. 빔 스캐너(122)는 예컨대, 제 1 축(123)을 따라(예컨대, x-방향으로) 이온 빔(112)을 정전기적으로 또는 자기적으로 스캔하고, 이온 빔의 복수의 빔렛(beamlet)들은 평행기(parallelizer)(124)를 통하여 빔 스캐너의 다운스트림에서 추가로 평행해질 수 있다. 추가로, 워크피스 스캐너(126)는 스캐닝된 이온 빔(112)을 통하여 워크피스를 스캔(예컨대, 워크피스(118)는 y-방향으로 기계적으로 스캐닝됨)하기 위하여 활용될 수 있다.

[0020] 본 개시내용은 이온 주입 시스템(100)에 제공된 각도 에너지 필터(AEF)(128)를 추가로 구현한다. 예컨대, AEF(128)는 메사추세츠의 베벌리에 있는 Axcelis Technologies, Inc.에 의해 제조된 Purion Ion Implantation System에서 제공된 하나 또는 그 초과의 피처들을 포함할 수 있다. AEF(128)는 예컨대 스캐닝되고 평행한 이온 빔(112)을 수신하고 추후에 중성 입자들이 워크피스에 도달하는 것을 방지하기 위하여 도 3에 예시된 바와 같이 인입 빔라인 축(127)으로부터 제 2 축(129)을 따라(예컨대, 수직 또는 y-방향으로) 워크피스(118) 쪽으로 이온 빔을 편향시키도록 구성된다. 예컨대, 그 전체가 본원에 인용에 의해 포함되는 Benveniste 등에 의한 미국 특허 번호 제 6,881,966 호는 하이브리드 편향 시스템을 형성하기 위하여 정전기 편향기와 함께 이용되는 자기 편향기를 개시한다. 하이브리드 편향 시스템에서, 자기 편향기 모듈은 일반적으로 낮은 이온 빔 에너지들에서 편향을 위해 이용되는 반면, 정전기 편향 모듈은 일반적으로 더 높은 빔 에너지들에서 이용된다. AEF(128)는 예컨대 이온 빔(112)의 에너지의 함수로서 이온 빔(112)의 궤적을 가변시키고, 그리고 빔의 이동 경로를 따라 이동하는 중성 이온들로부터 주입될 원하는 이온들을 편향시키도록 제어될 수 있다. AEF 시스템의 부가적인 개시내용들은 예컨대 Rathmell 등에 의한 미국 특허 번호 제 6,777,696 호 및 Graf 등에 의한 미국 특허 공개 번호 제 2010/0065761 호에서 발견될 수 있고, 그리고 또한 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0021] 본 개시내용은 워크피스가 이온 빔의 전면에 포지셔닝되는 각도를 기계적으로 조정하는 것과 대조적으로, 워크피스(118) 쪽으로 이온 빔의 공격 각도를 조정함으로써 주입 각도가 주입과 동시에 가변될 수 있도록 주입될 이온 빔(112)의 궤적을 가변시키기 위해 AEF(128)를 활용한다. 예컨대, 통상적으로, 이온 주입 시스템에서 수직 빔 조정은 이온 빔과 워크피스 사이의 상대적 배향을 결정하기 위한 시스템을 통해 제공된다. 측정 컴포넌트는, 워크피스와 빔 사이의 상대적 배향이 기계적으로 조정되거나 설정될 수 있도록, 이온 빔에 관하여 선택적 관계로 측정 컴포넌트와 워크피스 사이의 상대적 배향을 허용한다. 예컨대, Rathmell 등에 의한 미국 특허 번호 제 7,361,914 호는 이온 빔과 워크피스 사이의 상대적 배향을 결정하기 위한 예시적인 측정 컴포넌트를 제공한다.

[0022] 워크피스 지지부(120)에서 워크피스 배향의 위에 설명된 기계적 조정들을 제공하기 보다, 본 개시내용은 유리하게 주입과 동시에 이온 주입의 가변 각도들을 제공하기 위하여 AEF(128)에 의해 제공되는 바와 같은 빔 편향을 통해 빔 궤적의 전자 및/또는 자기 조정들을 활용한다. 워크피스 지지부(120)를 통한 경사각의 기계적 변동이 본 개시내용의 AEF(128)를 통한 각도 변동보다 상당히 느린 경사각의 변동 주파수를 제공하는 것이 현재 인지된다. 예컨대, 종래의 경사각들은 워크피스 지지부(120)의 기계적 변동을 사용하여 대략 2-3 Hz로 가변되는 반면, AEF(128) 또는 다른 빔 스캐닝 장치를 활용하는 본 개시내용의 각도 변동은 종래의 기계적 시스템들보다 10 내지 10의 몇 승만큼 크게 각도 변동할 수 있다.

