



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0029552
(43) 공개일자 2015년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)
H01L 31/0236 (2006.01) *H01L 31/054* (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0116129

(22) 출원일자 2014년09월02일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장
14/023,423 2013년09월10일 미국(US)

(71) 출원인
제록스 코포레이션
미국 코네티컷주 노워크 피.오.박스 4505 글로버
애비뉴 45

(72) 발명자
스캇 제이.에이치. 팀
미국, 94306 캘리포니아, 팔로 알토, 455 그랜트
애비뉴, 넘버1
데크 드브루이커
미국, 95128 캘리포니아, 새너제이, 1496 폼페이
드라이브
션 가너
미국, 94103 캘리포니아, 샌프란시스코, 481 클레
멘티나 스트리트, 아파트먼트 애프

(74) 대리인
박지만

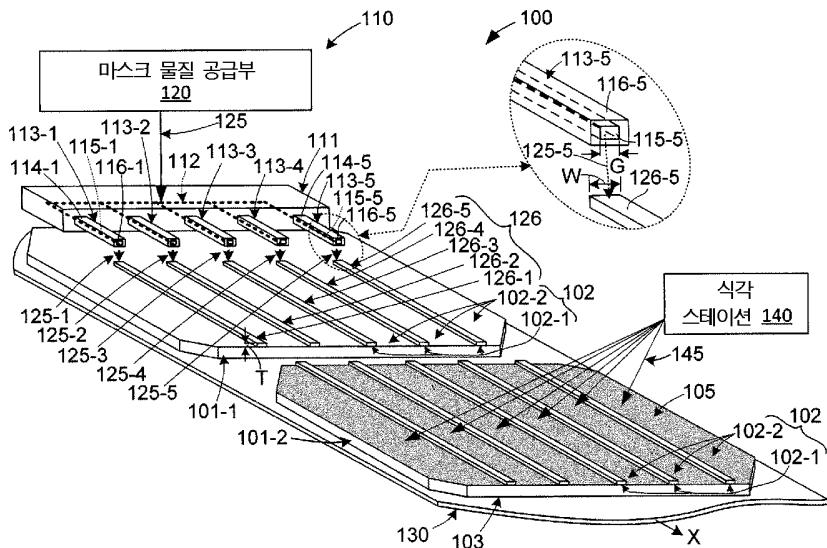
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 태양전지 표면처리

(57) 요약

패턴화 집광 구조체들 (예를들면, 각불 또는 골 형상)을 가지는 다결정 실리콘 (mc-Si) 태양전지는 긴밀하게-이격된 평행 긴 도관들의 배열로부터 액체 마스크 물질을 인쇄하여 생성하고 인쇄된 마스크 형상들 사이에 형성된 개구들을 통하여 mc-Si 웨이퍼 일부는 노출된다. 긴밀하게 이격된 마스크 패턴 형상들은 도관들 배열 (예를들면, 마이크로-스프링 또는 선형 폴리아미드 캔틸레버)을 이용하여 달성되며, 각각의 도관은 슬릿-타입, 튜브-타입 또는 리지/밸리-타입 액체 안내 경로를 포함하고 이들은 도관의 고착 기부 단부 및 텁부 단부 사이에서 연장되어 저장소에서 공급되는 마스크 물질은 정확하게 텁부에서 mc-Si 웨이퍼로 토출된다. 노출 평면부위는 이후 식각되어 원하는 패턴화 집광 구조체들 (예를들면 골 구조체)를 형성한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

다결정 실리콘 웨이퍼 평면(planar surface)에 패턴화 집광구조체(patterned light trapping structure)를 생성하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

다수의 평행한 긴 도관들을 따라 액체 마스크 물질을 전달시키는 단계로서, 상기 마스크 물질의 일부가 각각의 상기 도관의 텁부로부터 토출되고;

상기 다결정 실리콘 웨이퍼를 상기 다수의 도관들의 상기 텁부들 아래로 이동시키는 단계로서, 상기 토출된 마스크 물질 부분들은 상기 다결정 실리콘 웨이퍼 평면 상에 마스크 패턴을 형성하고, 상기 마스크 물질 패턴은 상기 마스크 물질 패턴 사이로 상기 평면의 일부가 노출되도록 형성되고;

상기 노출된 평면을 식각하는 단계로서, 상기 식각된 다결정 실리콘 웨이퍼는 일체적 패턴화 집광구조체를 형성하는, 다결정 실리콘 웨이퍼 평면에 패턴화 집광구조체를 생성하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 저가 태양전지 제조공정에서 다결정 실리콘 웨이퍼에 집광구조체들을 생성하기 위한 마스크 패턴들 인쇄방법 개선에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 하기 설명은 본 분야의 기술자가 특정 분야 및 요건에 따라 본 발명을 이해하고 이용하도록 제시된다. 본원에서 사용되는, 방향 관련 용어들 예컨대 “상부”, “하부”, “하향”, “정면”, “배면”은 설명 목적으로 상대적 위치를 제공할 의도이며, 절대 위치를 언급하는 것은 아니다. 또한, “일체적으로 연결된” 및 “일체적으로 형성된” 이란 단일 성형 또는 가공 구조체의 두 부분들 간의 연결 관계를 설명하기 위한 것이고, 이는 두 개의 별도의 구조체들이 예를들면, 접착제, 파스너, 클립, 또는 이동성 조인트로 연결된 (“일체적으로”라는 수식어 없는)용어들 “연결된” 또는 “결합된”과 구분된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 바람직한 실시태양에 대한 다양한 변형들은 본 분야의 기술자들에게 명백할 것이고, 본원에 기재된 포괄적 원리들은 다른 실시태양들에도 적용된다. 따라서, 본 발명은 도시되고 설명되는 특정 실시태양들에 국한되는 것이 아니라, 본원에 개시되는 원리들 및 신규한 특징부들과 일관되는 최광의 범위에 따라야 한다.

도면의 간단한 설명

[0004] 도 1 내지 도 16은 본 발명의 실시태양들을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005] 도 1은 다결정 실리콘 (mc-Si) 웨이퍼들 (101-1, 101-2)의 평면 (102)상에 일체적 패턴화 집광구조체 (105)를 생성하기 위한 시스템 (100)을 도시한 것이고, 도 2는 본 발명의 포괄적 실시태양에 따라 시스템 (100)을 이용하여 일체적 패턴화 집광구조체 (105)를 생성하기 위한 방법을 보이는 흐름도를 도시한 것이다. “일체적 패턴화 집광구조체”에서 “일체적”이란 집광구조체들 (105)이 웨이퍼들 (101-1, 101-2)를 이루는 mc-Si 소재 부분들에 의해 전체가 형성된다는 것이고 (예를들면, mc-Si 웨이퍼 소재 인접부들 식각/제거에 의해), “일체적 패턴화 집광구조체”는 웨이퍼들 (101-1, 101-2)에 적층 또는 달리 형성되는 집광구조체들과 차별된다. 설명 목적으로 도 1에서 음영 영역으로 표기되지만, 패턴화 집광구조체들 (105)은 웨이퍼 평면 (102) 일부의 식각/제거에 의해 형성되는 3차원적 mc-Si 구조체들 (예를들면, 각뿔 또는 골 형상들)로 구성된다는 것을 이해하여야 한다.

[0006] 도 1에 표기된 바와 같이, 시스템 (100)은 일반적으로 액체 마스크 물질 (125)을 마스크 물질 공급부 (120)로부터 수용하는 프린트헤드 조립체 (110), 다결정 실리콘 (mc-Si) 웨이퍼들 (101-1, 101-2)을 프린트헤드 조립체 (110) 아래로 이송하는 컨베이어 벨트 (130), 및 에칭제 (145)를 웨이퍼들 (101-1, 101-2)에 도포하는 식각 스테이션 (140)을 포함한다.

[0007] 도 2 상부를 참조하면, 포괄적 방법은 배열을 이루는 도관들 (113-1 내지 113-5)의 텁부에서 마스크 물질 (125)이 토출되도록 액체 마스크 물질 (125)을 프린트헤드 조립체 (110)로 이송하는 단계를 포함한다 (블록 210). 도 1에 표기된 바와 같이, 프린트헤드 조립체 (110)는 마스크 물질 (125)을 공급부 (120)에서 수용하는 저장소 (112)를 가지는 기재 (111), 및 기재 (111)에서 평행하게 연장되는 긴밀하게-이격된 평행한 긴 도관들 (113-1 내지 113-5)을 포함한다. 각각의 도관 (113-1 내지 113-5)은 마스크 물질 공급부 (120)와 연통되어 액체 마스크 물질 (125) (바람직하게는 유기화합물 예컨대 약스, 수지, 중합체, 지방산 및 에스테르)은 저장소 (112)로부터 도관들 (113-1 내지 113-5)로 이동된다 (흐른다). 각각의 긴 도관 (113-1 내지 113-5)은 기재 (111)에 부착되는 기부, 기재 (111)에서 떨어져 배치되는 텁부, 및 저장소 (112)에서 텁부로 마스크 물질 흐름 경로를 제공하는 모세관류 경로 형성 몸체부를 포함한다. 예를들면, 도관 (113-1)은 기부 (114-1) 및 텁부 (116-1) 사이 몸체부를 따라 연장되는 유동 경로 (115-1)를 포함하고, 도관 (113-5)은 기부 (114-5) 및 텁부 (116-5) 사이에 연장되는 유동 경로 (115-5)를 포함한다. 도 1 우측 상부 점선 타원에 표기된 바와 같이, 액체 마스크 물질 (125) 이동 (흐름)은 하기 유동 발생 방법들 중 하나에 따라 발생되어 충분한 액체 마스크 물질이 각각의 도관 (113-1 내지 113-5)의 모세관 경로를 따라 (예를들면, 도관 (113-5)의 경로 (115-5)를 따라) 흐르고, 이에 따라 토출된 마스크 물질 (125-1 내지 125-5)은 긴밀하게-이격된 마스크 형상들 (126-1 내지 126-5) (예를들면, 연속 라인들 또는 일련의 인접 “도트들”)로 이루어진 마스크 물질 패턴 (126)을 표면 (102)상에 형성한다. 예를들면, 도 1에서 점선 화살표로 나타낸 바와 같이, 마스크 물질 (125-1)은 저장소 (112)로부터 경로 (115-1)를 따라 흐르고 도관 (113-1) 텁부 (116-1)에서 토출되어 마스크 형상 (126-1)을 웨이퍼 (101-1) 상부 표면 (102)에 형성한다. 동시에, 마스크 물질 (125-5)은 저장소 (112)로부터 경로 (115-5)를 따라 흘러 도관 (113-5) 텁부 (116-5)에서 토출되어 마스크 형상 (126-5)을 웨이퍼 (101-1) 상부 표면 (102)에 형성한다. 마스크 물질 (125-2, 125-3, 125-4) 역시 유사하게 도관들 (113-2, 113-3, 113-4)에서 각각 동시에 토출되어 마스크 형상들 (126-2 내지 126-4)을 웨이퍼들 (101-1, 101-2)상면들 (102)에 형성한다.

