



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0091218
(43) 공개일자 2012년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)
H01L 21/266 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7012636
(22) 출원일자(국제) 2010년10월19일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년05월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/053204
(87) 국제공개번호 WO 2011/049950
국제공개일자 2011년04월28일
(30) 우선권주장
12/906,369 2010년10월18일 미국(US)
61/252,744 2009년10월19일 미국(US)

(71) 출원인
베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠,
인크.
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35
(72) 발명자
리오돈, 벤자민, 비.
미국 01950 매사추세츠 뉴베리포트 몬로에 스트
리트 7에이
베이트맨, 니콜라스, 피. 티.
미국 01867 매사추세츠 리딩 패스쳐 로드 55
칼슨, 찰스, 티.
미국 78613 텍사스 시더 파크 산 메테오 테라스
107
(74) 대리인
특허법인에이아이피

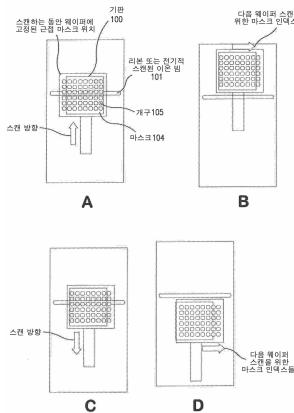
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 패턴화된 주입을 위한 스텝화된 마스킹

(57) 요약

기판의 패턴 주입을 실행하는 마스크 이동의 개선된 방법을 개시하고 있다. 상기 마스크는 복수의 개구들을 구비하고 있고, 상기 이온 소스와 상기 기판 사이에 위치한다. 상기 기판이 상기 이온빔에 노출된 후, 상기 마스크는 상기 기판과 관련하여 새로운 위치에 인덱싱되고, 다음의 주입 단계가 실행된다. 상기 개구 크기와 형상, 상기 인덱스 거리 및 주입 단계들의 수의 선택을 통해 주입 패턴들의 다양성이 형성될 수 있다. 어떤 실시 예들에서, 상기 주입 패턴은 줄무늬를 사이에 저농도 도핑된 영역을 가진 고농도 도핑된 가로 줄무늬들을 포함한다. 어떤 실시 예들에서, 상기 주입 패턴은 고농도 도핑된 영역들의 격자판을 포함한다. 또 다른 실시 예들에서, 상기 주입 패턴은 버스-바 구조로 이용하기에 적절하다.

대 표 도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

기판과 이온 소스 사이에 적어도 하나의 개구를 갖는 마스크를 위치시키고;

상기 기판을 상기 이온 소스에 노출시키고, 그로 인해, 상기 개구와 정렬된 상기 기판의 제1 영역에 이온을 주입하고;

상기 개구가 상기 기판의 제2 영역에 정렬되도록 상기 기판과 관련하여 제1방향으로 상기 마스크를 이동하고;

상기 기판을 상기 이온 소스에 노출시키고, 그로 인해, 상기 기판의 제2 영역에 이온들을 주입하고, 그것에 의하여 상기 제1 영역의 일부와 상기 제2 영역의 일부가 오버랩(overlap)되고, 고농도 주입된 영역을 형성하는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 개구들은 가로의 직사각형을 포함하고 상기 마스크는 복수의 다르게 주입된 가로 줄무늬들을 형성하기 위해 상기 기판과 관련하여 수직 방향으로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 개구들은 상기 기판의 너비 보다 작은 너비를 가지고, 상기 마스크는 주입된 가로 줄무늬를 형성하기 위해 상기 기판과 관련하여 가로 방향으로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 마스크는 상기 기판이 상기 이온 소스에 노출되지 않을 때, 상기 기판과 관련하여 움직이는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 기판에 상기 요구된 패턴이 주입될 때까지 상기 이동하는 단계 및 노출하는 단계를 반복하는 것을 더 포함하는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 6

청구항 3에 있어서, 상기 마스크는 개구들의 인접한 쌍들 사이에 공간을 구비한 복수의 가로로 배열된 개구들을 포함하며, 상기 마스크는 상기 개구들의 인접한 쌍들 사이에 상기 공간과 동일한 간격으로 상기 기판과 관련하여 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 7

청구항 3에 있어서, 상기 마스크는 개구들의 인접한 쌍들 사이에 공간을 구비한 복수의 가로로 배열된 개구들을 포함하며, 상기 마스크는 상기 개구들의 인접한 쌍들 사이에 공간 보다 작은 간격으로 상기 기판과 관련하여 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 마스크는 가로로 배열된 개구들의 두 열을 포함하고, 제1열에서 상기 개구들은 제1너비를 가지고, 제1간격에 의해 서로 분리되어 있고, 제2열에서 상기 개구들은 상기 제1너비와는 다른 제2너비를 가지고, 제2 간격에 의해 다른 하나로부터 분리되어 있고, 상기 마스크는 주입된 이온들의 다른 양을 가진 열들을 형성하기 위해 상기 기판과 관련하여 가로로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 마스크는 상기 제2너비와 동일한 거리로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 10

청구항 3에 있어서, 상기 개구는 상기 직사각형의 상부 또는 하부의 적어도 하나로부터 연장된 인덴테이션(indentation)들을 포함하고, 상기 마스크는 고농도 주입된 영역들을 갖는 격자판(grid)을 형성하도록 상기 기판과 관련하여 수직 방향으로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 11

청구항 3에 있어서, 상기 개구는 상기 직사각형의 상부 또는 하부의 적어도 하나로부터 연장된 인덴테이션들을 포함하고, 상기 마스크는 적어도 하나의 수직하는 줄무늬에 의해 연결되는 가로 줄무늬를 가진 패턴을 형성하도록 상기 기판과 관련하여 수직 방향으로 이동되는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 상기 마스크를 상기 개구가 상기 기판의 제3 영역에 정렬되도록 상기 기판과 관련하여 제2방향으로 이동하고; 및

상기 기판을 상기 이온 소스에 노출시키는 단계를 더 포함하되, 그로 인해, 상기 기판의 제3 영역에 이온들을 주입하고, 그것에 의하여 상기 제1 영역의 일부, 상기 제2 영역의 일부과 상기 제3 영역의 일부가 오버랩(overlap)되고, 고농도 주입된 영역을 형성하는 기판 내부로 패턴을 주입하는 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 마스크를 통한 이온 주입에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 기판의 패턴화된 주입을 실행하기 위한 마스크를 이동하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

이온 주입(ion implantation)은 기판들 내부로 주입되는 전도성-전환 불순물(conductivity-altering)을 도입하기 위한 표준 기술이다. 요구되는 불순물 물질이 이온 소스에서 이온화되고, 상기 이온들이 미리 정해진 에너지의 이온 빔을 형성하기 위해 가속되고, 상기 이온 빔이 기판의 표면으로 향하게 된다. 상기 빔에서 상기 활동적인 이온들(energetic ions)은 상기 기판 물질의 결함을 침투하여 들어가고, 요구되는 전도성의 영역을 형성하기 위해 기판 물질의 결정질 격자 내에 내장된다.

[0003]

솔라셀들(solar cells)은 비용없이 천연 자원을 이용한 무공해의, 동등 접근(equal-access) 에너지를 제공한다. 환경의 관심과 에너지 경비의 증가 때문에, 실리콘 기판들로 구성된 솔라셀들은 세계적으로 더욱 중요해지고 있다. 고성능 솔라셀의 제조 또는 생산하는 어떤 절감된 단계 또는 고성능 솔라셀에서 어떤 효율 개선은 세계적으로 솔라셀 완성(implementation)에 긍정적인 영향을 준다. 이것은 청정 에너지 기술의 폭넓은 유용

성(availability)을 가능하게 할 것이다.

[0004] 도핑은 솔라셀의 효율을 향상시킨다. 도 1은 선택적 에미터 솔라셀(selective emitter solar cell, SEC)(210)의 단면도이다. 에미터(200)를 도핑하고, 콘택들(202) 아래 영역들(210)에 추가 도핀트(dopant)를 제공하여 솔라셀(210)의 효율(솔라셀이 전기 회로에 연결되었을 때, 변환되고 수집된 파워의 퍼센트 등)을 증가시킨다. 영역들(201)을 더욱 많이 도핑하는 것은 전도성을 향상시키고, 콘택들(202) 사이를 덜 도핑하는 것은 전하 수집(charge collection)을 향상시킨다. 상기 콘택들(202)은 약 2-3mm 이격되어 있다. 상기 영역들(201)은 약 100 내지 $300\mu\text{m}$ 가로질러 존재한다. 도 2는 서로 얹힌 후면 접촉(interdigitated back contact, IBC) 솔라셀(220)의 단면도이다. 상기 IBC 솔라셀에서, 상기 접합은 솔라셀(220)의 이면에 위치한다. 도핑 패턴은 이 특정 실시예에서 p형과 n형 도핀트 영역들이 교호(alternate)하고 있다. p+ 에미터(203)와 상기 n+ 후면 필드(204)는 도핑될 수 있다. 이 도핑은 IBC 솔라셀에서 접합이 제대로 기능하게 하거나 향상된 효율을 가지도록 하는 것을 가능하게 한다.

[0005] 과거, 솔라셀은 도핀트를 포함하는 유리 또는 상기 솔라셀 내로 도핀트들을 확산되도록 가열되어진 페이스트(paste)를 이용하여 도핑하였다. 이 도오즈들은 솔라셀의 여러 영역들의 정밀한 도핑을 가능하게 하지 못하였고, 보이드들, 공기 버블들 또는 오염들이 존재하는 경우, 불균일한 도핑이 발생하였다. 솔라셀들은 이온 주입이 솔라셀의 정밀한 도핑을 가능하게 함으로써 이온 주입으로부터 혜택을 받았다. 그러나, 솔라셀의 이온주입은 도핀트의 어떤 패턴 또는 이온들이 주입되는 솔라셀 기판의 어떤 영역이 요구된다. 이전에, 기판의 오직 어떤 영역의 주입은 포토레지스트와 이온 주입에 의해 완성되었다. 그러나 포토레지스트의 이용은 추가적인 프로세스 단계를 수반하기 때문에 솔라셀 생산에 추가 비용을 더하게 한다. 솔라셀 표면 상에 다른 하드 마스크 또한 비싸고 추가적인 단계를 요구한다.