[0023] 본 개시내용이 또한 위에서 설명된 기계적 워크피스 조정을 보충하기 위하여 사용될 수 있어서, 워크피스 지지부(120)에서 기계적 워크피스 조정이 대략적 각도 조정 또는 회전을 제공할 수 있는 반면, AEF(128)를 통한 이온 빔(112)의 전기 또는 자기 편향이 이온 빔(112)과 워크피스(118) 사이의 정확한 각도 배향을 위하여 더 정확한 최종 각도 조정을 제공하는 것이 이해될 것이다. 따라서, 각도 주입 장치(130)는 AEF(128) 및 조정 가능한 워크피스 지지부(120) 중 하나 또는 그 초과를 포함하는 것으로 고려될 수 있고, 각도 주입 장치는 워크피스(118)에 관하여 스캐닝된 이온 빔(112)의 입사각을 가변시키도록 구성된다. 추가로, 본 발명이 펜슬/스폿 이온 빔 및 리본 빔 주입 시스템들 둘 다에 적용 가능하다는 것이 주의되어야 한다.

[0024] 또한 현재, 본 개시내용에 제공된 더 빠른 스캐닝 각도 변화가 워크피스 경사각으로부터 워크피스 스캔(예컨대, 워크피스 스캐너(126)와 연관됨)을 디커플링할 뿐 아니라, 기계적 워크피스 조정과 연관된 진동을 디커플링하기 위하여 사용될 수 있다는 것이 인지된다. AEF(128)는 예컨대, 전기 또는 자기 에너지 필터일 수 있고, 빔 각도 변동 주파수는 기계적 변동보다 상당히 더 빠를 수 있다. 예컨대, 이온 주입 시스템(100)은 대략 1kHz 또는 초당 1000번 수평 방향으로(예컨대, 제 1 축(123)을 따라 또는 도 2의 x-방향으로) 이온 빔(112)을 스캔하도록 구성된다. AEF(128)는 추가로 수직 방향(예컨대, 도 3의 제 2 축(129)을 따라 또는 대략 15-20 도만큼 y-방향으

로 이온 빔(112)을 휨)으로 전체 스캐닝된 이온 빔(112)을 휘도록 동작 가능하다. 예컨대, 스캐닝된 이온 빔(112)은 AEF(128)를 통하여 몇백 헤르쯔로 왔다갔다 진동될 수 있다(예컨대, y-방향으로 초당 몇백 진동들로 스캐닝된 이온 빔을 스윕핑(sweeping)함). 워크피스(118)가 초당 몇 센티미터 같은 비교적 느린 스캔 속도로 워크피스 스캐너(126)를 통해 스캔 축(도 3의 화살표(132)로서 도시됨)을 따라 이동하면, 워크피스의 상단/중앙/하단에서 각도 변동은 무시 가능할 것인데, 그 이유는 상당량의 각도 변동이 비교적 짧은 시간 기간 내에 달성되는 반면 워크피스는 워크피스 스캐너(126)에 의해 스캔되기 때문이다.

[0025] 따라서, 도 2의 본 이온 주입 시스템(100)은 이온들의 주입과 동시에 주입 각도를 가변시키고, 이로써 3차원 구조들의 측벽 및 트렌치 주입 프로파일 제어뿐 아니라, 종래 방법론들 및 시스템들에 비해 증가한 처리량을 유리하게 제공한다. 따라서, AEF(128)는 시스템에 작은 각도 스캐닝 능력을 부가하여, 주입 동안, 각도는 워크피스(118)의 표면에서 더 균일한 각도 확산을 가지도록 변화될 수 있다.