[0008] 도 2 블록 (220)를 참조하면, 상기 방법은 토출된 마스크 물질 (125)이 각각의 웨이퍼에 마스크 물질 패턴 (126)을 형성하도록 웨이퍼들 (101-1, 101-2)을 프린트헤드 조립체 (110) (즉, 도관 배열) 아래로 이동시키는 단계를 더욱 포함한다. 도 1에 도시된 예시적 실시태양에 의하면, 웨이퍼들 (101-1, 101-2)은 컨베이어 (130)에 의해 연속적으로 고속 (예를들면, 125 mm/s 또는 그 이상)으로 도관 (113-1 내지 113-5)아래로 이동되어 (즉, 액체 마스크 물질이 도관들 (113-1 내지 113-5) 텁부로부터 분사되는 동안) 토출된 마스크 물질 (125-1 내지 125-5)은 웨이퍼들 (101-1, 101-2) 상부 표면 (102)에 이격 라인-유사 형상들 (126-1 내지 126-5) 형태의 마스크 물질 패턴 (126)을 형성한다. 하나의 실시태양에서, 컨베이어 (130)는 벨트-타입의 이동 구조체로 웨이퍼들 (101-1, 101-2)를 지지하고 도관들 (113-1 내지 113-5)아래로 일정 속도로 이동시킴으로써 (예를들면, 도 1의 화살표 방향 “X”) 긴 라인-유사 형상들 (126-1 내지 126-5)은 웨이퍼들 (101-1, 101-2)의 관련된 이격 표면부들을 덮는다(마스크). 상세하게는, 웨이퍼 (101-1)에 나타낸 바와 같이, 형상들 (126-1 내지 126-5)은 상부 평면 (102)의 “마스크” 부분들 (102-1)에 배치되고, 여기에서 각각의 인접 형상들의 쌍 (예를들면, 형상들 126-1 및 126-2)은 트렌치-유사 노출 표면부 (102-2)에 의해 분리된다. 프린트헤드 (110)를 통한 마스크 물질 (125) 유동을 이송 기구 (130)에 의해 제공되는 웨이퍼 속도와 일치시킴으로써, 본 발명은 고속, 단일 패스 (pass) 마스크 인쇄 방법을 제공하여 매우 비용-효과적인 방식으로 다결정 실리콘 웨이퍼 소재가 원하는 패턴화 집광구조체들 (105) 형성을 가능하게 한다.

[0009] 도 2의 블록 (230)에 표기된 바와 같이, 마스크 물질 패턴 (126) 형성 후, 일체적 패턴화 집광구조체들 (105)을 형성하기 위하여 웨이퍼들 (101-1, 101-2)을 식각 스테이션 (140) 아래로 또는 통과시켜, 여기에서 에칭제 (145)를 각각의 웨이퍼 상부 표면 (102)에 도포한다. 본 발명의 양태에 의하면, 도 1에서 웨이퍼 (101-2)의 음영 표면으로 표기된 바와 같이, 에칭제 (145)가 도포되고, 각각의 웨이퍼 노출 평면부들 (102-2)을 식각 (즉, 제거)하여 잔류 (식각된) mc-Si 웨이퍼 소재 (즉, 마스크 형상들 (126-1 내지 126-5)에 의해 에칭제 (145)로부터 보호된 부분들)는 일체적 패턴화 집광구조체들 (105)를 형성한다. 예시적 실시태양에서, 에칭제 (145)는 HF/질산 /아세트산 혼합물) 중 하나로 구성되고 잔류 다결정 실리콘 웨이퍼 소재가 원하는 패턴화 집광구조체들 (105) (예를들면, 골 구조체들)을 형성하도록 도포된다.

[0010] 도 2의 블록 (240)을 참조하면, 마스크 물질 패턴 (126)은 공지 방법으로 선택적으로 제거된다. 예를들면, 식각

조에서 마스크가 여과 제거되도록 마스크는 충분히 언더컷 및 리프트 오프된다. 다른 방법으로는 KOH 또는 K_2CO_3 을 이용한 염기용액에서 마스크 물질을 씻는다.

[0011] 도 2의 방법에 의해 다결정 웨이퍼들 (101-1, 101-2)에 패턴화 각뿔 또는 골 형상들을 생성시키는 비용-효율적인 방법이 제공된다. 즉, 액체 마스크 물질을 상기 기재된 방식으로 도관들 (113-1 내지 113-5)을 통해 토출함으로써, 본 발명은 잉크-젯, 스크린 인쇄 및 플렉소그래피 방법들보다 더욱 비용-효과적인 방식으로 태양전지 형성과 관련된 최소 라인-폭 사양들을 충족하는 마스크 인쇄 방법이 가능하다.

[0012] 본 발명의 양태에 따르면, 각각의 도관 (113-1 내지 113-5)은 기재 (111)에 부착되는 (고착) 기부 및 기재 (111)에서 떨어져 위치하는 텁부를 가지는 캔틸레버-타입의 구조체로 구성되며, 각각의 도관 기부에서 텁부로 마스크 물질 유동을 제어하는 (즉, 경로를 제공하는) 모세관 (흐름) 경로를 포함한다. 예를들면, 도 1 우측 상부에 표기된 접선 풍선을 참조하면, 도관 (113-5)은 기부 (114-5) 및 텁부 (116-5) 사이를 연장하는 모세관 경로 (115-5)를 둘러싸는 (형성하는) 튜브-타입 구조체를 포함하고, 모세관 경로 (115-5)는 저장소 (112)와 연통되어 마스크 물질 (125-5)은 기부 (114-5)에 인접 배치되는(제1) 개방단부를 통해 경로 (115-5)에 진입하고, 도관 (113-5)을 따라 기부 (114-5)에서 텁부 (116-5)를 향하여 경로를 형성하고 (흐르고), 텁부 (116-5)의 (제2) 개방단부에서 토출되어 마스크 형상 (126-5)을 형성한다. 도관들 (113-1 내지 113-4)은 유사하게 저장소 (112)와 연통되어 마스크 물질 (125-1 내지 125-4)을 유통시키며 이에 따라 각각 마스크 형상들 (126-1 내지 126-4)을 형성한다. 도관들 (113-1 내지 113-5)의 각각의 모세관 경로는 소폭 마스크 형상들 형성이 가능한 미크론-수준의 공칭 경로 폭을 가진다. 예를들면, 도 1 우측 상부 접선 풍선으로 나타낸 바와 같이, 모세관 경로 (115-5)의 공칭 경로 폭 (간격 거리 G)은 대략 10 미크론 이하의 공칭 폭 W을 가지는 라인-타입 마스크 형상 (126-5) 형성이 가능한 3 내지 10 미크론이다. 캔틸레버-타입 도관들 (113-1 내지 113-5)을 이용하는 이점은 충분한 액체 마스크 물질이 이송되어 (예를들면, 모세관 경로들 (115-1 내지 115-5)을 따라 흐름) 토출된 마스크 물질 (125-1 내지 125-5)은 1 내지 10 미크론의 원하는 공칭 폭 W 및 공칭 두께 T를 가지는 마스크 형상들 (126-1 내지 126-5)을 형성하므로, 마스크 인쇄 공정은 “단일-패스” 인쇄 단계로 달성될 수 있다는 것이다. 즉, 액체 마스크 물질 (125)을 도관들 (113-1 내지 113-5)을 통해 상기 방식으로 토출시킴으로써, 본 발명은 태양전지 형성과 관련된 최소 라인-폭 사양들을 충족시키고, 마스크 형상들에 대한 단일-패스 인쇄 (즉, 제2 인쇄층이 필요 없는 충분한 마스크 물질을 인쇄)가 가능한 충분한 마스크 물질 적층이 가능한 마스크 인쇄 방법으로, 잉크-젯, 스크린 인쇄 및 플렉소그래피 방법 대비 우수한 방법을 제공한다. 또한 이러한 배열로 매우 얇은, 긴밀하게-이격된 도관들 (예를들면, 인치 당 1,000개의 도관들 또는 그 이상)을 형성할 수 있으므로, 태양전지 생산과 관련된 최소 라인 폭 요건들을 충족하는 고 처리-능력의 인쇄 공정을 제공한다.

[0013] 도 3은 마스크 인쇄공정 평면도이고, mc-Si 웨이퍼 (101)는 프린트헤드 (110)아래 (즉, 도면 아래)로 이동되고, 상기 방법으로 다중 평행 라인-유사 마스크 형상들 (126)이 웨이퍼 (101)에 인쇄된다. 이 경우, 프린트헤드 (110)는 3개의 구획들 (110-1, 110-2, 110-3) (즉, 3개의 별도의 기재들 (111-1, 111-2, 111-3))을 포함하고, 이들은 웨이퍼 (101) 폭 W_s에 이르도록 단부들이 서로 배열되고, 각각의 구획 (110-1, 110-2, 110-3)은 마스크 물질을 상응하는 웨이퍼 (101) 영역에 적층하도록 배치된다 (예를들면, 구획 (110-2)은 전형적으로 mc-Si PV 장비들에 있는 버스 바들 (106) 사이에 마스크 형상들 (126)을 형성하도록 배치된다). 특정 실시태양에서, 각각의 구획 기재 (예를들면, 기재 (111)-2)는 3 인치의 공칭 폭 W_s을 가지고, 웨이퍼 (101)는 6 인치의 폭 W_s을 가진다.