[0006] 새도우(shadow) 또는 근접(proximity) 마스크 등과 같은 마스크를 통한 기판 이온 주입은 문제점들을 가진다. 첫째, 기판이 마스크를 통해 이온 주입되면, 이온빔의 일부가 차단되어 이온 주입기의 처리량이 준다. 둘째, 마스크들은 특히 작은 개구 크기를 가지면 비용 효율적인 제조가 어렵다. 셋째, 마스크 자체는 개구들의 크기에 기인하는 파괴가 쉬울 수 있다. 개구들 사이의 지지들(supports) 또는 고체 마스크부(solid mask portions)가 약화되면, 상기 개구는 상기 기판의 요구되는 영역에 배열되지 못한다. 주입하는 동안 상기 마스크에 대한 형편없는 주입 영역 배치, 형편없는 치수 공차, 열적 팽창 또는 손상이 생긴다. 넷째, 마스크의 이용은 두 개의 도오즈 영역을 형성한다: 첫 번째 영역은 주입 도오즈(implant dose)를 갖고, 두 번째 영역은 제로 도오즈(zero dose)를 갖는다. 어떤 응용을 위한 교호되는 줄무늬 패턴들에서 도오징(dosing)의 더 다양한 레벨을 갖는 것이 요구되어 진다. 그러나, 기판의 전체 표면에 걸쳐 블랑킷 주입을 하는 것과 그런 다음 마스크를 이용한 선택적 주입은 마스크 또는 기판 중 어느 하나의 위치 바꿈이 필요하다. 이는 주입기(implanter)의 처리량을 감소시키고, 주입기에 복잡성을 더하고, 주입 패턴의 정확도(fidelity)를 낮추게 한다. 따라서, 당 기술 분야에서는 마스크를 통한 주입의 개선된 방법이 필요하고, 더욱 상세하게는 기판의 패턴화된 주입을 실행하기 위한 마스크 이동 방법이 필요하다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0007] 기판의 패턴 주입을 실행하기 위한 마스크를 이동하는 개선된 방법을 개시한다. 상기 마스크는 복수의 개구를 가지고 있고, 이온 소스(ion source)와 상기 기판 사이에 위치한다. 상기 기판이 이온빔에 노출된 후, 상기 마스크는 상기 기판에 관련된 새로운 위치에 인덱싱(indexed)되고, 그 다음 주입 단계가 실행된다. 개구 크기와 형상의 선택, 인덱스 거리(index distance) 및 주입 단계들의 수를 통해, 다양한 주입 패턴들이 만들어질 것이다. 몇몇의 실시 예들에서, 상기 주입 패턴들은 줄무늬들 사이에 저농도 도핑된 영역들(lighter doped regions)을 가지는 고농도 도핑된 수평의 줄무늬들(heavily doped horizontal stripes)을 포함한다. 몇몇의 실시 예들에서, 상기 주입 패턴은 고농도 도핑된 영역들(heavily doped regions)의 격자(grid)를 포함한다. 다른 실시 예들에서, 상기 주입 패턴은 버스-바(bus-bar) 구조로 이용되기에 적합하다.

도면의 간단한 설명

[0008] 본 발명의 더 나은 이해를 위하여, 첨부하는 도면들에 도면부호(reference)가 제공되고, 도면들은 참고로서 명세서에 포함된다.;

도 1은 선택적 에미터 솔라셀(selective emitter solar cell, SEC)의 단면도이다.

도 2는 서로 얹힌 후면 접촉(interdigitated back contact, IBC) 솔라셀의 단면도이다.

도 3은 마스크를 통한 이온 주입의 단면도이다.

도 4는 마스크의 일 실시 예의 정면도 및 단면도이다.

도 5A-D는 제1 순차 스캐닝 방법을 묘사한다.

도 6은 단일 도즈 세그먼트 마스크의 정면도이다.

도 7A-F는 2:1 비의 세그먼트-섀도우로 순차 스캐닝을 묘사한다.

도 8은 다중 도즈 세그먼트 마스크의 정면도이다.

도 9A-J는 도 8의 마스크 예로 순차 스캐닝을 묘사한다.

도 10A-D는 제2 순차 스캐닝 방법을 묘사한다.

도 11A-F는 마스크들과 결과로 생긴 주입 영역의 비교이다.

도 12A-B는 결과로 생긴 주입 패턴들을 가진 마스크의 실시 예이다.

도 13A-C는 스텝화된 마스크의 실시 예와 그 결과로 생긴 주입 패턴이다.

도 14A-D는 버스-바의 스텝화된 마스크 주입의 실시 예이다.

도 15A-C는 모난(angled) 주입들을 이용한 실시 예를 보여준다.

도 16A-E는 다른 마스크의 실시 예와 그 결과로 생긴 주입 영역들이다. 및

도 17A-E는 2차원에서 읽겨질 수 있는 마스크를 보여주는 실시 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009]

이 시스템의 실시 예들은 솔라셀과 관련되어 설명되어 있다. 그러나, 이 시스템의 실시 예들은 예컨대, 반도체 기판들 또는 평판 패널들을 이용할 수 있다. 그러므로, 본 발명은 아래에 서술된 특정 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0010]

도 3은 마스크를 통한 이온 주입의 단면도이다. 기판(100)에서 이온 주입의 특정 패턴이 요구될 때, 마스크(104)가 이용된다. 이 마스크(104)는 섀도우 또는 근접 마스크일 수 있다. 상기 마스크(104)는 이온 범(101)의 경로 상에서 기판(100)의 전면에 위치한다. 상기 기판(100)은, 예를 들어, 솔라셀일 수 있다. 상기 기판(100)은 상기 기판(100)을 정전기력 또는 물리적 힘에서 견딜(retain) 수 있는 플래튼(platen)(102) 상에 위치한다. 상기 마스크(104)는 상기 기판(100)에 이온 주입의 요구되는 패턴에 대응하는 개구들(105)를 가지고 있다. 상기 개구들(105)은 줄무늬(stripes), 도트(dots) 또는 다른 형상일 수 있다. 상기 마스크(104)의 이용은 다른 이온 주입 기술에서 요구되는 실크스크리닝(silkscreening) 또는 리소그래피(lithography) 등과 같은 프로세스 단계를 생략한다.

[0011]

도 4는 마스크의 실시 예의 정면도 및 단면도이다. 상기 마스크(104)는 상기 기판(100)의 전면에 위치한다. 각 주입이 진행된 후, 상기 마스크(104)는 새로운 위치에 인텍싱되거나 이송된다. 상기 마스크(104)의 개구들(105)은 대상 영역(target area)을 위해 총 요구되는 도오즈의 일부가 각 주입이 진행된 후 기판(100)에 적용될 수 있도록 설계되어 있다. 상기 마스크(104)의 개구들(105)은 각 영역에서 상기 도오즈들이 달라지도록 인덱싱된 길이(indexed length)를 따라 이격되어 있다. 상기 마스크(104)는 마스크 정렬 핀들(mask alignment pins)(107) 등과 같은 마스크 위치 부재(mask locating features)를 통해 구동 기구(drive mechanism)(106)에 실장된다. 상기 마스크(104)는 기판(100)과 행렬성(parallelism)을 유지하도록 상기 구동 기구(106)의 반대 편(side) 상에 위치한 마스크 스페이서들(108)에 의해 지지된다. 상기 플래튼(102)의 예로서, 상기 기판 클램프(substrate clamp)(109)는 정전기적 또는 기계적일 수 있다. 상기 기판(100)은 일 실시 예에서 그라운드 핀들(ground pins)을 이용하여 기판 클램프(109) 상에 배치된다. 상기 마스크 구동 기구(mask drive mechanism)(106)는 그라운드 핀들을 이용하여 배치될 수 있다. 이는 작업 범위가 마스크 패턴 길이와 동일하게 하는 것이다. 상기 구동 기구(106)는 랙과 피니언(rack and pinion) 기구 또는 당 기술 분야의 당업자에 알려진 다른 구동 기구일 수 있다.

[0012]

도 4에서 도시된 참조 핀들(reference pins)(110)의 대안적인 실시 예에서, 상기 기판(100)은 클램핑에 앞서

마스크 부재 위로 상기 기판(100)의 가장 자리가 미끄러져 움직이는 것에 의해 상기 마스크(104)에 직접 등록(register)되거나 정렬될 수 있다. 이것은 상기 마스크(104)가 스캐닝 기구(scanning mechanism)(111) 상에 바로 위치할 수 있기 때문에 상기 기판(100)을 등록하거나 정렬할 수 있다. 상기 마스크(104)는 새로운 주입 위치로 이동하기 위해 상기 등록 표면(registration surface)으로부터 이동될 필요가 없다. 이는 기판 등록(substrate registration)의 반복성을 향상시킬 수 있다.

[0013] 상기 마스크(104)의 개구들은 도 4에 도시된 바와 같이 정사각형 또는 도 13에서 도시된 바와 같이 직사각형 등과 같은 어떤 형상일 수 있다. 도 12 및 도 14에서 도시된 바와 같이 다른 형상들도 이용될 수 있다. 각 개구는 너비(가로 치수) 및 높이(수직 치수)를 갖는다고 한다. 몇몇 실시 예들에서, 상기 마스크는 수평(또는 측면) 방향에서 인덱싱된다. 반면, 다른 실시 예들에서는 상기 마스크는 수직 방향에서 인덱싱된다. 도 17에서 도시된 다른 실시 예들에서는, 상기 마스크는 두 방향에서 인덱싱된다. 상기 개구의 크기 및 형상, 개구들 사이에 이격, 인덱싱 거리(indexing distance)의 방향과 크기 및 주입 단계의 수는 최후의 주입 패턴을 결정하는 원인이 된다.

[0014] 도 5A-D는 제1 순차 스캐닝 방법(first sequential scanning method)을 묘사한다. 상기 기판(100) 스캐닝이 묘사되는 동안, 상기 이온빔(101)은 기판 스캐닝 대신에 또는 함께 스캔될 수 있다. 상기 기판(100)은 마스크(104)를 통해 주입된다. 그러면, 상기 마스크(104)와 기판(100)은 서로(도 5B-C)에 대하여 이송되고, 제2 위치(second position)에서 다시 주입된다. 이러한 순차 스캔(sequential scan)은 기판(100) 전체를 요구된 패턴으로 주입하는 것을 가능하게 한다.