[0026] 따라서, 본 개시내용은 주입 동안 주입 각도를 가변시키기 위한 각도 에너지 필터(128)를 활용한다. 더 대략적으로, 이온 빔(112)은 수평으로 스캐닝된 이온 빔(112)(예컨대, x-방향으로)이 수직으로(예컨대, y-방향으로) 스캐닝된다. 이온 빔(112)이 빔 스캐너(122)를 통해 x-방향으로 빠르게 스캐닝되기 때문에(예컨대, 대략 1kHz), 그것은 순시적으로 보여질 때 이온 빔이 스폿 빔이더라도, 리본인 것 같이 보이는 것을 형성한다. 이로써, 전체 스캐닝된 이온 빔(112)("리본 빔"으로서 또한 알려짐)은 스캐닝 디바이스로서 각도 주입 장치(130)를 사용하여 수직으로 추가로 스캐닝된다. 따라서, 각도 주입 장치(130)는 반드시 위에서 논의된 바와 같은 각도 에너지 필터가 아니라, 오히려 본 개시내용은 제 1 및 제 2 방향 둘 다에서 워크피스(118)에 관하여 이온 빔(112)을 전기적으로 및/또는 자기적으로 스캔하도록 동작 가능한 어떤 디바이스를 고려한다.

[0027] 도 3 및 4는 AEF(128)를 포함하는 예시적인 각도 주입 장치(130)를 예시하고, 스캐닝된 이온 빔(112)(예컨대, 도 2의 제 1 축(123) 또는 x-방향을 따라 스캐닝됨)은 AEF(128)를 활용하여 추가로 스캐닝된다(예컨대, 제 2 축(129) 또는 y-방향을 따라). 워크피스(118)는 예컨대, 도 2의 워크피스 스캐너(126)를 통하여 y-방향으로 스캔 축(132)을 따라 추가로 스캐닝(예컨대, 기계적으로)된다. 도 4에 개략적으로 예시된 바와 같이, 예컨대, 워크피스(118)는 워크피스(118) 위에 형성되거나 그렇지 않으면 배치되는 복수의 3차원 구조들(134), 이를테면 FinFET 구조들(워크피스(118) 위에 배치된 어떤 다른 층들 또는 구조들, 이를테면 포토레지스트, 질화물, 산화물 등을 포함함)을 포함하고, 복수의 3차원 구조들은 워크피스의 표면(136)으로부터 연장된다. 따라서, 각도 주입 장치(130)는 AEF(128)를 활용한 이온 빔(112)의 스캐닝을 통하여 트렌치들(138) 및/또는 구조들(134)의 측벽들(140)에 적당하게 주입하기 위하여 하나 또는 그 초과의 상이한 입사각 변동들을 유리하고 신속하게 제공한다.

[0028] 도 5는 기계적 장치(142)를 포함하는 다른 예시적인 각도 주입 장치(130)를 예시하고, 스캐닝된 이온 빔(112)(예컨대, 빔 스캐너(122)에 의해 도 2의 제 1 축(123) 또는 x-방향을 따라 스캐닝됨)은 워크피스(118)에 충돌되고, 그리고 워크피스는 추가로 도 2 및 3의 워크피스 지지부(120)를 활용하여 추가로 기계적으로 경사지거나 스캐닝된다. 또한, 도 5의 워크피스(118)는 도 2 및 3의 워크피스 스캐너(126)를 통하여 y-방향으로 스캔 축(132)을 따라 추가로 스캐닝된다. 기계적 장치(142)는 예컨대, z-축을 중심으로 워크피스(118)(및 도 2 및 3의 워크피스 지지부(120))를 회전(예컨대, 90 도 또는 임의의 크기만큼)하도록 추가로 동작 가능하여, 구조들(134)의 부가적인 표면들(도시되지 않음)은 이온 빔(112)에 의해 충돌될 수 있다. 예컨대, 3차원 구조들(134)의 레이아웃이 서로에 관하여 그리고 워크피스(118)의 표면(136)에 관하여 다양한 방향들로 연장되면, 워크피스의 90 도 회전 또는 다른 원하는 회전은 기계적 장치(142)에 의해 달성될 수 있다.

[0029] 도 2-5의 각도 주입 장치(130)의 조합은 예컨대, 하나 또는 그 초과의 입사각들로 이온들을 주입하기 위하여 워크피스(118)의 정전기/자기 스캐닝 및 기계적 스캐닝/경사 둘 다를 유리하게 제공하기 위하여 활용될 수 있다. 게다가, 도 2에 예시된 제어기(150)는 제공되고, 시스템(100), 이를테면 AEF(128), 각도 주입 장치(130), 빔 스캐너(122), 기계적 장치(142), 및/또는 원하는 주입에 기반하는 이온 주입 시스템의 다양한 다른 컴포넌트들 중 일부 또는 모두를 제어하기 위해 동작 가능하다.