[0014] 도 4는 본 발명의 실시태양에 의한 단일 프린트헤드 구획 (110A)을 보이는 사시도이고, 구획 (110A)은 기재 (111A)에 캔틸레버-타입으로 고정되는 만곡 마이크로-스프링 도관들 (113A)의 선형 배열을 포함한다. 상세하게는, 각각의 마이크로-스프링 도관 (113A)은 마이크로-스프링 구조체를 포함하고, 이는 기재 (111A) 평면에 부착되는 기부 (고착단) (114A) 및 기재 (111A)로부터 벗어난 (즉, 떨어진) 텁부 (자유단) (116A)을 가진다. 하나의 실시태양에서, 각각의 마이크로-스프링 도관 (113A)은 응력-금속 마이크로-스프링 구조체로 구성되고 이는 본 발명의 양수인에 의해 개발된 상표 ClawConnect™ 유연한, 고밀도, 상호접속 (HDI) 플랫폼 기술과 유사한 기술들을 이용하여 제조된다. ClawConnect 기술에 따라, 각각의 마이크로-스프링 도관 (113A)은 자가-굽힘 스프링 금속을 이용하여 형성되고, 이는 응력-처리된 (engineered) 필름에 적층된 후 패턴화 되어 도형 (island) 스프링 소재 (평탄 구조체들)를 형성하고, 여기에서 최하부 (즉, 기재 (111A)) 상부 표면에 인접한 적층 소재)는 상부 (즉, 기재 (111A)에서 가장 멀리 떨어진 수평층)보다 낮은 내부 인장 응력을 가져, 응력-가공 금속 필름은 내부 응력 편차가 초래되어 좁은 “핑거” 부 도형 스프링 금속은 연속된 이형 (release) 과정에서 기재 (111A)로부터 상향 굽혀진다. 응력-처리된 금속 필름들에서 이러한 내부 응력 편차를 발생시키는 방법들은, 예를들면, 미국특

허번호 3,842,189 (상이한 내부 응력들을 가지는 두 금속들의 적층) 및 미국특허번호 5,613,861 (예를들면, 공정인자들 가변 중 단일 금속 스파터링)에서 교시되고, 양 문헌들은 참조문헌들로 본원에 통합된다. 하나의 실시태양에서, 티타늄 (Ti) 이형층을 기재 (111)에 적층한 후, 몰리브덴 (Mo), "몰리-크롬" 합금 (MoCr), 텅스텐 (W), 티타늄-텅스텐 합금 (Ti:W), 크롬 (Cr), 구리 (Cu), 니켈 (Ni) 및 니켈-지르코늄 합금 (NiZr) 중 하나 이상을 포함하는 응력-처리된 금속 필름을 이형 소재에 스파터링 또는 도금 적층한다. 응력-처리된 금속 필름이 양호한 베이스 금속으로 기능하지 못하는 경우 선택적인 부동화 금속층 (미도시; 예를들면, 금 (Au), 백금 (Pt), 팔라듐 (Pd), 또는 로듐 (Rh))을 응력-처리된 금속 필름의 상부 표면에 적층하여 연속한 도금공정에서 시드 재료로 작용한다. 또한 부동화 금속층은 완성된 스프링 구조체에서 접촉저항을 개선하도록 제공된다. 대안적 실시태양에서, 니켈 (Ni), 구리 (Cu) 또는 니켈-지르코늄 (NiZr) 필름이 시드 층 없이 직접 도금으로 형성된다. 무전해 도금이 적용되는 경우, 전극층 적층이 생략된다. 또 다른 대안적 실시태양에서, 자가-굽힘 스프링 소재는 하나 이상의 바이모르프/이종금속 화합물 (예를들면, 금속1/금속2, 실리콘/금속, 실리콘 산화물/금속, 실리콘/실리콘 질화물)이고 공지 기술에 따라 제작된다. 각각의 경우 고전도성 소재 (예를들면, 금)외층이 "베이스" 스프링 금속 소재에 형성되어 전도도를 증가시키고 마이크로-플라즈마 발생을 가능하게 한다. 또 다른 실시태양에서, 기부 (앵커)가 하부 기재에 선택적 지지 구조체 (예를들면, 이형층 유지부 또는 예비-형성 전도성 베이스 구조체)로 연결되도록 각각의 마이크로-스프링 도관이 제조된다.

[0015] 본 발명의 마이크로-스프링 도관들은 ClawConnect 기술에 의해 형성되는 표준 마이크로-스프링 프로브들과는, 각각의 마이크로-스프링 구조체/도관 길이를 따라 연장되는 적합한 모세관 경로들을 제공하여, 각각의 마이크로-스프링-타입 도관에서 액체 마스크 물질을 토출하는 것은 마스크 물질 일부를 동시에 마이크로-스프링 구조체들에 형성된 모세관 경로들을 따라 유동시킴으로써 구현되도록 변형시킨다는 점에서 차별된다. 예시적 모세관 경로 형상들은 도 5-7을 참조하여 하기된다.

[0016] 도 5A 및 5B는 제1 특정 실시태양에 의한 슬릿-유사 모세관 경로 (115B)를 포함하는 마이크로-스프링 도관 (113B)의 사시도 및 정면도이다. 각각의 마이크로-스프링 도관 (113B)은 연관된 쌍의 평행 만곡 응력-금속 마이크로-스프링들 (113B-1, 113B-2)를 포함하고, 이들은 기재 (미도시)에 부착되는 기부들 (114B) 및 도 3과 관련하여 상기된 방식으로 기재에서 떨어져 배치되는 텁부 (116B)를 가지고, 연관된 마이크로-스프링들 (113B-1, 113B-2)은 이격되어 슬릿-유사 모세관 경로 (115B)가 이를 사이에 형성된다. 이 경우, 액체 마스크 물질 이동은 마스크 물질을 마이크로-스프링들 (113B-1, 113B-2)의 기부들 (114B) 사이 지점에 제공하는 것을 포함하고, 이에 따라 마스크 물질은 슬릿-유사 모세관 경로 (115B)를 따라 훌러 텁부들 (116B) 사이에서 토출된다. 3 내지 10 미크론의 공칭 간격 거리 G를 가지는 마이크로-스프링들 (113B-1, 113B-2)을 형성함으로써, 기부들 (114B) 및 텁부들 (116B) 사이를 흐를 때 마스크 물질은 슬릿-유사 모세관 경로 (115B)에 모세관 작용 (힘)에 의해 유지된다. 액체 유동에 사용되는 긴밀하게-이격된 마이크로-스프링 도관들 제조기술은, 예를들면, 공유인 미국특허번호 7,241,420 ("응력 금속을 이용한 액체 꾹업, 이송 및 분배용 모세관-경로 프로브들")에 개시되고, 이는 본원에서 참조문헌으로 전체가 통합된다.

[0017] 도 6A 및 6B는 제2의 특정 실시태양에 의한 튜브-유사 마이크로-스프링 도관 (113C)의 사시도 및 정면도이다. 이 경우, 액체 마스크 물질은 예를들면, 사각 단면의 벽에 의해 형성되는 (즉 4면이 둘러싸인)중공 튜브-유사 모세관 경로 (115C)에서 흐르고, 튜브-유사 모세관 경로 (115C)는 마이크로-스프링 도관 (113C)의 기부 단부 (114C) 및 텁부 단부 (116C)사이에서 연장된다. 이 경우, 마스크 물질은 필요한 유동을 발생시킬 수 있는 압력으로 밀폐된 저장소 (미도시)로부터 모세관 경로 (115C)로 공급된다. 액체 유동에 사용 가능한 튜브-유사 마이크로-스프링 도관들 생성 기술은, 예를들면, 공유의 미국특허번호 8,080,293 ("캡슐화에 의한 미세-가공 구조체 제조")에 개시되고, 상기 문헌은 본원에 전체가 참조문헌으로 통합된다.

[0018] 도 7은 제3 특정 실시태양에 의한 패턴화 마이크로-스프링 도관 (113D)의 사시도이고, 도 7A, 7B 및 7C는 패턴화 마이크로-스프링 도관 (113D)에 의해 적용되는 대안적 액체 안내 경로 타입들의 단면도이다. 도 5A 및 5B를 참조하여 상기된 슬릿-유사 경로와 같이, 각각의 마이크로-스프링 도관 (113D)은 기부 (114D)에서 텁부 (116D)로 각각의 마이크로-스프링 도관 (113D)을 따라 이동할 때 모세관 작용에 의한 액체 마스크 물질의 유동을 제어 할 수 있는 연관된 액체 안내 경로 구조체 (115D)를 포함한다. 그러나, 2개의 인접 마이크로-스프링들을 이용하여 형성되는 것이 아니라, 도관 (113D)은 표면에 형성되는 액체 안내 경로 구조체 (115D)를 포함하도록 변형된 (패턴화)단일 마이크로-스프링 구조체를 포함하고, 액체 안내 경로 구조체 (115D)는 기부 (114D) 및 텁부 (116D) 사이 모세관 액체 유동을 가능하게 하는 형상을 포함한다. 도 7A는 도관 (113D-1) 중앙 표면 구역에서 상향 연장되는 리브로 형성된 리지-타입 액체 안내 경로 구조체 (115D-1)를 가지는 제1 마이크로-스프링 도관 (113D-1)을 보인다. 도 7B는 도관 (113D-2)전체 길이를 따라 상부 표면으로 연장되는 정사각형 또는 직사각형

글로서 형성된 벨리- 또는 홈-타입 액체 안내 경로 구조체 (115D-2)를 가지는 제2 마이크로-스프링 도관 (113D-2)을 보인다. 도 7C는 도관 (113D-3)의 전체 길이를 따라 상부 표면으로 연장되는 반원 골 (밸리)로서 형성되는 또 다른 벨리/홈-타입 경로 구조체 (115D-3)를 가지는 제3 마이크로-스프링 도관 (113D-3)을 보인다. 도 7A-7C에서 도시된 액체 안내 경로 구조체들의 이점들은 현존 ClawConnect 기술로서 제작되는 것이고, 따라서 긴 작동 수명 (즉, 150,000 6-인치 태양전지들 또는 그 이상 생산에 적합)을 가지는 강건한 프린트헤드를 제공할 수 있다는 것이다.

