(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0049220
(43) 공개일자 2012년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/317 (2006.01) *H01L 21/266* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7000576
(22) 출원일자(국제) 2010년07월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년01월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/043912
(87) 국제공개번호 WO 2011/014779
국제공개일자 2011년02월03일
(30) 우선권주장
12/845,665 2010년07월28일 미국(US)
61/229,852 2009년07월30일 미국(US)

(71) 출원인
베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35
(72) 발명자
리오돈, 벤자민 비.
미국 01950 매사추세츠주 뉴버리포트 7에이 몬로 스트리트
배이트만, 니콜라스 피.티.
미국 01867 매사추세츠주 리딩 55 파스처 로드
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영우

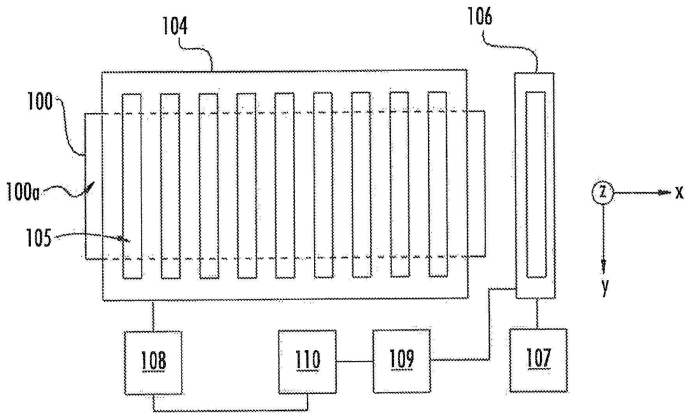
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **패러데이 프로브를 이용한 마스크 헬스 모니터**

(57) 요 약

이온 주입 장치에 있어서, 이온 전류 측정 장치는 마스크의 후방에 타겟 기판이 플레이튼 상에 위치하는 것처럼 상기 타겟 기판의 표면에 대하여 동일한 평면상에 배치된다. 상기 이온 전류 측정 장치는 이온 빔을 가로질러 이동된다. 상기 마스크의 복수의 개구들을 통해 유도되는 이온 빔의 전류는 상기 이온 전류 측정 장치를 이용하여 측정된다. 이러한 방식으로, 상기 마스크의 상태와 상기 이온 빔에 대한 상기 마스크의 위치가 상기 이온 전류 측정 장치에 의해 측정된 이온 전류 프로파일에 기초하여 결정될 수 있다.

대 표 도 - 도4



(72) 발명자

위버, 윌리암 티.

미국 78738 텍사스주 오스틴 13708 오버랜드 패스

로우, 러셀 제이.

미국 01969 매사추세츠주 로울리 137 힐사이드 스트리트

특허청구의 범위

청구항 1

이온 주입 장치에 마스크를 정렬하는 방법에 있어서,

타겟 기판을 지지하게 구성되는 플레이튼(platen)을 향하여 마스크의 복수의 개구들을 통해 이온 빔을 유도하는 단계;

상기 마스크의 후방에, 상기 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하는 바와 같이 상기 타겟 기판에 대해 실질적으로 동일 평면 관계로 이온 전류 측정 장치를 배치하는 단계;

상기 이온 빔을 가로질러 상기 이온 전류 측정 장치를 이동하는 단계;

상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 이온 전류 측정 장치의 위치를 기록하는 단계;

상기 기록된 위치들에서 상기 이온 전류 측정 장치를 이용하여 상기 마스크의 복수의 개구들을 통해 유도되는 상기 이온 빔의 전류를 측정하는 단계;

상기 기록된 위치들 각각에서 상기 이온 전류 측정 장치로부터 측정된 상기 이온 빔 전류에 대응하여 전류 신호를 발생시키는 단계;

상기 전류 신호를 컨트롤러에 전송하는 단계; 및

상기 컨트롤러에 의해 제어 신호를 발생시켜, 상기 이온 빔 또는 상기 마스크 중 적어도 하나가 상기 제어 신호에 기초하여 위치 조절되어 평균 이온 빔 각도가 상기 마스크의 복수의 개구들 중에서 중앙의 하나에 대해 중심에 있게 하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 마스크의 위치를 조절하는 단계는,

마스크 이동 메커니즘으로 신호를 송신하는 단계; 및

상기 마스크 이동 메커니즘에 의해 수신된 상기 신호에 기초하여 상기 타겟 기판에 대해 상기 마스크를 위치시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 타겟 기판에 대해 상기 마스크를 위치시키는 단계는 상기 플레이튼으로부터 이격되는 거리가 선형적인 관계로 상기 마스크를 가변적으로 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 플레이튼에 대해 상기 마스크를 위치시키는 단계는 상기 플레이튼에 대해 각도가 있는 관계로 상기 마스크를 가변적으로 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 이온 전류 측정 장치를 이동하는 단계는, 상기 이온 전류 측정 장치에 연결되는 이동 메커니즘을 이용하여 상기 이온 전류 측정 장치를 이동시키는 단계를 더 포함하며, 상기 이동 메커니즘은 상기 이온 빔을 가로질러 상기 이온 전류 측정 장치를 이동시키는 서보 모터를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 기록된 위치들에서 상기 이온 전류 측정 장치를 이용하여 상기 마스크의 복수의 개구들을 통해 유도되는 상기 이온 빔의 전류를 측정하는 단계는 상기 이온 빔 전류가 상기 이온 전류 측정 장치로부터 접지로 흐를 경우에 상기 이온 빔 전류를 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 이온 전류 측정 장치는 패러데이 프로브인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 마스크의 상기 복수의 개구들 각각들 통해 유도되는 상기 이온 빔의 상기 부분과 관련된 복수의 이온 전류 측정을 제공하는 복수의 패러데이 프로브들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

이온 소스;

상기 이온 소스로부터 이온들을 추출하여 이온 빔을 형성하고 상기 이온 빔을 플레이튼을 향해 유도하는 빔 라인 어셈블리;

상기 플레이튼의 전방에 배치되는 마스크를 구비하고, 상기 마스크는 상기 플레이튼을 향하여 상기 마스크를 통해 상기 이온 빔의 각 부분들을 통과시키는 복수의 개구들을 포함하며;

타겟 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하는 바와 같이 상기 타겟 기판의 표면과 실질적으로 동일 평면에 배치되는 이온 전류 측정 장치를 구비하고, 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 이온 빔을 가로질러 이동하며, 상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 개구들을 통해 수용되는 이온 전류에 비례하는 신호들을 생성시키고; 그리고

상기 이온 전류 측정 장치로부터 상기 신호들을 수용하며, 상기 마스크의 배향을 결정하는 컨트롤러를 구비하여 상기 마스크 내의 하나 또는 그 이상의 상기 복수의 개구들을 통해 상기 타겟 기판에 대해 상기 이온 빔의 각도들이 정렬되는 것을 특징으로 하는 이온 주입기 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 마스크의 위치와 상기 수용된 신호들을 비교하며, 상기 이온 주입기 시스템은 상기 마스크에 연결되고 상기 컨트롤러에 통신하게 연결되는 이동 메커니즘을 더 구비하고, 상기 이동 메커니즘은 상기 이온 전류 측정 장치로부터의 상기 신호들에 대응하여 상기 마스크의 위치 결정을 수정하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기 시스템.

