



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0109778
(43) 공개일자 2008년12월17일

(51) Int. Cl.

H01L 21/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7023573

(22) 출원일자 2008년09월26일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년09월26일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/006357

국제출원일자 2007년03월13일

(87) 국제공개번호 WO 2007/106502

국제공개일자 2007년09월20일

(30) 우선권주장

60/782,115 2006년03월13일 미국(US)

(71) 출원인

나노그램 코퍼레이션

미국 캘리포니아주 95035 밀피타스 토파즈 스트리트 165

(72) 발명자

히스마이어 헨리

미국 캘리포니아주 94043 마운틴 뷰 100 노스 휘스맨 로드 넘버 3721

모쏘 로날드 제이

미국 캘리포니아주 94539 프레몬트 차패럴 드라이브 46553

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김태홍, 신정건

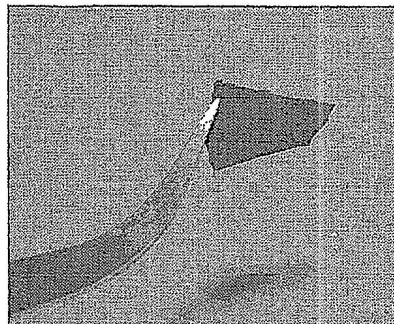
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 얇은 실리콘 또는 게르마늄 시트 및 얇은 시트로 형성된 광전지

(57) 요약

얇은 반도체 포일이 광 반응성 증착을 사용하여 형성될 수 있다. 이들 포일은 100 미크론 미만의 평균 두께를 가질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 반도체 포일은 약 900 평방 센티미터 초과와 같은 큰 표면적을 가질 수 있다. 포일은 자립적이거나 일 표면에서 해제 가능하게 유지될 수 있다. 반도체 포일은 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 형태, 이들의 합금 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 포일은 그 증착 후에 포일을 해제할 수 있는 해제층을 사용하여 형성될 수 있다. 포일은 디바이스의 형성을 위해 패터닝되고, 절단되고 다른 방식으로 처리될 수 있다. 포일로부터 형성될 수 있는 적합한 디바이스는 예를 들면 광전지 모듈 및 디스플레이 제어 회로를 포함한다.

대표도 - 도31



(72) 발명자

린치 로버트 비

미국 캘리포니아주 94550 리버모어 머텔 레인 1229

치루볼루 쉬브쿠마

미국 캘리포니아주 95129 산 호세 매틸라 애비뉴
1065

맥거번 윌리엄 이

미국 캘리포니아주 94549 라파예트 마르티노 로드
1346

호른 크레이그 알

미국 캘리포니아주 94087 씨니베일 다운 드라이브
545

솔라야판 나라얀

미국 캘리포니아주 95014 쿠퍼티노 드레이크 드라이브
19766

코넬 로날드 엠

미국 캘리포니아주 94550 리버모어 지르콘 웨이
654

특허청구의 범위

청구항 1

결정질 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 실리콘 질화물, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함하고, 약 100 미크론 이하의 평균 두께와 적어도 약 900 평방 센티미터의 표면적을 갖는 시트로서,

상기 시트는 자유롭거나 또는 일 표면을 따라 자유로우면서 대향 표면을 따라 기판에 해제 가능하게 결합되는 것인 시트.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 시트는 결정질 실리콘을 포함하는 것인 시트.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 결정질 실리콘은 다결정 실리콘인 것인 시트.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 시트는 약 20 nm 내지 약 50 미크론의 평균 두께를 갖는 것인 시트.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 시트는 1 cm 에지를 제외하고 약 5 미크론 미만의 기판을 가로지르는 두께의 표준 편차를 갖는 것인 시트.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 시트는 자유 구조체인 것인 시트.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 시트는 접착제로 기판에 해제 가능하게 결합되는 것인 시트.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 시트는 적어도 약 30 미크론의 소수 캐리어 확산 길이를 갖는 것인 시트.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 캐리어는 적어도 약 $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 전자 이동도를 갖는 것인 시트.

청구항 10

분리 가능한 무기층을 형성하는 방법으로서,

기판 상의 무기 하위층 상에 반응물 유동으로부터의 무기 재료를 증착하는 단계를 포함하고, 상기 하위층 재료는 무기 재료를 용해하지 않는 용제 내에서 가용성인 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 무기 재료는 결정질 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 실리콘 질화물, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함하는 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 하위층 재료는 수성 액체 내에서 가용성이고, 상기 무기 재료는 수성 액체 내에서 불용성인 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 하위층 재료는 유기 액체 내에서 가용성이고, 상기 무기 재료는 무기 액체 내에서 불용성인 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 14

분리 가능한 무기층을 형성하는 방법으로서,

적어도 약 40%의 다공성을 갖는 하위층 재료 상에 무기 재료를 증착하는 단계를 포함하는 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 무기층은 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함하는 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 하위층 재료는 실리콘 산화물, 실리콘 질화물 또는 실리콘 산질화물을 포함하는 것인 분리 가능한 무기층을 형성하는 방법.

청구항 17

약 100 마이크로 이하의 평균 두께를 갖는 제1 무기 재료의 복수의 패터닝된 아일랜드를 포함하고, 상기 패터닝된 아일랜드는 제2 무기 재료의 층의 상부에 위치되고, 상기 제2 무기 재료는 투명 기판 또는 해제층을 포함하는 것인 구조체.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제1 무기 재료는 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함하는 것인 구조체.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 제2 무기 재료는 실리카 글래스를 포함하는 것인 구조체.

청구항 20

수광 구조체를 형성하는 방법으로서,

투명 기판의 질감 형성된 표면 상에 반도체 재료를 증착하는 단계를 포함하는 것인 수광 구조체를 형성하는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 투명 기판은 무기 글래스를 포함하는 것인 수광 구조체를 형성하는 방법.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 증착은 반응성 유동의 반응으로부터 형성된 생성물 조성물을 갖는 반응성 유동을 지향시키는 단계를 포함하는 것인 수광 구조체를 형성하는 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 반응은 광의 흡수에 의해 추진되는 것인 수광 구조체를 형성하는 방법.

청구항 24

제20항에 있어서, 상기 반도체 재료는 실리콘 또는 도핑된 실리콘을 포함하는 것인 수광 구조체를 형성하는 방법.

청구항 25

선택된 면적 및 약 100 미크론 이하의 평균 두께의 개별 아일랜드를 형성하기 위한 방법으로서,

상기 선택된 면적을 갖는 아일랜드를 형성하기 위해 기판 상에 고정된 대형 시트를 절단하는 단계를 포함하고, 상기 시트는 결정질 무기 재료를 포함하는 것인 선택된 면적 및 약 100 미크론 이하의 평균 두께의 개별 아일랜드를 형성하기 위한 방법.

청구항 26

제25항의 방법에 의해 형성된 개별 아일랜드를 포함하는 광전지 모듈로서,

상기 개별 아일랜드는 결정질 실리콘, 결정질 게르마늄 또는 이들의 결정질 합금을 포함하고, 상기 기판은 투명 무기 글래스를 포함하는 것인 광전지 모듈.

청구항 27

제어 요소 및 복수의 발광 요소를 포함하고, 각각의 요소의 발광은 상기 제어 요소의 제어 하에 있는 디스플레이로서,

상기 제어 요소는 약 100 미크론 이하의 평균 두께를 갖는 실리콘/게르마늄계 반도체의 시트를 포함하고, 상기 시트는 시트와 작동적으로 인터페이스하는 트랜지스터로 패터닝되는 것인 디스플레이.

명세서

기술 분야

<1> 관련 출원과의 상호 참조

<2> 본 출원은 본 명세서에 참조로 인용되어 있는 발명의 명칭이 "박형 실리콘 또는 게르마늄 시트 및 박형 시트로 형성된 광전지{Thin Silicon or Germanium Sheets and Photovoltaics Formed From Thin Sheets}"인 히슬마이어(Hieslmair) 등의 2006년 3월 13일 출원된 계류중인 미국 가출원 제60/782,115호를 우선권 주장한다.

<3> 본 발명은 큰 표면적을 갖는 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 이들의 합금, 실리콘 카바이드 또는 이들의 도핑된 재료의 박형 시트(자립식일 수 있음)에 관한 것이다. 본 발명은 또한 큰 표면적을 갖는 자립식 시트를 형성하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 이들의 합금, 실리콘 카바이드 또는 이들의 도핑된 재료를 구비하는 구조체 및 특히 광전지 및 디스플레이 제어기에 관한 것이다.

배경 기술

<4> 결정질 실리콘은 집적 회로의 제조에 광범위하게 사용된다. 이들 용례에서, 고순도 실리콘이 사용된다. 게르마늄이 집적 회로용 무기 반도체로서 실리콘의 대안으로서 제안되어 있다. 반도체 용례를 위한 상업적인 실리콘과 관련하여, 대형의 실리콘의 원통형 잉곳(ingot)이 일반적으로 성장하고, 이들 잉곳이 슬라이싱(slicing)되어 웨이퍼를 형성한다. 개별 웨이퍼는 화학적 증기 증착 및 물리적 증기 증착과 같은 적합한 증착 접근법과 함께 포토리소그래피 등을 사용하여 집적 회로 제조에 사용된다.

<5> 화석 연료 및 다른 재생 불가능한 에너지원의 사용으로부터의 증가하는 비용과 바람직하지 않은 환경 영향에 의해, 대안적인 에너지의 형태에 대한 요구가 증가하고 있다. 다양한 기술이 광전지, 즉 태양 전지(solar cell)의 형성을 위해 이용 가능하다. 대부분의 상업적인 광전지는 실리콘에 기초한다. 대안적인 에너지원의 증가된 상업화는 에너지 유닛당 더 낮은 비용을 통한 증가하는 비용 효율성에 의존하는데, 이는 에너지원의 향상된 효율을 통해 및/또는 재료 및 처리에 대한 비용 감소를 통해 성취될 수 있다. 따라서, 광전지에 있어서, 목적은 소정의 광에너지 밀도(light fluence)에 대한 에너지 변환 효율을 증가시키고 그리고/또는 전지를 제조하는 비용을 낮추는 것일 수 있다.

발명의 상세한 설명

<6> 제1 양태에서, 본 발명은 결정질 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 실리콘 질화물, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함하고, 약 100 미크론 이하의 평균 두께와 적어도 약 900 평방 센티미터의 표면적을 갖는 시트에 관한 것이다. 시트는 일반적으로 자립식이지만, 몇몇 실시예에서는 시트는 가역적으로 기판에 부착될 수 있다. 결정질 실리콘은 다결정 실리콘일 수 있다. 시트는 일반적으로 자립식이지만, 원한다면 시트는 예를 들

면 접착제 또는 해제층(release layer)으로 기판에 부착될 수 있다. 시트는 광전지판 내로 조립될 수 있는 매우 유사한 특성을 갖는 복수의 요소로 절단될 수 있다.

<7> 부가의 양태에서, 본 발명은 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금의 분리 가능한 층을 형성하는 방법에 관한 것이다. 이 방법은 기판 상의 해제층 상에 반응성 유동으로부터의 재료를 증착하는 단계를 포함한다. 해제층, 즉 하위층은 무기 재료의 분리 가능한 층을 용해하지 않으면서 해제층을 용해할 수 있는 용제 내에서 가용성인 재료를 포함할 수 있다. 해제층은 반응성 유동으로부터 증착될 수 있고, 결정질 실리콘의 용융 온도보다 큰 연화 온도를 갖는 재료를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 반응성 유동 내의 반응은 광범에 의해 추진된다. 실리콘 층과 같은 층인 비정질, 결정질 또는 이들의 조합일 수 있다. 또한, 증착된 상태의 층은 벌크 재료에 근접하는 밀도까지 벌크 실리콘에 대해 낮은 밀도를 가질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 이 방법은 광범위한 선택된 무기 재료의 대면적 시트를 형성하는데 사용될 수 있다. 부가의 실시예에서, 해제층은 적어도 약 40%의 다공성에 대응하는 저밀도를 갖고 형성될 수 있다.

<8> 다른 양태에서, 본 발명은 무기 조성물의 표면 상에 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료, 또는 이들의 합금과 같은 재료의 복수의 패터닝된 아일랜드(island)를 갖는 무기 조성물의 층에 관한 것이고, 아일랜드는 약 100 미크론 이하의 평균 두께를 갖는다. 무기 조성물은 예를 들면 금속 산화물, 금속 카바이드, 실리콘 질화물, 실리콘 산화물, 실리콘 산질화물, 실리콘 카바이드 및 이들의 조합을 포함할 수 있다. 일반적으로, 무기 조성물의 층은 약 20 nm 내지 약 50 미크론의 평균 두께를 갖고, 반면에 몇몇 실시예에서는 무기 조성물의 층은 약 20 nm 내지 약 200 nm의 평균 두께를 갖고, 다른 실시예에서는 무기 조성물의 층은 적어도 약 20 미크론의 두께를 갖는다. 무기 조성물의 층은 해제층과 결합될 수 있고, 또는 원소 실리콘 아일랜드와 같은 아일랜드는 해제층과 결합될 수 있다. 제거 가능한 재료가 아일랜드 사이에 위치될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 무기 조성물의 층은 적어도 약 400 평방 센티미터의 면적을 갖는다. 유사하게, 본 발명은 결정질 실리콘의 복수의 패터닝된 아일랜드를 갖는 무기 조성물의 층을 포함하는 광전지 재료에 관한 것일 수 있다.

<9> 다른 양태에서, 본 발명은 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 증착하는 방법에 관한 것이다. 이 방법은 기판 표면 상의 패턴에 재료를 증착하는 단계를 포함할 수 있다. 원소 실리콘과 같은 증착된 상태의 재료는 결정질 또는 비정질일 수 있다. 증착 단계는 기판 표면에서 반응물 유동을 지향시키는 단계를 포함할 수 있고, 몇몇 실시예에서 반응물 유동은 광범에 의해 추진된 반응의 생성물을 포함할 수 있다. 패터닝은 예를 들면 마스크에 의해 그리고/또는 선택된 패턴 내로 실리콘의 제어된 증착에 의해 수행될 수 있다. 적합한 패터닝은 예를 들면 스트라이프(stripe) 또는 아일랜드의 형성을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 증착된 재료는 표면 질감(texture) 형성될 수 있고, 이는 기판 표면 상의 표면 질감에 대응할 수 있거나 대응하지 않을 수도 있다.

<10> 더욱이, 본 발명은 광전지판을 형성하기 위한 방법에 관한 것이다. 이 방법은 각각의 섹션이 약 100 미크론 이하의 평균 두께를 갖는 결정질 실리콘층을 포함하는 복수의 섹션을 기판 표면 상에 조립하는 단계를 포함한다. 섹션은 판 상에 조립되어 복수의 실리콘층이 결정질 실리콘 재료의 단일 시트로부터 일정 크기로 절단된다. 몇몇 실시예에서, 시트는 시트가 해제층 또는 접착층으로 기판 표면에 접착되는 동안 절단될 수 있다.

<11> 부가의 양태에서, 본 발명은 생성물 스트림을 형성하기 위해 유동 반응물 스트림을 반응시키는 단계와 표면 질감 형성된 표면 상에 생성물 조성물의 적어도 일부를 증착하는 단계를 포함하는 질감 형성된 표면을 코팅하기 위한 방법에 관한 것이다. 표면 질감 형성된 기판은 약 50 nm 내지 약 100 미크론의 피크간 거리를 갖는 거친 표면을 포함할 수 있다. 유동 반응물 스트림의 반응은 광범으로 추진될 수 있다.

<12> 부가의 양태에서, 본 발명은 제어 요소와 복수의 발광 요소를 포함하고 각각이 요소의 발광이 제어 요소의 제어 하에 있는 디스플레이에 관한 것이다. 제어 요소는 약 100 미크론의 평균 두께를 갖는 실리콘/게르마늄계 반도체의 시트를 포함할 수 있다. 시트는 시트와 작동적으로 인터페이스하는 트랜지스터로 패터닝된다.

실시예

<45> 광 반응성 증착 접근법은 예를 들어 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 포함할 수 있는 대면적의 매우 박형 시트 또는 포일의 제조를 위해 유리하게 채택될 수 있다. 일반적으로 자립식이거나 또는 기판에 해제 가능하게 결합될 수 있는 이들 대면적 시트는 다양한 용례에 유리하게 사용될 수 있다. 특히, 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금의 대면적 시트는 광전지판, 집적 회로, 디스플레이 등의 제조에 유리하게 사용될 수 있다.