[0019] 본 발명이 바람직하게는 마이크로-스프링 도관들을 이용하여 구현되지만, 다른 기술들 역시 활용될 수 있다. 예를들면, 도 8은 본 발명의 대안적 실시태양에 따라 직선형 평행 캔틸레버 영역들 (113E)을 포함하는 프린트헤드 구획 (110E)의 상부 사시도이다. 하나의 특정 실시태양에서, 프린트헤드 구획 (110E)은 UV 레이저 미세가공으로 폴리이미드 시트 (111E)를 식각하여 형성된다. 각각의 캔틸레버 영역 (113E)은 폴리이미드 시트 (기재 몸체) (111E)에 부착된 기부 (114E)를 가지고, 시트 (111E)에서 단부 (팁) (116E)로 연장된다. 적합한 유동 경로는 액체 마스크 물질을 폴리이미드 시트 (111E)에 형성된 저장소 (112E)로부터 상기 다수의 직선형 캔틸레버 영역들 (113E)의 인접 쌍들 사이에서 형성되는 슬릿-유사 모세관 경로들 (115E)로 공급하여, 토출된 마스크 물질은 모든 슬릿-유사 모세관 경로들 (115E)을 따라 동시에 흐른다. 얇은 (두께 25 내지 50 μm) 폴리이미드는 매우 유연하므로, 프린트헤드 구획 (110E)은 표적 mc-Si 웨이퍼 전체 (미도시)에 (페인트브러시와 같이)절단 또는 누락 없이 '기록'될 수 있다. 즉, 취성이고 표적 mc-Si 웨이퍼와 접촉할 때 절단될 수 있는 미세-가공 직선형 실리콘 캔틸레버 배열들과는 달리, 얇은 폴리이미드 캔틸레버 영역들 (113E)은 응력-금속 마이크로-스프링 캔틸레버들 (상기됨)과 관련된 것과 유사한 방식으로 유연할 수 있다. 또한, 폴리이미드는 현재 기술의 레이저 미세가공으로 쉽게 패턴화될 수 있고 필요한 소형 형상들을, 예를들면, 265nm UV 레이저 시스템으로 달성될 수 있다.

[0020] 상기된 다양한 도관들로의 액체 마스크 물질 이동은 여러 개연성 있는 기구들을 이용하여 달성될 수 있고, 이를은 도 9A 내지 9C를 참조하여 하기된다.

[0021] 도 9A는 액체 마스크 물질 (125)이 정량으로 (방울들) 하나 이상의 잉크젯 프린트헤드들 (120F)을 통해 프린트헤드 (110F)의 도관들 (113F) (하나만이 도시)으로 이동하는 제1 액체 마스크 물질 공급 시스템의 간략 단면도이다. 잉크젯 프린트헤드 (120F)의 출구 노즐들은 각각의 개별 캔틸레버-타입 도관 (113F) 상부에 위치하여 액체 마스크 물질 (125)은 각각의 도관 (113F) 기부들 (114F)로 공급된다. 프린트헤드 (110F)는 또한 액체 마스크 물질 (125)이 기부들 (114F)에서 모세관 경로들 (115F)을 따라 팁부 (116F)로 흐르도록 배열되어, 상기된 방식으로 표적 mc-Si 웨이퍼 (미도시)로 이송된다. 이러한 방식의 이점은 잉크젯 전달 시스템들은 고도의 정확한 정량으로 액체 재료를 전달할 수 있는 공지된 기구라는 것이다.

[0022] 도 9B는 제2 액체 마스크 물질 공급 시스템의 간략 단면도이고, 여기에서 액체 마스크 물질 (125)은 하나 이상의 가압 매니폴드들 (120G)을 통해 튜브-유사 도관들 (113G) (즉, 도 6A 및 6B를 참고로 상기된 것과 유사한 것들)로 전달된다. 가압 액체 마스크 물질 (125-P)은 펌프 또는 기타 가압 공급원으로부터 매니폴드 (120G) 내부에 형성된 저장소 (112G)로 이송되고, 저장소 (112G)는 각각의 튜브-유사 도관들 (113G)의 기부 (114G)에 인접한 모세관 경로의 제1단부와 연통되어, 액체 마스크 물질 (125)은 튜브-유사 도관들 (113G)을 따라 밀려지고 팁부 (116F) 출구에서 표적 mc-Si 웨이퍼로 토출된다. 상기 제2 방법의 이점은 가압 매니폴드들은 일반적으로 잉크젯 전달 시스템들보다 덜 복잡하고 구현에 덜 고가라는 것이다.

[0023] 도 9C는 제3 액체 마스크 물질 공급 시스템의 간략 단면도이고, 여기에서 프린트헤드 (110H)에 공급되는 액체 마스크 물질 (125)의 점도 기울기는 프린트헤드 기재 (111H)를 통해 저장소 (112H)로부터 도관들 (113H)로 공급될 때 액체 마스크 물질 (125)을 가열하여 제어되고, 이에 따라 온도 기울기 T로 프린트헤드 (110H)에서 발생되고 원하는 점도 기울기를 발생시키고, 이는 도관들 (113H)의 기부들 (114H)에 있는 모세관 경로들 (115H)로 액체 마스크 물질 (125)을 계량하도록 사용된다. 온도는 분할 히터들을 통해 또는 프린트헤드 매니폴드 (120H) 후면으로부터 열적 기울기를 발생시켜 제어되고, 저장소 (112H)에서 기재 (111H)를 향하여 하향 유동할 때 상대적으로 높은 점도 및 상대적으로 낮은 온도를 가지는 액체 마스크 물질 (125)은 가열된다. 액체 마스크 물질 (125)의 점도가 감소되도록 온도 기울기가 설정되어, 액체 마스크 물질 (125)은 도관들 (113H)을 따라 흐르고 팁부 (116H)에서 토출되도록 제어된 유속이 발생된다. 이러한 제3 방법의 이점은 가열 매니폴드는 일반적으로 상기 다른 두 전달 시스템들보다 덜 복잡하고 구현에 있어서 덜 고가라는 것이다.

[0024] 정렬된 팁부를 가지는 평행 도관들 사용 외에도, 도 10A-10C를 참조하여 하기되는 여러 대안적 도관 배열들이 선택적으로 적용되어 가외성을 제공하고 생산률을 개선시킨다.

[0025] 도 10A는 인쇄된 마스크 물질 형상들 (잉크 라인들)의 합침 가능성을 줄이고, 각각의 인접 도관들 쌍 간의 더

넓은 공간을 제공함으로써 더 높은 생산수율을 위하여 엇갈림 패턴으로 배치되는 두 세트의 평행 도관들 (113J-1, 113J-2)을 가지는 프린트헤드 (110J)를 도시한다. 제1 세트 (113J-1)는 평행 도관들 (113J-11, 113J-12, 113J-13)을 포함하고, 이들은 진행-교차 (Y-축) 방향으로 정렬되고 상기된 바와 같은 방식으로 프린트헤드 기재 (111J) (도관들이 기재 및 웨이퍼 사이에 있다는 것을 표시하기 위하여 점선들로 도시)에 형성되고 고정되고, 상기 방식을 이용하여 각각의 마스크 물질 형상들 (126J-11, 126J-12, 126J-13)을 표적 mc-Si 웨이퍼 (101J)에 생성한다. 제2 세트 (113J-2) 역시 진행-교차 (Y-축) 방향으로 정렬되는 평행 도관들 (113J-21, 113J-22, 113J-23)을 포함하지만, 도관들 (113J-21, 113J-22, 113J-23)은 진행 /이동 (X-축) 방향에서 제1 세트 (113J-1)와 옵셋 거리 0 만큼 떨어져 있다. 또한, 도관들 (113J-21, 113J-22, 113J-23)은 도관들 (113J-11, 113J-12, 113J-13)에 대하여 진행-교차 (Y-축) 방향에서 떨어져 있어 (“엇갈림”) 제1 세트 (113J-1)에 의해 형성된 제1 마스크 형상들 (126J-11, 126J-12, 126J-13)은 제2 세트 (113J-2)의 상응하는 도관들 (113J-21, 113J-22, 113J-23)에 의해 생성되는 제2 마스크 형상들 (126J-21, 126J-22, 126J-23)의 인접 쌍들 사이에 배치된다 (예를들면, 마스크 형상 (126J-12)은 마스크 형상들 (126J-21) 및 (126J-22)사이에 배치된다). 이러한 “엇갈림” 배열로 인하여 긴밀하게-이격된 마스크 물질 형상들을 인쇄할 수 있으면서도 분리된 인접 도관들 간의 공간을 증가시킴으로써 프린트헤드 생산수율을 증가시킬 수 있다.

[0026] 도 10B는 중첩 (직렬 배열) 패턴으로 배치되는 3 세트의 평행 도관들 (113K-1, 113K-2, 113K-3)을 가지는 프린트헤드 (110K)를 도시한 것이고 하류 도관들 (예를들면, 제3 도관 세트 (113K-3)의 도관들)에서 토출되는 마스크 물질 형상들은 상응하는 상류 도관들 (예를들면, 제1 도관 세트 (113K-1) 또는 제2 도관 세트 (113K-2)의 도관들)에서 토출된 마스크 물질 형상들과 정렬된다(즉, 상부에 적층될 수 있다). 제1 세트 (113K-1)는 진행-교차 (Y-축) 방향으로 정렬되고 상기 방식과 같이 프린트헤드 기재 (111K) (점선으로 도시)에 고정되는 평행 도관들 (113K-11, 113K-12, 113K-13, 113K-14, 113K-15)을 포함한다. 제2 세트 (113K-2)는 역시 진행-교차 (Y-축) 방향으로 정렬되고 프린트헤드 기재 (111K)에 고정되지만 제1 세트 (113K-1) 하류에 배치되는 평행 도관들 (113K-21, 113K-22, 113K-23, 113K-24, 113K-25)을 포함하고, 제3 세트 (113K-3)는 역시 정렬되고 제2 세트 (113K-2)의 하류에 배치되는 평행 도관들 (113K-31, 113K-32, 113K-33, 113K-34, 113K-35)을 포함한다. 각각의 세트에서 연관 도관들은 진행 (X-축) 방향으로 직렬 배열된다 (예를들면, 도관들 (113K-11, 113K-21, 113K-31)은 X-축 방향으로 정렬되고, 도관들 (113K-12, 113K-22, 113K-32)은 Y-축 방향으로 정렬된다).