청구항 11

이온 주입 장치에 사용되는 마스크의 상태를 결정하는 방법에 있어서,

마스크의 복수의 개구들을 통해 타겟 기판을 지지하는 플레이튼을 향하여 이온 빔을 유도하는 단계를 포함하며, 상기 마스크는 상기 이온 빔에 대해 수직하게 위치하고, 상기 개구들은 각각 해당 길이와 폭을 가지며;

상기 마스크의 후방에, 상기 플레이튼 상에 상기 타겟 기판이 위치하는 바와 같이 상기 타겟 기판에 대해 동일한 평면상에 그리고 상기 이온 빔에 대해 수직하게 이온 전류 측정 장치를 배치하는 단계;

상기 이온 빔을 가로질러 상기 마스크의 개구들에 대해 각도를 가지고 상기 이온 전류 측정 장치를 이동하는 단계;

상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 이온 전류 측정 장치 상으로 인사되는 이온 빔 전류를 검출하는 단계를 포함하고, 상기 검출된 이온 빔 전류는 상기 개구들 각각의 길이의 위치에 관련되며;

상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 이온 전류 측정 장치의 위치 및 각도를 기록하는 단계;

상기 기록된 위치들에서 상기 이온 전류 측정 장치를 이용하여 상기 마스크의 상기 복수의 개구들을 통해 유도되는 상기 이온 빔의 전류를 측정하는 단계;

상기 기록된 위치들 및 각도들에서 상기 이온 전류 측정 장치로부터의 상기 측정된 이온 빔 전류에 대응하여 전류 신호를 생성하는 단계;

상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 생성된 전류 신호에 기초하여 상기

개구들 각각의 전류 프로파일을 생성하는 단계; 및

상기 개구들 각각의 길이의 위치에 상응하는 상기 개구들 각각의 폭을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 마스크의 상기 개구들에 대하여 상기 이온 전류 측정 장치의 각도를 변화시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

이온 주입 장치에 이온 빔의 입사 각도들을 측정하는 방법에 있어서,

타겟 기판이 플레이튼 상에 위치할 때 상기 타겟 기판에 대해 실질적으로 동일 평면 관계로 복수의 전류 센서들을 구비하는 이온 빔 검출기 어셈블리를 위치시키는 단계;

상기 검출기 어셈블리 상에 입사되는 이온 빔을 제공하는 단계;

상기 복수의 전류 센서들 각각에 관련되는 빔 전류를 검출하는 단계;

검출된 빔 전류들을 이용하여 상기 복수의 전류 센서들 각각 상의 입사 각도들을 계산하는 단계;

상기 입사 각도들을 분석하여 상기 이온 빔의 균일성을 결정하는 단계; 및

상기 계산된 입사 각도들에 기초하여 상기 빔 전류를 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

이온 소스;

상기 이온 소스로부터 이온들을 추출하고, 이온 빔을 형성하며 상기 이온 빔을 타겟 기판을 지지하는 플레이튼을 향하여 유도하는 빔 라인 어셈블리;

상기 플레이튼 전방에 배치되는 마스크를 구비하고, 상기 마스크는 상기 플레이튼을 향하여 상기 마스크를 통해 상기 이온 빔의 해당 부분들을 통과시키는 복수의 개구들을 포함하며;

상기 타겟 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하는 바와 같이 상기 타겟 기판에 실질적으로 대해 동일한 평면상에 배치되는 이온 전류 측정 장치를 구비하고, 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 이온 빔을 가로질러 이동하며, 상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 경우에 상기 개구들을 통해 수용되는 이온 전류에 비례하는 신호들을 생성시키고; 그리고

상기 이온 전류 측정 장치로부터 상기 신호들을 수용하며 상기 마스크의 배향을 결정하는 컨트롤러를 구비하여, 상기 마스크 내의 하나 또는 그 이상의 상기 개구들을 통해 상기 이온 빔의 각도들이 상기 타겟 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하는 바와 같이 상기 타겟 기판에 대해 정렬되는 것을 특징으로 하는 이온 주입기 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 장치 제조 분야에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 이온 주입 동안 사용되는 마스크의 헬스(health)를 모니터하는 마스크, 장치 및 시스템을 통한 이온 주입에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이온 주입은 기판들 내로 도전성을 변화시키는 불순물들을 도입하는 표준 기술이다. 기판 및 관련된 박막 구조물 내에 정밀한 도핑 프로파일(profile)을 형성하는 점은 장치의 적절한 성능을 위해 매우 중요하다. 일반적으로, 원하는 불순물질은 이온 소스 내에서 이온화되고, 이온들이 규정된 에너지의 이온 빔을 형성하도록 가속되며, 상기 이온 빔이 상기 기판의 표면으로 유도된다. 상기 이온 빔 내의 활성화된 이온들은 대대분의 기판 물질 내로 침투하고, 상기 기판 물질의 결정격자 내에 삽입되어 원하는 도전성을 갖는 영역을 형성한다.

[0003] 이온 주입 장치는 원하는 도펀트들을 실리콘 기판에 주입하여 태양 전지(solar cell)들을 형성하는 데 사용될

수 있다. 이러한 태양 전지들은 순환하는 자연적인 자원을 이용하여 오염을 유발하지 않으며, 균등-횡단(equal-across) 에너지를 제공한다. 환경 문제에 대한 관심과 증가하는 에너지 비용으로 인하여, 태양 전지들은 범세계적으로 보다 중요해지고 있다. 어떠한 제조비용의 감소 또는 고성능의 태양 전지들의 생산의 증가 혹은 고성능 태양 전지들에 대한 효율의 개선은 전 세계적으로 태양 전지들을 사용하는 데 긍정적인 영향을 가져올 것이다. 이에 따라 클린에너지 기술이 보다 폭넓게 이용될 수 있다.

[0004] 태양 전지들에는 효율을 향상시키기 위하여 도핑이 요구될 수 있다. 도 1은 선택적 에미터(selective emitter) 태양 전지의 단면도를 도시한 것이다. 에미터(200)를 도핑하고 콘택들(202) 아래의 영역들(201)에 추가적인 도펀트를 제공하여 효율을 증가시킬 수 있다. 상기 영역들(201)을 보다 고농도로 도핑하여 도전성을 증가시킬 수 있으며, 상기 콘택들(202) 사이를 저농도로 도핑하여 전하 포집(charge collection)을 향상시킬 수 있다. 상기 콘택들(202)은 단지 약 2-3㎜ 정도의 간격으로 이격될 수 있다. 상기 영역들(201)은 다만 대략 100-300㎛ 정도의 폭을 가질 수 있다.

[0005] 도 2는 이면 접합형(Interdigitated Back Contact; IBC) 태양 전지의 단면도를 도시한 것이다. 상기 이면 접합형(IBC) 태양 전지에 있어서, 태양 전지의 후면 상에 정션(junction)이 위치한다. 이와 같은 특정한 예에서 도핑 패턴은 P형 및 N형 도펀트 영역들이 번갈아 나타난다. P^+ 에미터(203) 및 N^+ 후면 표면 전계(204)가 도핑될 수 있다. 이러한 도핑은 상기 이면 접합형(IBC) 태양 전지 내의 정션이 작용하게 하거나 향상된 효율을 가져올 수 있다.

[0006] 과거에는, 태양 전지들이 도펀트를 함유하는 유리 또는 태양 전지 내로 도펀트들을 확산시키도록 가열되는 페이스트(paste)를 사용하여 도핑되어 왔다. 이는 상기 태양 전지의 다양한 영역들을 정밀하게 도핑할 수 없으며, 보이드들, 공기 버블들 또는 오염 물질들이 존재할 경우에는 균일하지 않은 도핑이 발생할 수 있었다. 이온 주입에 의해 태양 전지의 정밀한 도핑이 가능하기 때문에 이온 주입이 태양 전지들에 유용할 수 있었다. 그러나 상기 태양 전지들의 이온 주입에는 도펀트들의 특정한 패턴이나 이온들이 주입되는 태양 전지 기판의 특정한 영역들만이 요구될 수 있다. 이전에는, 기판의 특정 영역들 만에 대한 주입은 포토레지스트와 이온 주입을 이용하여 수행되어 왔다. 그러나 추가적인 공정 단계들이 수반되기 때문에 포토레지스트의 사용은 태양 전지의 제조에 추가적인 비용을 초래할 수 있다. 마찬가지로 태양 전지 표면상의 다른 하드 마스크들 사용에도 비싸며 추가적인 단계들이 요구된다. 따라서 이러한 분야에서 개선된 마스크를 통한 주입 방법, 보다 구체적으로는 이온 주입을 위해 사용되는 마스크의 헬스 모니터(health monitor)가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면 이온 주입 장치 내에 마스크의 정렬을 결정하는 장치 및 방법이 제공된다.