- <46> 광 반응성 증착은 반응이 강렬한 광빔에 의해 추진되는 적합한 전구체 반응물을 갖는 유동 내에서의 화학 반응을 포함한다. 광 반응성 증착 접근법은 분리 가능한 구조체가 형성될 수 있도록 하는 해제층 상의 무기 재료의 증착을 포함할 수 있지만, 부가의 층이 포함될 수 있다. 시트는 상당한 양의 오염물을 회피하면서 초고순도 레벨로 또는 선택된 도펀트(dopant) 또는 다른 첨가제를 갖고 제조될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금의 층은 패터닝에 의해 또는 패터닝 없이 다른 선택된 무기층 상에 증착될 수 있다. 대면적의 박형 시트는 특정 시트 내에 그리고 등가의 조건 하에서 형성된 상이한 시트 사이에 높은 특성 균일성을 갖는 복수의 더 소형의 시트로 절단될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 해제층이 패터닝된 상부면을 갖는 해제 가능한 무기층을 형성하는데 사용될 수 있다.
- <47> 해제층의 사용은 자립식 구조체를 형성하는 것을 가능하게 하지만, 무기 시트는 비교적 연약할 수 있으므로, 일반적으로 기판 상에 해제 가능하게 시트를 지지하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 시트는 원하는 바에 따라 일 기관으로부터 다른 기관으로 구조체의 전달을 가능하게 하도록 해제 가능하게 유지될 수 있다. 예를 들면, 기판 상에 시트를 유지하는 접착제는 일반적으로 적당한 양의 힘 또는 용제를 사용하여 해제될 수 있다.
- <48> 원소 실리콘, 원소 게르마늄 및 실리콘 카바이드는 순수 형태에서는 실온에서 전기 반도체이다. 원소 실리콘, 원소 게르마늄 또는 실리콘 카바이드의 가열 또는 적합한 도핑은 전기 저항의 변화를 초래한다. 본 명세서에서의 표기를 간단화하기 위해, "실리콘/게르마늄계 반도체"가 원소 실리콘, 원소 게르마늄, 실리콘 카바이드, 이들의 도핑된 재료 또는 이들의 합금을 표현하는데 사용된다. 몇몇 실시예에서, 다결정질과 같은 결정질인 시트를 갖는 것이 바람직하다. 결정자(crystallite) 크기는 반도체 특성에 영향을 줄 수 있고, 더 큰 평균 결정자 크기가 캐리어 이동도를 증가시키고 소수 캐리어 확산 길이를 증가시키는데 바람직할 수 있다. 적합한 실시예에서, 실리콘/게르마늄계 반도체의 대형 시트가 더 두꺼운 구조체에 대해 재료를 절약하면서 적절한 디바이스 내로 처리될 수 있다.
- <49> 원소 실리콘의 전기 전도 특성의 용이한 제어성은 실리콘의 광범위한 상업적인 사용을 초래하고 있다. 예를 들면, 실리콘은 집적 회로용 반도체를 형성하는데 널리 사용되고 있다. 전도대(conduction band)를 분포시키기 위한 As, Sb 및 P와 같은 과잉 전자를 갖는 원소에 의한 도핑을 통해 형성된 실리콘/게르마늄계 반도체는 n-형 반도체라 칭하고, 전도 정공을 갖는 가전자대(valence band)를 분포시키기 위한 B, Al, Ga 및 In과 같은 전자 결함을 갖는 원소에 의한 도핑을 통해 형성된 실리콘/게르마늄계 반도체는 p-형 반도체라 칭한다.
- <50> 광빔(예를 들면, 레이저빔)에 의해 추진된 반응성 증착을 포함하는 프로세스가 개발되어 왔다. 일반적으로, 코팅이 간단한 또는 복잡한 구조를 갖는 특정 구조체를 형성하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 광빔에 의해 추진된 반응성 증착은 반응 구역에 근접하여 전자기 방사선빔을 교차하여 생성물 유동에 교차하도록 배치된 표면 상에 생성물 재료의 증착을 위해 구성된 생성물 스트림을 형성하는 유동 반응물 스트림을 갖는 반응기를 포함한다. 이 프로세스는 명칭 광 반응성 증착(LRDTM)으로 제공되어 있다. 몇몇 실시예에서, 입자는 분말 코팅의 형태, 즉 초기 1차 입자의 적어도 일부 특징이 코팅 내에 반사되는 비융합 입자의 집합 또는 융합된 또는 부분적으로 융합된 입자의 네트워크로 증착된다. 이 프로세스의 버전은 광 반응성 분말 코팅 증착이라 칭할 수 있다. 이어서, 프로세스는 조밀한 또는 적당히 조밀한 코팅의 형성을 위해 수정될 수 있다는 것이 발견되었다. 이 프로세스의 버전은 광 반응성 조밀 증착이라 칭할 수 있다.
- <51> 레이저 열분해는 분말 생성을 위한, 즉 서브미크론 입자의 합성을 위한 광 추진 반응성 유동 프로세스이다. 열분해 및 광 반응성 증착과 같은 광 반응성 유동 프로세스는 광 반응 구역에서 광빔을 교차하여 광 반응 구역으로부터 하류측에 생성물 스트림을 형성하는 제한된 유동 반응성 스트림의 공통 특징을 공유한다. 광 반응성 유동 프로세스에서, 반응물 스트림은 매우 고속으로 반응물을 가열하는 레이저빔과 같은 강렬한 광빔에 의해 열분해된다. 레이저빔은 편리한 에너지원이지만, 다른 강렬한 광원이 광 반응성 증착에 사용될 수 있다. 따라서, 반응 조건 및 증착 파라미터는 다공성 등과 같은 밀도 및 관련 특성에 대한 코팅의 특성을 변화시키도록 선택될 수 있다.
- <52> 광 반응성 증착은 큰 범위의 생성물 재료의 생성에 사용될 수 있다. 반응물 전달 장치는 가스/증기 및/또는 에어로졸 형태의 광범위한 반응 전구체를 제공하고, 생성물 재료의 조성은 일반적으로 반응물 뿐만 아니라 반응 조건의 함수이다. 광 반응성 증착은 선택적으로 도펀트(들)/첨가제(들) 및/또는 복합 조성물(들)을 포함하는 재료의 매우 균일한 코팅을 형성하는데 사용될 수 있다. 따라서, 대응 코팅의 조성 및 재료 특성은 광 반응성 증착 접근법의 특징에 기초하여 조절될 수 있다.
- <53> 몇몇 실시예에서, 광 반응성 증착 장치는 반응물 전구체의 스트림이 세장형 반응 구역을 통해 유동하여 또한 시

트의 형태의 생성물 스트림을 형성하는 유동 시트로서 생성되도록 하는 세장형 반응물 입구를 포함한다. 일반적으로, 반응물 유동은 방사선과 교차하도록 배향되어 대부분의 또는 모든 반응물 유동이 방사선과 교차하여 높은 수율이 얻어지도록 한다. 세장형 반응물 입구를 사용하여, 높은 처리량에서의 코팅 재료의 라인 또는 스트라이프가 적어도 부분적으로 기관 상에 동시에 증착될 수 있다. 생성물 스트림을 통해 기관을 이동시킴으로써, 큰 면적의 코팅이 하나 이상의 스위프(sweep)로 도포될 수 있다. 대응하는 높은 재료 생성 속도를 갖는 높은 반응물 처리량은 증착된 코팅의 균일성의 제어를 희생하지 않고 유지될 수 있다. 유동 생성물 시트로부터 입자의 라인 또는 스트라이프를 증착함으로써, 코팅 프로세스가 더 신속하게 수행될 수 있다.

<54> 몇몇 실시예에서, 광 반응성 증착은 높은 두께 균일성 및 평활한 코팅 표면을 갖는 코팅을 형성하는데 사용될 수 있다. 증착 프로세스의 적절한 제어는 치밀화되는지 여부에 상관 없이 기관의 표면을 가로질러 그리고 등가의 조건 하에서 코팅된 기관 사이의 평균 코팅 두께에 대해 코팅 두께의 높은 균일성을 초래할 수 있다. 광 반응성 증착은 발명의 명칭이 "반응성 증착에 의한 코팅 형성(Coating Formation By Reactive Deposition)"인 비(Bi) 등의 계류중인 미국 특허 출원 제09/715,935호 및 발명의 명칭이 "반응성 증착에 의한 코팅 형성(Coating Formation By Reactive Deposition)인 비 등의 미국 특허 출원 제10/414,443호에 대체로 설명되어 있고, 이들 특허 출원의 모두는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있다. 이하에 설명되는 바와 같이, 표면 질감이 균일성 및 평활성과 관련된 장점을 손실하지 않고 도입될 수 있는데, 이들 특성은 더 거친 표면 질감에 중첩되기 때문이다.

<55> 다양한 화학양론 및/또는 비화학양론 조성을 갖는 무기 코팅이 광 반응성 증착에 의해 생성될 수 있다. 유사하게, 증착된 재료는 다양한 결정 구조(들)를 갖고 형성될 수 있다. 구체적으로, 광 반응성 증착은 매우 균일한 글래스의 코팅, 즉 비정질 재료와, 선택적으로 첨가제/도펀트 및/또는 복합 화학양론물을 갖는 결정질 재료(단 결정 또는 다결정)를 형성하는데 사용될 수 있다. 본 명세서에 설명될 때, 선택적으로 도펀트를 갖는 결정질 원소 실리콘/게르마늄에 특정 관심이 있다.

<56> 원하는 조성을 갖는 코팅의 생성을 위한 광 반응성 증착의 성공적인 적용의 기본 특징은 적절한 전구체 조성물을 함유하는 반응물 스트림의 생성이다. 특히, 광 반응성 증착에 의한 도핑된 재료의 형성을 위해, 반응물 스트림은 호스트 전구체 및 도펀트 전구체를 포함할 수 있다. 반응물 스트림은 원하는 조성 및/또는 도펀트 농도를 갖는 재료를 생성하기 위해 전구체 조성물의 적절한 상대량을 포함한다. 또한, 전구체가 적절한 방사선 흡수체인 경우가 아니면, 부가의 방사선 흡수체가 반응물 스트림에 첨가되어 반응물 스트림 내의 다른 화합물로의 전달을 위해 방사선/광 에너지를 흡수할 수 있다. 다른 부가의 반응물은 반응물 스트림 내의 산화/환원 환경을 조절하는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 기관은 다공성 또는 비다공성, 가요성 또는 강성, 평면형 또는 곡선형, 표면 질감형 또는 평활형 또는 이들의 적절한 조합일 수 있다.

<57> 코팅 재료의 다수의 층이 생성물 입자 스트림을 통한 기관의 부가의 스위프에 의해 형성될 수 있다. 각각의 코팅층은 높은 균일성 및 평활성을 가질 수 있기 때문에, 다수의 층이 층상 구조체 상에 적절한 제어를 유지하면서 증착될 수 있어 구조적 특징이 최종 구조체의 성능에 악영향을 주는 구조적 편차 없이 층상 구조체 전체에 걸쳐 형성될 수 있다. 조성은 층 사이에서, 즉 구조체의 평면에 수직으로 및/또는 구조체의 평면 내에서 층의 부분 사이에서 변경되어 원하는 구조체를 형성할 수 있다. 생성물 코팅 재료의 조성은 단일 패스(pass) 내에서 및/또는 패스 사이에서 변경되거나 변경되지 않을 수도 있다. 유사하게, 밀도가 변경되어 상이한 다공성 또는 다른 특성을 재료에 부여할 수 있다.

<58> 층은 일반적으로 순차적으로 도포될 수 있지만, 변위된 위치에서의 거의 동시의 또는 심지어는 동시의 도포가 또한 사용될 수 있다. 다수의 패스가 이루어져 동일한 조성의 코팅 재료를 증착하는 경우, 개별적으로 증착된 층은 개별적으로 증착된 층이 구별 가능한 특징부로서 이후에 식별될 수 있는지 여부에 따라 완성된 구조체 내에서 개별 층으로 고려되거나 고려되지 않을 수도 있다. 균일한 구조 및 원하는 조성 편차를 갖는 층을 증착함으로써, 다수의 층에 걸친 복잡한 구조체가 형성될 수 있다. 3차원 구조체의 형성을 위한, 특히 광학 적용을 위한 광 반응성 증착의 사용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "평면형 광학 구조체의 3차원 가공(Three Dimensional Engineering of Planar Optical Structures)"인 비 등의 미국 특허 제6,952,504호에 더 설명되어 있다.

<59> 몇몇 실시예에서, 3차원 구조체의 형성은 일반적으로 복수의 층의 증착에 기초하고, 이 복수의 층의 각각은 특정 층 내에 특정 구조체를 형성하도록 윤곽 형성되거나 패터닝될 수 있거나 윤곽 형성되거나 패터닝되지 않을 수도 있다. 예를 들면, 상이한 기능적 구조체가 z-평면, 즉 코팅된 기관 평면에 수직인 평면 내에 증착된 재료를 변경함으로써 형성될 수 있다. 또한, 원하는 구조체의 형성을 위한 조성물의 패터닝을 위한 접근법이 개발

되어 있다. 일반적으로, 3차원 구조체 내의 특정 레벨 또는 층에서의 x-y 평면을 따르는 조성은, 열처리 등과 같은 임의의 부가의 치밀화 프로세스 전에, 중에 또는 후에, 재료를 패터닝함으로써 증착 프로세스 중에 또는 증착 후에 변경될 수 있다. 조성 또는 다른 특성에 대한 재료의 패터닝은 예를 들면 화학적 에칭 및/또는 방사선 기반 용삭(ablation)과 함께 리소그래피 및/또는 포토리소그래피와 같은 패터닝 접근법을 사용하여 후속의 증착을 수행할 수 있고, 하나 이상의 층 내에 원하는 패턴을 형성할 수 있다. 따라서, 가능하게는 다른 패터닝 접근법과 함께 광 반응성 증착을 사용하여, 선택적으로 가변적인 조성을 갖는 재료의 복잡한 편차를 갖는 복합 구조체를 형성하는 것이 가능하다.

<60> 증착 프로세스 중의 패터닝에 대해, 기관 상에 증착된 생성물 재료의 조성은 x-y 평면을 따른 재료의 최종 조성을 변경시키도록 기관의 선택된 위치에서 특정 조성을 갖는 코팅 재료를 증착시키기 위해 증착 프로세스 중에 변경될 수 있다. 광 반응성 증착을 사용하여, 생성물 조성은 생성물 재료를 형성하도록 반응하는 반응물을 조절함으로써 또는 반응 조건을 변경함으로써 변경될 수 있다. 예를 들면, 반응 챔버 압력, 유량, 방사선 강도, 방사선 에너지/파장, 반응 스트림 내의 불활성 희석 가스의 농도, 반응물 유동의 온도, 생성물 유동과 맞닿는 기관의 위치가 생성물 코팅의 조성, 밀도 및 다른 특성에 영향을 줄 수 있다.

<61> 다른 실시예에서, 개별 마스크가 코팅 재료의 증착을 제어하는데 사용된다. 개별 마스크는 코팅 재료의 패터닝을 위한 효율적이고 정밀한 접근법을 제공할 수 있다. 광 반응성 증착에 의해, 코팅 재료는 다른 편평한 표면에 접촉하여 배치된 편평한 표면을 갖는 마스크가 충분한 접촉을 제공하여 마스크의 경계를 지나 상당한 재료 이동을 방지할 수 있도록 하는 특정 운동량(momentum)을 갖는다. 개별 마스크는 선택된 위치에 개구를 갖는다. 또한, 개별 마스크는 표면에 접촉되지 않은 불변의 자기 지지식 구조체를 가져 마스크가 코팅되어 있는 표면으로부터 그대로 제거될 수 있다.

<62> 몇몇 실시예에서, 형성된 상태의 코팅(as-formed coating)의 열처리를 수행하는 것이 바람직하다. 덜 조밀한 코팅에 대해서는, 열처리는 재료를 응고(consolidation)하거나 소결하여 벌크 재료 밀도에 더 매우 근접하도록 코팅을 치밀화할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 코팅을 치밀화하는지 여부에 무관하게, 열처리는 코팅 재료를 어닐링하여 결정도와 같은 전체 특성에 대한 더 큰 균일성을 유도할 수 있다.

<63> 편의상, 용어 응고는 비정질 또는 결정 재료의 치밀화를 설명하기 위해 본 명세서에 사용된다. 재료를 응고하기 위해, 분말이 이들의 유동 온도를 초과하는 온도로 가열된다. 이들 온도에서, 분말은 치밀화되어 냉각시에 치밀화된 재료의 층을 형성한다. 치밀화는 조성의 벌크 밀도에 근접하는 재료를 생성하거나 생성하지 않을 수도 있다. 증착된 입자의 조성 및/또는 도펀트를 제어함으로써, 이후에 치밀화된 재료의 조성이 원하는 조성으로 제어될 수 있다. 일반적으로, 비정질 입자는 글래스 재료를 형성하도록 응고될 수 있고, 결정질 입자는 결정질 재료를 형성하도록 응고될 수 있다. 그러나, 몇몇 실시예에서, 적절한 가열 및 켄칭(quenching) 속도가 비정질 재료를 단결정 또는 다결정의 결정질층으로(일반적으로 느린 켄칭 속도), 그리고 결정질 분말을 글래스 층(일반적으로 고속 켄칭)으로 응고하는데 사용될 수 있다.

<64> 치밀화는 일반적으로 조성물의 제어된 가열에 의해 수행된다. 유동 온도는 일반적으로 조성에 그리고 소정의 정도로는 특히 덜 조밀한 분말 코팅에 있어서 1차 입경에 의존하는데, 이는 서브미크론 범위의 더 작은 입자는 일반적으로 동일한 조성을 갖는 대응하는 더 큰 입자보다 더 낮은 온도에서 유동을 나타내기 때문이다. 층은 이들의 특정 층 또는 부분의 형성 후에 응고될 수 있고, 또는 복수의 층이 동시에 응고될 수 있다. 적절한 유동 온도를 갖는 재료를 선택함으로써, 구조체는 하나 이상의 층을 응고하여 치밀화된 재료를 형성하도록 가열될 수 있고 다른 층은 분말 코팅과 같은 미응고된 코팅으로서 잔류할 수 있다.