[0030] 따라서, 본 개시내용은 예컨대, 이온 빔(112)을, 워크피스(118) 상에 배치된 도 4의 3차원 구조(134)(예컨대, FinFET 디바이스)의 측벽(140)의 대향 측면들에 전달하기 위한 능력을 제공한다. 예시적인 구현에서, 그런 3차원 구조의 대향 측벽들은 워크피스의 중앙축에 관련하여 워크피스를 회전함으로써(예컨대, 소위 "꼬임 각도"에 관하여 회전함) 워크피스 경사각으로 연속하여 주입된다. 그런 주입은 종종 "바이-모드(bi-mode) 주입"으로 불린다. 유사하게, 3차원 구조의 4개의 상이한 측벽들은 통상적으로 연속하여 워크피스를 90도로 4회 꼬움으로써, 소위 "쿼드(quad) 주입"에 의해 주입된다. 그러나, 디바이스의 다른 측 상의 라인 에지에 관련하

여 디바이스의 한 측면의 라인 에지에 대한 유해한 효과들이 아마도 제 1 주입 스캔으로부터 제 2 주입 스캔으로의 메모리 효과로 인해, 바이-모드(0°/180°) 주입으로 제공되는 것이 발견되었다.

[0031] 본 개시내용에 따라, 이온 빔(112)은 유리하게 도 2의 제 1 축(123)을 따라 스캐닝되고(예컨대, 빔 스캐너(122)를 통하여 수평 방향 또는 x-방향으로 스캐닝됨), 그리고 평행한 빔은 평행기(124)에 의해 형성되고, 이에 의해 평행화된 빔은 추가로 도 2-5의 제 2 축(129)을 따라 스캐닝된다(예컨대, 수직 방향 또는 y-방향으로 스캐닝됨). 따라서, 본 개시내용에 의해 제공된 이온 빔(112)은 종래에 수행된 바와 같이, 워크피스를 회전하고 별도의 주입 스캔들을 수행할 필요 없이 단일 주입 스캔 동안 구조(134)의 대향 측벽들(140)에 주입하도록 동작 가능하다. 예컨대, 본 개시내용의 주입은, 워크피스(118)의 표면(136)이 공칭 중심선(144)에 수직일 때(즉, 이온 빔(112)이 어떠한 경사각도 없음(예컨대, 소위 "제로-각도 주입")) 특히 유용할 수 있고, 이온 빔은 위에서 설명된 바와 같이 AEF(128)를 사용하여 이를테면 +/- 10도의 스캔으로 스캔된다. AEF를 통한 이온 빔(112)의 그런 스캐닝은 예컨대, 단일 주입 사이클에서 대향 측벽들(140)의 양쪽 측면들에 유리하게 주입한다. 추가로, 정사각형 트렌치 주입(예컨대, 3차원 구조(138)의 하단 및 측벽들)을 위해 이런 접근법을 사용하여, 종래의 "쿼드 주입"은 워크피스 지지부(120)를 통한 워크피스(118)의 단일 90도 회전에 의해 그리고 이온 빔(112)을 스캐닝하기 위하여 AEF(128)를 활용하여 유리하게 재생될 수 있어서, 3차원 구조(134)의 모두 4개의 측면들(140)은 종래에 서로 90도 회전되는 4개의 별도의 스캔 통과들에 대한 필요 없이 주입될 수 있다.