[0015] 도 5A-D에서 보여주는 바와 같이 몇몇 실시 예들에서, 상기 마스크의 이송은, 이동하는 동안 의도하지 않는 이온 주입이 되지 않도록, 상기 기판이 이온빔(101)의 밖으로 이동될 때 일어난다. 예를 들어, 도 5A에서, 상기 마스크(104)는 상기 이온빔(101)이 기판(100) 내부로 이온들을 주입하는데 이용되는 경우에는 상기 기판(100)과 관련하여 제1 위치(first position)에 유지된다. 기판(100)과 마스크(104)는 이온빔(도 5B)이 미치지 않도록 이동한 후, 상기 마스크(104)는 상기 기판(100)과 관련된 제2 위치에 인덱싱된다. 그러면 상기 기판(100)과 마스크(104)는 도 5C에서 보여주는 바와 같이 이온빔(101)을 통해 이동된다. 그러면 상기 마스크(104)는 도 5D에서 보여주는 바와 같이 상기 기판(100)에 관련된 제3 위치(third position)로 이동된다. 상기 동작(operation)의 효율을 높이기 위해, 상기 마스크(104)는 상기 기판이 도 5B에서 보여주는 바와 같이 상기 이온빔(101)보다 위쪽에 또는 도 5D에서 보여주는 바와 같이 상기 이온빔보다 아래에 일 때 이동될 수 있다. 상기 패턴은 단계 기능(step function)로 적용되는 것으로 의도될 수 있다.

[0016] 다른 실시 예들에서, 상기 마스크(104)는 상기 기판(100)이 상기 이온빔(101) 속을 여행하는 동안에 이동될 수 있다. 이 통합된 이동(integrated motion)(상기 마스크(104)와 기판(100) 둘 다 다른 방향으로 동시에 이동되는 등)은 기판(100) 상에 패턴을 흐리게(blur) 하는 경향이 있다. 본 실시 예에서, 상기 패턴은 가로 방향 전체에 걸쳐 필요한 어떤 프로파일(any profile)이 있다.

[0017] 어느 특정 예에서, 적어도 기판(100)의 표면의 50%를 넘는 주입은 제1 도즈(first dose)로 실행된다. 이어서 상기 기판(100)의 더 작은 퍼센트로 더 높은 제2 도즈(second dose)로 주입될 수 있다.

[0018] 도 5A-D에서 보여주는 순차 스캐닝 방법을 이용하는 것은 주입되지 않은 가로 줄무늬가 사이에 개재된 주입된 복수의 가로 줄무늬들을 갖는 기판(100)을 생산한다. 도 5의 실시 예에서, 상기 마스크(104)는 측면(즉, 가로)으로 두 개의 인접한 개구들(104) 사이에의 간격과 같은 거리로 이동될 수 있다. 상기 마스크(104)가 상기 기판(100)과 관련하여 이동되는 거리는 인덱스 거리(index distance)로 알려져 있다. 상기 개구들의 너비가 상기 개구들 사이의 간격과의 너비와 동일한 마스크에서, 이것은 2 패스(2 pass)에서 요구된 줄무늬 패턴(striped pattern)을 형성할 수 있다. 상기 제1 패스(first pass)는 도핑된 체크판 패턴(checkerboard pattern)을 형성한다. 상기 제2 패스(second pass)는 상기 도핑된 사각형들 사이의 공간을 채우게 될 것이고, 그것에 의하여 그들을 줄무늬로 변환시킨다.

[0019] 이 기술의 하나의 장점은 마스크의 구조적 무결성(integrity)을 증가시키는 것이다. 긴 개구들(줄무늬의 형성에서)을 구비한 마스크는 더 브리틀(br brittle)하고, 희로와 파괴에 민감할 수 있다. 도 5의 마스크(104)는 상기 개구들(105)이 상기 마스크 내에서 재질의 양에 비교하여 작기 때문에 보강된다.

[0020] 도 6은 단일 도즈 세그먼트 마스크(single dose segmented mask)(104)의 정면도이다. 상기에서 설명한 바와 같이, 단일 도즈(single dose), 세그먼트 마스크(segmented mask)는 슬롯들(slots) 또는 개구들(105)을 통해 가로 줄무늬의 시리즈들을 구비한 기판(100)에 주입한다. 각 주입된 줄무늬는 동일 도오즈, 그러므로 상기 용어 ‘단일 도즈’ 마스크를 가질 것이다. 마스크의 하나의 특징은 인접한 세그먼트 개구들(105) 사이의 마스

크 부분들의 길이와 비교하여 세그먼트 개구(105)의 길이(또는 너비)이다. 이 비율은 세그먼트-섀도우 비(segment-shadow ratio)라 한다. 예를 들어, 6패스에서 줄무늬 영역에 주입하기 위해 설계된 마스크(104)는 5:1의 세그먼트-섀도우 비를 가질 것이다. 그러므로 큰 세그먼트-섀도우 비를 갖는 마스크들은 줄무늬에 걸쳐 균일한 도즈를 구비한 패턴을 형성하기 위해 많은 수의 패스들을 요구할 것이다. 그러나, 각 패스를 실행하는 동안에, 마스크로부터 가려진 제한된 양 때문에 더 많은 이온들이 주입될 것이다. 낮은 세그먼트-섀도우 비를 가진 마스크들은 구조적으로 더욱 견고(rigid)하고, 균일한 줄무늬 주입을 완성하기 위해 적은 단계를 요구할 것이다.

[0021] 개구 형상의 다른 예는 직사각형이다. 만약 직사각형 형상이 사용되면, 접경한 주입 단계(abutting implanting step)는 도즈 균일성의 최소한의 결핍을 가진다. 생산과 관련하여, 둥글게 된 모서리들(rounded corners), 계란 모양들(ovals) 및 파인 구멍(bored holes)을 가진 직사각형들은 제조 비용을 줄이고, 줄무늬의 두께를 감소시키기 위해 이용될 수 있다.

[0022] 도 7A-C는 2:1의 세그먼트-섀도우 비를 가진 순차 스캐닝을 묘사하고 있다. 2:1의 세그먼트-섀도우 비를 가진 마스크(114)는 다른 위치들(도 7A-C)을 가진 세 개의 주입들의 순서로 주입 패턴을 형성할 수 있다. 도 7A-C에서, 상기 마스크(114)는 상부에 묘사되어있고, 상기 기판(100) 상에 도 7A-C의 주입 결과는 하부에 각각 묘사되어 있다. 상기 마스크(114) 및/또는 상기 기판(100)은 이 특정 실시 예에서 이동된다. 제1 패스(도 7A) 이후, 상기 기판(100)은 체커판 패턴(checker board pattern)(116)과 비슷한 주입된 영역을 갖는다. 제2 패스(도 7B) 이후, 상기 개구들(115)은 주입되는 체커판 패턴 사이 영역들이 들어오도록 하기 위해 움직여야만 한다. 그러나, 상기 체커판 패턴의 부분(117)은 제2 주입을 받고, 그러므로, 비록 가로 줄무늬(118)은 형성되나, 그 줄무늬의 도우징(dosing)은 아직 균일하지 않다. 제3단계(도 7C) 이후, 각 가로 줄무늬(118)의 모든 영역들은 이온빔에 정확하게 두 번 노출되고, 그 때문에 균일한 도핑된 영역(doped region)이 형성된다.

[0023] 도 7D-F는 각 단계 동안 이루어지는 이온 주입의 다른 표현을 보여준다. 도 7D는 제1 패스(도 7A) 이후, 가로 줄무늬(118)의 주입 패턴을 보여준다. 현재는 이온들은 상기 크로스 해치 영역(cross hatched regions)(112) 내부로 주입된다. 도 7E는 제2 패스(도 7B) 이후, 이온 주입을 보여준다. 이전에 주입된 영역들(113)은 현재 흰색 영역들로 보여주고 있다. 어떤 영역은, 테일러 블록(taller blocks)으로 나타낸, 두 번 주입을 받은 영역인 것을 주의한다. 다른 영역들은 그들의 제1 이온 주입을 받고, 그러므로 크로스 해치 영역(112)은 두 개의 다른 레벨로 보여준다. 도 7F는 제 3 패스(도 7C) 이후, 이온 주입을 보여준다. 기판(100)에서 가로 줄무늬(118)의 모든 영역들은 정확하게 이온 주입의 두 개의 도오즈들을 받았음을 주의한다.

[0024] 도 8은 다중 도오즈 세그먼트 마스크(multiple dose segmented mask)(124)의 정면도이다. 직각으로 스캔하는 마스크의 세그먼트들의 간격은 다양한 줄무늬의 적용된 도오즈를 바꾸도록 변경된다. 그러므로, 다중 도우즈를 갖는 기판은 기판의 전체 표면 상에 “블랑켓(blanket)” 주입을 수행할 필요가 없는 단일 마스크 하에서 이온 주입할 수 있다(이 “블랑켓” 주입은 마스크를 사용하지 않음). 도 8에 묘사된 실시 예에서, 상기 마스크 개구들(125)은 교호하는 열들의 시리즈들로 나누어진다. 상기 작은 개구들(127)은 1:4의 세그먼트-섀도우 비를 갖는 반면, 상기 큰 개구들(126)은 4:1의 세그먼트-섀도우 비를 갖는다. 이 마스크(124)의 실시 예는 개구들(105) 사이 공간에 구조적 지지를 더 줄 수 있다. 상기 마스크(124)는 균일한 줄무늬를 형성하기 위해 다섯의 다른 위치를 스캐닝할 것이다. 이것은 도 9A-E에서 묘사하고 있다.

[0025] 도 9A-E는 도 8의 마스크 실시 예로 순차 스캐닝을 묘사한다. 상기 마스크는 도 9A-E에 대응하는 다섯 개의 다른 위치를 스캐닝한다. 상기 제1 패스(도 9A) 이후, 상기 기판(100) 상에 상기 큰 개구(126)는 오픈-필드 도우즈(open-field dose)의 80%의 도오즈를 이루고, 상기 작은 개구(127)는 상기 오픈 필드 도오즈의 20%의 도오즈를 이룬다. 제2 패스(도 9B) 이후, 상기 큰 개구들(126)에 의해 형성된 상기 가로 줄무늬(128)는 상기 마스크(124)의 측면 이동이 주입되는 상기 큰 개구부들(126) 사이에 영역에 허용될 때, 형성된다. 상기 작은 개구들(127)에 의해 생성되어지는 좁은 줄무늬들(129)은 아직 완전히 형성된 것이 아님을 주의한다. 사실, 오직 이들 줄무늬들(129)의 2/5만이 주입되었다. 각 패스(도 9C, 9D) 이후, 상기 좁은 가로 줄무늬들(129)이 형성을 계속하는 동안, 상기 가로 줄무늬들(128)은 패스들 사이에 오브랩(overlap)없이 상기 영역에 적용되어 존재하는 도오즈 증가를 계속한다. 상기 제5 패스 이후, 가로 줄무늬들(128)의 모든 영역들은 4번 (또는 80% 도오즈를 받는) 주입된다. 그에 반해서, 상기 가로 줄무늬들(129)의 영역들은 정확하게 한번(20% 도오즈와 동일한) 주입된다.