<65> 결정질 실리콘/게르마늄계 반도체의 응고에 대해, 구역 용융 재결정(zone-melt recrystallization)(ZMR)이라 칭하는 접근법이 실리콘을 처리하여 원하는 정도의 결정도를 얻고 그리고/또는 재료를 완전히 치밀화하는데 사용될 수 있다. ZMR에서, 구조체는 고온으로 그러나 실리콘의 융점 미만의 온도로 일 표면을 통해 가열된다. 다음에, 스트립 히터(strip heater) 등이 동일한 및/또는 반대의 표면을 가로질러 스캐닝되어 스트립 히터가 표면을 따라 이동함에 따라 전방을 따라 재결정화하는 용융된 실리콘의 스트라이프를 형성한다. ZMR은 예를 들면 발명의 명칭이 "반도체 재료의 구역 용융 재결정화(Zone-Melt Recrystallization of Semiconductor Materials)"인 데구치(Deguchi) 등의 미국 특허 제5,540,183호와, 표제가 "고속 구역 용융 결정화에 의한 높은 결정 균일성을 갖는 SOI 막의 제조(Fabrication of SOI Films with High Crystal Uniformity by High-Speed-Zone Melt Crystallization)"인 전기 화학회의 저널의 요코하마(Yokohama) 등의 논문, 150 (5), A594-A600 (2003년)에 더 설명되어 있고, 이들 모두는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있다.

<66> 레이저 스폿이 또한 표면을 가로질러 래스터(raster)되어 재결정화하는 용융된 스폿을 생성할 수 있다. 실리콘

을 재결정화하기 위한 후속의 냉각과 함께 전체 샘플을 실리콘의 용점으로 가열하는 것도 또한 가능할 수 있다.

<67> 광 반응성 조밀 증착에서, 코팅 조성물은 가능하게는 코팅을 치밀화하고/응고하기 위한 임의의 부가의 처리를 적용하지 않고 원하는 조밀한 코팅을 직접 형성하도록 선택될 수 있지만, 부가의 처리가 원하는 코팅 특성을 얻도록 여전히 수행될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 코팅 재료는 적어도 약 55%의 밀도로, 부가의 실시예에서는 약 65% 밀도로부터 완전히 치밀화된 재료의 전체 밀도로 증착될 수 있다. 증착된 조밀한 코팅은 분말 코팅을 형성하도록 표면 상에 수집되는 입자의 특성에 대응하는 미립자 특징 또는 큰 기공과 같은 기초의 1차 입경을 반영하는 특징을 갖지 않을 수 있다. 몇몇 실시예에서, 최종 조밀한 코팅은 가스 흡착/수착에 대해 비다공성 재료이다. 대조적으로, 광 반응성 분말 코팅 증착에서, 입자는 기관 표면 상에 완전히 치밀화된 재료에 대해 비교적 낮은 밀도를 갖는 수트(soot) 또는 스노우(snow), 예를 들어 분말 코팅으로서 증착된 반응성 유동 내에 형성된다. 광 반응성 조밀 증착은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반응성 증착에 의한 조밀한 코팅 형성(Dense Coating Formation By Reactive Deposition)"인 치루볼루(Chiruvolu) 등의 계류중인 미국 특허 출원 제11/017,214호에 더 설명되어 있다.

<68> 반응 파라미터는 예를 들면 반응물/생성물 유동 파라미터, 광 반응 구역에 대한 기관의 위치, 불활성 회석 가스의 상대 농도 및 다른 반응 파라미터의 적절한 선택을 통해 더 조밀한 재료 코팅을 증착하도록 조절될 수 있다. 광 반응성 조밀 증착에서, 반응 조건 및 증착 파라미터는 기관 상에 유착중(coalescing species)을 증착하도록 선택될 수 있다. 기관 표면은 불균일 핵형성 및 막 성장을 위한 필수 조건을 제공할 수 있다. 특히, 기관 표면은 비교적 고온으로 가열되어 균일한 막 성장을 향상시킬 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기관은 증착 중에 또는 증착에 앞서 가열되어 조밀한 층 내로의 입자의 유착을 용이하게 하기 위해 후속의 용융 프로세스에 앞서 증착 중에 입자의 압밀화(compaction)를 자극하는 열 응력을 감소시킨다. 다른 실시예에서, 비교적 고온으로의 기관의 가열은 비교적 조밀한 얇은 층으로서의 결정질 실리콘/게르마늄계 반도체의 직접 증착을 용이하게 하는데 사용될 수 있다.

<69> 본 명세서에 설명되어 있는 구조체의 형성을 위해, 광 반응성 증착 프로세스는 해제층의 증착을 포함할 수 있다. 해제층은 기관으로부터 오버코트 구조체의 분리를 가능화할 수 있고, 여기서 오버코트 구조체는 다른 구조체가 해제층과 결합되어 있는 동안에 하나 이상의 부가의 코팅 단계에 의해, 선택적으로 부가의 처리에 의해 형성된다. 특히, 해제층은 기초 기관, 오버코트, 또는 기초 기관 및 오버코트의 모두로부터 분리되도록 해제층을 제공하는 특성을 갖는다. 기초 기관으로부터 오버코트 구조체를 분리하는 능력에 의해, 대면적 및 얇은 원소 실리콘 및/또는 게르마늄 포일 뿐만 아니라 다른 구조체가 형성될 수 있다. 분리된 구조체는 광전지 디바이스 또는 디스플레이와 같은 원하는 디바이스 내로 처리될 수 있다.

<70> 해제층은 상부의 층 및 하부의 기관으로부터 이를 구별하는 독특한 특성을 가질 수 있다. 기관이란 용어는 기관 표면층이 그 자체로 부가의 기초 기관 상에 코팅으로서 증착되는지 여부에 무관하게 해제층이 증착되어 있는 해제층에 접촉하는 재료의 표면의 광범위한 의미로 사용된다. 해제층은 조성 및/또는 밀도와 같은 특성에 대해 상부의 층 및 하부의 기관과는 상이할 수 있어, 파쇄에 민감하다. 대안적인 또는 부가의 실시예에서, 해제층은 선택된 용제 내에서 가용성인 조성물을 포함할 수 있다.

<71> 파쇄층으로서 해제층에 대해, 해제층은 일반적으로 기초 기관 또는 오버코트보다 상당히 낮은 밀도를 갖는다. 파쇄층의 더 낮은 밀도는 증착 프로세스의 결과이고 그리고/또는 증착 후의 처리에 기인할 수 있다. 예를 들면, 해제층을 더 낮은 밀도로 방지하면서 상위층을 바람직하게 치밀화하는 것은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "층 재료 및 평면형 광학 디바이스(Layer Materials and Planar Optical Devices)"인 브라이언(Bryan)의 미국 특허 제6,788,866호에 설명되어 있다. 더 낮은 밀도의 결과로서, 해제층은 일반적으로 기관 또는 오버코트에 손상을 주지 않고 파쇄될 수 있다.

<72> 증착 프로세스에 대해, 처리 파라미터는 오버코트층보다 상당히 낮은 밀도로 해제층을 증착하도록 조절될 수 있다. 밀도의 차이는 원하는 기계적 강도의 차이를 제공하도록 조절될 수 있어, 해제층은 자립식 구조체 또는 해제 가능하게 지지된 구조체로서 오버코트를 형성하도록 파쇄될 수 있다. 예를 들면, 해제층은 적어도 약 40%의 해제층 다공성에 대응하는 밀도를 갖는 코팅으로서 증착될 수 있다.

<73> 최종 구조체는 부착된 파쇄된 해제층의 부분을 가질 수 있다. 해제된 오버코트 구조체와 관련된 해제층의 잔류 부분은 예를 들면 화학적 에칭, 플라즈마 에칭 및/또는 기계적 연마를 포함하는 다양한 방법으로 제거될 수 있다. 유사하게, 기관은 화학적 세척 및/또는 기계적 연마를 사용하여 잔류 해제층 재료를 제거하도록 세척될 수 있다. 따라서, 고품질 기관 구조체가 고품질의 기관의 장점을 취하면서 수회 재사용될 수 있다.

- <74> 대안적인 또는 부가적인 실시예에서, 해제층 및 오버코트층의 조성은 상이하어 조성 차이가 해제층의 기능을 용이하게 하도록 이용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 상이한 조성은 해제층 및 오버코트층이 상이한 응고 온도를 갖도록 선택될 수 있다. 구체적으로, 해제층은 더 높은 응고 온도를 가질 수 있어, 오버코트는 치밀화되면서 해제층이 더 낮은 밀도로 실질적으로 미응고 상태로 유지될 수 있다. 상이한 조성은 상이한 도펀트 레벨, 도펀트 조성 및/또는 상이한 호스트 재료를 포함할 수 있다. 오버코트층의 응고 및 해제층의 실질적인 미응고는 해제층을 파쇄하는데 이용될 수 있는 해제층과 오버코트층 사이의 실질적인 밀도 차이를 생성할 수 있다. 상이한 밀도 재료로의 인접한 층의 처리 및 해제층의 파쇄를 위한 상이한 응고 온도의 사용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "층 재료 및 평면형 광학 디바이스(Layer Materials and Planar Optical Devices)"인 브라이언의 미국 특허 제6,788,866호에 더 설명되어 있다.
- <75> 그러나, 몇몇 실시예에서, 해제층은 밀도보다는 조성의 특정 특성을 통해 기능한다. 구체적으로, 해제층의 조성은 오버코트층의 조성과는 구별되어, 부가의 처리가 해제층을 제거하거나 손상시킬 수 있다. 예를 들면, 해제층은 오버코트 재료를 해제하도록 용해될 수 있는 가용성 재료로 형성될 수 있다. 무기 조성물의 범위는 해제 조성물에 적합하다. 예를 들면, 금속 염화물 또는 금속 질화물이 임의의 부가의 반응물 없이 에어로졸을 사용하여 증착될 수 있어, 미반응된 금속 화합물의 코팅이 프로세스에서 증착되지만, 다른 실시예에서는 해제층 조성물은 코팅 스트림 내의 반응 생성물일 수 있다. 가용성 무기 조성물은 임의의 적당한 밀도를 갖고 증착될 수 있다. 전기 화학 전지의 요소의 형성을 위한 광 반응성 분말 코팅 증착을 사용하는 가용성 무기 조성물의 증착은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "전기 화학 전지 제조를 위한 반응성 증착(Reactive Deposition for Electrochemical Cell Production)"인 혼(Horne) 등의 계류중인 미국 특허 출원 제10/854,931호에 설명되어 있다.
- <76> 따라서, 해제층은 원하는 조성 및 구조를 갖는 오버코트 재료를 해제하기 위한 메커니즘을 제공할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 오버코트 재료는 실리콘/게르마늄계 반도체 구조체를 포함할 수 있다. 재료는 선택된 양 및 조성의 도펀트를 포함할 수 있거나 포함하지 않을 수 있다. 적절한 처리 단계가 최종 디바이스를 형성하기 위한 원하는 목적 및 처리 편의에 따라 기판으로부터 해제 전에 또는 해제 후에 수행될 수 있다.
- <77> 대면적의 얇은 층의 실리콘/게르마늄계 반도체의 몇몇 실시예에서, 자립식 구조체는 적어도 약 900 평방 센티미터의 면적을 가질 수 있다. 유사하게, 시트는 약 100 미크론 이하의 평균 두께를 가질 수 있다. 대면적 및 작은 두께는 재료 비용 및 소비를 절약하면서 향상된 디바이스의 형성시에 고유의 방식으로 이용될 수 있다. 더욱이, 몇몇 실시예에서, 얇은 실리콘/게르마늄 반도체층은 적어도 약 2 미크론의 두께를 가질 수 있다.
- <78> 부가의 또는 대안적인 실시예에서, 하나 이상의 얇은 원소 실리콘/게르마늄 구조체는 최종의 원하는 구조체의 형성을 용이하게 할 수 있는 다른 층과 결합될 수 있다. 적합한 결합된 층은 실리콘 조성물, 게르마늄 조성물 및/또는 다른 무기 조성물을 포함하는 조성물일 수 있다. 예를 들면 층은 반도체의 하나 또는 양 표면 상의 전기 절연층일 수 있다. 결합된 층은 해제층에 대해 실리콘/게르마늄계 반도체의 층(들)의 상부 또는 하부에 형성될 수 있다. 결합된 층(들)의 두께 및 조성은 일반적으로 구조체의 원하는 사용에 기초하여 선택된다.
- <79> 반도체 시트에 기초하는 디바이스의 형성을 위해, 구조체는 일반적으로 디바이스의 요소를 형성하는 적절한 국부화된 형태를 갖도록 조작된다. 구체적으로, 실리콘/게르마늄계 반도체 구조체를 패터닝하는 것이 바람직할 수 있다. 이 패터닝은 후속의 디바이스 형성을 용이하게 할 수 있다. 형태는 실리콘/게르마늄계 반도체 시트의 개질에 의해 및/또는 기판 상의 재료의 증착에 의해 패터닝될 수 있다. 시트의 개질은 조성 변화 및/또는 물리적 변화에 관련될 수 있다. 예를 들면, 몇몇 실시예에서, 시트는 시트를 따른 특정 위치에서 도핑될 수 있다. 시트 상의 재료의 증착에 대해, 적절한 재료가 디바이스의 요소를 형성하도록 반도체 시트를 따른 선택된 위치 상에 증착될 수 있다. 시트 상의 임의의 구조적 첨가는 광 반응성 증착 또는 임의의 다른 적절한 증착 접근법을 사용하여 수행될 수 있다. 특히, 잉크젯 인쇄와 같은 인쇄 프로세스가 도펀트를 제공하도록 특정 위치에 도펀트 조성물을 증착하여 실리콘/게르마늄계 반도체 시트를 개질하고 그리고/또는 반도체층 내로 처리될 수 있는 폴리실란과 같은 조성물을 제공하는데 사용될 수 있다.
- <80> 반응성 증착에 대해, 하위층 상에 실리콘/게르마늄계 반도체의 스트라이프, 아일랜드 등을 형성하는 것이 바람직할 수 있다. 하위층이 해제층에 인접하여 형성되면, 패터닝된 실리콘/게르마늄계 반도체 구조체는 하위층과 실리콘/게르마늄계 반도체 구조체 사이의 다른 재료를 갖거나 갖지 않고 하위층 상부에 형성될 수 있다. 대안적으로, 하위층 상의 실리콘/게르마늄 층(들)은 실리콘/게르마늄계 반도체층(들)의 증착 후에 에칭 등을 통해 패터닝될 수 있다. 이 에칭은 열처리 단계 전에, 후에 또는 중에 수행될 수 있다. 실리콘/게르마늄계 반도체층(들)이 해제층에 인접하고 결합된 층이 실리콘/게르마늄계 반도체층(들) 상부에 배치되면, 패터닝은 가용성

재료의 사용을 통해 증착 중에 또는 에칭 등의 사용을 통해 해제층으로부터의 제거 후에 수행될 수 있다.