과제의 해결 수단

[0008] 예시적인 방법에 있어서, 이온 빔은 마스크의 복수의 개구들(apertures)을 통하여 타겟 기판을 지지하도록 구성된 플레이튼(platen)을 향해 유도된다. 이온 전류 측정 장치는 상기 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하는 것처럼 상기 타겟 기판에 대해 실질적으로 동일한 평면상에서 상기 마스크의 후방에 배치된다. 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 이온 빔을 가로질러 이동(translate)된다. 상기 이온 전류 측정 장치의 위치는 상기 이온 빔을 가로질러 이동하는 바와 같이 기록된다. 상기 마스크의 복수의 개구들을 통해 유도되는 상기 빔의 전류는 상기 기록된 위치들에서 상기 이온 전류 측정 장치를 사용하여 측정된다. 전류 신호는 상기 각각의 기록된 위치들에서 상기 이온 전류 측정 장치로부터의 측정된 이온 빔 전류에 대응하여 생성된다. 상기 전류 신호는 컨트롤러로 전송되고, 상기 컨트롤러로부터 제어 신호가 발생되며, 상기 제어 신호는 상기 제어 신호를 기반으로 하여 상기 이온 빔 또는 상기 마스크 중에서 적어도 하나의 위치를 정하는 데 이용되어, 평균 이온 빔 각도(mean ion beam angle)가 상기 마스크의 복수의 개구들 중에서 중앙부의 하나에 대해 중심에 위치한다.

[0009] 예시적인 실시예들에 있어서, 이온 주입기 시스템은 이온 소스, 빔 라인 어셈블리, 마스크, 이온 전류 측정 장치 및 컨트롤러를 구비한다. 상기 빔 라인 어셈블리는 상기 이온 소스로부터 이온들을 추출하도록 구성되어 이온 빔을 형성하며, 상기 이온 빔을 플레이튼을 향해 유도한다. 상기 마스크는 상기 플레이튼의 전방에 배치된다. 상기 마스크는 복수의 개구들을 구비하여, 상기 마스크를 통해 상기 이온 빔의 해당 부분들이 상기 플레이튼을 향하게 한다. 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 타겟 기판이 상기 플레이튼 상에 위치하였던 바와

같이 상기 타겟 기판의 표면과 실질적으로 동일한 평면상에 배치된다. 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 타겟 기판의 표면에 대해 동일 평면상으로 상기 이온 빔을 가로질러 이동하도록 구성된다. 또한, 상기 이온 전류 측정 장치는 상기 이온 전류 측정 장치가 상기 이온 빔을 가로질러 이동할 때 상기 개구들을 통해 수용되는 상기 이온 전류에 비례하는 신호들을 발생시키도록 구성된다. 상기 컨트롤러는 상기 이온 전류 측정 장치로부터 상기 신호들을 수용하도록 구성되며, 상기 타겟 기판에 대한 상기 마스크의 배향을 결정하여, 상기 마스크 내의 복수의 개구들 중에서 하나 또는 그 이상을 통해 상기 이온 빔의 각도들이 정렬된다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면, 마스크의 상태와 이온 빔에 대한 상기 마스크의 위치가 이온 전류 측정 장치에 의해 측정된 이온 전류 프로파일에 기초하여 결정될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 선택적 에미터 태양 전지의 단면도이다.

도 2는 이면 접합형(IBC) 태양 전지의 단면도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 대표적인 이온 주입 장치의 블록도이다.

도 3b는 마스크를 통한 주입을 나타내는 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 패러데이 프로브(Faraday probe)를 이용하는 마스크를 통한 주입을 나타내는 개략적인 정면도이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 페러데이 프로브를 이용하는 마스크를 통한 주입을 나타내는 개략적인 사시도이다.

도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 패러데이 프로브를 이용하는 마스크를 통한 주입을 나타내는 개략적인 상단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크-이온 빔 각도 정렬(angular alignment)을 나타내는 제1 상단면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크-이온 빔 각도 정렬을 나타나는 제2 상단면도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크 기판 정렬을 나타내는 제1 상단면도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크-기판 정렬을 타나내는 제2 상단면도이다.

도 9a는 마스크와 기판 또는 플레이튼 사이의 큰 갭(gap)과 관련된 특징 프로파일을 나타내는 도면이다.

도 9b는 마모되지 않은 개구들을 갖는 마스크의 신호 프로파일 상에 중첩되는 마모된 개구들을 갖는 마스크의 신호 프로파일을 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 마스크 부식의 테스트를 위한 패러데이 프로브의 일예를 나타내는 전면 사시도이다.

도 11 내지 도 13은 패러데이 프로브의 이동 동안에 도 10의 마스크 부식의 테스트를 위한 패러데이 프로브의 예를 나타내는 전면 사시도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예들이 도시된 첨부 도면들을 참조하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명은 많은 다른 형태들로 구현될 수 있으며, 본 명세서에 기재된 실시예들에 한정되는 것으로 이해되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예들은 오히려 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 자세하고 완전하게 이해되도록 제공되는 것이다. 도면에 있어서, 동일한 참조 부호들은 동일한 부재들을 나타낸다.

[0013] 도 3a는 이온 소스 챔버(120)를 포함하는 이온 주입 장치(115)의 블록도를 도시한 것이다. 파워 서플라이(power supply)(121)는 특정 종류의 이온들을 생성하도록 구성되는 소스 챔버(120)에 요구되는 에너지를 공급한다. 생성된 이온들은 일련의 전극들(114)을 통해 상기 소스로부터 추출되며, 질량 분석기 자석(116)을 통과하는 빔(103)으로 형성된다. 상기 질량 분석기는 특정 자기장을 갖도록 구성되어, 원하는 질량 대 전하(mass-to-

charge) 비율을 갖는 이온들만이 질량 분별 슬릿(mass resolving slit)(117)을 통한 최대 전송을 위한 상기 분석기를 통해 이동할 수 있다. 원하는 종류의 이온들은 감속 스테이지(118)를 통해 질량 슬릿(117)으로부터 교정자 자석(119)까지 통과한다. 교정자 자석(119)에는 동력이 제공되어 인가되는 자기장의 강도와 방향에 따라 작은 빔들을 굴절시켜 워크 피스(work piece) 또는 지지 부재(102)(예를 들면, 플레이튼) 상에 위치하는 기판을 타겟으로 향하는 리본 빔을 제공한다. 예시적인 실시예들에 있어서, 제2 감속 스테이지(122)가 교정자 자석(119)과 지지 부재(102) 사이에 배치될 수 있다. 상기 이온들은 상기 기판 내의 전자들 및 원자핵들과 충돌할 때 에너지를 상실하며, 가속 에너지를 바탕으로 상기 기판 내의 원하는 깊이에서 정지한다. 마스크(104)와 이온 전류 측정 장치(106)(도 4 참조)는 플레이튼(102)을 수용하는 프로세스 챔버에 인접하여 배치된다.

[0014] 도 3b는 마스크를 활용하는 기판(100)에 대한 주입을 나타내는 확대 단면도이다. 기판(100) 내에 이온 주입의 특정 패턴이 요구되는 경우, 마스크(104)는 이온 빔(103)의 통로 내의 기판(100)의 전방에 위치할 수 있다. 이러한 마스크(104)는 섀도(shadow) 마스크 또는 근접(proximity) 마스크일 수 있다. 기판(100)은, 예를 들면, 플레이튼(102) 상에 위치하는 태양 전지일 수 있으며, 플레이튼(102)은 정전기력 또는 물리력을 이용하여 그 상부에 기판(100)을 유지시킬 수 있다. 마스크(104)는 기판(100)의 표면 내의 이온 주입의 원하는 패턴에 상응하는 개구들(apertures)(105)을 구비한다.

[0015] 마스크(104)를 사용하여 다른 이온 주입 기술들에 요구되는 실크 스크린 또는 리소그래피와 같은 공정 단계들을 제거할 수 있다. 그러나 이온 주입의 원하는 패턴을 수득하도록 기판(100)에 대해 마스크(104)를 적절하게 위치시키기가 어려울 수 있다. 마스크(104), 이온 빔(103) 및 플레이튼(102)은 모두 잘못 정렬(misalignment)되거나 잘못 배치(misplacement)되는 현상을 야기할 수 있는 선형 및 각도 공차 변화들을 가진다.