[0026] 도 9F-J는 이들 주입 패턴의 제2 묘사를 보여주고 있다. 각 도의 하부 줄은 좁은 줄무늬들(129)의 이온 주입을 보여주는 반면, 각 도의 상부 줄은 가로 줄무늬들(128)의 이온 주입을 보여준다. 상기 제1주입(도 9A 및

9F) 이후, 가로 줄무늬(128)의 대부분은, 크로스 해치 영역(122)으로 표시되는 바와 같이, 주입된다. 그러나, 좁은 줄무늬(129)의 1/5 만이 주입된다. 도 9G에서, 새로운 주입은 크로스 해치 영역(122)으로 보이는 반면, 이전 주입들(123)은 흰 영역으로 보이고 있다. 이 프로세스는 다섯 번의 주입 동안 계속된다. 다섯 번의 주입들 이후, 상부 줄은 줄무늬(128)의 모든 영역들이 정확하게 4번 주입되는 것을 보여준다는 것을 주의한다. 그에 반해서, 상기 하부 줄은 이 프로세스 동안 상기 좁은 줄무늬들(129)이 오직 한번 주입되는 것을 보여준다.

[0027] 상기 개시는 이 다중 도오즈 세그먼트 마스크(124)에 한정되지 않음을 주의한다. 예를 들면, 개구들의 다수의 열들 사이에 수직의 공간은 주입되지 않은 기판에 가로의 줄무늬들을 생성할 수 있다. 추가로, 상기 개시는 오직 2 다른 도오즈들에 한정되지 않는다. 다른 세그먼트-섀도우 비들을 갖는, 추가적인 개구들은 다수의 도오즈의 가로의 줄무늬를 생성할 수 있다. 개구들은 비-스텝형(non-step type) 패턴을 형성하도록 뒤섞여 있을 수 있다. 만약 도오즈 프로파일(dose profile)이 수직으로 측정되면, 대부분의 어떤 타겟 프로파일(target profile)은 상기 개구들이 적절히 배열되면 달성될 수 있다.

[0028] 그에 비해, 단일 마스크 주입에 뒤따른 기판 표면에 걸친 블랑켓 주입은 타겟 영역들에서 각각 100% 도오즈를 받을 수 있다. 그러나, 블랑켓 주입을 실행하기 위한 마스크의 이동은 주입기의 처리량을 감소시킬 것이다.

[0029] 어느 특별한 실시 예에서, 상기 마스크와 기판은 상기 이온빔(101)에 대하여 함께 회전하거나 기울어질 수 있다. 이 실시 예에서, 상기 세그먼트 마스크 주입은 다른 실시 예에서 묘사된 것과 비슷한 공정에서 인덱싱된다. 상기 마스크는, 각 인덱싱된 각에 대해, 상기 섀도우는 다른 위치로 움직이도록 상기 기판으로부터 더 멀리 위치한다. 상기 마스크의 이동은 상기 기울기 각도가 상기 개구를 통과하여 지나는 상기 빔 상에 가지는 효과를 고려하는 것이 요구된다. 도 15A는 마스크(194)와, 주입 영역(196)을 형성하는 직교하는 이온빔(101)에 의해 주입되는 기판(100)를 보여주고 있다. 도 15B는 이온빔(101)에 대하여 기울여진 같은 기판(100)과 마스크(194)를 보여주고 있다. 현재 상기 이온빔(101)은 수직 주입에 의한 주입으로 다른 영역들을 주입함에 주의한다. 이런 점을 보상하기 위해, 상기 마스크(194)는, 도 15C에서 보여주는 것처럼, 상기 기울기 각도의 방향을 기초로 하여, 이것의 직각의 위치로부터 초기에 수직으로 또는 가로로 오프셋(offset)되어 있는 것이 필요하다. 주입하는 동안 기울기 각도가 일정하게 유지되면, 상기 인덱스 거리는 직교하는 주입으로 이용되는 것으로부터 변화되지 않을 것이다. 만약 다중 주입들이 다수의 기울기 각도들을 이용하여 실행되면, 상기 초기 오프셋(initial offset)은 각 기울기 각도에 대해 정확히 계산되어야만 한다. 주입된 줄무늬 따라 도오즈 균일성은 여기에서 개시된 직교된 인덱싱된 마스크 주입과 비슷하다.

[0030] 또 다른 실시 예에서, 상기 인덱스 거리는 인덱싱 방향을 따라 특별한 분포를 이루기 위해 달라질 수 있다. 바꾸어 말하면, 상기 마스크가 상기 마스크에 관련한 이동하는 거리는 일정하지 않다. 이는 기판 상에 불균일 도오즈 분포를 제공한다. 상기 세그먼트 길이에 대한 인덱싱된 거리의 비율은 세그먼트들 사이의 갭들을 줄이거나 또는 주입된 부재의 매끄러움(smoothness)을 증가시키기 위해 증가될 수 있다. 상기 같은 도오즈를 유지하기 위해 인덱싱 또는 스텝들을 증가시키는 것이 요구될 수도 있다. 그렇게 해서, 상기 스캔 속도(scan speed)는 줄어든 스캔 당 도오즈(dose per scan)를 이루도록 증가될 수 있다.

[0031] 상기에서 언급한 바와 같이, 상기 마스크와 상기 기판 사이의 이송은 가로(측면) 방향 또는 수직 방향 중 어느 하나이다. 도 10A-D는 제2 순차 스캐닝 방법을 묘사하고 있다. 도 5는 상기 마스크(104)가 스캔 방향(즉, 측면)에 수직하는 방향에 인덱싱된 실시 예를 보여주고 있다. 이것은 상기 마스크가 가로의 줄무늬들로 구성된 주입된 영역을 형성하는 것을 야기한다. 이 스캐닝 방법에서, 상기 마스크(134)는 상기 스캔 방향(즉, 수직)에 평행한 방향으로 움직인다. 상기 마스크(134)는 기판(100)의 정면에 위치하고, 일정 수의 주입 패스들 이후 새로운 위치에 인덱싱된다. 상기 마스크(134)의 개구들(135)과 인덱싱 거리들은 상기 기판(100)의 다른 영역 보다 더 높은 도오즈를 요구하는 기판(100)의 영역들이 이온빔(101)에 두 배 노출되도록 설계된다. 도 10A는 기판(100)과 관련된 제1 위치에서 상기 마스크(134)를 보여준다. 상기 주입이 완료된 후, 상기 마스크(134)는 도 10C에 도시된 바와 같이, 예를 들어 수직으로, 상기 기판(100)과 관련되어 움직인다. 그러면, 상기 마스크(134)와 기판(100)은 이 제2 위치에서 상기 기판(100)을 주입하기 위해 이온빔(101)을 가진 라인으로 이동된다. 상기 제1 및 제2 영역 둘 다에 노출된 상기 기판(100)의 어느 영역들은 이온의 두 배 노출을 받는다.

[0032] 다시 말해, 상기 마스크는 상기 기판(100), 마스크의 형상에 따라 및 요구되는 주입 패턴에 관련된 수직 또는 가로 방향 중 어느 하나로 이동될 수 있다.

[0033] 도 11A-E는 마스크와 그 결과로 생긴 주입 영역들의 비교이다. 도 11A에서 상기 마스크(114)는 1:1 마스크-대-스캔 비(mask-to-scan ratio)를 갖는 마스크(144)이다. 도 11B에서 상기 마스크(154)는 도 11A의 마스크

(144)에서 개구들(145)의 세 개의 열들의 너비로 결치는(span) 개구(155)를 구비하고 있다. 상기 개구 사이즈, 형상 및 너비에 대한 다른 변형은 가능하다. 도 11B의 마스크(154)는 어느 특정 실시 예에서 솔라셀의 주입을 완료하기 위한 세 개의 다른 위치에 스텝화되거나(stepped) 또는 인덱싱(indexed)될 수 있다. 도 11C는 상기 세 개의 다른 주입 위치들 중 오직 하나 이후, 도 11B의 마스크(154)를 이용한 기판(100)에서 주입 결과이다. 도 11D는 주입 패턴의 다른 묘사를 보여준다. 이 도는 기판(100)의 수직 단면도를 묘사한다. 인접한 개구들(144) 사이 상기 마스크(154) 바로 아래를 제외하고, 상기 기판(100)의 모든 영역들에 주입된다. 상기 주입된 영역들(152)은 크로스-해치 영역들로 보여주고 있다. 도 11D는 상기 주입 위치들(즉, 도 11C)의 하나 이후, 주입 결과를 보여주고 있다. 도 11E는 두 번의 주입 단계 후 도 11B의 마스크(154)를 이용하여 기판(100)에 주입한 결과를 보여준다. 상기 새로운 주입들은 크로스 해치 영역(152)으로 표시하는 반면, 상기 제1단계 동안 실행된 상기 주입 단계들은 흰색 영역(153)으로 보여준다. 상기 마스크(154)는 상부 방향으로(upward) 이송되기 때문에, 주입(152)되는 영역들은 이전 주입 영역(153)들과 정렬되지 않고, 그 때문에 두 번 주입된 영역들과 오직 한번 주입된 다른 것들을 형성한다. 도 11F는 세 번의 주입 단계가 완료된 후, 도 11B의 마스크(154)를 이용하여 기판(100)에 주입한 결과를 보여준다. 다시, 새로운 주입은 크로스 해치 영역들(152)로 나타내는 반면, 상기 제1, 두 단계를 동안 실행된 주입 단계들은 흰색 영역들(153)로 보여준다. 다른 영역들은 정확히 3 주입 단계들의 2 동안 주입만 되는 반면, 영역들(159)는 모두 세 번의 주입 단계 동안 주입된다. 그러므로, 상기 마스크 패턴과 인덱싱 거리는 어떤 영역들이 다른 영역들(159)에 의해 받는 최대 도오즈의 2/3과 동일한 도오즈를 받는 기판을 형성한다.