- <81> 몇몇 실시예에서, 구조체는 실리콘/게르마늄계 반도체층(들)의 각각의 측면 상에 하위층 및 결합된 층의 모두를 포함할 수 있다. 또한, 하위층 및/또는 결합된 층은 최종 디바이스에 기능적인 역할을 제공하거나 제공하지 않을 수도 있다. 따라서, 하위층 또는 결합된 층을 형성하는 능력은 특정 디바이스에 대한 개량된 구조체 및/또는 선택된 디바이스의 형성에 대한 상당한 처리 장점을 제공할 수 있다.
- <82> 부가의 또는 대안적인 실시예에서, 시트는 절단된 시트의 부분 사이에 절연 간극을 형성하기 위해 지지면과 연계하여 절단될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 오버코트 구조체의 절단은 오버코트 구조체가 해제층에서 기관으로부터 분리되기 전에 그리고/또는 후에 수행될 수 있다. 관련 실시예에서, 해제층은 오버코트 구조체의 절단 중에 기관의 소정의 보호를 제공하여 기관 표면이 상당히 손상되지 않을 수 있다. 다른 실시예에서, 반도체층은 제품 내로의 혼입을 위한 구조체를 형성하도록 영구 기관 상에 증착 후에 절단될 수 있다. 부가의 실시예에서, 시트는 해제층에 의한 해제를 통해 수용 기관으로의 전달 후에 절단된다. 수용 기관은 영구 기관 또는 일시적인 유지 구조체일 수 있다.
- <83> 진술된 바와 같이, 몇몇 실시예에서, 실리콘/게르마늄계 반도체 시트는 해제층 없이 기관 상에 형성되어, 조합된 구조체가 최종 제품 내에 형성된다. 예를 들면, 광전지 모듈의 형성을 위해, 기관은 가능하게는 그 상부에 실리콘/게르마늄계 반도체 시트가 형성되어 있는 얇은 SiO_xN_y 패시베이션층(passivation layer)을 갖는 실리콘 글래스일 수 있다. 노출된 표면은 패터닝 등으로 더 처리되어 제품 내로의 합체를 위한 디바이스를 형성한다. 예를 들면, 최종 구조체는 전체 광전지 모듈로 처리될 수 있다.
- <84> 해제층 상에 형성된 오버코트 구조체는 일반적으로 특정 디바이스 내로의 합체를 위한 재료를 준비하기 위해 하나 이상의 처리 단계를 받게될 수 있다. 이들 부가의 처리 단계는 오버코트 구조체가 기관에 부착된 상태로, 구조체가 해제층에서 분리된 상태로 수행될 수 있고, 또는 처리 단계의 일부는 구조체가 기관에 부착된 상태로 수행되고 처리 단계의 일부는 구조체가 기관으로부터 분리된 상태로 수행된다. 에칭 또는 다른 증착후 패터닝은 응고/어닐링을 위한 임의의 열처리 단계 전에, 후에 및/또는 중에 수행될 수 있다.
- <85> 부가의 처리는 자립식 얇은 층과 유지 표면의 결합을 포함할 수 있다. 유지 표면은 사용을 위한 디바이스 내의 얇은 층의 최종 위치일 수 있고, 또는 유지 표면은 하나 이상의 처리 단계의 수행을 용이하게 하는 일시적인 위치일 수 있다. 유지 표면이 일시적이면, 얇은 층은 접착제 등으로 유지 표면에 일시적으로 고정될 수 있다. 유지 표면과의 결합은 특정 처리 단계 중에 얇은 구조체를 기계적으로 안정화할 수 있다.
- <86> 광전지 뿐만 아니라 다른 적절한 디바이스의 형성을 위해, 재료 내의 광학 경로 길이를 증가시키기 위한 표면 질감을 상부면 및/또는 하부면 상에 갖는 것이 바람직하다. 표면 질감은 표면 질감이 있는 기관 상부에 증착에 의해 표면 질감이 있는 기관으로 도입될 수 있다. 대안적으로, 표면 질감은 증착 프로세스 또는 후속의 에칭 또는 다른 표면 개질 단계에서 증착된 표면 내에 도입될 수 있다. 표면 질감 형성은 랜덤하거나, 의사 랜덤하거나 질서화될 수 있다. 해제층의 다공성은 또한 후속의 층 상에 거친 표면 질감을 부여하는데 사용될 수 있다.
- <87> 얇은 대면적 실리콘/게르마늄계 반도체 시트의 이용 가능성은 대형의 고효율 태양 전지, 디스플레이 뿐만 아니라 이들 반도체 시트에 기초하는 다른 디바이스의 제조를 제공한다. 개별의 태양 전지는 태양 전지판의 형태의 부분으로서 더 대형의 시트로부터 절단될 수 있다. 태양 전지판에는, 병렬로 및/또는 직렬로 접속된 복수의 개별 전지가 존재한다. 직렬로 접속된 전지는 판의 출력 전압을 증가시키는데, 이는 직렬로 접속된 전지는 부가의 전위를 갖기 때문이다. 병렬로 접속된 임의의 전지는 증가된 전류를 제공한다. 판 상의 적당하게 위치 설정된 전지는 적절한 전기 전도체를 사용하여 전기적으로 접속될 수 있다. 배선된 광전지판은 이어서 외부 전기 회로에 적절하게 접속될 수 있다.
- <88> 광전지 모듈을 형성하기 위해, 하위층 또는 결합된 층과 같은 부가의 층이 실리콘/게르마늄계 반도체만의 하나 이상의 층 및/또는 도펀트를 갖는 층을 갖는 구조체 내에 혼입되어 도핑된 실리콘/게르마늄에 기초하는 p-도핑된 및/또는 n-도핑된 반도체층을 형성할 수 있다. 일반적으로, 태양 전지는 집전체와 결합된 접점의 부분을 형성하는 벌크 반도체 및 도핑된 도메인을 갖는다. 선택된 부가의 층은 전방면, 후방면 또는 전방면 및 후방면의 모두 상의 패시베이션층으로서 기능할 수 있다. 패시베이션층은 또한 반사 방지층으로서 기능할 수 있다.
- <89> 실리콘, 게르마늄, 실리콘 카바이드 또는 이들의 합금에 기초하는 광전지는 p-형 반도체 및 n-형 반도체와의 접합부를 구비한다. 반대 극성의 집전체 사이의 전류의 흐름은 유용한 작업으로 사용될 수 있다. 프로세스의 효율은 부분적으로는 제조합율에 의존하는데, 이는 전자 및 정공이 이들이 적합한 집전체로 흐르기 전에 재조합할

수 있기 때문이다. 제조합 후에, 광 생성된 전자-정공쌍은 유용한 작업에 대해 사용될 수 없다. 본 명세서에 설명되어 있는 프로세스는 바람직한 광전지용 재료의 형성에 적합하다. 더 얇은 반도체 구조체의 사용은 재료 및 대응 비용에 대한 절약을 초래한다. 그러나, 반도체가 너무 얇으면, 실리콘은 광을 너무 많이 포착하지 않는다. 따라서, 100 마이크로 이하 및 적어도 2 마이크로미터의 실리콘/게르마늄계 반도체 두께를 갖는 장점이 있다.

<90> 게다가, 실리콘/게르마늄계 반도체의 얇은 시트는 디스플레이 부품을 위한 유용한 기판을 제공한다. 특히, 반도체 시트는 박막 트랜지스터 및/또는 다른 집적 회로 부품의 형성을 위한 기판일 수 있다. 따라서, 얇은 반도체 시트는 각각의 화소와 관련된 하나 이상의 트랜지스터를 갖는 대형 포맷 디스플레이 회로일 수 있다. 최종 회로는 실리콘 온 글래스 프로세스(silicon on glass process)에 의해 형성된 구조체를 대체할 수 있다.

<91> 일반적으로, 본 명세서에 설명되어 있는 반도체 시트는 재료의 사용의 감소 및 편리한 처리 포맷을 갖는 소정 범위의 디바이스를 형성하기 위한 비용 효율적인 접근법을 제공한다. 재료의 균일성 및 생산 속도는 효율적이고 비용 효율적인 상업적인 생산을 위한 중요한 파라미터이다. 부가의 처리의 효율적인 형태로의 반도체 시트의 순응성은 시트를 소정 범위의 집적 회로 및 다른 구조체의 효율적인 형성에 적합하게 한다.

<92> 반응물 유동 내에서의 생성물 합성

<93> 광반응성 증착은 다른 유동 반응물 시스템과 마찬가지로 일반적으로 반응 챔버를 통해 유동을 지향시키는 반응물 전달 장치를 포함한다. 광반응성 증착은 증착된 상태 또는 부가의 처리를 갖는 광범위한 조성 및 재료 특성을 갖는 코팅 재료의 생성을 위한 가치 있는 도구이다. 반응물 유동의 반응은 반응 챔버 내에서 발생한다. 반응을 추진시키기 위한 예를 들어 광빔과 같은 방사선빔의 사용은 높은 균일성의 생성물 스트림을 유도하는 국부화된 반응 구역을 생성할 수 있다. 반응 구역을 넘어서, 유동은 생성물 조성물(고형 입자, 용융 입자, 및/또는 증기), 미반응 반응물, 반응 부산물 및 불활성 가스를 포함할 수 있다. 생성물 유동은 생성물 조성물의 적어도 일부가 코팅으로서 유동으로부터 채취되는 증착 표면으로 계속될 수 있다.

<94> 반응의 진행 중에 유동으로의 반응물의 연속적인 공급 및 유동으로부터의 생성물 조성물의 제거는 유동 반응물 시스템 내의 반응 프로세스를 특징화하지만, 반응 및/또는 증착은 적절한 간격으로 중단되어 예를 들어 기판을 위치설정하고, 반응물 조성 또는 다른 처리 고려 사항 등을 변경할 수 있다. 따라서, 반응물 전달 장치에 연결된 입구 노즐로부터 일반적으로 펌프를 통해 연결된 통기구로 일반적으로 통과하는 순 유동(net flow)이 존재한다. 순 유량은 광 반응 구역, 광 반응 구역으로부터 상류측의 반응물 유동 및 광 반응 구역으로부터 하류측의 생성물 유동으로 개념적으로 분할될 수 있다. 이들 개념적인 구역은 일반적으로 뚜렷하게 규정된 경계를 갖지 않을 수도 있지만, 몇몇 지점에서는 생성물이 존재하여 생성물 스트림/유동을 형성하고 반응물과 반응하기 전에 어떠한 생성물도 반응물 유동/스트림 내에 존재하지 않는다는 것이 명백하다.

<95> 광반응성 증착은 입자 합성을 위한 광 구동 유동 프로세스인 레이저 열분해 내에서 입자 생성을 위해 발생된 생성물 조성물 다용성(versatility)을 구비할 수 있다. 특히, 소정 범위의 입자 조성 및 구조를 갖는 입자를 형성하는 다용성은 유사한 범위의 조성 및 구조를 갖는 광반응성 증착에 의한 코팅의 형성을 위해 채택될 수 있다.

<96> 레이저 열분해는 방사선에 의해 규정된 좁은 반응 영역을 떠난 후에 생성물 입자의 급속 냉각에 의해 예를 들면 광과 같은 강한 방사선에 의해 추진되는 유동 화학 반응을 위한 표준 용어가 되어 왔다. 그러나, 이 명칭은 강한 엇걸성 광(incoherent light) 또는 방사선빔과 같은 비-레이저원으로부터의 방사선이 레이저를 대체할 수 있다는 점에서 틀린 명칭이다. 또한, 반응은 열적 열분해의 의미에서 열분해가 아니다. 레이저 열분해 반응은 반응물의 발열성 연소에 의해서만 열적으로 추진되는 것은 아니다. 실제로, 몇몇 실시예에서, 레이저 열분해 반응은 열분해 화염과는 완전히 반대로 어떠한 가시광 방출이 반응으로부터 관찰되지 않는 조건 하에서 수행될 수 있다.

<97> 반응 조건은 광 반응성 증착에 의해 생성된 조성물의 품질을 결정할 수 있다. 광 반응성 증착을 위한 반응 조건은 원하는 특성을 갖는 조성물 및 대응 코팅을 생성하기 위해 비교적 정확하게 제어될 수 있다. 특히, 생성물 유동 특징은 유동으로부터 형성된 코팅의 특성에 영향을 주지만, 기판의 온도 및 코팅 파라미터와 같은 다른 인자가 또한 코팅 특성에 영향을 준다.

<98> 예를 들면, 반응 챔버 압력, 반응물의 유량, 조성 및 압력, 방사선 강도, 방사선 에너지/파장, 반응 스트림 내의 불활성 희석 가스 또는 가스들의 유형 및 농도, 반응물 유동의 온도가 예를 들면 반응 구역 내의 반응물/생성물의 비행 시간 및 생성물 유동 내의 생성물 조성물 내로 제조합하는 원자종의 이용 가능성을 변경함으로써 생성물 유동의 조성 및 다른 특성에 영향을 줄 수 있다. 따라서, 특정 실시예에서, 특정 반응 조건이 제어되어

원하는 생성물 유동 특성을 제공할 수 있다. 특정 유형의 생성물 유동을 생성하기 위한 적절한 반응 조건은 일반적으로 특정 장치의 디자인에 의존한다. 특정 장치 내에 선택된 코팅을 생성하는데 사용된 특정 조건은 적절한 실험 조절과 함께 본 명세서에 개략 설명된 일반적인 원리에 의존하여 결정될 수 있다. 더욱이, 반응 조건과 최종 조건 사이의 관계의 몇몇 일반적인 관찰이 이루어질 수 있다.

- <99> 반응물 스트림의 속도는 코팅의 밀도에 영향을 줄 수 있다. 코팅 파라미터를 결정하는데 있어서의 다른 중요한 인자는 생성물 스트림 내의 생성물 조성물의 농도이다. 총 농도 뿐만 아니라 생성물 유동 내의 응축 생성물 조성물의 상대 농도를 감소시키는 것은 더 느린 입자 성장 및 더 소형의 입자를 초래한다. 응축 생성물의 상대 농도는 예를 들면 불활성의 비응축 조성물로의 희석에 의해 또는 일반적으로 감소된 총 농도를 유도하는 압력의 감소에 의한 비응축 조성물에 대한 응축 생성물의 고정비를 갖는 압력을 변경함으로써 제어될 수 있다. 또한, 상이한 생성물 조성물이 생성물 유동 내에서 상이한 속도로 유착하는 경향을 갖는데, 이는 대응적으로 코팅 밀도에 영향을 줄 수 있다. 요약하면, 코팅 파라미터는 코팅 밀도를 조절하도록 선택될 수 있다.
- <100> 관심 재료는 일반적으로, 예를 들면 비정질 재료, 결정질 재료 및 이들의 조합을 포함하지만, 실리콘/게르마늄계 반도체 재료에 있어서는 결정질 재료가 특히 관심이 있다. 광 반응성 증착에 있어서, 예를 들면 기판 표면의 특성을 포함하는 코팅 파라미터가 코팅의 결정질 또는 비정질 구조에 영향을 줄 수 있다.
- <101> 반응 프로세스에서 원하는 조성물을 형성하기 위해, 하나 이상의 전구체가 하나 이상의 금속/준금속(metalloid) 원소 뿐만 아니라 원하는 조성물을 형성하는 임의의 2차 원소를 공급한다. 도펀트(들)를 갖거나 갖지 않는 실리콘/게르마늄계 반도체를 증착하는데 특정 관심이 있지만, 결합층 및/또는 해제층은 선택된 2차 원소를 갖는 조성물을 포함할 수 있다. 2차 원소는 예를 들면 최종 생성물 조성물 내에 혼입될 수 있는 탄소, 질소, 실리콘, 인 및 황과 같은 비금속/준금속 원소를 포함한다. 반응물 스트림은 일반적으로 원하는 금속과, 부가적으로 또는 대안적으로 호스트 재료를 형성하기 위한 준금속 원소 뿐만 아니라 임의의 선택된 2차 원소와, 선택적으로 특정 생성물 조성물을 생성하기 위한 적절한 비율의 도펀트(들)/첨가제(들)를 포함한다.
- <102> 반응물 스트림의 조성은 반응 조건(들)과 함께 조절되어 조성 및 특성에 대한 원하는 생성물 재료를 생성할 수 있다. 특정 반응물 및 반응 조건에 기초하여, 생성물 조성물은 반응물 스트림과 동일한 금속/준금속 원소의 비율을 갖지 않을 수도 있는데, 이는 원소가 생성물 내로의 상이한 혼입 효율, 즉 미반응 재료에 대한 수율을 가질 수 있기 때문이다. 그러나, 각각의 원소의 혼입량은 반응물 유동 내의 그 원소의 양의 함수이고, 혼입 효율은 원하는 조성물을 얻기 위해 본 명세서의 교시에 기초하여 실험적으로 평가될 수 있다. 본 명세서에 설명되어 있는 방사선 추진 반응을 위한 반응물 노즐의 디자인은 높은 반응물 유동을 갖는 높은 수율을 위해 설계된다. 더욱이, 부가의 적절한 전구체(들)가 임의의 원하는 도펀트/첨가제 원소(들)를 공급할 수 있다.
- <103> 조성물에 대해, 준금속은 금속과 비금속 사이 또는 금속과 비금속을 포함하는 중간적인 화학 특성을 나타내는 원소이다. 준금속 원소는 실리콘, 게르마늄, 붕소, 비소 및 텔루르를 포함한다. 주기율표 Ib, IIb, IIIb, IVb, Vb, VIb, VIIb 및 VIIIb족으로부터의 원소는 전이 금속이라 칭한다. 주기율표 I족, 주기율표 II족의 알칼리토류 금속 및 전이 금속의 알칼리 금속에 부가하여, 다른 금속은 예를 들면 알루미늄, 갈륨, 인듐, 탈륨, 주석, 납, 비스무스 및 폴로늄을 포함한다. 비금속/준금속 원소는 수소, 희가스, 탄소, 질소, 산소, 불소, 인, 황, 염소, 셀레늄, 브롬 및 요오드를 포함한다.
- <104> 광 반응성 증착은 가스/증기상 반응물로 수행될 수 있다. 금속/준금속 전구체 조성물과 같은 다수의 전구체 조성물이 가스/증기로서 반응 챔버 내로 전달될 수 있다. 가스 전달을 위한 적절한 전구체 조성물은 일반적으로, 적당한 증기 압력, 즉 반응물 스트림 내로의 원하는 양의 전구체 가스/증기를 얻기에 충분한 증기 압력을 갖는 조성물을 포함한다. 액체 또는 고체 전구체 조성물을 유지하는 용기가 가열(냉각)되어 원한다면 전구체의 증기 압력을 증가(감소)시킬 수 있다. 고체 전구체는 일반적으로 충분한 증기 압력을 생성하도록 가열된다. 캐리어 가스는 원하는 양의 전구체 증기의 전달을 용이하게 하도록 액체 전구체를 통해 기포화될 수 있다. 유사하게, 캐리어 가스는 전구체 증기의 전달을 용이하게 하기 위해 고체 전구체 상부를 통과할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 액체 전구체는 선택된 증기 압력으로 조성물을 공급하도록 속성 증발기(flash evaporator)로 지향될 수 있다. 비가스 전구체의 유동을 제어하기 위한 속성 증발기의 사용은 반응 챔버 내로의 전구체 전달의 고레벨 제어를 제공한다.
- <105> 그러나, 오직 가스/증기상 반응물의 사용은 몇몇 원소에 대한 전구체 조성물의 적절한 유형의 식별에 대해 과제가 있을 수 있다. 따라서, 금속/준금속 전구체와 같은 전구체를 포함하는 에어로졸을 유동 광 추진 반응을 위한 반응 챔버 내에 도입하기 위한 기술이 개발되어 왔다. 유동 반응 시스템을 위한 개량된 에어로졸 전달 장치는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반응물 전달 장치(Reactant Delivery Apparatuses)"인

가드너(Gardner) 등의 미국 특허 제6,193,936호에 더 설명되어 있다. 이들 반응물 전달 시스템은 광 반응성 증착을 위해 채택될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 에어로졸은 불활성 가스(들) 및/또는 가스 반응물(들)을 포함할 수 있는 가스 유동 내에 비말 동반(entrain)된다.