[0016] 도 4는 도 3a에 도시한 예시적인 이온 주입 장치 내의 플레이튼(102) 상에 기판이 위치하는 것처럼 기판(100)에 평행하거나 동일한 평면상에 위치하는 패러데이 프로브(Faraday probe)를 이용하는 마스크를 구비하는 주입 어셈블리의 개략적인 정면도이다. 마스크(104)는 복수의 개구들(105)을 구비하며, 기판(100)(마스크(104) 후방에 점선들로 부분적으로 윤곽을 나타냄)의 전방에 배치된다. 개구들(105)은 홀들, 슬롯들 또는 마스크(104)를 통해 이온 빔의 부분들이 통과하도록 구성된 다른 기하학적 형상으로 구성될 수 있다. 마스크(104)는 이동 메커니즘(translation mechanism)(108)을 이용하여 이동되거나 다중 축들 내에 위치할 수 있다. 이러한 이동 메커니즘(108)은 기판(100)으로부터의 거리에 대하여 선형적으로 그리고 상기 개구들을 통한 Z 방향으로의 이온 빔의 전송에 대하여 각도를 가지도록 마스크(104)를 가변적으로 배치하는 데 사용되는 서보(servo) 모터에 해당될 수 있다. 기판(100)은 일 실시예에 따라 마스크(104)의 후방에서 주입된 영역들의 균일한 패턴이 수득되도록 스캔될 수 있다. 상기 주입된 영역들은 X 방향 및 Y 방향으로 기판(100)을 가로지르는 "줄무늬들(stripes)"을 닮을 수 있다. 적절한 구동을 위하여, 마스크(104)는 기판(100)에 대해서 뿐만 아니라 개구들(105)을 통해 주입되는 상기 이온 빔에 대해서도 정렬되어야(후술하는 바와 같이) 한다. 시간이 지남에 따라, 마스크(104)는 부식될 수 있고, 개구들(105)의 사이즈들이 정확하지 않게 되거나 정확하지 않은 치수들을 가질 수 있으며, 이에 따라 원하는 주입 프로파일을 얻기 어려울 수 있다.

[0017] 패러데이 프로브(106)는 마스크(104)의 후방에 배치되며, 기판(100)이 플레이튼(102) 상에 위치하지 않을 때 상기 X 방향을 따라 이온 빔(103)을 가로질러 이동하도록 구성된다. 패러데이 프로브(106)는 기판(100)이 플레이튼(102) 상에 위치하는 상태에서 기판(100)의 표면(100a)과 동일한 평면(즉, 상기 Z 방향) 상에 위치한다. 패러데이 프로브(106) 또는 패러데이 컵은, 기판(100)이 플레이튼(102) 상에 배치되는 것과 같이 마스크(104)의 개구들(105)에 대해 정렬된 기판(100)의 영역들에의 주입처럼 보이도록 표면(100a)과 동일 평면상으로 입사되는 이온 빔(103)의 전류를 측정하는 데 사용된다. 이와는 달리, 패러데이 프로브(106) 상에 다중 패러데이 컵들이 포함되거나 다중 패러데이 프로브들(106)이 배치될 수 있다. 패러데이 프로브(106)는 마스크(104)의 뒤에 배치되고, 기판(100) 내의 이온 빔의 주입처럼 보이도록 기판(100)의 일부 내에서 기판(100)의 표면(100a)과 동일 평면상에 위치한다. 패러데이 프로브(106)는, 예를 들면, 하나 또는 그 이상의 서보 모터들에 해당될 수 있는 이동 메커니즘(107)을 경유하여 상기 X 방향으로 이동하도록 구성된다. 패러데이 프로브(106)는 전류 측정 장치(109)에 연결된다. 이러한 방식으로, 패러데이 프로브(106)는 기판(100)과 같이 입사된 이온 빔(103)의 전류를 수용하고, 측정 장치(109)는 패러데이 프로브(106)로부터 접지(ground)로 흐르는 전류를 측정한다. 이와 같은 전류는 컨트롤러(120)에 인가되는 제어 신호로 전환된다.

[0018] 컨트롤러(110)는 전류 측정 장치(109)로부터 상기 제어 신호를 독취하고, 마스크(104) 또는 이온 빔(103)에 대한 위치 보정이 필요한지 여부를 결정한다. 컨트롤러(110)는 이동 메커니즘(108), 다른 이동 메커니즘(180) 또는 다른 시스템 혹은 구성 요소에 신호들을 전송하여 마스크(104)의 위치를 보정하거나 패러데이 프로브(106)를 이동시킬 수 있다. 일 실시예에 있어서, 새롭게 원하는 위치 결정을 처리하고 다양한 메커니즘들, 시스템들 및

구성 요소들을 구동하도록 분리된 모션 컨트롤(motion control) 시스템이 이용될 수 있다. 또한, 컨트롤러(110)는 상기 이온 빔 또는 기판(100)을 조절할 수 있다. 패러데이 프로브(106)를 사용함에 의해 마스크(104), 기판(100) 및 상기 이온 빔의 보다 정확한 배치가 가능하며, 기판(100)이 플레이튼(102) 상에 위치할 경우에 기판(100)에 대한 마스크(104)의 개구들(105)을 최적으로 정렬하여 기판(100)에의 주입을 개선할 수 있다.

[0019] 도 5a는 마스크(104)의 개구들을 통해 진행하는 이온 빔(104) 위치들을 나타내는 개략적인 사시도이다. 도시한 바와 같이, 마스크(104)는 이온 빔(103)의 진행 방향(즉, Z 방향)에 대하여 수직하다. 이온 빔(103)이 마스크(104)의 개구들을 통해 진행함에 따라, 상기 기판이 상기 플레이튼 상에 위치할 때에 이온 빔의 부분들(103_1,…, 103_N)은 상기 기판의 표면을 가로지르는 도펀트 주입의 줄무늬들을 형성할 수 있다. 입사되는 이온 빔(103)의 다른 부분들은 상기 개구들 사이의 상기 마스크의 영역에 의해 차단된다. 패러데이 프로브(106)는 마스크(104)의 후방에 위치하고, 이온 빔의 부분들(103_1,…, 103_N)을 가로지르는 상기 X 방향을 따라 이동한다. 패러데이 프로브(106)가 이온 빔(103)의 상단(상기 Y 방향을 따라)을 향하여 위치하는 것으로 도시되어 있다. 그러나, 이는 예시적인 목적으로 도시한 것이며, 패러데이 프로브(106)는 이온 빔(103)의 Y 축 방향을 따라 어느 곳이나 위치할 수 있다. 그렇지만, 패러데이 프로브(106)가 상기 Z 방향을 따라 표면(100a)(도 4 참조)에 대해 평행하거나 실질적으로 동일한 평면상에 배치되어, 상기 프로브가 상기 X 방향으로 이온 빔(103)을 가로질러 이동됨에 따라 이온 빔(103)의 주입을 기판(100)이 수용하는 것처럼 기판(100)에 의해 수용될 수 있는 실질적으로 동일한 이온 빔 부분들(103_1,…, 103_N)을 프로브(106)가 수용하는 것이 최적이다. 이러한 방식으로, 상기 개구들을 통해 진행하는 상기 빔의 부분들의 이온 전류가 상기 패러데이 프로브에 의해 측정된다. 또한, 프로브(106)의 위치가 모니터되어, 상기 프로브에 의해 검출되는 이온 빔 전류의 변화가 마스크(104)의 상기 복수의 개구들 중에서 특정한 하나 또는 그 이상과 연관성을 가질 수 있다. 예를 들면, 시간의 경과에 따라 마스크(104)의 상기 개구들의 에지들이 이온 빔(103)에 대해 지속적으로 노출되어 부식될 수 있다. 이에 의해 하나 또는 그 이상의 상기 개구들의 폭이 주어진 주입 및 정렬 공차 레벨을 벗어나도록 증가될 수 있다. 이온 빔의 부분들(103_1,…, 103_N)을 가로질러 이동하는 바와 같이 상기 프로브의 위치를 모니터링함에 의해, 상기 개구들 중에서 특정한 하나에서 측정된 이온 빔 전류가 주어진 공차 레벨 밖으로 결정될 수 있다. 따라서, 마스크(104)의 상태와 상기 마스크의 개구들의 보다 구체적인 상태가 모니터될 수 있다. 약 20% 정도까지 상기 개구(105)의 폭이 증가할 경우에는 태양 전지의 주입 프로파일의 완전함에 영향을 미치지 않고 견딜 수 있다. 이는 마스킹된 면적(즉, 개구들(105) 중에서 하나의 후방에 배치되지 않는 상기 기판의 면적)은 보다 저농도로 도핑되는 에미터 셀의 개구들(105) 후방에 위치하는 상기 기판의 부분들에 비하여 전형적으로 보다 고농도로 도핑된다는 사실에 기인한다. 하나의 개구(105)의 에지들이 부식됨에 따라, 상기 에미터 영역은 설계된 것보다 보다 고농도로 도핑될 수 있다. 이는 태양 전지의 성능에 영향을 미칠 수 있다.