[0034]

이 예에서, 상기 고농도 주입된 영역들(159)의 너비, 인덱싱 거리 및 분리 거리(separation distance)(개구들 사이의 간격)은 거의 같다. 그러나, 이것은 필수 요건은 아니다. 사실, 상기 분리 거리는 상수일 필요가 없다. 추가적으로, 각 개구의 크기는 요구되는 것과 같이 다양하다. 도 16A는 1:1 세그멘트-섀도우 비를 갖는 마스크(144)를 보여준다. 도 16B는 분리 거리가 개구 구멍(165)의 세 배와 대략 동일한 마스크(164)를 보여준다. 그러나, 그 결과인 고농도 주입된 영역들(167)(도 16E 참조)은 분리 거리 보다 매우 좁다. 이 실시 예에서, 세 번 주입 단계는 상기 고농도 주입된 영역들(167)이 다른 영역들의 도오즈의 세 배를 받는 패턴을 형성하는데 이용된다. 도 16A에서 상기 마스크는 1:1 마스크-섀도우 비를 가진 마스크(144)이다. 도 16B에서 상기 마스크(164)는 도 16A의 마스크(144)에서 하나의 개구의 너비로 결치는 개구(165)를 갖는다. 도 16B에서 상기 마스크(164)는 도 11A의 마스크(144)에서 개구들의 세 개의 열의 너비로 결치는 개구(166)를 갖는다. 인접한 개구들(165, 166) 사이의 분리 거리는 개구(145)의 하나의 열로 결쳐진다. 개구 크기, 형상 및 너비에 다른 변형은 가능하다. 도 16C는 세 개의 다른 주입 위치들 중 오직 하나 이후, 도 16B의 마스크(164)를 이용하여 기판(100)에 주입한 결과의 수직 단면 묘사이다. 이 단계 동안 주입된 영역들은 크로스-해치 영역들(162)로 보여준다. 도 16D는 두 번의 주입 단계 이후 도 16B의 마스크(164)를 이용하여 기판(100)에 주입한 결과를 보여준다. 상기 새로운 주입은 크로스 해치 영역들(162)로 보여주는 반면, 상기 제1 주입 단계는 흰색 영역(163)으로 보여준다. 도 16E는 세 번의 주입 단계를 완료한 후, 도 16B의 마스크(164)를 이용하여 기판(100)에 주입한 결과를 보여준다. 다른 영역들은 정확히 3 주입 단계들의 하나 동안 단지 주입되는 반면, 영역들(167)은 세 번의 주입 단계를 동안 주입된다.

[0035]

상기 스텝화된 마스크(step mask) 개념은 줄무늬-형상의 개구들(stripe-shaped apertures)을 구비한 마스크에 한정되지 않는다. 도 12A-B는 이러한 주입 패턴 결과를 구비한 마스크(174)의 실시 예들이다. 많은 다른 패턴들은 적절한 오브랩 영역들을 생성하기 위해 마스크를 설계함으로써 기판 내부로 주입할 수 있다. 고농도 도오징된 형상은 개별적으로 만들고, 상기 패턴은 적어도 어떤 크기로 반복될 수 있다. 도 12A-B의 실시 예에서, 상기 스텝화된 마스크(174) 패턴은 기판(100) 상에 격자무늬-유사(grid-like) 패턴을 형성한다. 이 경우, 개구들(175)은 작은 인덴테이션(indentation)(176)을 제외하고 오브랩을 갖지 않는다. 이러한 인덴테이션 영역(176)은 두 번 주입되고, 기판(100) 상에 격자무늬를 형성한다. 도 12B는 상기 마스크(174)가 제2 위치로 이동된 후, 상기 기판(100)에 결과로 생긴 주입 패턴이다. 기판(100)의 어떤 영역들(상기 인덴테이션 영역)은 기판(100)의 다른 영역들 보다 높은 도오즈로 주입된다.

[0036]

도 17A-E는 마스크(284)와 이와 대응하는 주입들을 표현한다. 도 17A는 개구들(285)을 구비한 마스크(284)를 보여준다. 도 17B는 상기 마스크(284)들은 하나의 단계를 이용한 후, 주입 패턴을 보여준다. 이 단계가 완성된 후, 상기 마스크(284)는 오른쪽을 향해 상기 기판(100)과 관련되어 움직이고, 제2 주입이 실행된다. 도 17C는 두 주입이 실행된 후, 주입 패턴 결과를 보여준다. 상기 마스크(284)의 이동은 비-균일 도핑 농도(non-uniform doping concentrations)를 가진 가로 줄무늬들(286)을 형성한다. 그리고는, 상기 마스크(284)는 수직으로 아래로 향하여(downward) 옮기고, 다른 주입이 실행된다. 도 17D는 세 번의 주입들 후 패턴 결과를 보여주고 있다. 그리고는, 상기 마스크(284)는 왼쪽으로 옮겨지고, 네 번째 주입이 실행된다. 상기 기판 상에 더

고농도 도핑된 영역들(287)이 가로와 수직 둘 다의 줄무늬들을 형성할 때, 그 패턴 결과는, 크로스-유사(cross-like) 패턴에서 추가된 도핑을 가진, 기판(100) 전체 상에 블랑켓 주입을 갖는다.

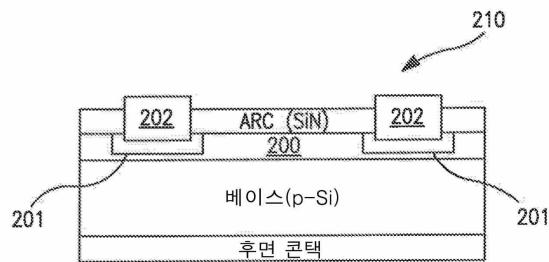
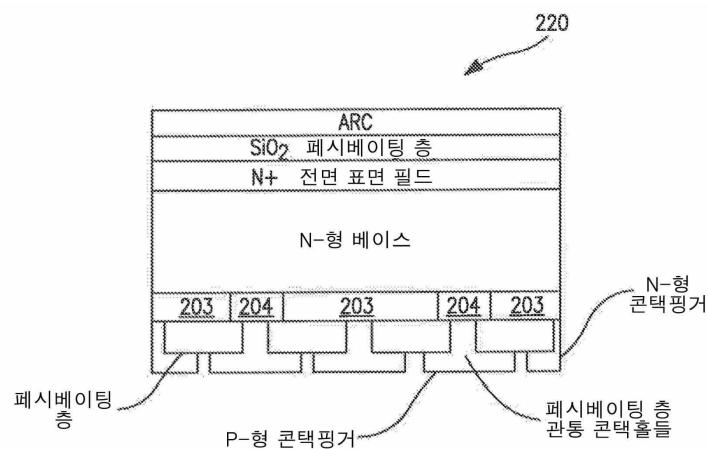
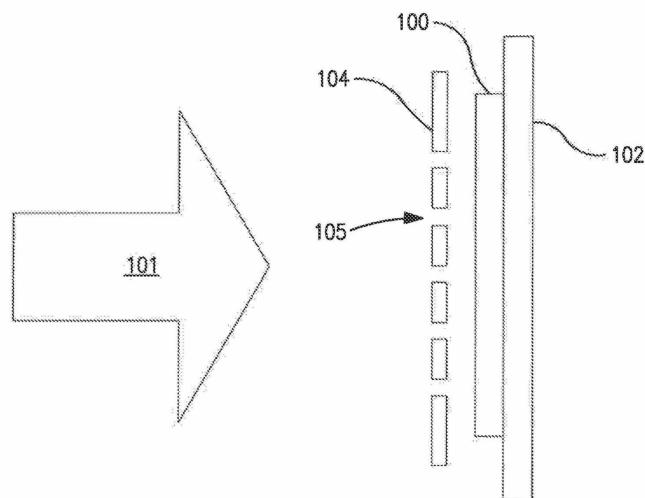
[0037] 도 13A-C는 스텝화된 마스크의 실시 예와 주입 패턴 결과이다. 이해의 편의를 위해, 상기 마스크(184)는 상기 기판(100)으로부터 분리된 것으로 보여준다. 도 3에서 보여주는 바와 같이, 주입하는 동안 상기 마스크(184)는 사실 상기 기판(100) 상에 위치한다. 이 실시 예에서, 상기 마스크(184)는 세 개의 개구들(185)을 구비한다. 도 13A에서, 상기 마스크(184)는 제1 영역에 있고, 주입은 실행된다. 이것은 솔라셀일 수 있는 기판(100)에 제1 주입 영역(185)을 생기게 한다. 도 13B에서, 상기 마스크(184)는 기판(100)과 관련된 제2 영역으로 이동하거나 인텍싱된다. 도 13C에서, 제2 주입은 실행된다. 이는 기판(100)에 제2 주입 영역(187)을 생기게 한다. 현재, 상기 기판(100)은 제1 주입 영역들(186)과 제2 주입 영역들(187)을 구비한다. 어떤 영역들에서, 제1주입 영역(186)과 제2주입 영역(187)은 오브랩되고, 고농도 도핑된 영역(188)을 형성한다. 상기 기판(100)의 특별한 영역은 두 번의 주입들을 받았기 때문에 상기 고농도 주입된 영역들(188)은 상기 제1주입 영역들(186)과 제2주입 영역들(187)의 도우즈의 거의 두 배를 구비한다. 물론, 다른 도우즈들은 가능하다. 상기 제1 주입 영역들(186)이 줄들로 의해 분리되는 것으로 보여주는 동안, 상기 다양한 주입 영역들은 상기 제1주입 영역들(186)이 서로 사이에 캡 없이 서로 인접되거나 또는 고농도 주입된 영역들(187)과 같이 약간 오브랩을 가지도록 한다. 그러나, 주입의 기계적 부분(mechanics)과 마스크(184) 인텍싱에 의해, 상기 작은 캡은 상기 제1 주입된 영역들(186) 사이에 존재한다. 상기 고농도 주입된 영역들(187)은 도 1에 콘택들(contact)(202) 아래, 예를 들어, 영역들(201)에 해당하고, 제1 및 제2 주입 영역들(186, 187)은 도 1에서 예들 들어, 상기 에미터(200)에 해당할 수 있다.

[0038] 스텝화된 마스크(184)의 이용은, 도 13A-C에서 개시된 바와 같이, 처리량을 증가시킨다. 상기 마스크(184)는 상기 기판(100)의 전면으로부터 벗어나지 않아야만 한다. 어떤 경우에 있어서, 상기 마스크(184)와 기판(100)은 샌드위치(sandwich)처럼 같이 제거될 수 있다. 다른 어떤 경우에 있어서, 상기 마스크(184)는 장소에서 유지하고, 오직 기판(100)이 제거다. 이런 스텝화된 마스크(184)의 이용은 또한 기판(100) 또는 플래튼(102) 상에 열부하를 줄인다. 스텝화된 마스크들은 상기 개구들(185)이 더 크기 때문에, 공구세공(tooling)을 개선하고, 마스크(184) 비용을 줄인다.