[0027] 프린트헤드 (110K)의 직렬 배열된 도관 패턴으로 인하여 동시에 인쇄가 가능하여 제1 도관에서 토출된 제1 마스크 물질은 제2 직렬 배열된 도관에서 토출된 제2 마스크 물질 위에 적층된다. 예를들면, 도 10B 우측에 표기된 바와 같이, 마스크 형상 (126K-1)은 3층의 마스크 물질로 형성되고, 도관들 (113K-31)에서 토출된 마스크 물질은 도관들 (113K-21)에서 토출된 마스크 물질 위에 인쇄되고, 이것은 다시 도관들 (113K-11)에서 토출된 마스크 물질 위에 인쇄된다.

[0028] 또한 프린트헤드 (110K)의 직렬 배열된 도관 패턴으로 인하여 하나 이상의 도관들은 결합 도관 “대체”용으로 사용할 수 있어 가와성이 가능하다. 예를들면, 마스크 형상 (126K-2)은 2층의 마스크 물질로 형성되어, 도관들 (113K-32)에서 토출되는 마스크 물질은 도관들 (113K-22)에서 토출되는 마스크 물질 위에 인쇄되고, 도관 (113K-12)은 도관들 (113K-32) 또는 (113K-22) 중 하나가 적당하게 작동하지 않는 경우에 대비한다. 유사하게, 마스크 형상들 (126K-3, 126K-4, 126K-5)은 각각 단일층의 마스크 물질로 형성되고, 마스크 형상 (126K-3)은 도관 (113K-33)에서 토출되는 마스크 물질로 구성되고 (도관들 (113K-23, 113K-13)은 예비용이다), 마스크 형상 (126K-4)은 도관 (113K-24)에서 토출되는 마스크 물질로 구성되고 (도관들 (113K-34, 113K-14)는 예비용이다), 마스크 형상 (126K-5)는 도관 (113K-150에서 토출되는 마스크 물질로 구성된다 (도관들 (113K-35, 113K-25)은 예비용이다).

[0029] 도 10C는 마스크 인쇄공정 이전에 mc-Si 웨이퍼 (101L)에 형성되는 개재 격자선 (127L) 간격으로 분리되는 2 세트의 이격 도관들을 가지는 프린트헤드 (110L)를 도시한다. 상세하게는, 도관들 (113L-1, 113L-2, 113L-3)은 피치 P1로 이격되도록 배치되어 격자선 (127L) 제1 측에 마스크 형상들 (126L-1, 126L-2, 126L-3)을 형성하는 제1 도관 세트를 형성하고, 도관들 (113L-4, 113L-5, 113L-6)은 마스크 형상들 (126L-4, 126L-5, 126L-6)이 격자선 (127L) 제2 측에 형성되도록 제2 도관 세트를 형성하고, 이때 피치 P1은 격자선 (127L) 폭 P2보다 작다.

[0030] 도 10D는 예상 인쇄 거리보다 더 긴 거리로(예를들면, 각각의 웨이퍼 (101M-1, 101M-2, 101M-3)길이보다 더 긴 거리로) 이격되는 다중 세트의 직렬 배열된 도관들을 포함하는 또 다른 프린트헤드 (110M)를 도시한 것이고, 여기에서 인쇄는 직렬 칼럼 다중화로 수행되어 마스크 물질은 다중 도관들에서 각각의 인쇄 라인을 따라 인쇄되어, 인쇄 속도를 높이고 (즉, 웨이퍼들 (101M-1, 101M-2, 101M-3)에 동시 마스크 인쇄), 인쇄 경로 길이를 줄이고, 잉크 저장소 공급 횟수를 줄일 수 있다. 즉, 제1 세트 (113M-1) (예를들면, 도관 (113M-11))는 마스

크 형상들 (예를들면, 형상 (126M-11))을 웨이퍼 (101M-1)에 인쇄하고, 제2 세트 (113M-2)는 (예를들면, 도판 (113M-21)) 마스크 형상들 (예를들면, 형상 (126M-21))을 웨이퍼 (101M-2)에 인쇄하고, 제3 세트 (113M-3)는 (예를들면, 도판 (113M-31))은 마스크 형상들 (예를들면, 형상 (126M-31))을 웨이퍼 (101M-3)에 인쇄한다.

[0031] 추가 대안적 실시태양들에 의하면, 인쇄공정은 마스크 물질이 소정의 패턴들로 mc-Si 웨이퍼들에 인쇄되도록 수행되고, 여기에서 소정의 패턴들의 개구들을 통한 다결정 실리콘 소재의 연속 식각으로 원하는 집광구조체 패턴을 생성한다. 태양 웨이퍼에 의해 집광을 높일 수 있는 다수의 잠재적 식각 패턴들이 존재한다. 공지된 식각 패턴들은 홈들 및 소위 허니컴 표면들 (textures)을 포함한다. 이러한 구조체들을 달성하는 예시적인 바람직한 방법들은 본 발명으로 구현된다. 일반적으로, 식각 형상들의 피치에 비하여 마스크 처리되지 않은 구역들은 작은 것이 바람직하다. 공지된 바와 같이, 이로써 집광에 유리하게 폭과 비교되는 깊이를 가지는 식각 형상들을 형성한다.

[0032] 도 11은 본 발명의 제1 특정 실시태양에 따라 인쇄된 선형 라인 마스크 물질 패턴을 포함하는 웨이퍼 (101N)의 간략 평면도이다. 즉, 마스크 (126N)는 연속적으로 프린트헤드의 각각의 도판에서 마스크 물질을 토출하고 동시에 웨이퍼 (101N)의 제1 표면부들 (102N-1)에서 토출된 마스크 물질이 연속된 긴 평행 마스크 물질 라인들 (126N)을 형성하도록 표적 웨이퍼에 걸쳐 단일 패스로 주사함으로써 형성되고, 각각의 인접 마스크 물질 라인들 (126N) 쌍은 긴 노출 평면부 (102N-2)로 분리된다. 웨이퍼 (101N)에 대한 연속 식각은 적합한 애칭제를 접근 가능한 긴 노출 평면부들 (102N-2)에만 도포하는 단계를 포함한다 (즉, 마스크 부위 (126N)는 제1 표면부들 (102N-1)을 보호). 도 12는 연속 식각 공정으로 상부 표면 (102N)에서 긴 홈-타입 집광구조체들 (105N-1)이 형성된 후의 웨이퍼 (101N) 사시도이고, 홈-타입 집광구조체들 (105N-1)는 상응하는 긴 용기 리지-유사 구조체들 (105N-12)에 의해 분리되는 긴 V-형상 홈들 (102N-11)을 포함한다.

[0033] 도 12를 다시 참조하면, 웨이퍼 (101N)는 웨이퍼 양측에 교차하는 선형 홈들을 가지도록 처리되고, 이로서 형성된 태양전지는 변형된 집광 배열에 의해 더 넓은 범위의 산란각을 포착한다. 이러한 교차 홈 패턴을 만들기 위하여, 홈-타입 집광구조체들 (105N-1)이 상부 표면 (102N)에 제1 진행 (X-축) 방향으로 형성된 후, 웨이퍼 (101N)를 뒤집고 90° 회전시킨 후, 하부 표면 (103N)에 대하여 제2 마스크/식각 공정을 수행한다 (즉, 웨이퍼 (101N)는 Y-축 화살표에 상응하는 제2 진행 방향에서 처리된다). 집광구조체들 (105N-1)과 유사하게, 형성된 제2 긴 홈-타입 집광구조체들 (105N-2)는 리지-유사 구조체들 (105N-22)에 의해 분리되는 홈들 (102N-21)에 의해 형성되지만, 집광구조체들 (105N-1)에 수직하게 정렬된다. 표적 웨이퍼 양측에 수직 홈들을 제공하면 더 광범위한 산란각들을 달성하고, 획득 광양자 개수가 증가되어 태양전지 효율이 증가된다.

[0034] 도 13은 웨이퍼 (101P)가 또 다른 대안적 실시태양에 의한 평행 물결 마스크 형상들 (126P)에 의해 형성된 “물결-라인” 마스크 패턴을 가지도록 처리된 것을 간략하게 도시한 것이다. 물결 마스크 형상들 (126P)은 상기 프린트헤드들 및 웨이퍼 이송 기구를 이용하여 형성되며, 이때 마스크 물질은 연속하여 토출되고 도판들 (프린트헤드) 또는 웨이퍼는 진행-교차 방향 (즉, 웨이퍼 이동 방향에 측방 /수직)으로 왕복 (전방 및 후방)하고, 이에 따라 토출된 마스크 물질은 웨이퍼 표면 (102P)의 물결-라인 노출 영역들 (126P-2)에 의해 분리되는 관련된 물결-라인 마스크 처리부 (102P-1)에 물결 라인들 (126P) 형태로 적층된다. 물결-라인 노출 영역 (126P-2)에 대한 연속 식각으로 선형 1D 골 구조가 개선된 상응하는 집광 패턴이 생성된다.

[0035] 기타 특정 실시태양들에서, 연속 선형 또는 물결 마스크 물질 라인들은 중첩되어 표적 mc-Si 웨이퍼에 도트-유사 노출 평면부들을 형성하고, 이에 따라 도트-유사 노출 구역들에 대한 연속 식각으로 “허니컴” 패턴으로 피트-타입 집광구조체들이 생성된다. 예를들면, 도 13은 다중 인쇄 패스로 인쇄된 (예를들면, 상기된 바와 같이 형상들 (1260-11)을 인쇄한 후, 표적 웨이퍼를 120° 회전한 후, 인쇄 형상들 (1260-13)을 인쇄한 후, 표적 웨이퍼를 120° 회전한 후, 형상들 (1260-13)을 인쇄) 3 세트의 선형 평행 연속 마스크 물질 라인 형상들 (1260-11, 1260-12, 1260-13)에 의해 형성된 마스크 패턴 (1260)을 도시한 것이고, 이에 따라 삼각형 대칭의 노출 “홀” 구역들 (1020-2) 패턴이 형성된다. 노출 “홀” 구역들 (1020-2)을 연속하여 식각하면, 허니컴 패턴을 가지는 집광 형상들이 형성되고 이는 웨이퍼-표면에서 다중 방향들로 광을 산란시키므로 홈 구조체들보다 우수하다. 유사하게, 도 14B에 도시된 바와 같이, 노출 “홀” 구역들 (1020-2)의 삼각형 격자를 가지는 마스크 물질 패턴은 도 14A에 대하여 기술된 바와 유사하게 긴밀하게 이격된 “물결” 마스크 물질 형상들 (126Q)을 인쇄함으로써 달성된다. 삼각형 격자가 등변이면 식각에 의해 허니컴 표면이 형성된다. 그렇지 않다면 왜곡된 허니컴 표면이 얻어질 것이다.