[0020] 도 5b는 마스크(104)를 통한 도 5a의 이온 빔과 기판(100)이 존재하는 것처럼 마스크(104)와 기판(100)에 대한 패러데이 프로브(106)의 배치를 나타내는 상단면도이다. 전술한 바와 같이, 패러데이 프로브(106)는 화살표(111)로 나타낸 바와 같이 마스크(104) 후방의 상기 X 방향으로 이동한다. 패러데이 프로브(106)가 마스크(104) 뒤에서 이동함에 따라, 이온 빔(103)의 노출된 전류에 비례하여 신호가 발생된다. 이러한 전류와 알려진 패러데이 프로브(106)의 위치에 의해 마스크(104)의 헬스 또는 상태를 모니터한다. 패러데이 프로브(106)는, 예를 들면, 마스크(104)를 적절하게 위치시키는 데 이용될 수 있고, 마스크(104)와 기판(100) 사이의 상기 Z 방향을 따라 간격을 최적화할 수 있으며, 마스크(104)의 과도한 마모나 부식을 모니터할 수 있고, 마스크(104)의 균열을 모니터하거나 열적 제어를 위해 마스크(104)를 모니터할 수 있다.

[0021] 프로브(106)에 의해 생성된 상기 신호는 화살표(111)로 나타낸 상기 X 방향을 따라 상기 빔을 가로질러 이동하는 바와 같은 프로브(106)에 입사되는 상기 이온 빔 전류에 비례하며, 또한 이온 빔(103)과 마스크(104)에 대한 정렬 정보를 제공한다. 특히, 마스크(104)가 상기 빔에 대해 정렬되어 마스크(104)의 개구들(105)로부터 나오는 이온 빔(103)의 각도들이 원하는 주입 영역 내에 떨어지도록 이온 빔의 부분들(103_1,…, 103_N)(도 5a 참조)을 야기한다면, 이후에 프로브(106)가 이온 빔(103)의 발산 각도들에 대해 정렬되는 마스크(104)를 나타내는 원하는 이온 빔 전류 범위를 검출할 수 있다. 이온 빔(103)이 대전된 것과 같은 분자들로 구성되기 때문에 이온 빔(103)은 발산하는 빔 각도들을 야기하도록 중성적으로 발산될 수 있다. 그러나 프로브(103)가 원하는 범위에 있지 않은 특정한 하나 또는 그 이상의 개구들(105)로부터 나오는 이온 빔 전류를 측정할 경우, 이는 마스크(104)와 이온 빔(103)이 정렬되지 않았거나 의도하는 기판(100)에 대한 주입 영역의 요구를 만족시키도록 적어도 최적으로는 정렬되지 않음을 의미한다.

[0022] 도 6은 마스크-이온 빔 각도 정렬의 제1 상단면도를 도시한 것이다. 패러데이 프로브(106)는 마스크(104)와 이

온 빔(103) 사이의 정렬을 위해 이용될 수 있다. 마스크(104)가 이온 빔(103)에 대하여 배향될 수 있으므로 개구들(105)에 의해 생성되는 빔 각도들은 의도된 기판(100)의 적절한 영역들을 주입할 수 있다. 또한, 이온 빔(103)의 존재하는 빔 발산 각도들에 대하여 마스크(104)를 정렬함으로써, 마스크(104)는 이온 빔(103)의 이용 가능한 전류를 최적화할 수 있다. 개구들(105)을 통과하는 이온 빔(103)의 각도는 고정되며, 이에 따라 이온 빔(103)의 각도와 마스크(104)의 각도가 정렬될 때 패러데이 프로브(106)에 의해 측정되는 이온 빔(103)의 진폭이 최적이 된다. 달리 표현하면, 마스크(104)의 개구들(105)을 통한 입사 각도가 고정되기(즉, 상기 개구들이 상기 마스크를 가로지르는 특정한 위치들을 통해 배치된다) 때문에, 상기 빔 발산 각도들과 마스크 각도들이 정렬될 때 상기 X 방향으로 상기 빔을 가로질러 이동되는 프로브(106)에 의해 측정되는 상기 이온 빔 전류가 최적이 된다. 따라서 개구들(105)을 통해 검출되는 이온 빔 전류의 양이 피드백(feedback)되도록 프로브(106)를 사용함으로써, 마스크(104)를 통해 진행되는 바와 같은 빔(103)의 발산 각도들에 대한 마스크(100)의 정렬이 의도된 기판(100) 상에 입사되는 이용 가능한 이온 빔 전류를 최적화시킬 수 있다. 그 결과, 의도된 기판(100) 상에 입사되는 빔 전류의 양을 최대화함으로써, 상기 주입 장치의 처리 효율이 최적화될 수 있다. 도 6 및 도 7의 이온 빔(103)의 각도들은 명백하게 나타내기 위해 확대되어 있다.

[0023] 도 6에 있어서, 마스크(104)가 이온 빔(103)에 대해 잘못 정렬되어 나타나있다. 이와 같은 특별한 경우에 있어서, 피크 빔(peak beam) 각도들은 마스크(104)의 중심점에 집중되지 않는다. 대신에, 이온 빔(103)의 평균 빔 각도(600)가 마스크(104)에 대하여 중심을 벗어난다. 이러한 점을 보정하기 위하여, 마스크(104)는 마스크(104)의 중심에 일치하도록 평균 빔 각도(600)를 중심으로 하여 일정한 각도 또는 거리로 이동될 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 빔(103)은 마스크(104)의 중심에 일치하도록 평균 빔 각도(600)의 중심에 대해 조절될 수 있다. 도 7은 마스크-이온 빔 각도 정렬을 나타나는 제2 상단면도이다. 이와 같은 실시예에 있어서, 평균 빔 각도(600)는 마스크(104)의 중심에 대해 일치한다.

[0024] 도 8은 마스크-기판 정렬을 나타내는 제1 상단면도이다. 도 8에는 이온 빔(103)이 마스크(104)에 대해 정렬되고 이온 빔(103)이 최적으로 개구들(105)을 통과하는 이상적인 경우가 도시되어 있다. 결과적인 주입 영역은 개구들(105)의 사이즈(X 방향으로의 폭 및 Y 방향으로의 길이)에 대응된다. 그러나 이온 빔(103)이 대전된 것과 같은 분자들 또는 원자들로 구성되기 때문에, 상기 빔은 일부 소량이 발산된다.

[0025] 도 9는 마스크-기판 정렬을 타나내는 제2 상단면도이다. 도 9에는 빔 발산이 예시되어 있다. 개구들(105)을 통과하는 이온 빔(103)은 개구들(105)을 떠나는 것과 같이 플레이튼(102)에서 동일한 치수들을 가지지는 않는다. 이러한 발산은 이온 빔(103)의 상태들에 기초하여 변화된다.

[0026] 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 작은 갭(gap)은 빔 발산의 효과를 최소화할 수 있다. 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 이러한 갭의 최소화는 이온 빔(103)이 발산 가능한 범위 내에서 상기 마스크와 상기 기판 사이의 거리를 최소화함에 의해 실제 주입 영역이 원하는 주입 영역과 유사해질 수 있는 것을 확실하게 할 수 있다. 그러나, 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 상기 갭은 정합(matching) 공차들, 어셈블리 공차들, 시스템들의 부하들 또는 다른 원인들의 결과로서 변화될 수 있다. 진행하는 바와 같은 발산하는 상기 이온 빔의 특성이 주어지면, 마스크(104)와 기판(100) 사이에서 상기 Z 방향을 따라 가능한 한 작은 갭을 유지하는 것이 중요하다. 상기 갭이 너무 클 경우, 상기 주입된 영역이 상기 기판 상의 의도하는 타겟 영역을 초과하게 된다. 또한, 마스크(104)가 기판(100) 상의 2차원적인 패턴을 형성하는 선택적으로 구성된 홀들, 슬롯들 등(전술한 바와 같이)을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에 있어서, 상기 X 방향 및 Y 방향으로의 각도들이 상기 주입 패턴 정확도를 결정한다.