- <106> 에어로졸 전달 장치를 사용하여, 고체 전구체 조성물은 용제 내에 조성물을 용해함으로써 전달될 수 있다. 대안적으로, 분말화된 전구체 조성물이 에어로졸 전달을 위해 액체/용제 내에 분산될 수 있다. 액체 전구체 조성물은 순수 액체, 다중 액체 분산 또는 액체 용액으로부터 에어로졸로서 전달될 수 있다. 에어로졸 반응물은 상당한 반응물 처리량을 얻는데 사용될 수 있다. 용제/분산물은 최종 용액/분산의 원하는 특성을 성취하도록 선택될 수 있다. 적합한 용제/분산물은 물, 메탄올, 에탄올, 이소프로필 알코올, 다른 유기 용제 및 이들의 혼합물을 포함한다. 용제는 최종 코팅의 원하는 순도 레벨을 갖도록 원하는 순도 레벨을 가져야 한다. 이소프로필 알코올과 같은 몇몇 용제는 CO₂ 레이저로부터 적외선 광의 중요한 흡수체이므로 CO₂ 레이저가 광원으로서 사용되면 어떠한 부가의 광 흡수 조성물도 반응물 스트림 내에 요구되지 않을 수 있다.
- <107> 에어로졸 전달을 위한 전구체 조성물은 약 0.1 몰 초과 범위(들)의 농도를 일반적으로 갖는 용액 내에 용해된다. 일반적으로, 용액 내의 전구체의 농도를 증가시키는 것은 반응 챔버를 통한 반응물의 처리량을 증가시킨다. 그러나, 농도가 증가함에 따라, 용액은 더 점성이 높아지게 되어 에어로졸이 원하는 것보다 더 큰 크기를 갖는 액적을 가질 수도 있다. 따라서, 용액 농도의 선택은 적합한 용액 농도의 선택의 인자의 균형을 포함할 수 있다. 광 반응성 증착을 위한 에어로졸 반응물의 사용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광학 재료 및 광학 구조체(Optical Materials And Optical Structures)"인 혼 등의 미국 특허 제 6,849,334호에 더 설명되어 있다.
- <108> 일반적으로, 금속/준금속 원소는 특히 복수의 금속/준금속 원소를 포함하는 실시예에서 모두 증기로서, 모두 에어로졸로서, 또는 이들의 조합으로서 전달될 수 있다. 복수의 금속/준금속 원소가 에어로졸로서 전달되면, 전구체는 단일 에어로졸로서 반응물 유동 내로의 전달을 위해 단일 용제/분산물 내에서 용해되고/분산될 수 있다. 대안적으로, 복수의 금속/준금속 원소는 에어로졸 내로 개별적으로 형성되는 복수의 용액/분산물 내에서 전달될 수 있다. 복수의 에어로졸의 생성은 적합한 전구체가 공통의 용제/분산물 내에서 즉시 용해될 수 있고/분산될 수 있지 않은 경우에 도움이 될 수 있다. 복수의 에어로졸은 공통 노즐을 통한 반응 챔버 내로의 전달을 위해 공통 가스 유동 내로 도입될 수 있다. 대안적으로, 복수의 반응물 입구가 반응 챔버 내로의 에어로졸 및/또는 증기 반응물의 개별의 전달을 위해 사용되어 반응물은 반응 구역 내로 진입하기 전에 반응 챔버 내에서 혼합될 수 있다.
- <109> 생성물 조성물은 몇몇 실시예에서 하나 이상의 비(금속/준금속) 원소를 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 목표가 산화물을 형성하는 것이면 산소원이 또한 반응물 스트림 내에 존재할 수 있다. 산소원은 하나 이상의 산소 원자를 포함하거나 2차 반응물이 산소를 공급할 수 있는 경우 자체로 금속/준금속 전구체일 수 있다. 반응기 내의 조성물은 산화물 재료를 생성하도록 충분히 산화하여야 한다. 유사하게, 반응물 스트림은 질화물의 형성을 위한 질소원을 포함할 수 있다.
- <110> 일반적으로, 2차 반응물은 몇몇 실시예에서 반응 챔버 내의 산화/환원 조건을 변경하고 그리고/또는 반응 생성물로 비금속/준금속 원소 또는 이들의 일부를 제공하는데 사용될 수 있다. 산화물의 형성을 위한 산소원으로서 기능하는 적합한 2차 반응물은 예를 들면, O₂, CO, N₂O, H₂O, CO₂, O₃ 등과 이들의 혼합물을 포함한다. 분자 산소가 공기를 공급할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 금속/준금속 전구체 조성물은 산소를 포함하여, 생성물 입자 내의 산소의 전부 또는 일부가 금속/준금속 전구체에 의해 제공될 수 있다. 적합한 질소원은 예를 들면 NH₃를 포함한다. 적합한 탄소원은 예를 들면 C₂H₄ 또는 다른 탄화수소의 범위를 포함한다. 유사하게, 에어로졸 전달을 위한 용제/분산물로서 사용된 액체는 유사하게 반응에 2차 반응물을 제공할 수 있다. 달리 말하면, 하나 이상의 금속/준금속 전구체가 원하는 2차 원소를 포함하고 그리고/또는 용제/분산물이 산소를 포함하면, 개별의 2차 반응물이 생성물 조성물을 위한 2차 원소를 공급하도록 요구되지 않을 수 있다.
- <111> 생성물 유동 내에 원소를 형성하기 위해, 반응 구역 내의 조성물은 적절하게 환원되도록 조절될 수 있다. 이는 금속/준금속 전구체의 특성의 견지에서 2차 반응물의 균형을 통해 성취될 수 있다. H₂, C₂H₄ 등과 같은 적합한 환원제가 반응물 유동 내에 포함될 수 있다. 부가적으로, 실리콘, 게르마늄 및 다른 원소의 원소 형태가 실란(SiH₄) 및 게르마늄(GeH₄) 등의 분해와 같은 분해 반응을 통해 형성될 수 있다.
- <112> 광 반응성 증착은 레이저 또는 아크 램프와 같은 다른 강렬한 방사선원을 사용하여 다양한 광학 주파수에서 방

사선에 의해 수행될 수 있다. 적합한 광원은 전자기 스펙트럼의 적외선 부분에서 작동하지만, 스펙트럼의 가시광, 자외선 또는 적외선 영역과 같은 다른 파장이 사용될 수 있다. 엑시머 레이저가 자외선원으로 사용될 수 있다. CO₂ 레이저가 특히 적외선 광의 유용한 소스이다. 반응물 스트림 내에 포함을 위한 적외선 흡수체(들)는 예를 들면 C₂H₄, 이소프로필 알코올, NH₃, SF₆, SiH₄ 및 O₃를 포함한다. 적외선 흡수체(들)와 같은 방사선 흡수체(들)가 방사선빔으로부터 에너지를 흡수하고 에너지를 다른 반응물에 분배하여 열분해를 추진할 수 있다.

<113> 일반적으로, 광빔으로부터 흡수된 에너지는, 열이 일반적으로 제어된 조건 하에서 발열 반응에 의해 생성될 수 있는 비율의 다수배인 큰 비율로 온도를 증가시킨다. 광 반응성 증착에서, 레이저 열 분해 프로세스와 유사하게, 반응 프로세스는 에너지원이 반응을 개시하는 연소 반응기 내에서의 프로세스와는 정성적으로 상이하지만, 반응은 발열 반응에 의해 방출된 에너지에 의해 추진된다.

<114> 따라서, 광 반응성 증착은 전통적인 열분해는 아닌데, 이는 반응이 반응에 의해 방출된 에너지에 의해서가 아니라 방사선빔으로부터 흡수된 에너지에 의해 추진되기 때문이다. 특히, 반응물의 동시 반응은 일반적으로 진행된다고 해도 상당히 진행되지는 않고, 반응물 스트림과 방사선빔의 교차점으로부터 노즐을 향해 반응물 유동을 후퇴시킨다. 필요하다면, 유동은 반응 구역이 제한 유지되도록 수정될 수 있다. 연소 반응기에서, 일반적으로 경계를 갖는 양호하게 규정된 반응 구역이 없다. 반응 구역은 크고 반응물의 체류 시간은 길다. 더 낮은 열 구배가 일반적으로 연소 반응기 내에 존재한다.

<115> 대조적으로, 레이저/광 추진 반응은 극단적으로 높은 가열 속도를 갖는다. 생성물 조성물은 일반적으로 반응 구역 내의 방사선 출력과 유동 내의 방사선 흡수체의 양에 의존한다. 반응물 유동의 조성물과 반응 구역 내의 광 강도를 제어함으로써, 반응 생성물이 제한 가능하게 제어될 수 있다. 반응 구역 내의 유효 온도는 넓은 범위, 예를 들면 약 200℃ 내지 약 3000℃의 범위(들)에 걸쳐 제어될 수 있다. 광 반응성 증착에서, 반응 구역은 주로 광빔과 반응물 스트림의 중첩부에 있지만, 반응 구역은 예를 들면 반응의 정밀한 특징에 따라 광빔을 넘어 수 밀리미터 정도 확장될 수도 있다.

<116> 불활성 차폐 가스가 반응물 챔버 부품에 접촉하는 반응물 및 생성물 분자의 양을 감소시키는데 사용될 수 있다. 불활성 가스는 또한 캐리어 가스로서 및/또는 반응 중재자로서 반응물 스트림 내로 도입될 수 있다. 적절한 불활성 가스는 일반적으로 예를 들면, Ar, He 및 N₂를 포함한다.

<117> 본 명세서에 설명되어 있는 반응물 전달 구조에 기초하는 생성물 생산 속도 반응 생성물의 시간 당 약 5 g 내지 원하는 반응 생성물의 시간 당 10 kg의 범위(들)의 생성물 생산 속도를 제공할 수 있다. 구체적으로, 본 명세서에 설명되어 있는 장치를 사용하여, 코팅은 최대 적어도 약 10 g/h의 범위(들), 다른 실시예에서는 적어도 약 100 g/h의 범위(들), 부가의 실시예에서는 적어도 약 250 g/h의 범위(들), 부가의 실시예에서는 적어도 시간당 적어도 약 1 kg(kg/h)의 범위(들), 일반적으로 최대 적어도 약 10 kg/h의 범위(들)의 생성물 생산 속도로 성취될 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 생산 속도 사이의 중간에 있는 생산 속도가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 예시적인 생성물 생산 속도(시간당 생산된 그램의 단위)는 약 5, 10, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000 또는 10000 이상의 범위를 포함한다.

<118> 일반적으로, 이들 높은 생산 속도는 그 일부가 조밀한 코팅 내에 혼입되어 있는 생성물 조성물 내로 혼입되는 유동 내에서 금속/준금속 핵의 부분에 의해 평가될 때, 높은 코팅 균일성 및 비교적 높은 반응 수율을 얻으면서 성취될 수 있다. 일반적으로, 반응 생성물 수율은 제한 반응물에 기초하여 적어도 약 30%의 범위(들), 일반적으로 반응물 유동 내의 금속/준금속 핵인 제한 반응물에 기초하여 다른 실시예에서는 적어도 약 50%의 범위(들), 부가의 실시예에서는 적어도 약 65%의 범위(들), 다른 실시예에서는 적어도 약 80%의 범위(들), 부가의 실시예에서는 적어도 약 95%의 범위(들)에 있을 수 있다. 당업자는 이들 특정 값 내의 생성물 생산 속도 및 수율의 부가의 값이 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다.

<119> 재료 증착

<120> 광 반응성 증착에서, 매우 균일한 생성물 조성물의 유동이 코팅될 기판을 향해 지향된다. 최종 코팅은 기판을 가로지르는 코팅으로서 형성되거나 선택된 구조체에 따라 패터닝될 수 있다. 게다가, 코팅은 열처리 또는 에칭과 같은 후속의 처리를 통해 개질될 수 있다. 코팅 파라미터는 원하는 코팅 특성을 얻도록 변경될 수 있다.

<121> 광 반응성 증착 프로세스를 사용하여 분말 코팅을 형성하는 것이 바람직할 수 있다. 광 반응성 분말 코팅 증착 등에서, 입자는 비교적 낮은 밀도를 갖는 매우 다공성 구조체인 수트 또는 스노우로서 증착된다. 입자는 유동 내의 핵형성 및 켄칭 프로세스로부터 발생한다. 분말 코팅은 조성의 변화 또는 바람직한 형태의 재료의 응고

에 대해 분말 코팅의 부가의 처리와 관련하여 바람직할 수 있다. 더욱이, 분말 코팅의 형성은 해제층 등의 형성에 유용할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 분말 코팅의 형성은 반응 챔버 내의 원하는 처리 조건을 사용하는 결과일 수도 있다.

- <122> 게다가, 광 반응성 조밀 증착은 반응성 유동으로부터 직접 더 조밀한 코팅을 직접 형성하는 능력을 놀랍게도 제공한다. 더욱이, 광 반응성 증착은 밀도가 비교적 넓은 범위의 밀도에 걸쳐 제어될 수 있는 점에서 다른 접근법에 비해 장점을 갖는다. 일반적으로, 광 반응성 증착은 균일성 및 특성에 대한 코팅의 품질을 희생하지 않고 특정 밀도에서 매우 높은 속도로 코팅에 생성물을 전달할 수 있다.
- <123> 광 반응성 증착은 결정질 재료의 더 조밀한 코팅의 증착에 대해 부가의 장점을 제공할 수 있다. 입자의 증착에 의해, 짧은 범위 질서화의 조성물이 코팅 내에서 상호 작용하기 전에 입자 내에 고정된다. 표면 상의 입자 사이의 상호 작용은 일반적으로 입자를 이들의 이웃에 대해 질서화시키기에 충분히 활력적이지 않다. 전체 구조체는 결정질 입자에 의해서도 입자의 긴 범위의 질서화를 소유하지 않으므로, 다결정질 재료가 발생한다. 유동 내의 반응 파라미터는 입자가 비정질인지 결정질인지 여부를 판정한다. 광 반응성 증착에 의해 형성된 분말 코팅을 치밀화하기 위한 응고 프로세스는 재료의 긴 범위 질서화를 변경하는데 효율적이거나 효율적이지 않을 수도 있다.
- <124> 광 반응성 증착에서, 최종 코팅은 비정질(단지 짧은 범위 질서화), 다결정질(도메인 내에서) 또는 결정질일 수 있다. 조밀한 코팅을 형성하기 위한 코팅 프로세스에 대해, 조밀한 코팅, 증착 속도, 생성물 스트림 속도, 불활성 가스 농도, 기관의 온도, 유동의 온도, 광 반응 구역에 대한 기관의 상대 배향 및 다른 반응 파라미터가 실험적으로 조절되어 최종 코팅의 결정도 특성을 선택할 수 있다. 더욱이, 기관 구조는 코팅 구조에 영향을 줄 수 있다. 일반적으로, 입자의 밀도 코팅의 증착을 위한 광 반응성 증착에 의해, 증착후 처리는 그 결정도 및 다른 특성에 대해 코팅의 형태를 변경할 수 있다.
- <125> 광 반응성 증착 프로세스에서, 더 조밀한 코팅을 형성하기 위해, 기관은 광 반응 구역에 더 근접하여 배치될 수 있고, 광 강도가 증가될 수 있고, 그리고/또는 유동 속도가 증가될 수 있다. 실란으로부터의 실리콘의 생성을 위해, 반응물 유동 내의 실란의 양을 증가시키는 것은 화염 온도를 증가시키고, 이는 더 조밀한 코팅을 유도할 수 있다. 또한, 기관은 증착된 재료의 유동 온도보다 낮게 유지하면서 상당한 온도로 가열될 수 있다. 다른 코팅 파라미터가 또한 코팅 프로세스의 특성에 영향을 줄 수 있다. 입자의 특정 반응기 장치에 대해 코팅 파라미터에 대한 이들 예측적인 경향과 함께, 반응 파라미터는 본 명세서의 교시에 기초하여 조절되어 조밀 코팅 증착을 수행할 수 있다.
- <126> 일반적으로, 광 반응성 증착은 반응 생성물이 이후에 기관 상에 증착되는 반응 구역에서 방사선빔과 교차하는 유동 반응물 스트림을 포함한다. 광 반응성 증착에서, 기관의 코팅은 반응 챔버 내에서 수행될 수 있다. 기관은 반응 구역으로부터 유동을 가로막아, 그 표면 상에 생성물 조성물을 직접 포획한다.
- <127> 양호하게 규정된 레이저 반응 구역은 균일한 코팅 특성을 초래하는 균일한 생성물 유동을 초래할 수 있다. 균일한 생성물 조성물 조성은 균일한 증착 및 재현 가능한 증착을 초래한다. 증기 반응물에 대해, 반응물 전달을 위한 속성 증발기의 사용은 화학 전달의 균일성을 향상시킬 수 있고, 이는 생성물 유동 및 대응 코팅의 균일성을 더 향상시킨다. 더욱이, 층을 형성하기 위해 2차원으로서의 기관의 주사를 요구하는 다른 방법과는 대조적으로, 세장형 반응물 입구는 생성물 스트림을 통하는 하나 또는 수 패스를 갖는 균일한 코팅층의 증착을 제공하여 다수의 스트라이프가 함께 속박되어야 할 필요가 없다.
- <128> 코팅 프로세스를 위해 이 반응물 전달 장치 디자인을 채택할 때, 세장형 반응물 입구의 크기는 코팅될 기관의 크기에 기초하여 선택될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 반응물 입구는 직경 또는 폭과 같은 기관을 가로지르는 다른 치수와 동일한 크기이거나 다소 클 수 있어, 전체 기관은 생성물 스트림을 통한 일 패스에서 코팅될 수 있다. 일반적으로, 세장형 반응물 입구를 갖는 유동 반응물을 구비한 반응기 장치는 챔버 벽의 오염을 감소시키고, 생산 용량을 증가시키고, 자원의 효율적인 사용을 수행하도록 설계될 수 있다. 더욱이, 차폐 가스의 적절한 유동이 반응물 및 생성물을 반응 챔버를 통한 유동 스트림 내에 구속시킬 수 있다. 반응물의 높은 처리량은 방사선(예를 들면, 광) 에너지의 효율적인 사용을 수행한다. 가스/증기 반응물 및/또는 에어로졸 반응물의 전달은 반응기를 통한 유동의 시트를 형성하도록 세장형 입구를 통한 전달을 위해 채택될 수 있다.
- <129> 광 반응성 증착에 의해, 생성물 조성물의 생산 및/또는 증착 속도는 다수의 인자(예를 들면, 이용되고 있는 개시 재료, 원하는 반응 생성물, 반응 조건, 증착 효율 등 및 이들의 조합)에 따라 상당히 변경될 수 있다. 생성된 모든 생성물 조성물이 기관 상에 증착되는 것은 아니다. 증착 효율에 영향을 주는 다른 인자는 예를 들면

생성물 조성물, 유동의 온도, 기관 온도 및 유동에 대한 기관의 위치 및 배향을 포함한다.