[0036] 또 다른 기타 특정 실시태양들에서, 마스크 물질은 개별 방울들로서 적층되어 일련의 중첩 원형 도트-유사 마스크 물질 구조체들 (형상들)이 표적 웨이퍼에 형성된다. 이러한 도트-유사 마스크 형상들은 소정의 공정 인자들

예컨대 선택된 액체 마스크 물질 “잉크”의 조합으로 바람직하다. 도 15A는 mc-Si 웨이퍼 (102R)의 마스크 처리부 (102R-1)를 덮는 중첩 도트-유사 마스크 물질 구조체들의 평행 열들로 형성되는 선형 마스크 형상들 (126R)이 도시되고 (예를들면, 선형 마스크 형상 (126R-5)은 부분적으로 도트 형상들 (126R-51, 126R-52, 126R-53)로 형성), 여기에서 도트들 열들 사이에 제공되는 노출 표면 구역들 (102R-2)은 연속적으로 식각되어 홈-타입 집광구조체들을 생성한다. 도 15B는 실질적으로 삼각형 노출 “도트들”을 형성하는 도트-유사 마스크 물질 구조체들(125S)의 옵셋 열들에 의한 mc-Si 웨이퍼 (101S)에 형성된 제2 마스크 패턴을 도시한 것이고, 연속적으로 식각 될 때 3-겹 대칭성을 가지는 복잡한 구조체를 생성한다. 도 15A 및 15B에 대하여 기술된 것들과 같은 도트-유사 마스크 물질 구조체들은, 펜 팁을 웨이퍼 표면과 접촉되도록 둔 후, 접촉에서 떼고, 반복하면서, 두 터치들 사이에 프린트헤드를 병진하는 것이다. 상기와 유사하게, 펜-팁 간격보다 더욱 미세한 간격의 패턴들은 다중 옵셋 프린트헤드들 또는 다중 도트 배치들 및 이들 간의 프린트헤드 병진으로 달성될 수 있다.

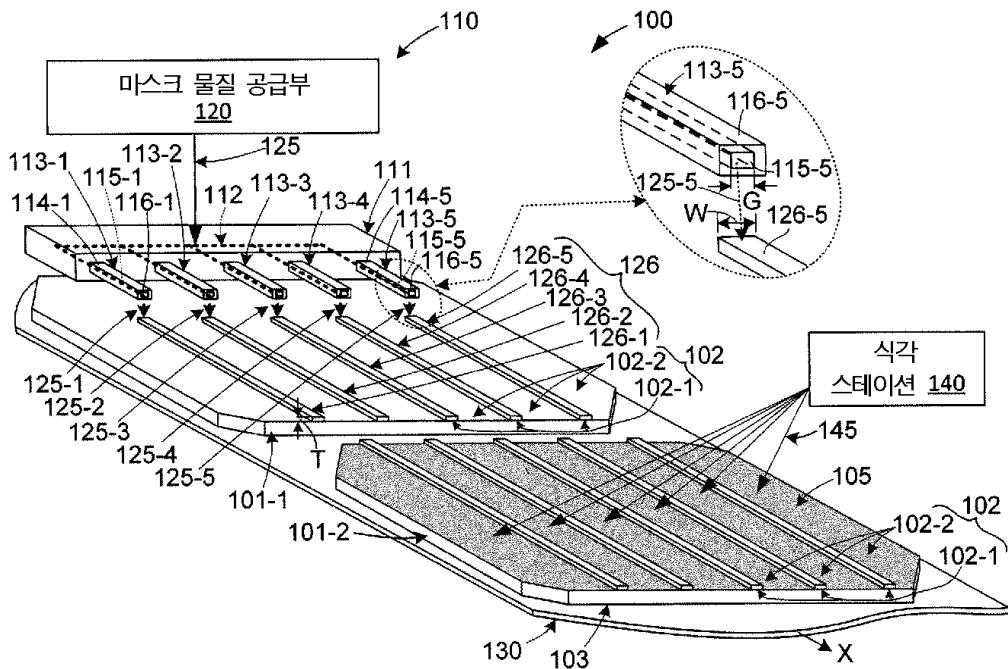
[0037] 현 공정 외에도, 추가적인 코팅물 또는 재료들이 캔틸레버 팁부에 적층되어, 기계적 내구성을 개선시킬 수 있다 (펜-팁 인쇄에 대한 특정 문제들을 부여할 수 있다). 특히, 소재 예컨대 이리듐을 (스퍼터링으로) 방출 (released) 캔틸레버 구조체에, 또는 전기도금 단계 전에 적층한다 (이후 상도하지 않도록 마스크 처리된다). 또한, 소재 예컨대 로듐을 팁부에 전기 도금한다 (캔틸레버 ‘몸체’를 형성하는 제1 전기도금 단계 후). 이리듐 및 로듐 모두는 매우 경성이고 내구성의 소재이고, 이를 코팅물은 프린트헤드 수명을 개선시킨다.

[0038] 도 16은 본 발명의 또 다른 특정 실시태양에 의한 프린트헤드들 (110U-1, 110U-2)을 이용한 마스크 인쇄 시스템 (100U)에 대한 간략 평면도이다. 인쇄 시스템 (100U)은 전기 실시태양들과 유사하고 프린트헤드들 (110U-1, 110U-2) 각각은 도관들 (113U-1, 113U-2)을 포함하고, 표적 웨이퍼 (101U)는 프린트헤드들 (110U-1, 110U-2)에 대하여 이동되어 상기된 바와 같이 도관들 (113U-1, 113U-2) 팁부에서 토출된 (인쇄된) 액체 마스크 물질이 라인-타입 형상들 (126U-1, 126U-2)을 표적 웨이퍼 (101U)에 형성한다. 인쇄 시스템 (100U)이 전기 실시태양들에 다른 접들은 프린트헤드들 (110U-1, 110U-2)은 도관들 (113U-1, 113U-2)이 진행-교차 (X-축) 방향으로 옵셋되도록 상대 위치에 고착 유지되고, 이에 따라 프린트헤드 (101U-1)에 의해 생성되는 (제1) 마스크 물질 라인들 (126U-1)은 프린트헤드 (101U-2)에 의해 생성되는(제2) 마스크 물질 라인들 (126U-2) 사이에 배치된다. 이러한 구성으로 인하여 각각의 프린트헤드 (110U-1, 110U-2)에서 인접 도관들 (113U-1, 113U-2) 사이 간격은 더욱 커져서 프린트헤드 생산수율이 개선된다.

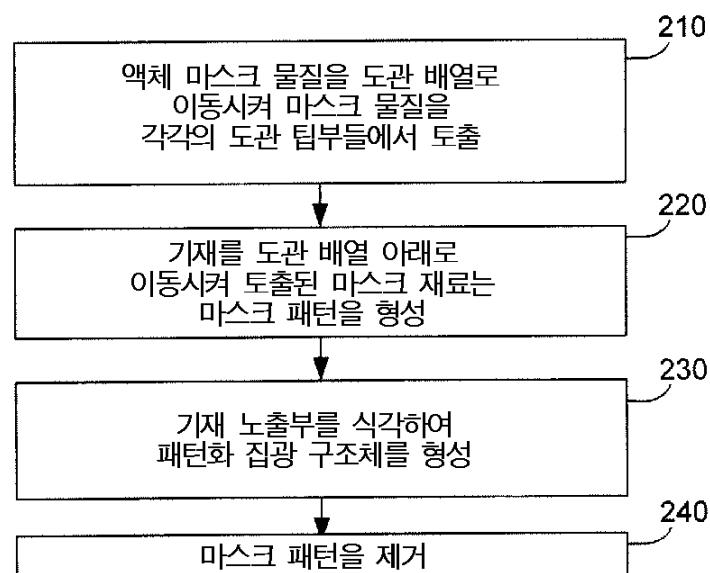
[0039] 본 발명이 소정의 특정한 실시태양들에 대하여 설명되었지만, 본 발명의 진보적 특징부들은 기타 실시태양들에 적용도리 수 있다는 것은 본 분야의 기술자에게 명백하고, 이를 모두는 본 발명의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.