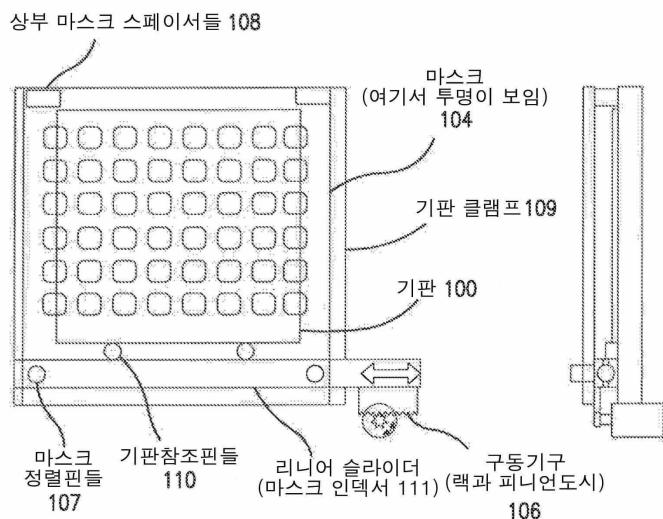
[0039] 도 14A-D는 버스-바 아래 고농도 도핑된 영역을 형성하는 스텝화된 마스크 주입의 실시 예이다. 도 14A는 요구된 주입 패턴을 형성하는데 이용되는 마스크(244)를 보여준다. 마스크(244)에서 개구들(245)은 각 개구(245)의 상부 측면을 따라 인덴테이션을 가진 불규칙한 형상이다. 도 14B-D는 기판(100)의 버스-바 바로 아래 있는 영역에서 도핑 가능한 세 개의 주입 시리즈들을 표현하고 있다. 한 실시 예에 있어서, 도 1의 상기 콘택들(202)과 같은 콘택들은 큰 버스-바에 전류를 공급한다. 여기에서, 마스크(244)는 도 14B의 왼쪽 측면 상에 묘사된 주입 패턴을 형성하는 데 이용된다. 하나의 주입 후 상기 주입 패턴은 도 14B의 오른쪽 상에 보여준다. 이 특별한 실시 예에서, 상기 주입된 영역들(247)은 T-형상이다. 도 14C는 두 번의 주입 단계를 실행한 후, 주입 패턴 결과를 보여준다. 이 실시 예에 있어서, 상기 마스크(244)는 기판(100)에 대하여 수직으로 인텍싱되어 있다. 개구들의 인텍싱 거리와 형상에 때문에, 역 “T” 형상의 고농도 도핑된 영역들(248)이 두 번의 주입 단계 동안 주입된 것에 의해 형성된다. 거기서, 오직 한번 주입된 영역들 및 주입을 받지 않은 다른 영역들 역시 존재한다. 이 마스크(244)가 세 번째 위치로 스텝화 또는 인텍싱되면, 상기 주입 패턴 결과는 도 14D의 오른쪽 편 측면 상에 도시되어 있다. 상기 어두운 영역들(248)은 더 저농도 도핑된 영역(슬래시드 라인들(slashed lines)에 의해 표시된) 보다 더 고농도 도핑된다. 버스-바 아래 주입은 재결합과 시리즈 저항을 줄인다.

[0040] 본 발명의 범위가 상술한 특정 실시예들에 의해 제한되는 것은 아니다. 실질적으로, 전술한 실시예들에 추가적으로 본 발명에 따른 다른 다양한 실시예들과 변형예들이 상술한 기재 사항들과 첨부된 도면으로부터 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다. 따라서 그러한 다른 실시예들과 변형예들은 본 발명의 범위 내에 속하는 것이다. 또한, 비록 본 발명이 구체적인 목적을 위한 구체적 환경에서 구체적인 구현에 대한 사항들로 기재되었으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 그 유용성이 이에 의해 제한되는 것은 아니며, 본 발명이 많은 목적들을 위한 많은 환경들에 유익하게 실시될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 다음의 특허 청구 범위는 본 명세서에 개시된 본 발명의 폭 넓은 범주와 사상적인 관점에서 이해되어야 할 것이다.

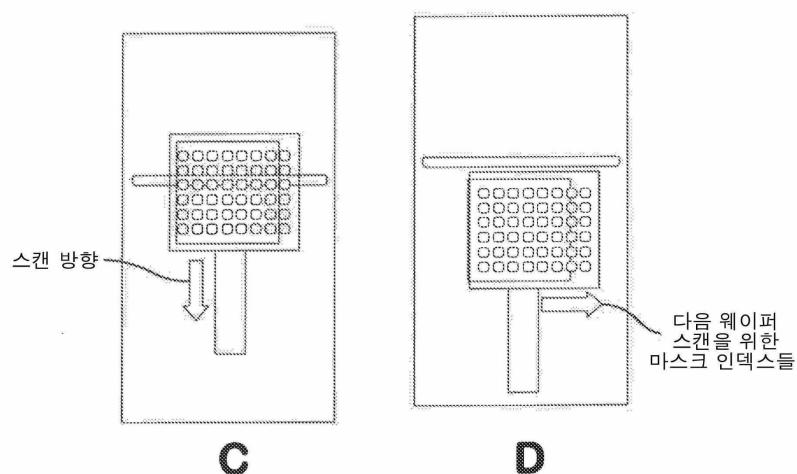
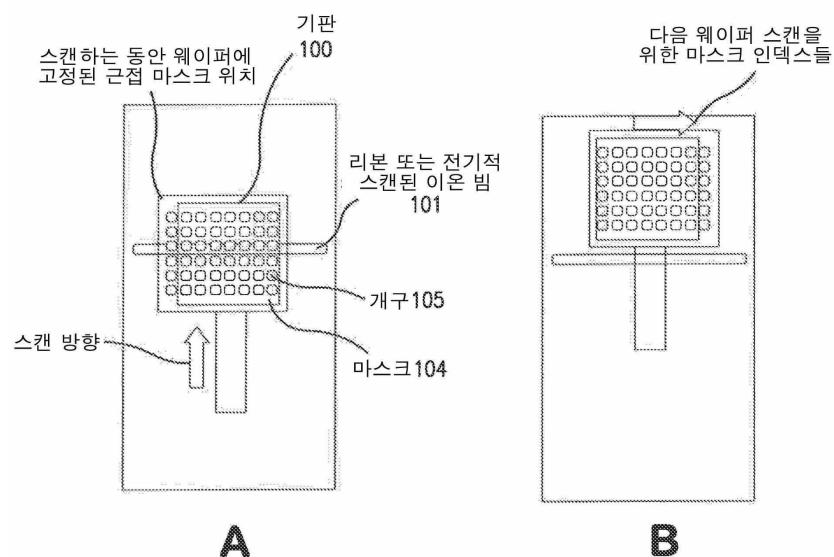
도면