- <130> 적당한 반응성 기관 움직임의 속도에서, 약 15 이상 내지 약 20%의 범위(들)의 코팅 효율이 성취될 수 있는데, 즉 생산된 생성물 조성물의 약 15 내지 20%가 기관 표면 상에 증착된다. 루틴 최적화는 이 증착 효율을 더 증가시킬 수 있다. 생성물 스트림을 통한 기관의 더 느린 상대 움직임에서, 적어도 약 40%의 범위(들), 부가의 실시예에서는 80% 이상의 범위(들)의 증착 효율이 성취될 수 있다. 일반적으로, 성취 가능한 생성물 생산 속도 및 증착 효율에 의해, 증착 속도는 적어도 약 5 g/hr의 범위(들), 다른 실시예에서는 적어도 약 25 g/hr의 범위(들), 부가의 실시예에서는 적어도 약 100 g/hr 내지 약 5 kg/hr의 범위(들), 또 다른 실시예에서는 약 250 g/hr 내지 약 2.5 kg/hr의 범위(들)로 얻어질 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 속도 사이의 코팅 효율 및 증착 속도가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 예시적인 생성물 증착 속도(시간당 증착된 g의 단위)는 약 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500 또는 5000 이상의 범위(들)를 포함한다.
- <131> 대안적으로 또는 부가적으로, 서로에 대한 기관 및 생성물 유동의 이동 속도는 코팅된 기관에 대한 요구되는 사양에 따라 상당히 다양할 수 있다. 특히, 반응 챔버 내의 생성물 스트림을 통해 기관을 이동시키는 액추에이터 아암에 기초하는 장치 디자인에 대해, 본 명세서에 설명되어 있는 바와 같이, 기관을 이동시키기 위한 속도는 적어도 초당 약 0.001 센티미터(cm), 다른 실시예에서는 적어도 약 0.05 cm/s, 부가의 실시예에서는 약 1 cm/s 내지 약 20 cm/s 또는 그 이상의 범위(들)로 다양할 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 범위 내의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 포함된다는 것을 인식할 것이다. 또한, 다른 실시예에서, 속도는 코팅되고 있는 기관에 대한 척도로 측정될 수 있고, 분당 약 0.05 기관 내지 초당 약 1 기관의 범위(들)로 다양할 수 있다.
- <132> 높은 속도 및 코팅 균일성에 기인하여, 광 반응성 증착은 대형 기관의 코팅에 양호하게 적합된다. 몇몇 실시예에서, 프로세스는 단일 기관과 관련하여 전체 광전지판을 위한 재료를 형성하는데 사용될 수 있다. 코팅된 기관의 폭은 적어도 약 30 센티미터(cm), 다른 실시예에서는 적어도 약 50 cm, 부가의 실시예에서는 적어도 약 100 cm, 다른 실시예에서는 약 200 cm 내지 2000 cm일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 면적은 적어도 약 900 평방 센티미터(cm^2), 다른 실시예에서는 적어도 약 1,500 cm^2 , 부가의 실시예에서는 적어도 약 2,000 cm^2 , 다른 실시예에서는 약 2,500 내지 약 50,000 cm^2 일 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 폭 및 면적의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.
- <133> 광 반응성 증착에 의해 형성된 코팅은 매우 넓은 범위 내의 밀도를 가질 수 있다. 분말 코팅은 약 55% 미만의 밀도를 갖고 형성될 수 있다. 본 명세서에 사용될 때, 조밀한 코팅은 완전히 치밀화된 벌크 형태의 코팅 재료의 전체 밀도의 적어도 약 65%, 다른 실시예에서는 적어도 약 75%, 부가의 실시예에서는 적어도 약 85%, 다른 실시예에서는 적어도 약 95%인 밀도를 갖는 코팅을 칭한다. 또한, 몇몇 실시예에서, 광 반응성 조밀 증착에 의해 직접 도포된 조밀한 코팅은 증착된 상태로서 대략 최대, 즉 100% 밀도를 갖는다. 조밀한 코팅은 다공성일 수 있거나 다공성이 아닐 수도 있다. 일반적으로, 다공성 특징의 존재는 코팅의 밀도와 상호 관련된다. 코팅 다공성은 임의의 가스가 재료 내에 흡수되는지를 판정하는 것에 의해 가스로 평가될 수 있다. 미립자에 대한 BET 표면적 측정 프로세스는 이 목적으로 채택될 수 있다. 대안적으로, 고체 표면의 다공성의 측정을 위한 다른 접근법은 예를 들면 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "미니포로퍼미미터(Miniporopermeameter)"인 헬러(Heller) 등의 미국 특허 제5,373,727호에 설명되어 있다.
- <134> 생성물 유동의 시트를 사용하는 적절한 실시예에서, 상대 기관 움직임의 선택된 속도는 일반적으로 선택된 증착 속도 및 원하는 코팅 균일성을 얻으면서 원하는 속도로의 기관의 이동에 의해 제한되는 바와 같은 원하는 코팅 두께의 함수이다. 기관이 생성물 스트림을 통해 스윕되는 실시예에서, 기관은 고정된 노즐에 대해 이동될 수 있고, 그리고/또는 노즐은 고정된 기관에 대해 이동될 수 있다. 반응성 증착에 의한 이들 코팅 속도는 동일한 코팅 균일성 및 두께에서의 경쟁 방법에 의해 성취될 수 있는 속도보다 상당히 빠르다. 참조를 위한 특정 예로서, 약 10 kg/hr의 생성물 생산 속도에서, 8-인치 원형 웨이퍼는 벌크 밀도의 약 60%의 분말 밀도를 가정하여, 단지 약 7.5%의 증착 효율에서도 대략 1초에 약 5 마이크론의 조밀한 코팅의 두께로 코팅될 수 있다. 당업자는 코팅 속도, 증착 속도, 요구 두께 및 기관 상의 코팅의 밀도의 군으로부터의 다른 변수의 하나 이상에 기초하여 이하의 변수의 임의의 하나를 간단한 기하학적 원리로 계산할 수 있다.
- <135> 더욱이, 급속한 생산 속도는 코팅 사이에 부가의 처리를 갖거나 갖지 않는 복수의 코팅을 형성하는데 유리하게 사용될 수 있다. 각각의 코팅은 전체 층 또는 층의 일부를 커버할 수 있다. 조성은 층 내에 또는 층 사이에서 변화될 수 있다. 층 사이에서 조성이 상당히 변화할 때, 코팅을 초기화하기 전에 생성물 스트림을 안정화하기

위해 수초 동안 대기하는 것이 바람직할 수 있다.

- <136> 생성물 유동의 시트를 생성하기 위한 대표적인 세장형 반응 챔버(100)의 디자인이 도 1에 개략적으로 도시되어 있다. 이 챔버는 다른 반응기 부품에 대해 간단화를 위해 임의의 코팅 부품을 표시하지 않고 도시되어 있고, 관련된 코팅 실시예에 대해 이하에 더 설명되는 바와 같이 코팅을 위해 채택될 수 있다. 반응물 입구(102)는 메인 챔버(104)로 이어진다. 반응물 입구(102)는 일반적으로 메인 챔버(104)의 형상에 순응한다. 메인 챔버(104)는 미증착된 생성물 재료, 임의의 미반응된 가스 및 불활성 가스의 제거를 위해 반응물/생성물 스트림을 따라 출구(106)를 포함한다. 차폐 가스 입구(108)는 반응물 입구(102)의 양 측면에 위치된다. 차폐 가스 입구는 챔버 벽과 반응물 또는 생성물 사이의 접촉을 억제하기 위해 반응물 스트림의 측면 상에 불활성 가스의 블랭킷(blanket)을 형성하는데 사용된다.
- <137> 세장형 반응 챔버(104)와 반응물 입구(102)의 치수는 매우 효율적인 생성물 조성물 생산을 위해 설계될 수 있다. 수 킬로와트 범위의 출력을 갖는 CO₂ 레이저와 함께 사용될 때 반응물 입구(102)를 위한 적당한 길이는 대략 약 5 mm 내지 약 1 m이다. 반응 구역은 광빔 경로와 반응물 유동의 교차점 부근에서 반응 챔버 내에 위치된다.
- <138> 관형 섹션(110, 112)이 메인 챔버(104)로부터 연장된다. 관형 섹션(110, 112)은 각각 윈도우(114, 116)를 유지하여 반응 챔버(100)를 통한 광빔 경로(118)를 형성한다. 관형 섹션(110, 112)은 관형 섹션(110, 112) 내로의 불활성 가스의 도입을 위한 불활성 가스 입구(120, 122)를 포함할 수 있다.
- <139> 반응물 입구(102)는 일반적으로 반응물 전달 시스템에 연결된다. 도 2를 참조하면, 반응물 전달 장치의 실시예(130)는 액체, 고체 또는 기체일 수 있는 전구체 화합물원(132)을 포함한다. 액체 또는 고체 반응물에 대해, 하나 이상의 캐리어 가스원(134)으로부터의 선택적인 캐리어 가스가 전구체원(132) 내로 도입되어 반응물의 전달을 용이하게 할 수 있다. 전구체원(132)은 액체 유지 용기, 고체 전구체 전달 장치 또는 다른 적합한 용기일 수 있다. 캐리어 가스원(134)으로부터의 캐리어 가스는 예를 들면 적외선 흡수체, 불활성 가스 또는 이들의 혼합물일 수 있다. 대안적인 실시예에서, 전구체원(132)은 캐리어 가스를 사용할 필요 없이 전구체의 선택된 증기 압력을 전달할 수 있는 속성 증발기이다. 속성 증발기는 반응 챔버 내로의 전구체 증기의 선택된 부분 압력을 전달할 수 있고, 반응 챔버로 이어지는 다른 부품은 적절하다면 가열되어 반응 챔버 내로의 진입에 앞서 증기의 응축을 감소시키거나 배제할 수 있다. 따라서, 복수의 속성 증발기가 반응 챔버 내로 복수의 증기 반응물을 정밀하게 전달하는데 사용될 수 있다.
- <140> 전구체원(132)으로부터의 가스/증기는 배관(142)의 단일 부분에서 가스/증기를 조합함으로써 적외선 흡수체원(136), 불활성 가스원(138) 및/또는 가스 반응물원(140)으로부터 가스와 혼합될 수 있다. 가스/증기는 반응 챔버로부터 충분한 거리로 조합되어, 가스/증기가 반응 챔버 내로의 진입에 앞서 양호하게 혼합되게 된다. 튜브(142) 내의 조합된 가스/증기는 도 1에서의 도면 부호 102와 같은 반응물 입구와 유체 연통하는 채널(146) 내로 도관(144)을 통과한다.
- <141> 부가의 반응물 전구체가 제2 반응물원(148)으로부터 증기/가스로서 공급될 수 있고, 이 제2 반응물원(148)은 액체 반응물 전달 장치, 고체 반응물 전달 장치, 속성 증발기, 가스 실린더 또는 다른 적합한 용기 또는 용기들일 수 있다. 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, 제2 반응물원(148)은 튜브(142)를 경유하여 도관(144)에 부가의 반응물을 전달한다. 대안적으로, 제2 반응물원은 제2 도관 내로 제2 반응물을 전달하여 반응물이 반응 구역에서 또는 반응 구역에 인접하여 조합되는 반응 챔버 내로 2개의 반응물이 개별적으로 전달된다. 따라서, 복잡한 재료 및/또는 도핑된 재료의 형성을 위해, 상당한 수의 반응물원 및 선택적으로 개별 반응물 도관이 반응물/전구체 전달을 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 25개의 반응물원 및/또는 도관이 고려되지만, 원리적으로는 더 많은 수가 사용될 수 있다. 질량 유동 제어기(150)가 도 2의 반응물 전달 시스템 내의 가스/증기의 유동을 조정하는데 사용될 수 있다. 부가의 반응물/전구체가 복합 재료의 합성을 위해 유사하게 제공될 수 있다.
- <142> 전술된 바와 같이, 반응물 스트림은 하나 이상의 에어로졸을 포함할 수 있다. 에어로졸은 반응 챔버 내로의 분사에 앞서 반응 챔버 내에 또는 반응 챔버의 외부에 형성될 수 있다. 에어로졸이 반응 챔버 내로 분사에 앞서 생성되면, 에어로졸은 도 1의 반응물 입구(102)와 같은 가스 반응물에 사용되는 것들에 필적하는 반응물 입구를 통해 도입될 수 있다. 복합 재료의 형성을 위해, 부가의 에어로졸 발생기 및/또는 증기/가스원이 조합되어 반응물 스트림 내에 원하는 조성물을 공급할 수 있다.
- <143> 에어로졸 반응물을 전달하도록 구성된 반응물 전달 노즐의 실시예가 도 3 및 도 4에 도시되어 있다. 입구 노즐(160)은 그 하부면(162)에서 반응 챔버와 연결된다. 입구 노즐(160)은 입구 노즐(160)을 반응 챔버에 고정하기

위해 하부면(162) 내로 볼트 조임되는 플레이트(164)를 포함한다. 입구 노즐(160)은 내부 노즐(166) 및 외부 노즐(168)을 포함한다. 내부 노즐(166)은 예를 들면 노즐의 상부에 트윈 오리피스 내부 혼합 분무기(170)를 가질 수 있다. 적합한 가스 분무기는 미국 일리노이주 휘톤 소재의 스프레이 시스템즈(Spraying Systems)로부터 입수 가능하다. 트윈 오리피스 내부 혼합 분무기(170)는 에어로졸 및 가스 조성물의 얇은 시트를 생성하기 위한 팬 형상(fan shape)을 갖는다. 액체가 튜브(172)를 통해 분무기로 공급되고, 반응 챔버 내로의 도입을 위한 가스는 튜브(174)를 통해 분무기로 공급된다. 액체와 가스의 상호 작용은 액적 형성을 지원한다.

<144> 외부 노즐(168)은 챔버 섹션(176), 칼때기 섹션(178) 및 전달 섹션(180)을 포함한다. 챔버 섹션(176)은 내부 노즐(166)의 분무기를 유지한다. 칼때기 섹션(178)은 전달 섹션(180) 내로 에어로졸 및 가스 조성물을 지향시킨다. 전달 섹션(180)은 도 3의 삽입 도면에 도시되어 있는 직사각형 반응물 개구(182)로 이어진다. 반응물 개구(182)는 광 반응성 증착을 위해 반응 챔버 내로의 반응물 입구를 형성한다. 외부 노즐(168)은 외부 노즐 내에 수집되는 임의의 액체를 제거하기 위한 배수구(184)를 포함한다. 외부 노즐(168)은 반응물 개구(182)를 둘러싸는 차폐 가스 개구(188)를 형성하는 외부벽(186)에 의해 커버된다. 불활성 차폐 가스가 튜브(190)를 통해 도입된다. 세장형 반응 챔버 내로의 하나 이상의 에어로졸 발생기를 갖는 에어로졸의 도입을 위한 부가의 실시예는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반응물 전달 장치(Reactant Delivery Apparatus)"인 가드너 등의 미국 특허 제6,193,936호에 설명되어 있다.