도면

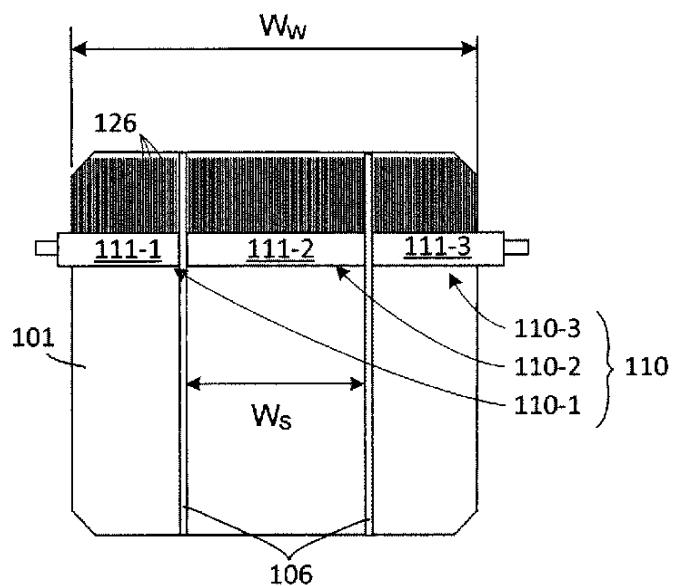
도면1



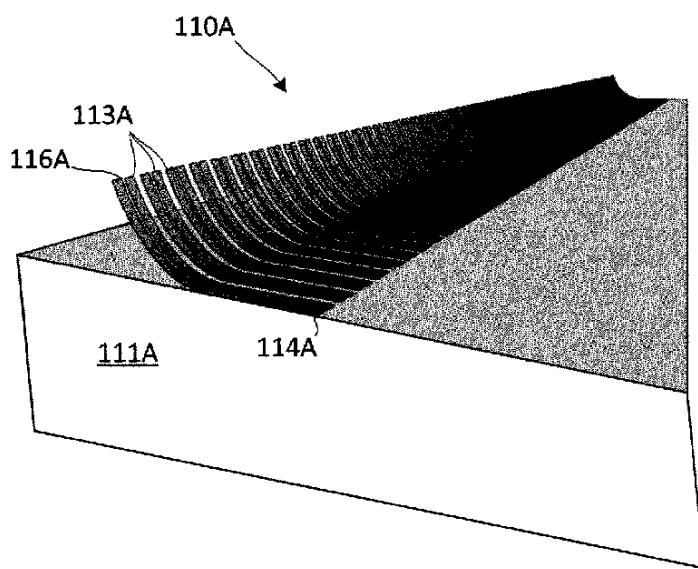
도면2



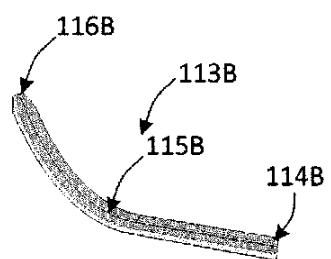
도면3



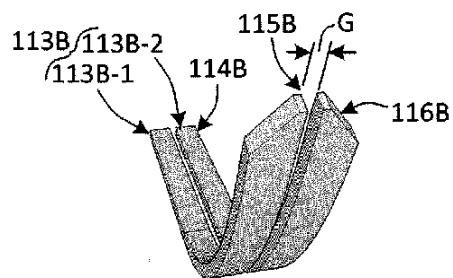
도면4



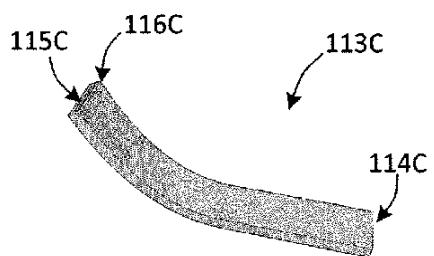
도면5a



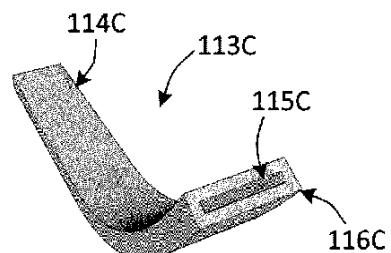
도면5b



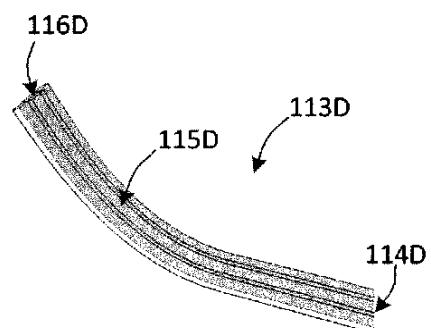
도면6a



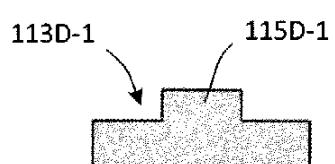
도면6b



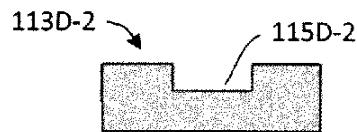
도면7



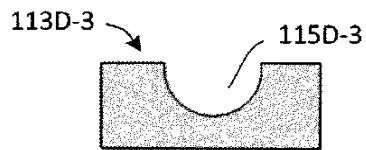
도면7a



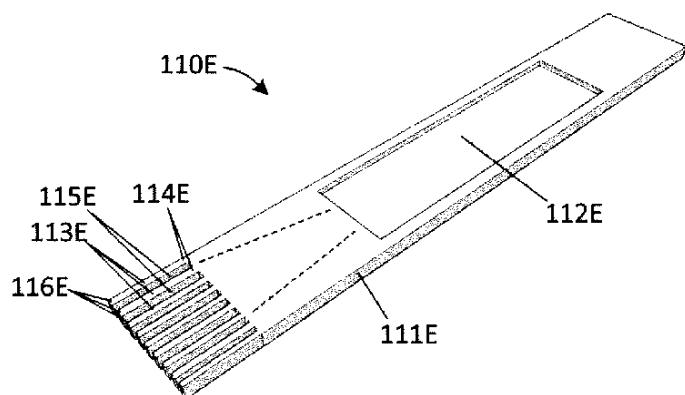
도면7b



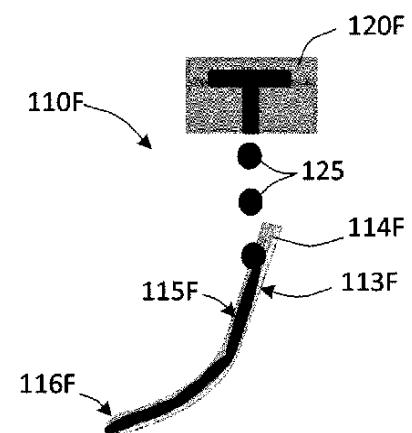
도면7c



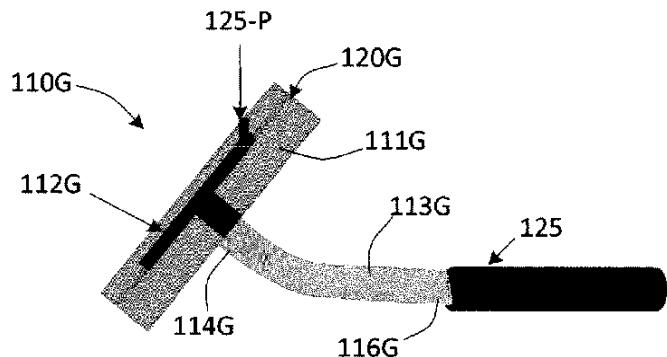