도면1**도면2****도면3**

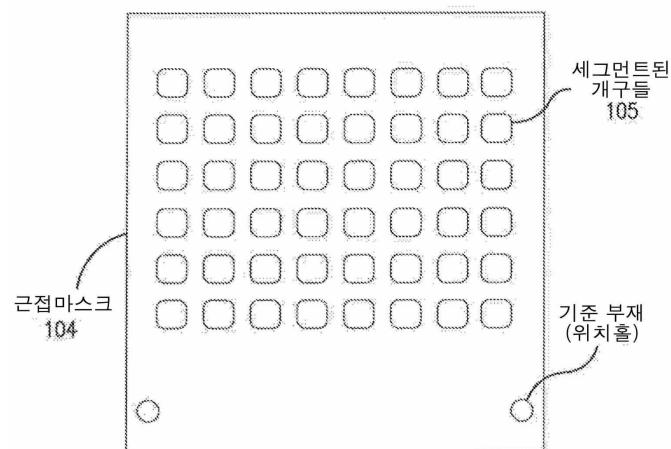
도면4



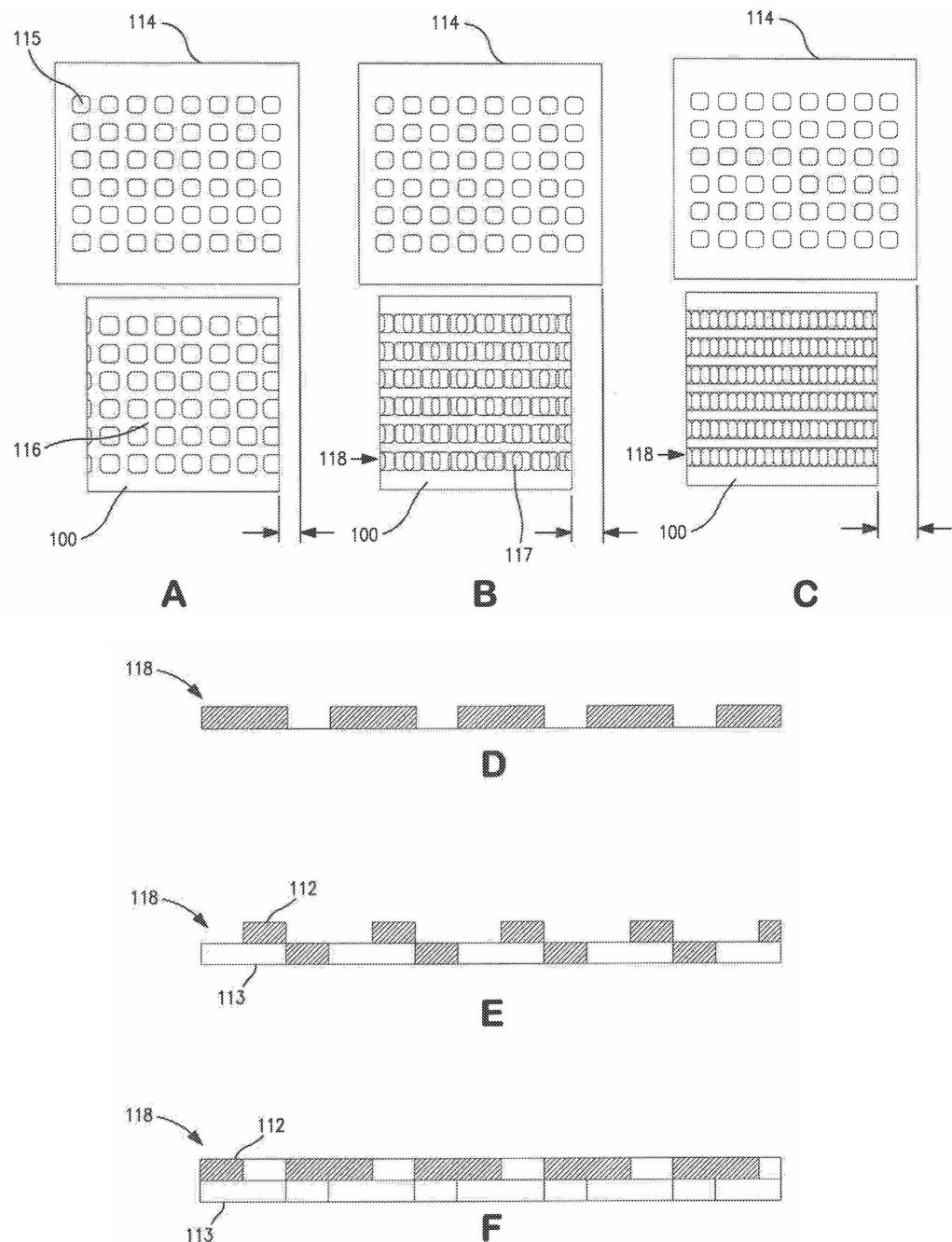
도면5



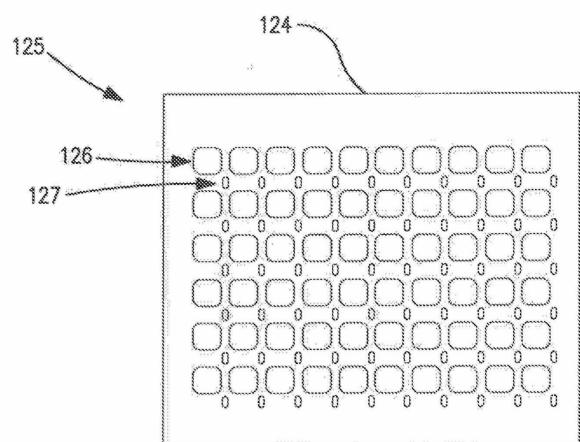
도면6



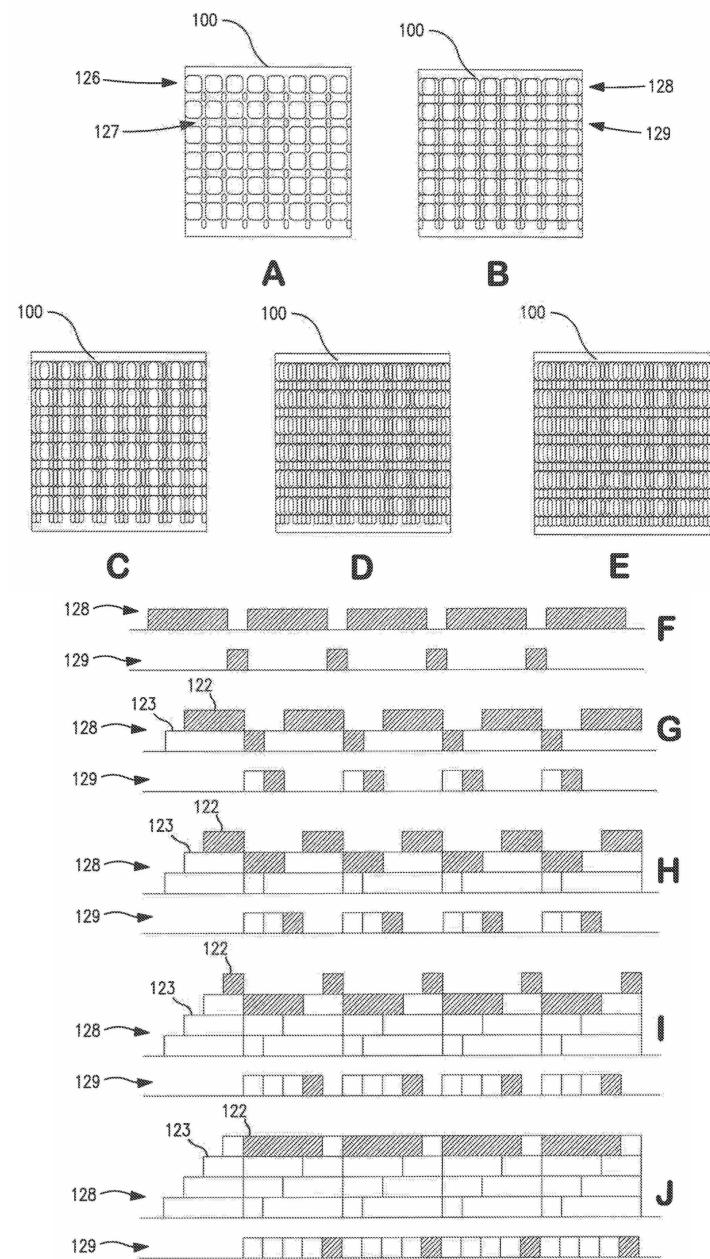
도면7



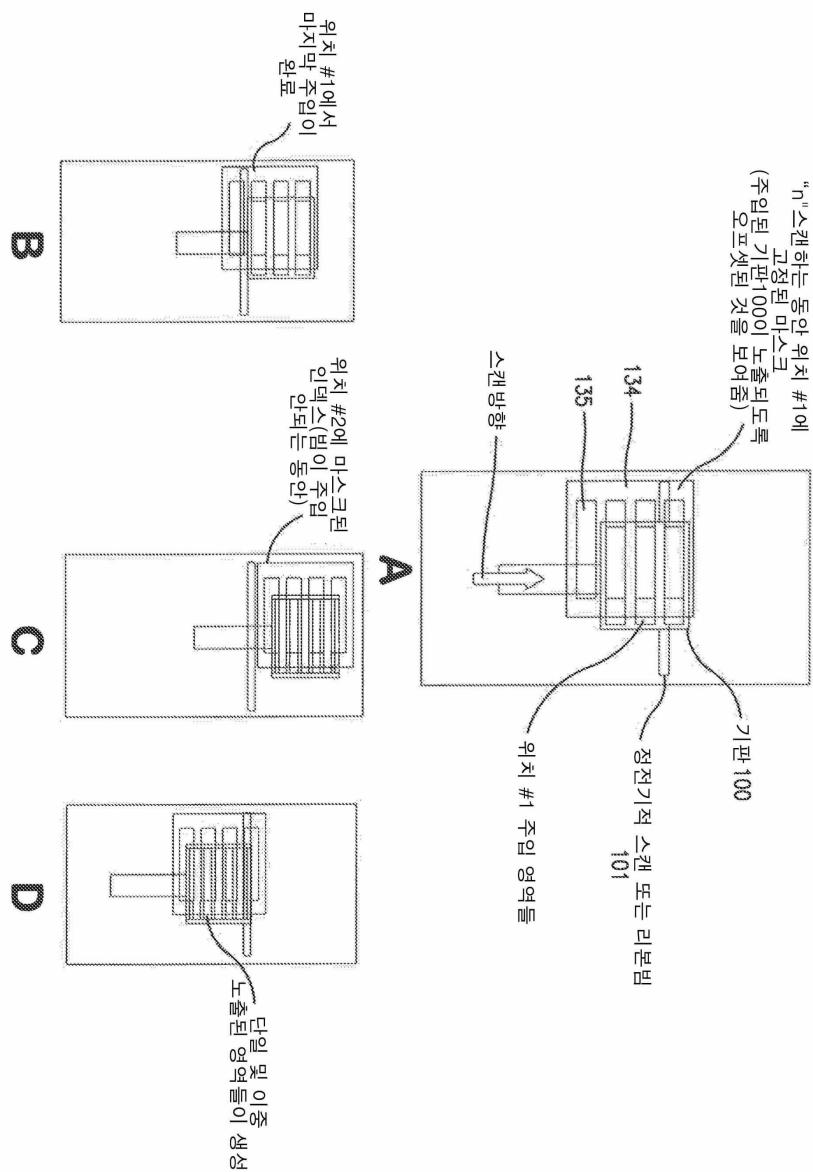
도면8



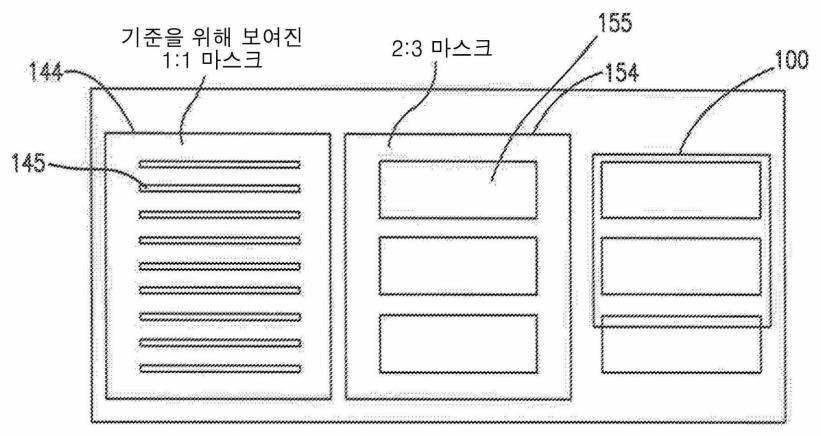
도면9



도면10



도면11



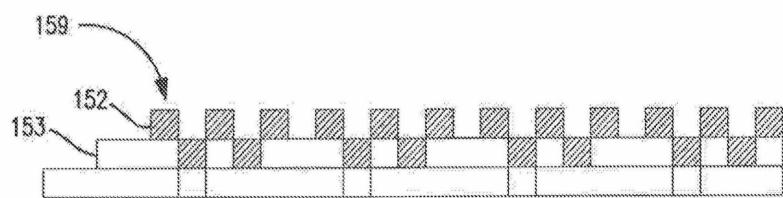
A B C



D