[0027] 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 상기 갭을 최적화하기 위하여, 패러데이 프로브(106)가 마스크(104)의 후방에서 특징 프로파일 측정을 생성한다. 예를 들면, 도 9a는 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 기판(100) 사이에 큰 갭이 존재하는 특징 프로파일을 나타내는 도면이다. 도시한 바와 같이, 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 큰 갭은 패러데이 프로브(106)가 그 치수에서는 넓어지고 그 피크 진폭에서는 좁아지는 결과적인 프로파일을 야기한다. 일 실시예에 있어서, 마스크(104)와 플레이튼(102) 또는 플레이튼(102) 상의 기판(100) 사이의 상기 갭은 서보 모터들에 의해 조절될 수 있으며, 이에 따라 패러데이 프로브(106)는 기판(100)의 사양 내에 속하는 프로파일들을 확정할 수 있다.

[0028] 시간의 경과에 따라, 이온 빔(103)은 마스크(104)의 물질을 부식시킬 수 있고, 특히 개구들(105)의 에지들을 부식시킬 수 있다. 이러한 부식은 표면 스퍼터링 및 열적 사이클링에 의해 적어도 부분적으로 야기된다. 결국, 개구들(105)이 특정한 공차를 지나 부식되거나 정확하지 않은 치수들을 가지기 때문에 마스크(104)는 대체가 필요

하게 된다. 패러데이 프로브(106)는 이러한 부식을 모니터하도록 마스크(104)의 뒤에서 스캔할 수 있다. 어떤 경우에 있어서는, 부식된 마스크(104)는 높은 진폭과 큰 선폭을 갖는 신호 프로파일을 나타내게 된다. 도 9b는 마모되지 않은 개구들(중앙 부분들(105b)로 도시함)을 갖는 마스크의 신호 프로파일 상에 중첩되는 마모된 개구들(105)(빗금 친 영역(105a))을 갖는 마스크의 신호 프로파일을 나타낸다. 특히, 상기 빗금 친 영역들의 전류 신호 프로파일은 마모되지 않은 개구들을 갖는 마스크와 관련된 신호에 비하여 높은 진폭과 큰 선폭을 갖는 신호를 나타낸다. 이온 빔(103)의 높이가 변할 수 있기 때문에, 마스크(104)의 부식은 개구(105)의 일측으로부터 개구(105)의 대향측까지 균일하지 않을 수 있다. 특정한 실시예에 있어서, 패러데이 프로브(106)는 마스크(104)에 대하여 각도를 가지고 위치한다.

[0029] 도 10은 마스크 부식을 테스트하기 위한 패러데이 프로브의 일예를 나타내는 전면 사시도이다. 패러데이 프로브(106)가 마스크(104)에 대하여 각도를 가지기 때문에, 패러데이 프로브(106)는 스캔하는 바와 같이 개구(105)의 일부에 대해서만 노출된다. 도 11 내지 도 13은 패러데이 프로브를 이동하는 동안 도 10의 마스크 부식을 테스트하기 위한 패러데이 프로브의 예를 나타내는 전면 사시도들이다. 마스크(104)의 프로파일은 개구들(105)의 치수들이 균일하지 않은지 여부를 나타내게 된다.

[0030] 부식 이외에도, 이온 빔(103)은 마스크(104)의 위치 일탈 또는 코팅을 초래할 수 있다. 이러한 경우에 있어서, 개구들(105)의 치수가 증가하기 보다는 개구들(105)이 수축하거나 또는 치수가 협소하게 된다. 부식과 함께 이와 같은 개구들(105)의 수축 또는 협소는 개구(105)의 길이를 따라 뿐만 아니라 개구(105)의 일측으로부터 개구(105)의 타측까지 달라질 수 있다. 패러데이 프로브(106)는 코팅을 모니터하도록 마스크(104)의 후방에서 스캔할 수 있다. 어떤 경우에 있어서, 좁아지거나 수축된 개구들(105)을 갖는 코팅된 마스크(104)는 도 9b에 도시한 바에 비하여 낮은 진폭과 작은 선폭을 갖는 신호 프로파일을 나타내게 된다.

[0031] 마스크(104)는 기계적으로 부서지기 쉬운 물질들 또는 특징들을 가질 수 있다. 따라서, 마스크(104)의 균열이 관심 사항이 된다. 이와 같은 균열은, 예를 들면, 열적 부하, 진동 또는 부식 등에 의해 발생될 수 있다. 마스크(104)가 부서질 경우, 패러데이 프로브(106)는 상기 프로브의 손실된 부분을 검출하게 된다. 마스크(104)의 파쇄 또는 손실된 부분은 예기치 않은 영역의 이온 빔(103) 전류를 표시하는 신호로부터 명백해진다. 일 실시예에 있어서, 이러한 경우가 발생된다면, 패러데이 프로브(106)는 치명적인 에러가 발생하였고 수리가 요구되는 시스템을 지적한다. 또한, 이와 같이 균열된 마스크(104)를 검출함에 의해 부적절한 주입이 방지된다.

[0032] 마스크(104)는 그 사용 수명시간 동안 이온 빔(103)에 의한 충돌에 노출된다. 마스크(104)에 인가되는 파워의 양은 전체 전압 또는 빔 전류와 같은 이온 빔(103)의 변수들에 따라 달라진다. 마스크(104)에 인가되는 파워는 마스크(104)에 열적 부하를 가져온다. 마스크(104)를 구성하는 상기 물질의 그 결과적인 열적 팽창은 마스크(104) 또는 개구들(105)의 위치 결정 에러를 야기할 수 있다. 마스크(104) 내의 이러한 물질이 마스크(104)의 열적 변화에 비례하는 비율로 팽창하기 때문에, 패러데이 프로브(106)가 마스크(104)가 어떤 기능적인 한계들 내에 머무르도록 마스크(104)의 온도를 추산할 수 있다. 상기 신호의 피치(pitch)는 마스크(104)의 온도와 함께 변화하게 된다. 따라서, 열적 부하에 의해 개구들(105)의 사이즈 또는 치수들이 변화될 경우에 패러데이 프로브(106)가 이러한 변화들을 측정할 수 있다.

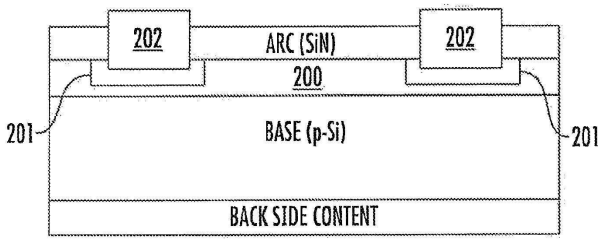
[0033] 상술한 실시예들에서는 패러데이 프로브(106)가 사용되지만. 광학 디지털 영상 시스템과 같은 다른 측정 시스템들이 단독으로 또는 패러데이 프로브(106)와 결합하여 사용될 수 있다. 이와 같은 특정 실시예에 있어서, 기판(100)은 주입 후에 검사된다. 결과적인 영상이 수득되어 처리된다. 기판(100) 상의 주입된 영역들은 페러데이 프로브(106)에 의해 수행되는 상태들이나 테스트들 각각을 위해 전술한 바와 같은 동일한 신호 변화를 입증하게 된다. 다른 실시예에 있어서, 마스크(104)는 광학적 영상화 및 수득 및 처리되는 결과적인 영상에 의해 검사될 수 있다. 마스크(104) 상의 특징들은 페러데이 프로브(106)에 의해 수행되는 상태들이나 테스트들 각각을 위해 전술한 바와 같은 동일한 신호 변화를 보여주어야 한다. 마스크(104)에 대한 주기적인 검사는 패러데이 프로브(106)의 결과들과 부합되어야 한다.

[0034] 본 발명의 범주가 본 명세서에 기재된 상술한 특정한 실시예들에 의해 한정되는 것은 아니다. 실질적으로, 전술한 실시예들 외에도 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 첨부된 도면과 본 명세서의 기재 사항으로부터 본 발명에 대한 다른 다양한 실시예들 및 변형예들이 가능함을 명백하게 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 다른 실시예들 및 변형 예들로 본 발명의 범주에 속함을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 비록 본 발명이 본 명세서에서는 특정한 목적으로 특정한 환경 내에서 특정한 구현의 내용으로 기재되었지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 유용성이 이에 제한되는 것은 아니며, 본 발명이 다른 목적으로 다른 환경 내에서 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이에 따라, 하기 청구 범위는 본 명세서에 개시된 본 발명의 폭넓

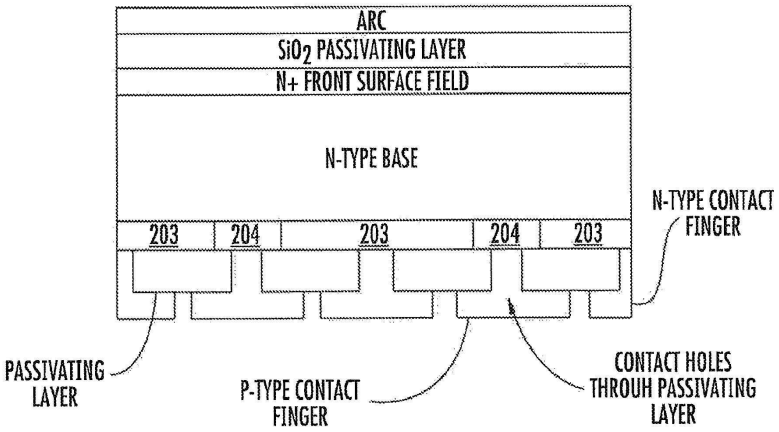
은 범주의 관점에서 해석되어야 할 것이다.