도면8



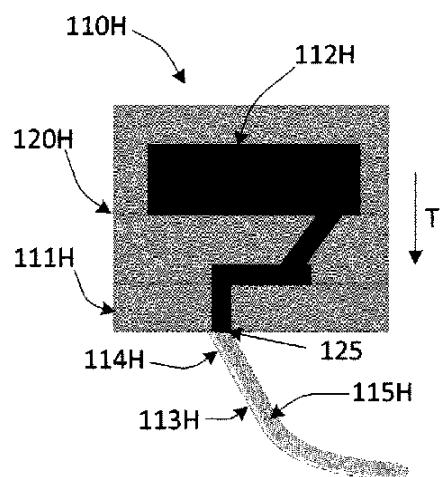
도면9a



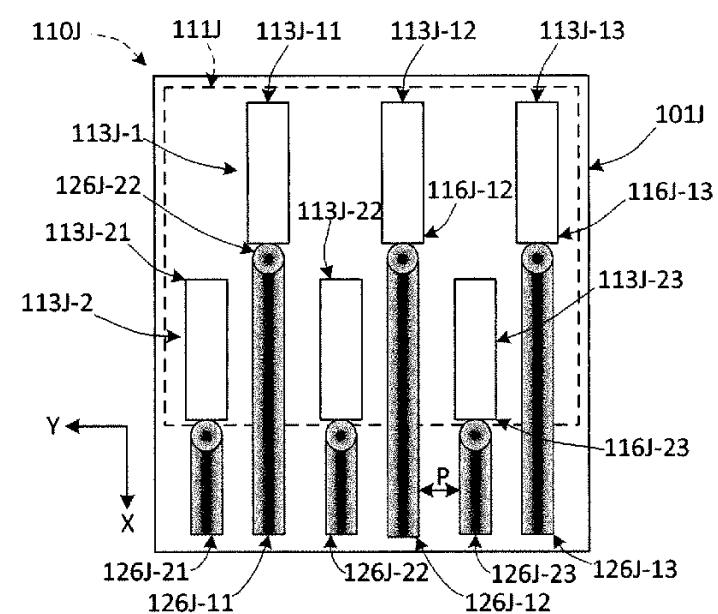
도면9b



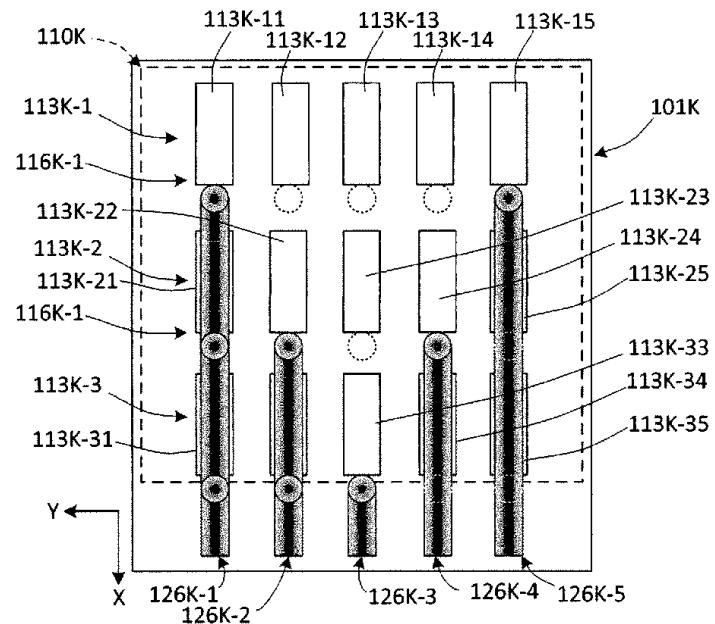
도면9c



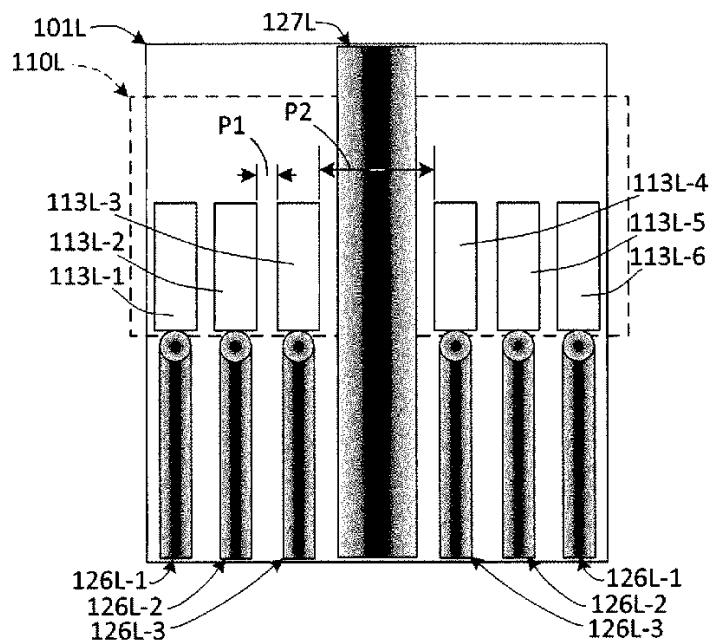
도면10a



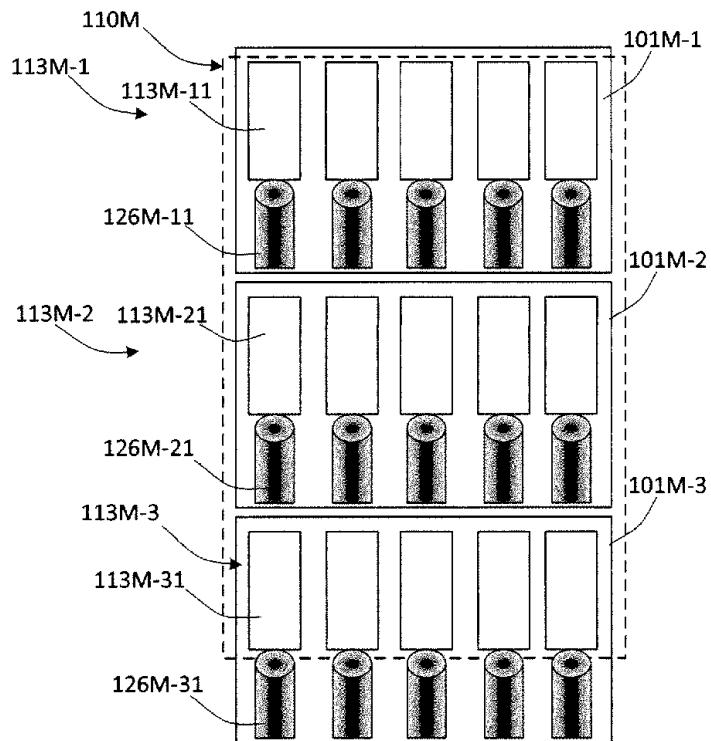
도면10b



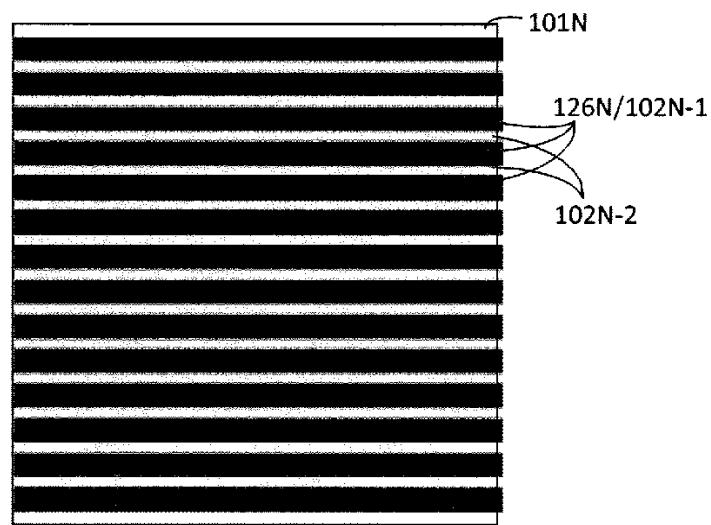
도면10c



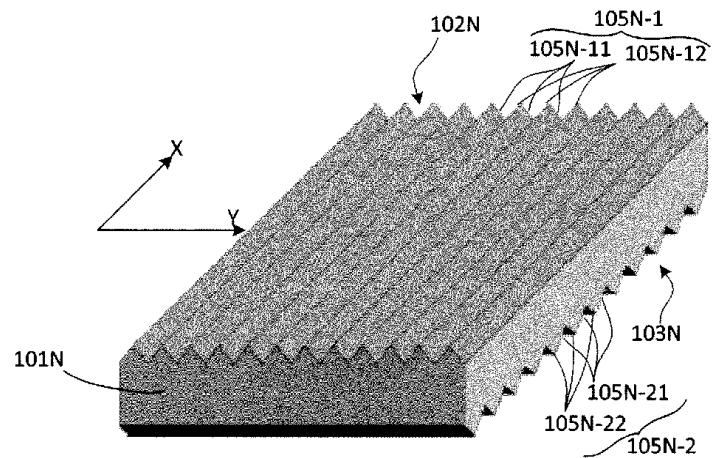
도면10d



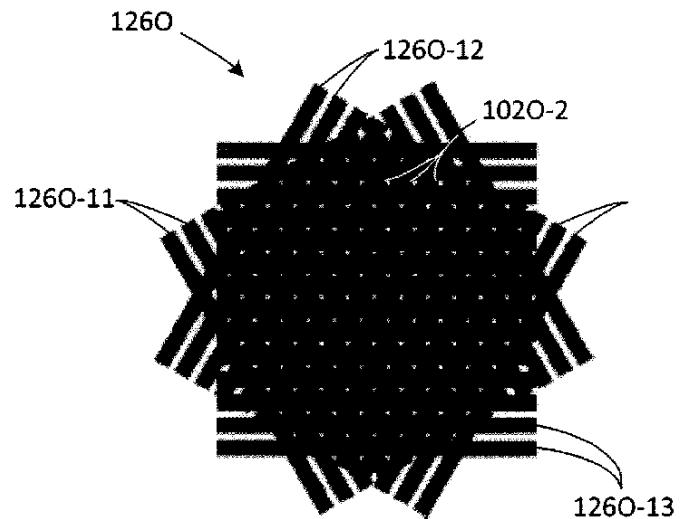
도면11



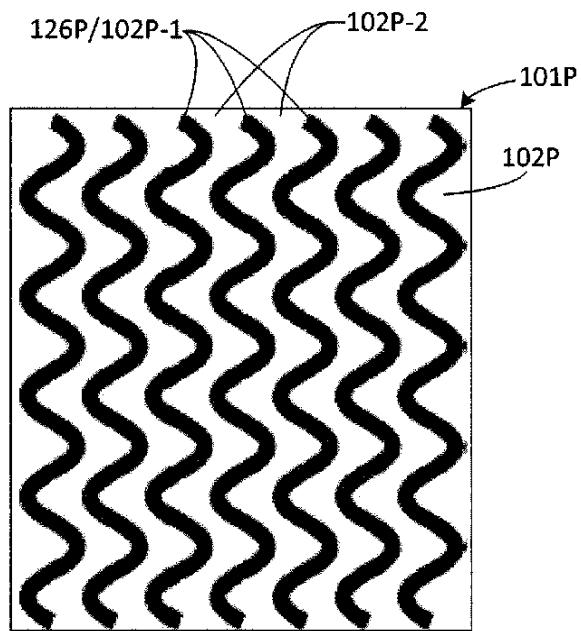
도면12



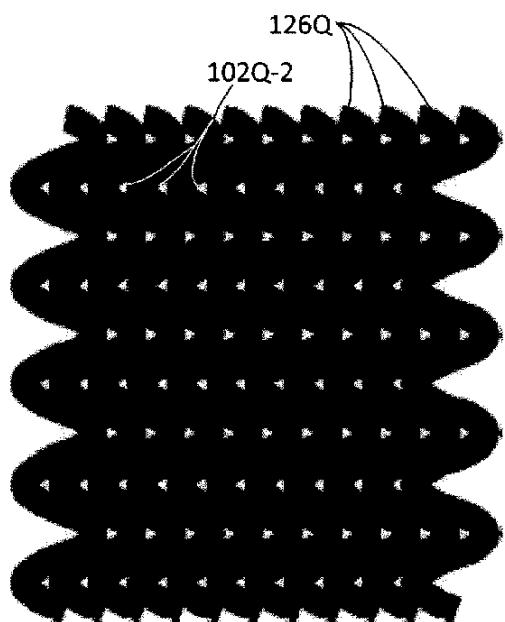
도면13



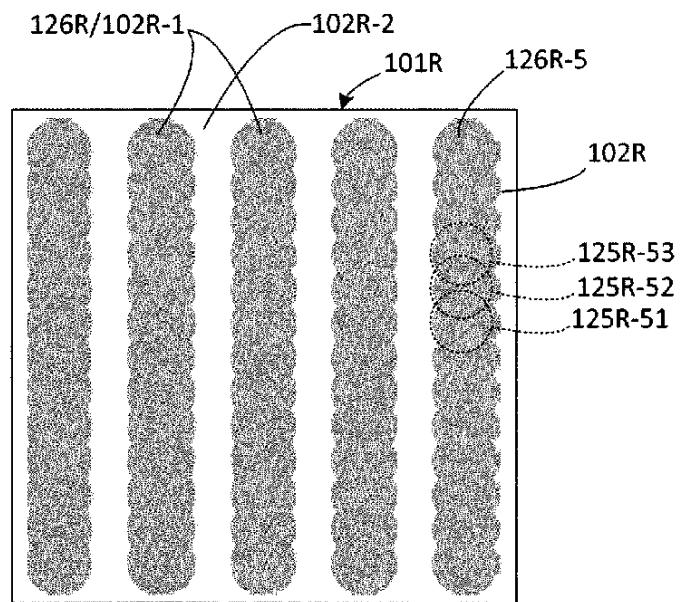
도면14a



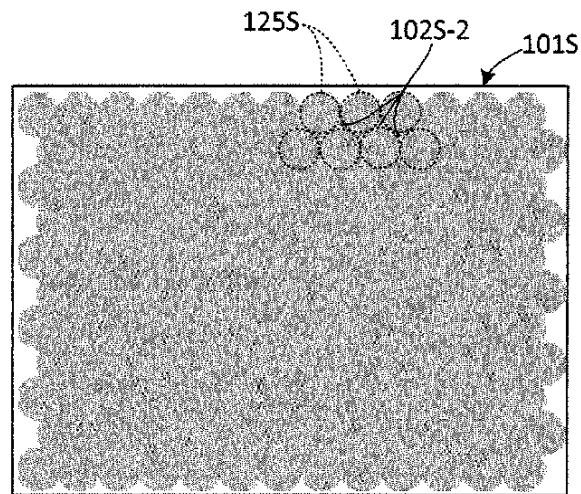
도면14b



도면15a



도면15b



도면16