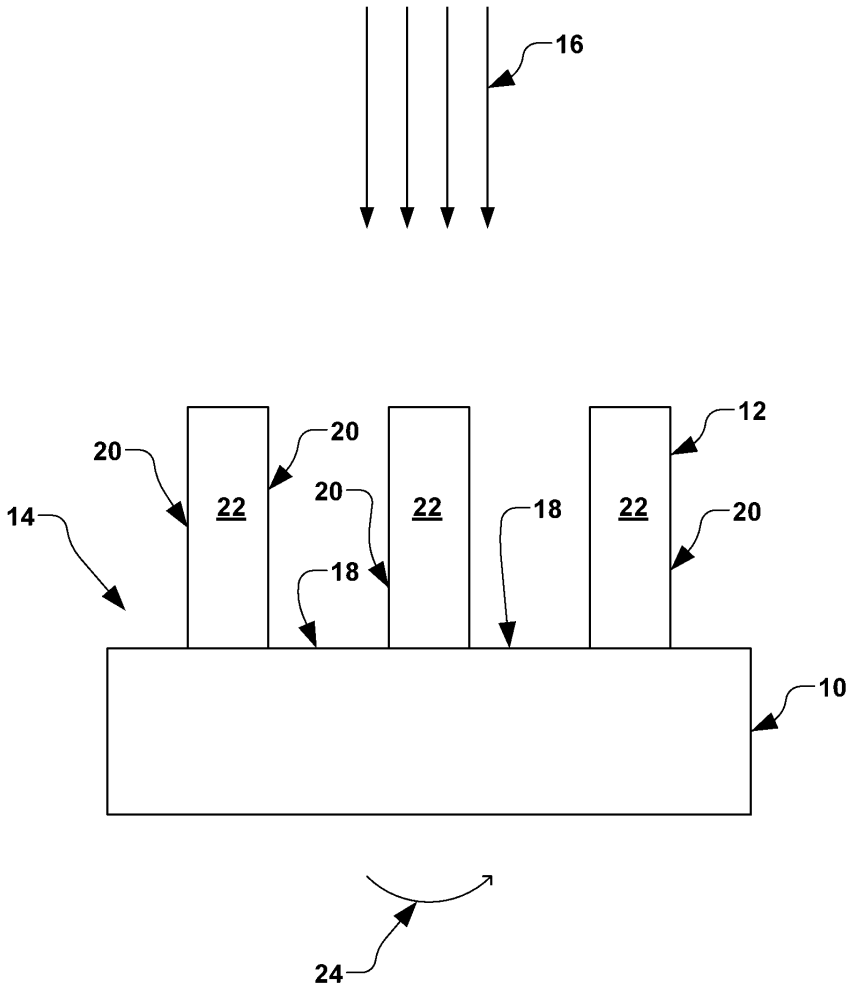
[0032] 다른 예시적인 양상에 따라, 다수의 입사각들로 이온들을 주입하기 위한 방법(200)은 도 6에 예시된다. 예시적인 방법들이 일련의 동작들 또는 이벤트들로서 본원에 예시 및 설명되지만, 본 발명에 따라, 일부 단계들이 본원에 도시되고 설명된 것 이외의 상이한 순서들로 및/또는 다른 단계들과 동시에 발생할 수 있기 때문에, 본 발명이 그런 동작들 또는 이벤트들의 예시된 순서에 의해 제한되지 않는 것이 인지될 것이 주의되어야 한다. 게다가, 본 발명에 따른 방법론을 구현하기 위하여 모든 예시된 단계들이 요구되지는 않을 수 있다. 게다가, 방법들이 예시되지 않은 다른 시스템들과 연관해서뿐 아니라, 본원에 예시되고 설명된 시스템들과 연관하여 구현될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0033] 도 6에 예시된 바와 같이, 방법(200)은 동작(202)에서 워크피스 지지부 상에 워크피스를 제공하는 단계를 포함한다. 동작(204)에서, 이온 빔은 워크피스에 관련하여 스캔된다. 워크피스 지지부는 예컨대, 이온 빔에 관하여 워크피스를 병진 및/또는 회전하도록 동작 가능한 이동 가능 워크피스 지지부를 포함할 수 있다. 동작(206)에서, 스캐닝된 이온 빔의 입사각은 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 워크피스에 관하여 가변된다. 동작(206)에서 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 것은 예컨대, 각도 에너지 필터에 대한 입력을 가변시키는 것을 포함하고, 상기 각도 에너지 필터는 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌하는 것과 동시에 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시킨다. 각도 에너지 필터는 예컨대, 자기 편향 모듈 및 정전기 편향 모듈 중 하나 또는 그 초과를 포함한다. 다른 예에 따라, 워크피스에 관하여 스캐닝된 이온 빔의 입사각을 가변시키는 것은 추가로, 또는 대안적으로, 스캐닝된 이온 빔에 관하여 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시키는 것을 포함한다. 워크피스 지지부의 각도를 기계적으로 가변시키는 것은 예컨대, 스캐닝된 이온 빔이 워크피스에 충돌함과 동시에 수행된다.