<145> 일반적으로, 기관은 반응 구역으로부터 유동하는 생성물 조성물을 수용하도록 장착된다. 반응 구역으로부터 기관까지의 거리는 원하는 코팅 결과를 제공하도록 선택될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기관은 방사선빔 에지로부터 측정된 반응물 유동 벡터에 동축인, 즉 방사선 강도가 최대빔 강도의 $1/e^2$ 의 인자인 지점의 하류측 위치에서 약 15 센티미터(cm) 이하의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 0.5 mm 내지 10 cm의 범위(들), 부가의 실시예에서는 약 2 mm 내지 약 8 cm의 범위(들)에 배치된다. 당업자는 기관 거리의 명시적인 범위 내의 부가의 범위가 고려되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 코팅 프로세스는 일반적으로 양호하게 정의된 생성물 유동이 원하는 기관 위치로 지향될 수 있는 점에서 동적이다.

<146> 반응 챔버 내에서의 기관 코팅을 수행하기 위한 대표적인 장치(250)가 도 5에 개략적으로 도시되어 있다. 반응/코팅 챔버(252)는 반응물 공급 시스템(254), 방사선원(256) 및 배기부(258)에 연결된다. 배기부(258)는 펌프(260)에 연결될 수 있지만, 반응물 스트림 자체로부터의 압력은 시스템을 통한 유동을 유지할 수 있다. 밸브(262)가 펌프(260)로의 유동을 제어하는데 사용될 수 있다. 밸브(262)는 펌핑 속도 및 대응 챔버 압력을 조절하는데 사용될 수 있다. 수집 시스템, 필터, 스크러버(scrubber) 등(264)이 챔버(252)와 펌프(260) 사이에 배치되어 기관 표면 상에 코팅되어 있지 않은 생성물 조성물을 제거할 수 있다.

<147> 기관(266)은 생성물 조성물로 기관을 코팅하기 위해 반응 구역(268)으로부터의 유동과 접촉할 수 있다. 기관(266)은 유동을 통해 기관(266)을 스위프하기 위해 스테이지, 컨베이어 등(270) 상에 장착될 수 있다. 구체적으로, 스테이지(270)는 액추에이터 아암(272) 또는 다른 동력화 장치에 연결되어 스테이지(270)를 이동시켜 생성물 스트림을 통해 기관을 스위프할 수 있다. 다양한 구조가 생성물이 반응 구역을 떠날 때 기관 표면을 가로질러 코팅을 스위프하는데 사용될 수 있다. 도 5에 도시되어 있는 바와 같이, 액추에이터 아암(272)은 스테이지(270)를 병진 이동시켜 생성물 스트림을 통해 기관(266)을 스위프한다. 스테이지(270)는 스테이지(270) 상의 기관의 온도의 제어를 제공하는 열적 제어특징부를 포함할 수 있다. 스테이지, 컨베이어 등을 위한 다른 디자인이 생성물 유동을 통해 기관을 스위프하는데 사용될 수 있다.

<148> 도 5는 반응 챔버를 통한 유동이 저부로부터 상부로 진행하도록 저부로부터 전달되는 반응물을 도시하고 있다. 그러나, 상부를 아래로하여 유동하기 위해 상부로부터 반응물을 유동시키는 것이 바람직할 수 있다. 상부를 아래로하는 구조에서, 중력이 증착 프로세스를 지원할 수 있다.

<149> 다른 실시예가 도 6 및 도 7의 확대도에 도시되어 있다. 기관(280)은 우향 화살표에 의해 지시되어 있는 바와 같이 반응물 노즐(282)에 대해 이동한다. 반응물 노즐(282)은 기관(280)의 직상부에 위치된다. 광학 경로(284)가 경로(284)를 따라 광빔을 지향시키는 적합한 광학 요소에 의해 규정된다. 광학 경로(284)는 노즐(282)과 기관(280) 사이에 위치되어 기관(280)의 표면 직상부에 반응 구역을 형성한다.

<150> 도 6 및 도 7을 참조하면, 코팅(286)은 기관이 반응 구역을 지나 주사됨에 따라 형성된다. 일반적으로, 기관(280)은 컨베이어/스테이지(288) 상에서 운반될 수 있다. 컨베이어/스테이지(288)는 도 5에 도시되어 있는 바와 같이 액추에이터 아암에 연결될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 기관을 병진 이동시키기 위한 롤러 및 모터, 연속 벨트 컨베이어, 또는 공지의 디자인을 포함하는 임의의 다양한 디자인이 기관을 운반하는데 사용될

수 있다.

- <151> 몇몇 실시예에서, 컨베이어(288)의 위치가 조절되어 기관(286)으로부터 반응 구역으로의 거리를 변경할 수 있다. 기관으로부터 반응 구역으로의 거리의 변화는 이에 대응하여 기관을 타격하는 생성물 스트림의 온도를 변경한다. 기관을 타격하는 생성물 유동의 온도는 일반적으로 최종 코팅의 특성을 변경한다. 기관과 반응 구역 사이의 거리는 코팅 밀도와 같은 원하는 코팅 특성을 생성하도록 실험적으로 조절될 수 있다. 게다가, 기관을 지지하는 스테이지/컨베이어는 열 제어 특징부를 포함하여 기관의 온도가 원하는 바에 따라 더 높은 또는 더 낮은 온도로 조절될 수 있다.
- <152> 광 반응성 증착 장치의 다른 실시예가 도 8 내지 도 10에 도시되어 있다. 도 8을 참조하면, 프로세스 챔버(300)는 CO₂ 레이저에 연결된 광 튜브(302)와, 빔 덤프(도시 생략)에 연결된 광 튜브(304)를 포함한다. 입구 튜브(306)가 증기 반응물 및 캐리어 가스를 전달하는 전구체 전달 시스템과 연결된다. 입구 튜브(306)는 프로세스 노즐(308)로 이어진다. 배기 운반 튜브(310)는 프로세스 노즐(308)로부터 유동 방향을 따라 프로세스 챔버(300)에 연결된다. 배기 운반 튜브(310)는 생성물 여과 챔버(312)로 이어진다. 생성물 여과 챔버(312)는 펌프 커넥터(314)에서 펌프에 연결된다.
- <153> 프로세스 챔버(300)의 확대도가 도 9에 도시되어 있다. 기관 캐리어(316)는 프로세스 노즐(308) 상부에 기관을 지지한다. 기관 캐리어(316)는 아암(318)과 연결되고, 이 아암(318)은 기관 캐리어를 병진 이동시켜 광빔이 프로세스 노즐(308)로부터의 전구체 스트림과 교차하는 반응 구역으로부터 나오는 생성물 스트림을 통해 기관을 이동시킨다. 아암(318)은 튜브로 차폐되어 있는 선형 병진기(319)를 포함한다. 광 입구 포트(320)가 프로세스 노즐(308)과 기관 사이로 광빔을 지향하는데 사용된다. 이 실시예에서, 프로세스 노즐로부터의 방해되지 않은 유동이 배기 운반 튜브(310)로 이어지는 배기 노즐(322)로 직접 진행할 수 있다.
- <154> 기관 캐리어(316) 및 프로세스 노즐(308)의 확대도가 도 10에 도시되어 있다. 프로세스 노즐(308)의 단부는 전구체 전달(324)을 위한 개구와, 전구체 및 생성물 유동의 확산을 구속하기 위한 전구체 개구 둘레의 차폐 가스 개구(326)를 갖는다. 기관 캐리어(316)는 브래킷(330)과 프로세스 노즐(308)을 연결하는 지지체(328)를 포함한다. 웨이퍼(332)는 장착부(334) 내에 유지되어 웨이퍼(332)가 트랙(336)을 따라 장착부(334) 내에서 활주하여 웨이퍼(332)를 반응 구역으로부터의 유동 내로 이동시킬 수 있다. 이면측 차폐부(338)는 웨이퍼(332)의 이면상의 생성물 조성물의 비제어된 증착을 방지한다. 트랙(336)은 선형 병진기(319)에 연결된다.
- <155> 임의의 코팅 구조에 대해, 기관과 유동의 교차점은 유동의 궤도를 편향시킨다. 따라서, 반응물 입구로부터 직접적인 라인에 출구를 배치하기보다는, 기관에 기인하는 유동의 방향의 변화를 고려하기 위해 반응 챔버 출구의 위치를 선택하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 반사된 유동을 출구로 지향시키고 그리고/또는 이에 따라 출구의 위치를 변경하도록 챔버 디자인을 변경시키는 것이 바람직할 수 있다.
- <156> 광 반응성 증착 장치의 다른 특정 실시예가 도 11에 도시되어 있다. 장치(350)는 CO₂ 레이저 광원(352), 반응물 전달 시스템(354), 반응 챔버(356), 및 배기 시스템(358)을 포함한다. 도 12를 참조하면, 개략도가 도핑된 실리콘/게르마늄을 형성하기 위한 몇몇 특정 반응물을 갖고 도시되어 있지만, 다른 반응물이 본 명세서의 개시 내용에 기초하여 더 포함되거나 치환될 수 있다.
- <157> 도 12에 도시되어 있는 바와 같이, 반응물 전달 시스템(352)은 혼합 서브시스템(366)에 결합하는 가스 전달 서브시스템(362) 및 증기 전달 서브시스템(364)을 포함한다. 가스 전달 서브시스템(362)은 반응 챔버 내로의 가스의 전달을 위한 가스 실린더 등과 같은 하나 이상의 가스원을 포함할 수 있다. 도 12에 도시되어 있는 바와 같이, 가스 전달 서브시스템(362)은 붕소 전구체원(370), 산소 전구체원(372), 불활성 가스원(374), 및 광 흡수 가스원(376)을 포함한다. 가스는 가스가 혼합될 수 있는 가스 매니폴드(378) 내에서 조합된다. 가스 매니폴드는 안전을 위한 압력 릴리프 밸브(380)를 가질 수 있다. 불활성 가스원(374)은 또한 외부 광원으로부터 챔버(356) 내로 광을 지향시키는데 사용된 윈도우/렌즈(382, 384)에 인접하여 챔버 내에 불활성 가스를 공급하는데 사용될 수 있다.
- <158> 증기 전달 서브시스템(364)은 복수의 속성 증발기(390, 392, 394)를 포함한다. 각각의 속성 증발기는 적합한 양으로 액체 전구체를 공급하도록 액체 저장조에 연결될 수 있다. 적합한 속성 증발기는 예를 들면 엠케이에스 이큅먼트(MKS Equipment)로부터 입수 가능하거나 또는 즉시 입수 가능한 부품으로부터 제조될 수 있다. 도 12에 도시되어 있는 바와 같이, 속성 증발기(390, 392, 394)는 각각 실리콘 전구체, 게르마늄 전구체 및 인 전구체를 공급한다. 속성 증발기는 특정 전구체의 선택된 부분 압력을 전달하도록 프로그래밍될 수 있다. 속성 증발기로부터의 증기는 공통 이송 라인(398)에 증기를 지향시키는 매니폴드(396)에 지향된다. 증기 전구체는 공

통 이송 라인(398) 내에서 혼합한다.

- <159> 가스 전달 서브시스템(362)으로부터의 가스 성분 및 증기 전달 서브시스템(364)으로부터의 증기 성분은 혼합 서브시스템(366) 내에서 조합된다. 혼합 서브시스템(366)은 가스 전달 서브시스템(362) 및 증기 전달 서브시스템(364)으로부터 유동을 조합하는 매니폴드일 수 있다. 혼합 서브시스템(366)에서, 입력은 상이한 압력에서 상이한 증기 및 가스의 조합된 유동의 혼합을 향상시키도록 배향될 수 있다. 혼합 블록은 더 낮은 압력원 내로의 역류를 감소시키도록 경사진 종결부를 갖는다. 도관(400)은 혼합 서브시스템(366)으로부터 반응 챔버(356)로 이어진다.
- <160> 개별 차폐 가스 시스템(406)이 불활성 차폐 가스를 반응 챔버(356) 내의 이동 노즐 조립체로 전달하는데 사용될 수 있지만, 불활성 가스원(374)이 이동 노즐의 외부 섹션에 불활성 가스를 공급하는데 사용될 수 있다. 노즐의 외부 섹션으로부터의 차폐 가스는 광 반응 구역 내로의 반응물 전구체 스트림을 위한 가이드로서 기능한다.
- <161> 열 제어기(408)는 증기 전달 서브시스템, 혼합 시스템(366) 및 도관(400) 전체를 걸쳐 전도 히터 등을 통한 열을 제어하여 전구체 증기의 응축을 감소시키거나 배제하는데 사용될 수 있다. 적합한 열 제어기는 오메가 엔지니어링(Omega Engineering)(미국 코네티컷주 스탬포드)으로부터의 모델 CN132이다. 전체 전구체 유동은 유나이티드 인스트루먼트즈(United Instruments)(미국 뉴욕주 웨스트베리)로부터의 DX5 제어기에 의해 제어되고/모니터링될 수 있다. DX5 인스트루먼트즈는 질량 유동 제어기[미국 매사추세츠주 빌레리카 소재의 마이크로리스 코퍼레이션(Mykrolis Corp.)]과 인터페이스하여 하나 이상의 증기/가스 전구체의 유동을 제어한다. 시스템의 자동화는 브룩스-피알아이 오토메이션(Brooks-PRI Automation)(미국 매사추세츠주 첼름스포트)으로부터의 제어기와 통합될 수 있다.
- <162> 도 13 및 도 14를 참조하면, 반응 챔버(356)는 챔버 구조체(420), 웨이퍼 장착부(422) 및 이동 노즐 시스템(424)을 포함한다. 챔버 구조체(420)는 스탠드(430) 상에 놓인다. 챔버 구조체(420)는 래치(latch)(434)로 폐쇄되어 고정되는 해치(hatch)(432)를 포함한다. 챔버 구조체(420)는 또한 레이저(352)로부터 광을 수용하도록 위치된 윈도우(436)와, 전력 측정기(도시 생략)에 접속될 수 있는 광을 출사하기 위한 윈도우(438)를 포함한다. 윈도우(436)는 원통형 렌즈와 같은 렌즈를 포함할 수 있다. 챔버 구조체(420)는 밀봉된 포트(440, 442)를 통해 이동 노즐 시스템(424)과 인터페이스한다. 챔버 구조체(420)는 4개의 통기구(450, 452, 454, 456)를 통해 배기 시스템(356)과 인터페이스한다. 도 14를 참조하면, 챔버 구조체(420)는 이동 노즐 시스템(424)과 도관(402)에서 반응물 전달 시스템(352)(도 12)을 연결하는 반응물 포트(458)를 더 포함한다. 도 15를 참조하면, 배플(460, 462)은 통기구(450, 452, 454, 456)로 유동을 안내한다. 도 14를 참조하면, 2-위치 서터(478)는 선택적으로 개폐되어 웨이퍼(472)를 노출(개방) 또는 차폐(폐쇄)시킬 수 있다.
- <163> 도 13 내지 도 15를 참조하면, 이동 노즐 시스템(424)은 이동 장착부(500) 및 구동 시스템(502)을 포함한다. 이동 장착부(500)는 장착 브래킷(504, 506), 노즐(508) 및 미러 장착부(510, 512)를 포함한다. 장착 브래킷(504, 506)은 노즐(508) 및 미러 장착부(510, 512)를 연결한다. 노즐(508)은 플랜지(514, 516)에서 장착 브래킷(504, 506)과 연결한다. 노즐(508)은 또한 깔때기 섹션(520) 및 금속 그리드(524)를 갖는 직사각형 섹션(522)을 포함한다. 깔때기 섹션은 오리피스(526)로부터 직사각형 섹션(522)으로 팽창한다. 가요성 튜브(528)는 오리피스(526)를 반응물 포트(458)와 연결하여, 노즐이 이동함에 따라 노즐이 반응물 전달 시스템에 연결 유지된다. 특정 실시예에서, 직사각형 섹션은 도 16의 평면도에 개략적으로 도시되어 있는 바와 같이 0.08 in(2.03 mm)×4.65 in(118.11 mm)의 치수를 갖는 직사각형 단면 섹션을 갖지만, 다른 길이 또는 폭의 비가 사용될 수 있다. 금속 그리드(524)는 직사각형 섹션(522) 내의 더 균일한 유동을 제공하도록 깔때기 섹션(520)으로부터 유동을 분할한다. 반응기를 유동하기 위한 노즐 디자인은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "유동 반응기 내의 반응물 노즐(Reactant Nozzles Within Flowing Reactors)"인 가드너 등의 미국 특허 제6,919,054호에 더 설명되어 있다. 도 14를 참조하면, 미러 장착부(510, 512)는 장착 브래킷(504, 506)으로부터 각각 연장된다. 미러 장착부(510, 512)는 또한 예를 들면 포물선 또는 원통형 포커싱 구리 미러일 수 있는 미러(530, 532)를 각각 포함한다. 미러는 수냉될 수 있다. 미러(530, 532) 사이의 광 경로는 도 14에 화살표로 도시되어 있다. 미러 장착부(510, 512)는 지지 브래킷(534, 536)에서 구동 시스템(502)과 연결된다.
- <164> 도 13을 참조하면, 구동 시스템(502)은 이중 선형 조작기(540) 및 모터(542)를 포함한다. 일 실시예에서, 모터는 조작기 아암의 이동을 제어하도록 조작기 아암에 결합하는 자석을 이동시킨다. 조작기 아암의 이동은 브래킷/노즐 시스템의 이동을 초래한다. 움직임에 걸친 속도 및 가속도는 정밀하게 제어될 수 있다. 적합한 모터는 퍼시픽 사이언티픽(Pacific Scientific)(미국 일리노이주)으로부터의 모델 P22NRXB-LNN-NF-00이다. 도 17을 참조하면, 이중 선형 조작기(540)는 모터 인터페이스 로드(546)를 갖는 모터 인터페이스 브래킷(544)을 포함

한다. 모터 인터페이스 브래킷은 도 17에 도시되어 있는 바와 같이 제1 샤프트(548) 및 제2 샤프트(550)와 연결된다. 제1 샤프트(548)는 정지부(560)와 제1 지지 샤프트(562)를 포함하고, 제2 샤프트(550)는 정지부(564)와 제2 지지 샤프트(566)를 포함한다. 도 13 및 도 17을 참조하면, 정지부(560, 564)는 정지부(560, 564)가 포트(440, 442)에 접촉할 때 이중 선형 조작기(540)의 움직임을 제한한다. 지지 샤프트(562, 566)는 o-링으로 밀봉되어 있는 포트(440, 442) 각각을 통해 활주한다. 더욱이, 불활성 가스는 병진기 아암의 후방으로부터 유동하여 챔버를 정화하고 생성물 조성물에 대해 아암을 더 청결하게 유지할 수 있다. 지지 샤프트(562, 566)는 도 14에 도시되어 있는 바와 같이 지지 브래킷(534, 536)에서 이동 노즐 시스템(424)과 연결한다.