도면

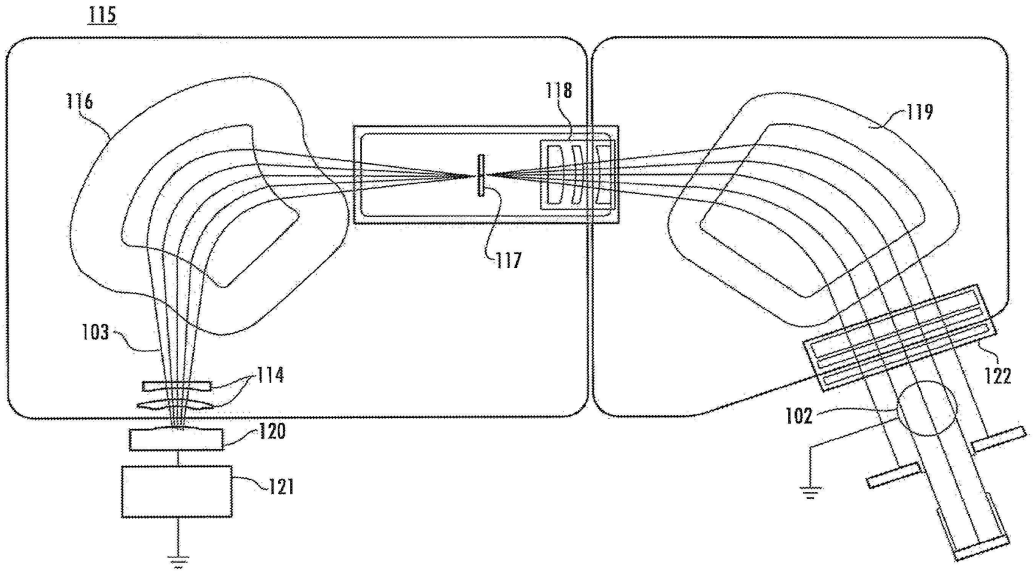
도면1



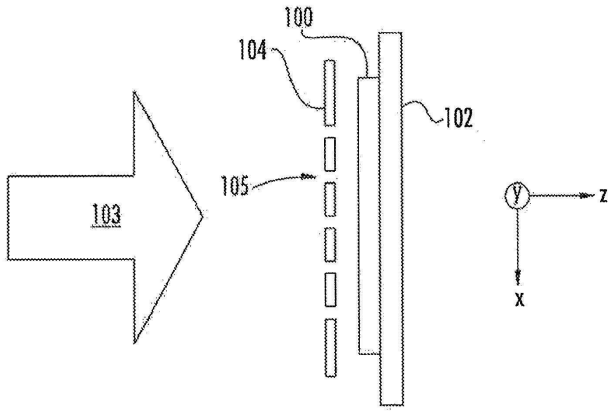
도면2



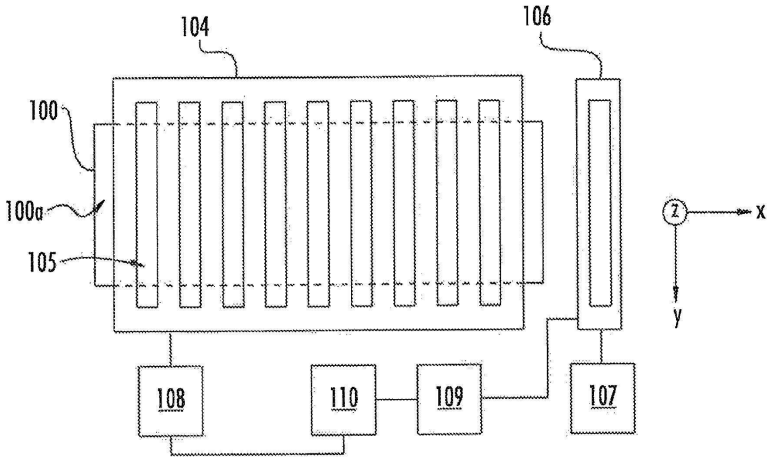
도면3a



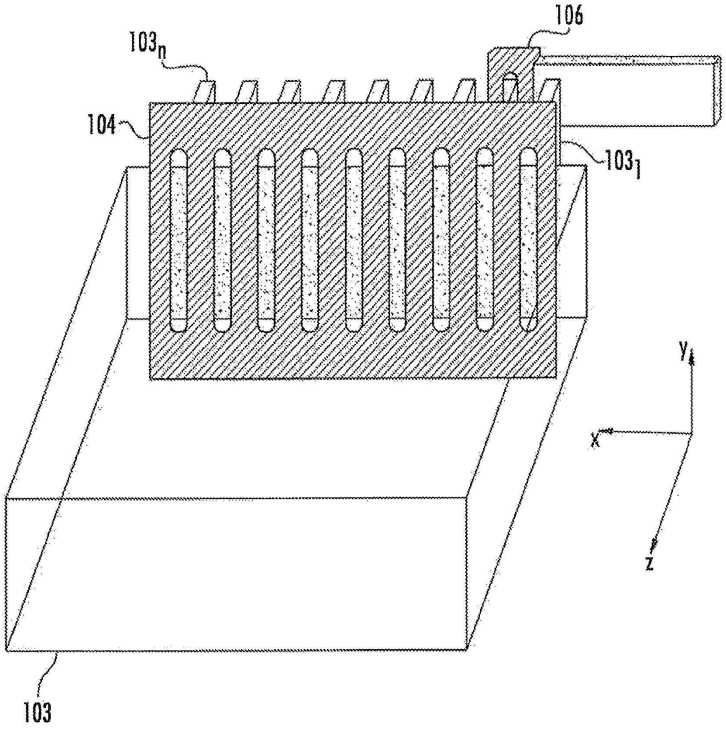
도면3b



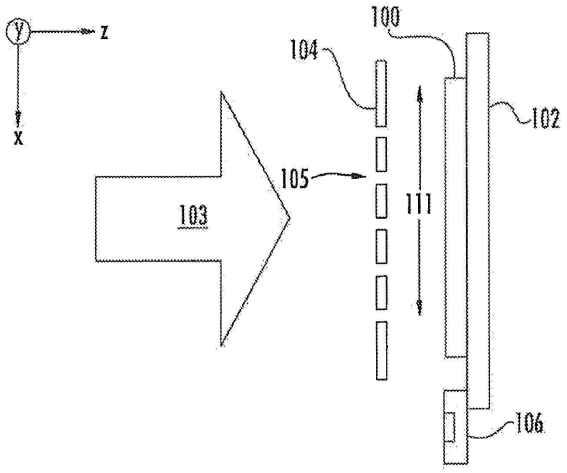
도면4



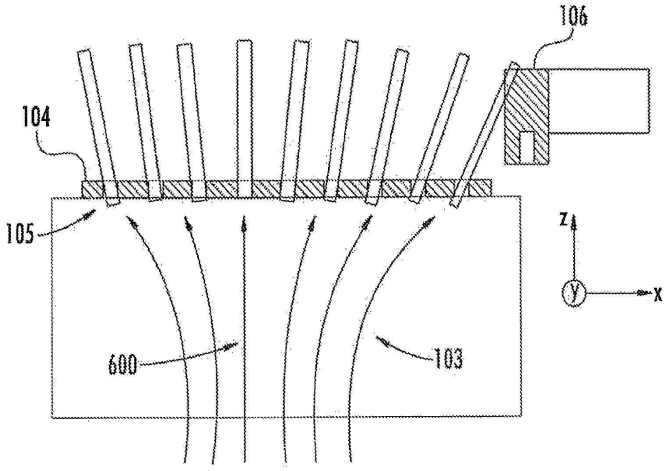
도면5a



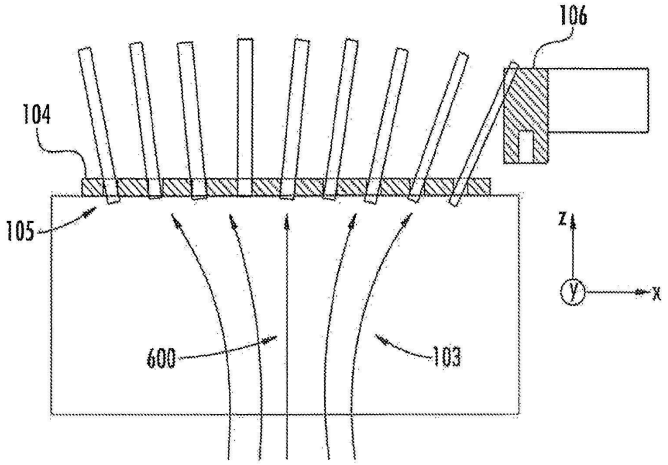
도면5b



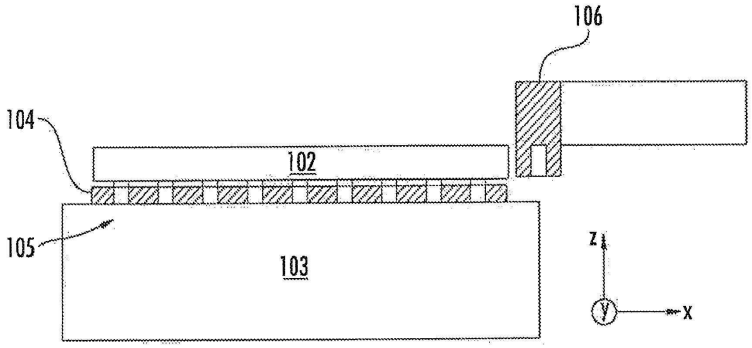
도면6