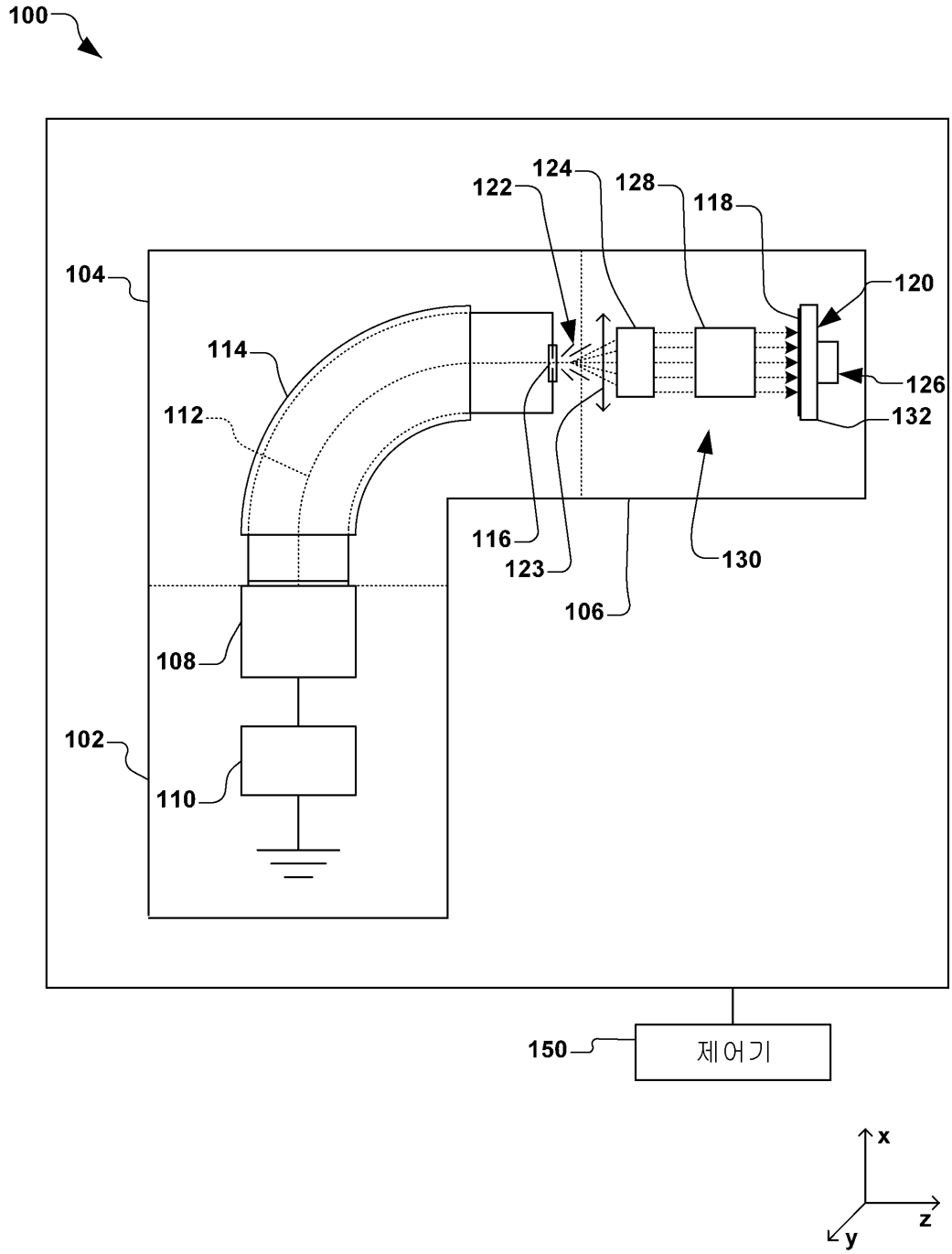
[0034] 비록 본 발명이 특정 실시예 또는 실시예들에 관하여 도시되고 설명되었지만, 상기 설명된 실시예들이 본 발명의 일부 실시예들의 구현들을 위한 예들로서만 역할을 하고, 본 발명의 출원이 이들 실시예들로 제한되지 않는 것이 주의되어야 한다. 특히 상기 설명된 컴포넌트들(어셈블리들, 디바이스들, 회로들, 등)에 의해 수행되는 다양한 기능들에 관하여, 그런 컴포넌트들을 설명하기 위하여 사용된 용어들("수단"에 대한 참조를 포함함)은, 다르게 표시되지 않으면, 본 발명의 본원에 예시된 예시적 실시예들의 기능을 수행하는 개시된 구조와 구조적으로 등가가 아니더라도, 설명된 컴포넌트의 특정 기능을 수행하는(즉, 기능적으로 등가임) 임의의 컴포넌트에 대응하도록 의도된다. 게다가, 본 발명의 특정 피처가 몇몇 실시예들 중 단지 하나에 관하여 개시되었을 수 있지만, 그런 피처는 임의의 주어진 또는 특정 애플리케이션을 위하여 원해지고 유리할 수 있을 때 다른 실시예들의 하나 또는 그 초과의 다른 피처들과 결합될 수 있다. 따라서, 본 발명은 상기 설명된 실시예들로 제한되는 것이 아니라, 첨부된 청구항들 및 청구항들의 등가물들에 의해서만 제한되도록 의도된다.