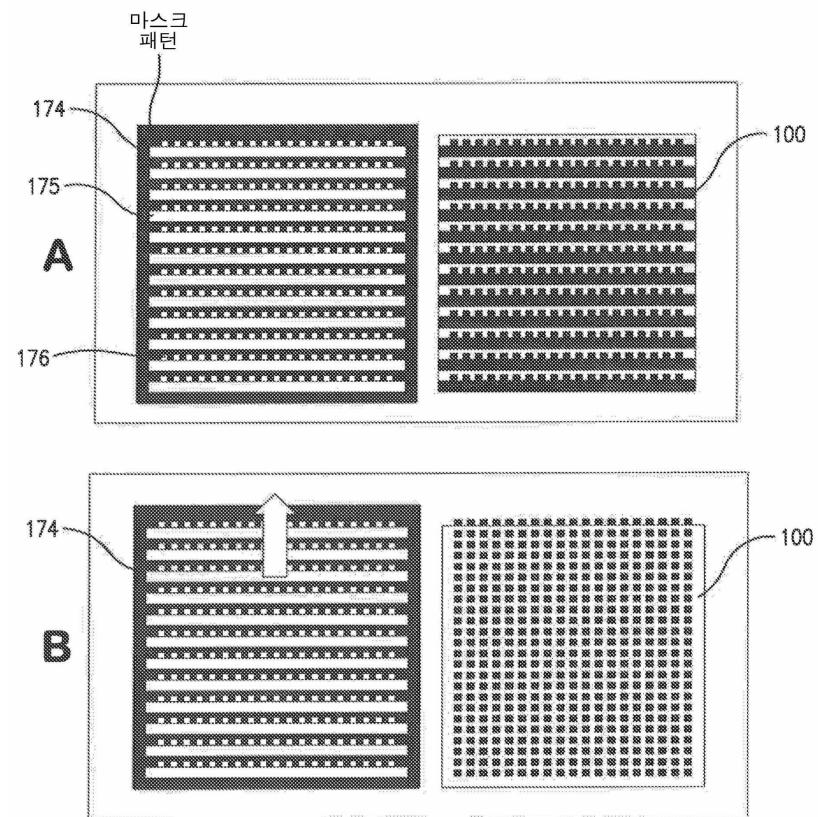


E

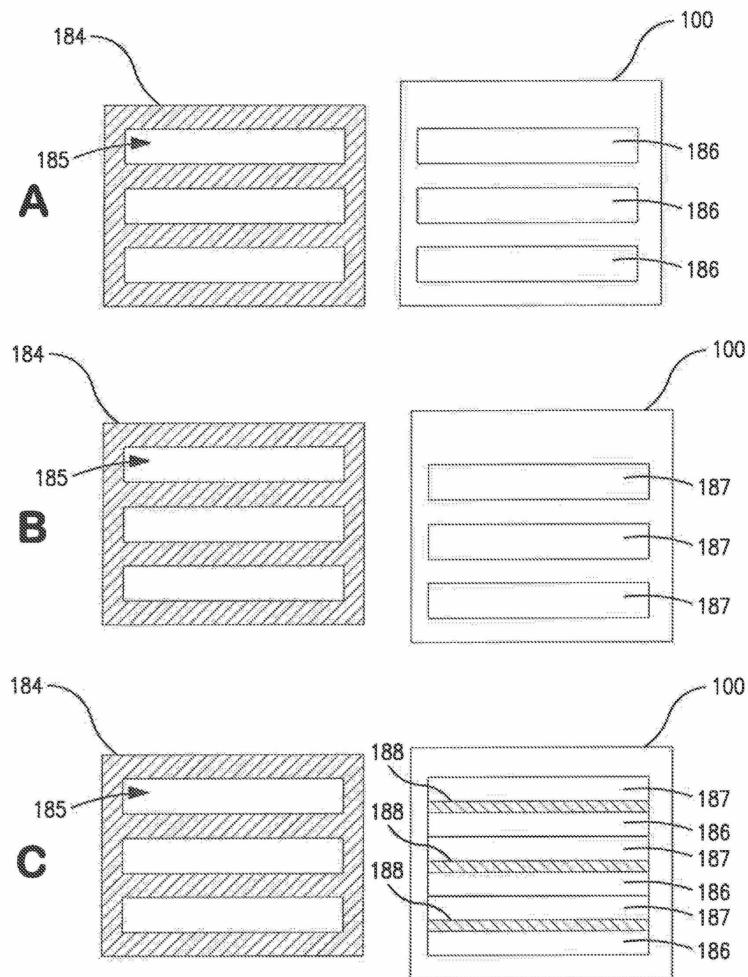


F

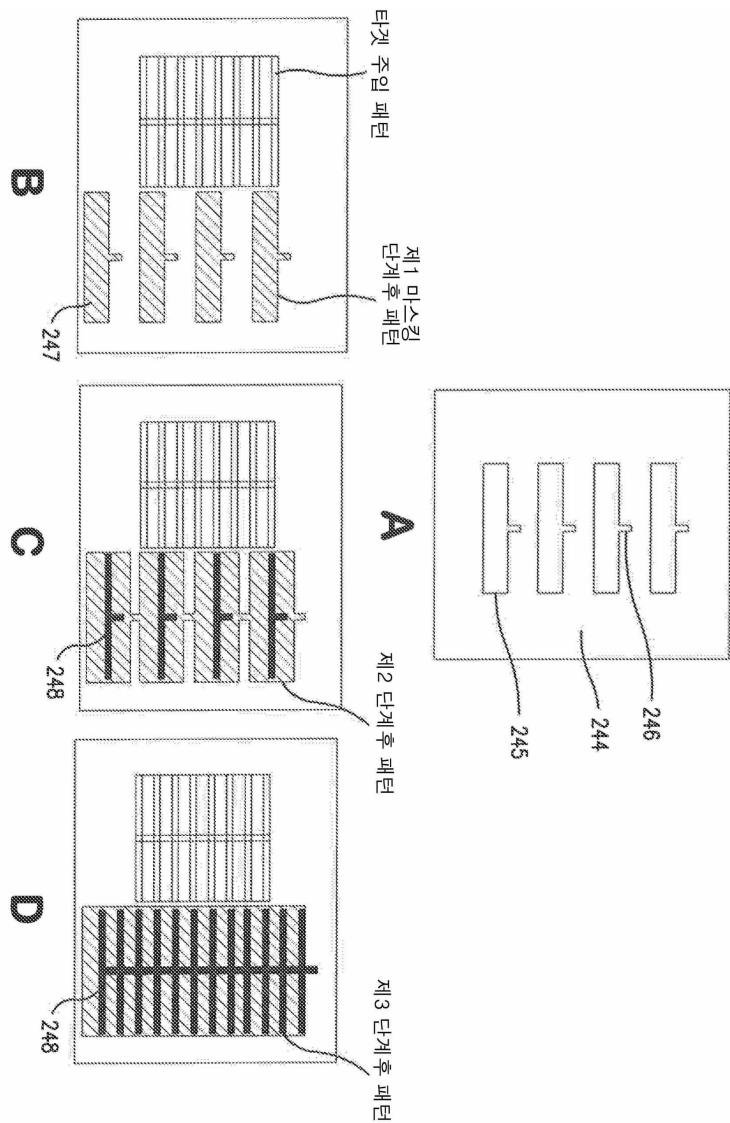
도면12



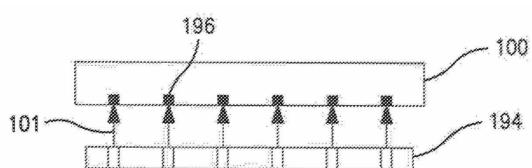
도면13



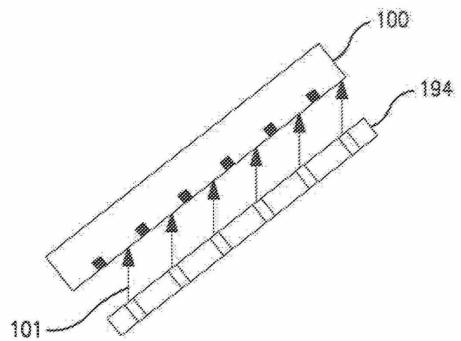
도면14



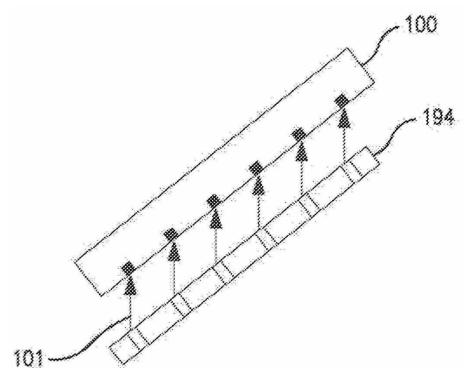
도면15a



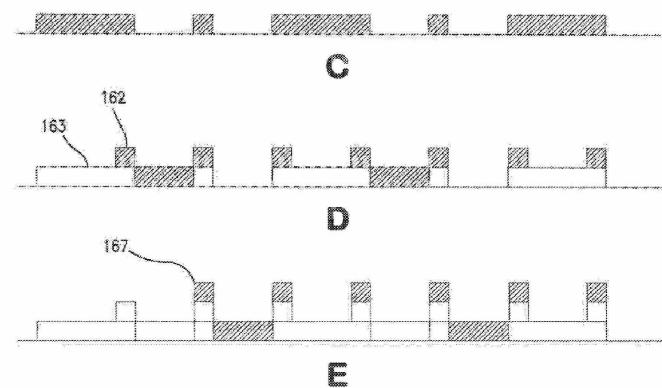
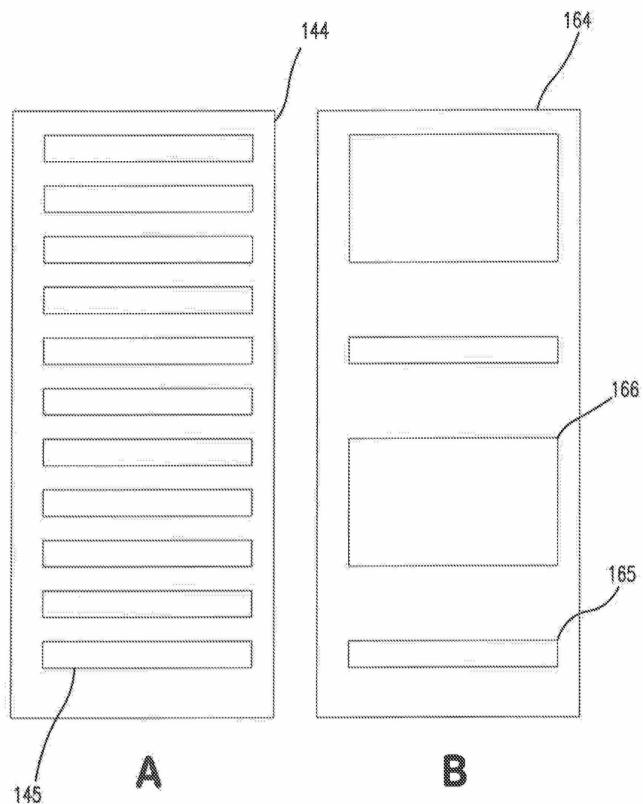
도면15b



도면15c



도면16



도면17