106
104
105
600
103
z
y
x

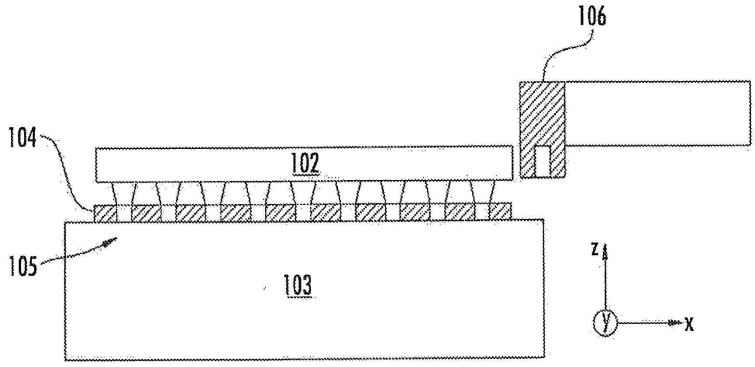
도면7


106
104
105
600
103
z
y
x

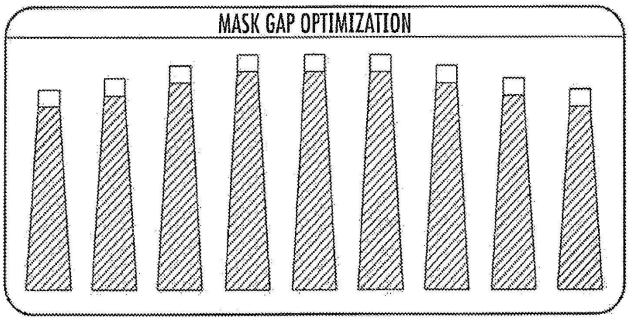
도면8


106
104
102
105
103
z
y
x

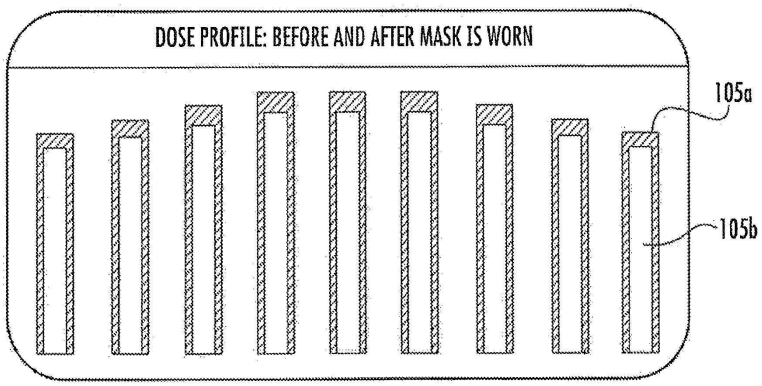
도면9



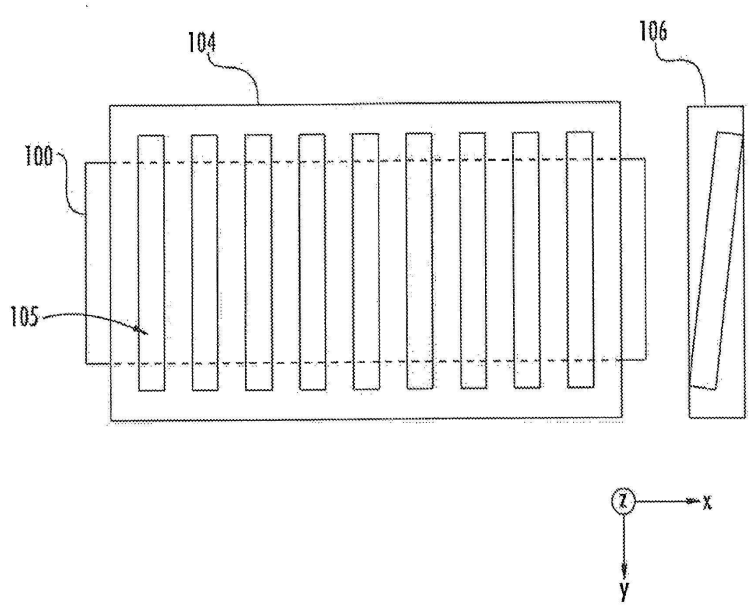
도면9a



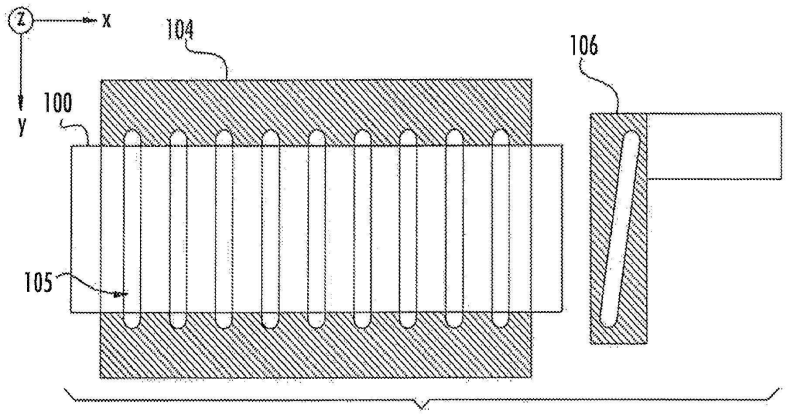
도면9b



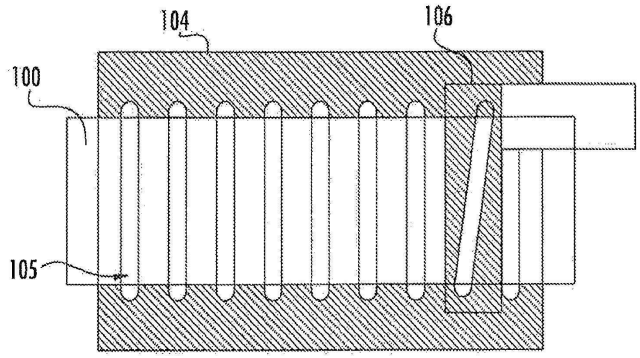
도면10



도면11



도면12



도면13