도면

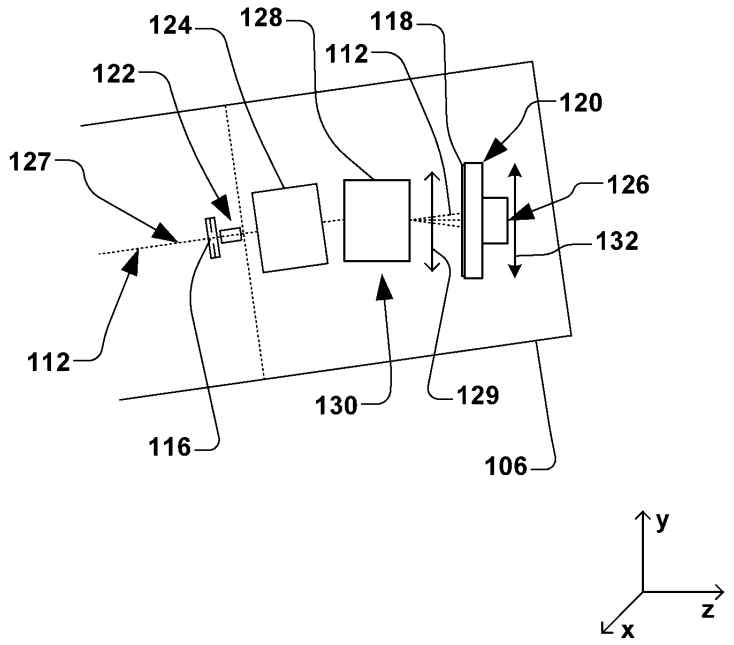
도면1



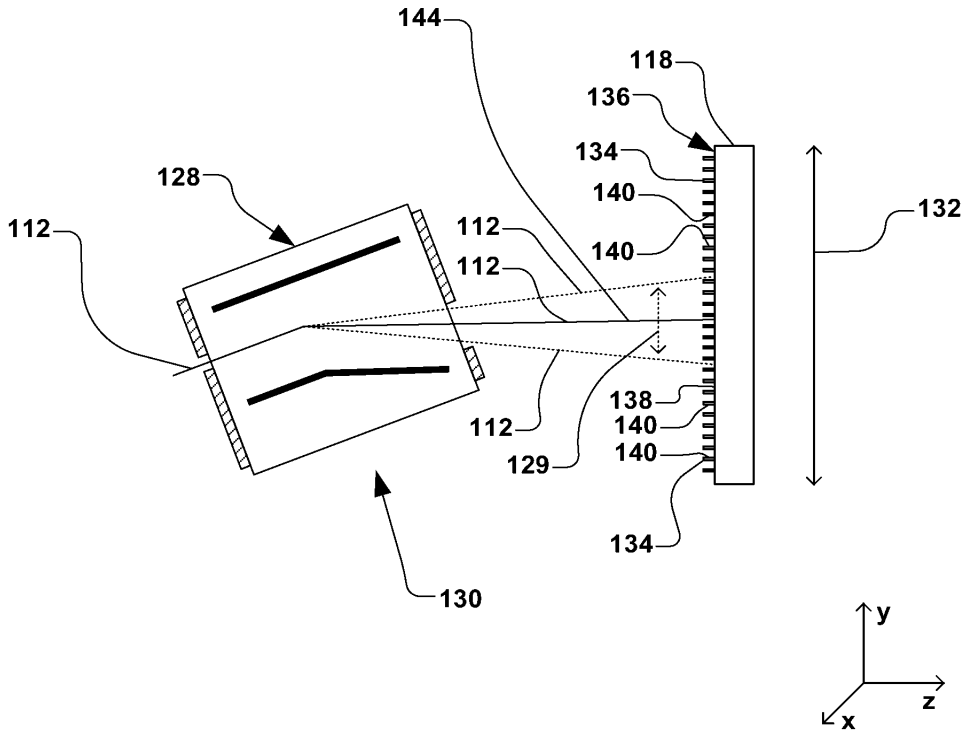
도면2


100
104
122
124
128
118
120
114
112
126
132
116
123
130
106
108
102
110
150
제어기
x
z
y

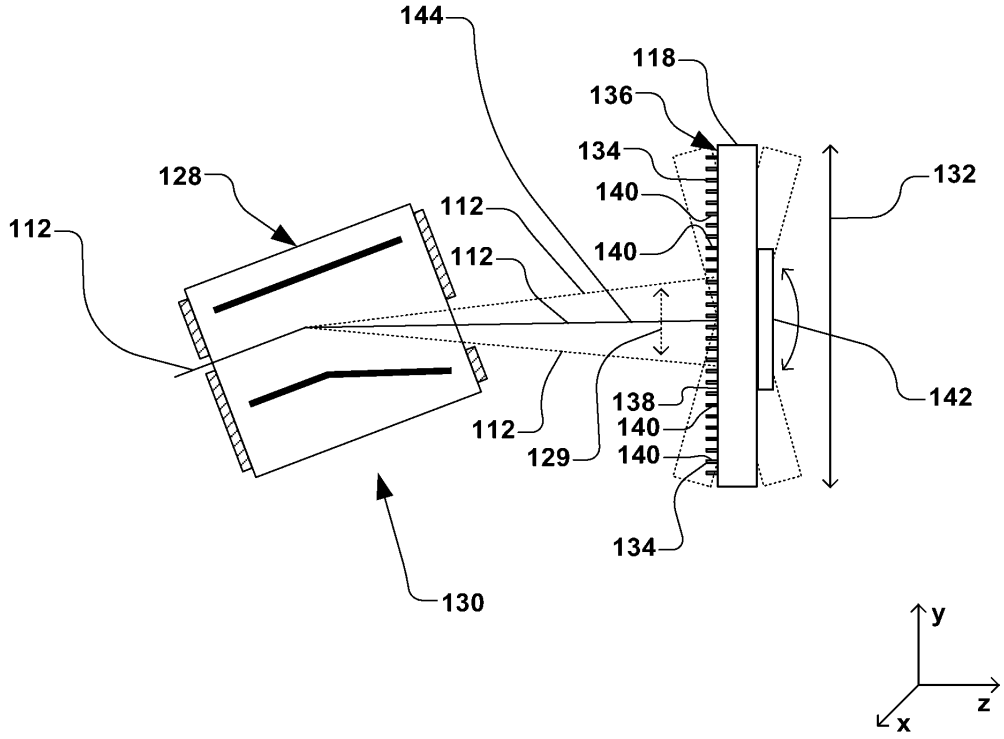
도면3


124
128
118
112
122
120
127
126
132
112
130
129
116
106
y
z
x

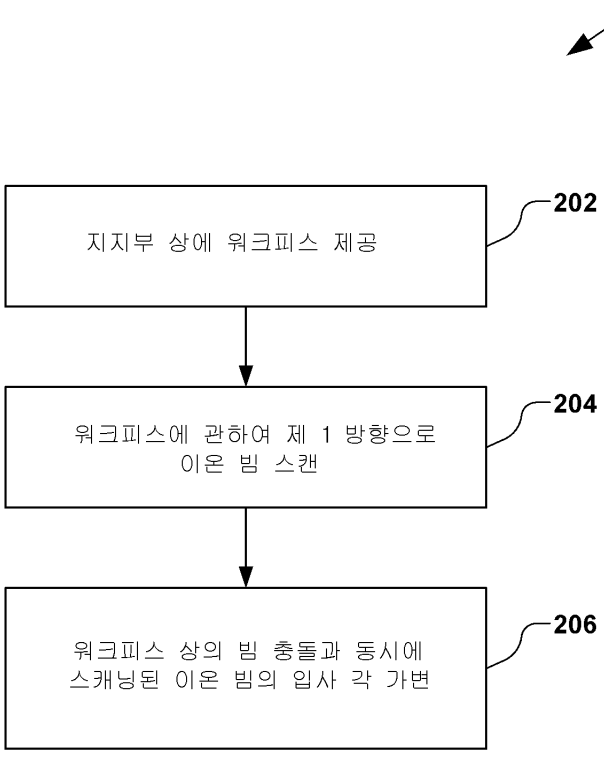
도면4


144
118
136
134
128
140
132
112
112
140
112
138
140
112
129
140
134
130
y
z
x

도면5


144
118
136
134
128
140
132
112
112
140
112
138
142
140
112
129
140
134
130
y
z
x

도면6


200
지지부 상에 워크피스 제공
202
워크피스에 관하여 제 1 방향으로 이온 빔 스캔
204
워크피스 상의 빔 충돌과 동시에 스캐닝된 이온 빔의 입사 각 가변
206