<165> 지지 샤프트가 이동 노즐 시스템(424)을 지지한다. 더욱이, 챔버(420)는 이동 노즐 시스템을 지지하는 것을 보조하도록 지지 트랙을 포함할 수 있다. 예를 들면, 안내 레일은 챔버의 각각의 측 상에 포함될 수 있다. 안내 레일은 병진 이동 중에 균일성을 보장하는 것을 보조한다. 몇몇 실시예에서, 아암은 안내 레일 상에서 구르는 플랜지 부착 물론 베어링(rulon bearing)을 포함한다.

<166> 일 실시예에서, 배기 시스템(358)은 도 13에 개략적으로 도시되어 있는 바와 같이 도관(580)을 포함한다. 도관(580)은 통기구(450, 452, 454, 456)와 각각 접속하는 채널(586, 588, 590, 592)을 포함한다. 배기 시스템(358)은 필터(594), 2개의 인라인 소다소브(Sodasorb)[®] [더블유. 알. 그레이스(W.R. Grace)] 염소 트랩(596, 598) 및 펌프(600)를 더 포함할 수 있다. 도관(580)은 필터(594)와 접속하고, 소다소브[®] 트랩(596, 598)은 필터(594)와 펌프(600) 사이에 배치되어 염소가 펌프를 손상시키는 것을 방지할 수 있다. 제2 염소 트랩(598)으로부터의 라인온 펌프로 직접 진행할 수 있다. 적합한 펌프는 예를 들면 모델 QDP80과 같은 에드워즈(Edwards)사로부터의 건식 회전 펌프이다.

<167> 대형 기관의 취급을 위해, 적절한 기관 취급 접근법이 사용될 수 있다. 기관의 상부 상의 생성물 증착에 의해, 더 넓은 범위의 기관 취급 접근법이 가능하게 되는데, 이는 기관의 저부가 이어서 코팅을 손상하지 않고 접촉될 수 있기 때문이다. 따라서, 컨베이어 시스템은 기관을 유도하고 1회 이상 코팅 프로세스를 통해 주사하고, 기관을 코팅 영역으로부터 제거하는데 사용될 수 있다. 롤러 기반 시스템이 적합할 수 있는데, 이는 롤러가 기관을 가열하는데 사용된 온도를 견딜 수 있도록 선택될 수 있기 때문이다. 롤러의 하나 이상은 기관을 추진하도록 동력화될 수 있다. 롤러 기반 컨베이어 시스템은 기관이 코팅 영역으로부터 이격하여 이동됨에 따라 부가의 컨베이어 부품과 인터페이스할 수 있다. 다른 적합한 컨베이어 시스템은 예를 들면 스테인레스강 표면을 갖는 공기 구동식, 무접촉 컨베이어를 포함한다.

<168> 컨베이어 시스템의 일 실시예가 도 18에 도시되어 있다. 대면적 기관(480)은 롤러(482) 상에서 운반된다. 기관(480)은 적절한 온도 범위의 내성을 갖는 실리콘 카바이드 또는 다른 적합한 재료로 제조될 수 있다. 롤러(482)는 석영 또는 다른 적합한 재료로 형성될 수 있다. 도 7에 도시되어 있는 바와 같이, 실리콘 카바이드 저항성 히터 로드(484)가 위치되어 코팅 프로세스 전에 그리고 코팅 프로세스 중에 기관의 부분을 가열한다. 반응물 입구 노즐(486)이 위치되어 광 반응 구역(488)으로 반응물 유동을 지향시켜 생성물 스트림이 기관(480) 상에 지향된다. 광빔이 위치되어 도면의 지면(紙面)에 수직으로 전파한다. 노즐(486)은 지면에 수직인 방향으로 연장되어 기관(480)의 전체 폭이 일 패스에 코팅된다.

<169> 증착 프로세스 중의 기관의 온도는 특정 목적을 성취하도록 조절될 수 있다. 예를 들면, 기관은 비교적 저온의 기관이 그 표면 상에 생성물 조성물을 응축시킬 수 있기 때문에 증착 프로세스 중에 냉각될 수 있다. 그러나, 몇몇 실시예에서, 기관은 증착 프로세스 중에 가열되어 코팅 재료의 연화를 촉진한다. 적합한 가열 온도는 특정 코팅 재료에 의존할 수 있다.

<170> 코팅 재료의 조성은 개별 조성 차이를 갖는 2개의 조성물 또는 개별 층 사이의 조성의 점진적인 변화를 포함할 수 있는 다양한 조성을 갖는 층을 생성하도록 증분적으로 또는 개별적으로 변경될 수 있다. 최종 전이 재료는 제1 조성으로부터 제2 조성으로 조성의 단계적 변화를 가질 수 있다. 일반적으로, 제1 조성 및 제2 조성은 인접한 층의 조성(또는 동일한 층 내의 인접한 조성)이므로 전이 재료는 2개의 인접한 층 사이의 조성의 점진적인 전이를 제공한다. 전이 재료는 2개의 층을 가질 수 있지만, 전이 재료는 일반적으로 적어도 3개의 층, 다른 실시예에서는 적어도 4개의 층, 부가의 실시예에서는 5개의 층 내지 100개의 층의 범위(들)를 갖는다. 당업자는 이들 특정 범위 내의 부가의 범위(들)가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 층 두께는 원하는 바에 따라 선택될 수 있다. 몇몇 관심 있는 실시예에서, 단계식 전이 재료 내의 각각의 층은 일반적으로 약 100 마이크로 미만, 다른 실시예에서는 약 25 마이크로 미만, 다른 실시예에서는 약 500 nm 내지 약 20 마이크로 미만의 범위(들), 부가의 실시예에서는 약 1 마이크로 내지 약 10 마이크로 미만의 범위(들)의 두께를 갖는다. 당업자는 특정 범위의 층 수 및 층 두께 내의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는

것을 인식할 수 있을 것이다. 단계식 전이 재료 내의 층은 대략 동일한 두께를 갖거나 갖지 않을 수 있다. 유사하게, 조성의 단계식 변화는 전이 재료의 층 사이에 등가의 단차를 취하거나 취하지 않을 수도 있다.

<171> 기관 표면 상의 개별 디바이스 또는 다른 패터닝된 구조체의 생산을 위해, 재료의 조성은 일반적으로 구조체 내의 상이한 위치에서 상이하다. 조성 편차를 도입하기 위해, 증착 프로세스 자체는 특정 구조체를 생성하도록 조작될 수 있다. 대안적으로, 다양한 패터닝 접근법이 선택된 구조체의 형성을 위한 증착 이후에 사용될 수 있다.

<172> 본 명세서에 설명되어 있는 증착 접근법을 사용하여, 기관 상에 증착된 생성물의 조성이 x-y 평면을 따라 코팅 재료의 최종 조성을 변경하기 위해 기관 상의 선택된 위치에서 특정 조성물을 갖는 코팅 재료를 증착하기 위해 증착 프로세스 중에 변경될 수 있다. 예를 들면, 생성물 조성물이 생성물 스트림을 통해 기관을 스위프하는 동안에 변경되면, 스트라이프 또는 그리드가 상이한 스트라이프 또는 그리드 위치에서 상이한 코팅 조성물을 갖고 기관 표면 상에 형성될 수 있다. 광 반응성 증착을 사용하여, 생성물 조성물은 생성물 조성물을 형성하기 위해 반응하는 반응물을 조절함으로써 또는 반응 조건을 변경함으로써 변경될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 반응물 유동은 생성물의 조성을 변경하도록 변화될 수 있는 증기 및/또는 에어로졸 반응물을 포함할 수 있다. 유사하게, 도펀트 농도는 유동 내의 도펀트 원소의 조성 및/또는 양을 변경함으로써 선택될 수 있다. 반응 조건은 또한 최종 생성물 특성에 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 반응 챔버 압력, 유량, 방사선 강도, 방사선 에너지/파장, 반응 스트림 내의 불활성 희석 가스의 농도, 반응물 유동의 온도가 생성물 재료의 조성 및 다른 특성에 영향을 줄 수 있다.

<173> 생성물 조성물 변화는 생성물 스트림을 통해 기관을 스위프하면서 반응물 유동 조성 또는 반응 조건을 변경함으로써 도입될 수 있지만, 특히 더 상당한 조성 변화가 부여될 때 상이한 조성을 포함하는 상이한 증착 단계 사이에서 증착을 중단하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 제1 조성물을 갖는 기관의 일 부분과 다른 조성물을 갖는 나머지 부분을 코팅하기 위해, 기관은 증착이 종료되는 지정된 지점으로 제1 조성물을 증착하도록 생성물 스트림을 통해 스위프될 수 있다. 기관은 이어서 임의의 코팅을 수행하지 않고 나머지 거리를 병진 이동한다. 생성물의 조성은 이어서 반응물 유동 또는 반응 조건을 변경함으로써 변화되고, 기관은 생성물 유동이 안정화하기 위한 짧은 시간 기간 후에 제1 조성물에 상보형 패턴의 제2 조성물을 코팅하기 위해 반대 방향으로 스위프된다.

<174> 증착 프로세스는 기관 상에 2개 초과와 조성물 및/또는 더 정교한 패턴의 증착을 위해 일반화될 수 있다. 더 정교한 프로세스에서, 생성물 유동이 안정화되는 동안 그리고/또는 기관이 위치 설정되는 동안에 서터가 증착을 차단하는데 사용될 수 있다. 정밀한 제어된 스테이지/컨베이어가 특정 조성물의 증착을 위해 기관을 정밀하게 위치 설정하고 스위프할 수 있다. 서터는 증착을 제어하기 위해 신속하게 개폐될 수 있다. 간극이 패턴 내의 조성물의 상이한 위치를 이격하는데 사용될 수 있거나 사용되지 않을 수도 있다. 존재하면, 작은 간극이 후속의 가열 단계 중에 충전될 수 있어 2개의 재료 사이에 비교적 뚜렷한 경계를 갖는 평활한 표면을 형성할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 공극이 코팅 내에 잔류되어 골(trough) 또는 공극이 일체적으로 원한다면 층 구조체의 부분일 수 있다. 선택된 공극을 갖는 조밀한 고품질의 코팅을 직접 형성하는 능력은 광 반응성 조밀한 증착의 고유의 특징일 수 있다.

<175> 몇몇 실시예에서, 개별 마스크는 생성물 조성물의 증착을 제어하는데 사용될 수 있다. 화학적 증기 증착 및 물리적 증기 증착에 의해, 재료의 층은 마스크 하부에 증착되고 있는 재료의 차단된 영역으로의 이동을 방지하도록 원자 또는 분자 레벨에서 기초 기관으로의 마스크의 친밀한 구속을 포함할 수 있는 원자 또는 분자 레벨로부터 형성된다. 따라서, 코팅된 마스크는 마스크에 대응하는 독립적인 자립식 구조체가 없는 표면 상의 코팅이고, 코팅된 마스크는 코팅된 마스크를 따라 원자 레벨 접점을 갖고 표면에 화학적으로 또는 물리적으로 구속된다. 대조적으로, 본 명세서에 설명되어 있는 생성물 증착에 의해, 생성물은 높은 속도로 기관 표면으로 직접 유동되어 다른 편평한 표면에 접하여 배치된 편평한 표면을 갖는 마스크가 증착 프로세스의 시간 프레임에 걸쳐 마스크를 지나는 상당한 생성물 이동을 방지하기 위한 충분한 접촉을 제공한다. 코팅된 마스크는 광 반응성 증착에 효율적으로 사용될 수 있고, 물리적인 마스크는 광 반응성 증착을 사용하여 표면을 패터닝하기 위한 코팅된 마스크에 대한 효율적인 대안을 제공한다. 물리적인 마스크는 표면에 구속되지 않은 그대로의 자립식 구조체를 가질 수 있어 마스크가 코팅되는 표면으로부터 그대로 제거될 수 있다. 따라서, 본 명세서의 개별 마스크 접근법은 증기 증착 접근법을 위한 포토리소그래피로부터 채택된 이전의 마스크 접근법과는 상이하다.

<176> 이들 실시예에서, 코팅의 형성은 개별 마스크로 차폐된 기관에 생성물 스트림을 지향시키는 것을 포함한다. 개별 마스크는 선택된 위치에 개구를 갖는 표면, 일반적으로 평면형 표면을 갖는다. 개별 마스크는 개구에서를

제외하고는 표면을 차단하여 유동으로부터의 생성물 조성물이 개구를 통해 표면 상에 증착될 수 있다. 따라서, 마스크는 개구의 선택된 배치에 의해 표면 상에 조성물의 패턴을 제공한다. 몇몇 실시예에서, 적합한 개별 마스크는 생성물 유동보다 좁은 슬릿을 갖는 마스크를 포함하여 증착 프로세스가 매우 정밀하게 제어될 수 있다. 슬릿의 이동은 하나 이상의 조성물을 갖는 원하는 정밀하게 제어된 패턴을 형성할 수 있다. 개별 마스크의 사용 후에, 이는 제거되어 재사용될 수 있다.

<177> 몇몇 실시예에서, 복수의 마스크가 단일층을 따라 코팅 재료를 증착하는데 사용될 수 있다. 예를 들면, 제1 마스크를 통한 패턴의 증착에 이어서, 제2 상보형 마스크가 제1 마스크에 의한 증착 중에 커버되지 않고 잔류하는 표면의 적어도 일부 상에 재료를 증착하는데 사용될 수 있다. 부가의 상보형 마스크가 층 상에 다양한 화학 조성을 갖는 코팅으로 단일층 또는 그 부분을 완성하면서 복잡한 패턴을 형성하는데 사용될 수 있다. 유사하게, 비상보형 마스크가 이후에 평평하게 되거나 평평하게 되지 않을 수 있는 비평면형 구조체를 형성하는데 사용될 수 있다. 예를 들면, 표면 질감부는 하나 이상의 마스크로 형성된 비평면형 요소로서 형성될 수 있다. 표면 질감 형성된 구조체는 태양 전지와 같은 최종 제품에서의 적절한 사용을 위해 구조체 내에 합체될 수 있다. 선택된 공극은 복수의 물리적 마스크의 사용에 이어서 원하는 바에 따라 잔류될 수 있다.

<178> 따라서, 광 반응성 증착을 사용하여, 일정 범위의 유효 접근법은 선택된 조성물이 재료 내의 선택된 위치에 있는 상태로 3차원 구조체를 형성하도록 층 내의 그리고 상이한 층 내의 코팅 재료의 화학적 조성을 변경하기 위해 이용 가능하다. 달리 말하면, 코팅 재료의 광학, 전자기 및/또는 물리적 특성, 및/또는 화학 조성과 같은 특성은 원하는 조립체를 형성하기 위해 3차원 구조체 내에서 모든 3개의 축, 즉 x, y 및 z축을 따라 변경될 수 있다. 광 반응성 증착 프로세스 중의 재료, 특히 광학 재료의 조성물의 패턴은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광학 구조체의 3차원 가공(Three Dimensional Engineering of Optical Structures)"인 비 등의 계류중인 공동 소유의 미국 특허 출원 제10/027,906호에 더 설명되어 있고, 이들 접근법은 또한 본 명세서의 교시를 사용하여 광 반응성 증착을 위해 더 채택될 수 있다.

<179> 증착 프로세스를 위해 선택된 기판은 증착의 온도를 견딜 뿐만 아니라 평활도 및/또는 표면 질감과 같은 적절한 표면 특성을 갖도록 선택될 수 있다. 몇몇 기판은 최종 디바이스의 영구적인 부분이 되고, 그 기능적 특성을 위해 선택될 수 있다. 예를 들면, 투명 기판은 광전지 또는 디스플레이의 전방면을 형성하는데 사용될 수 있다. 부가의 또는 대안적인 실시예에서, 기판은 해체층을 통해 이후의 단계에서 분리되는 구조체의 일시적인 부분이다. 적합한 투명 기판은 예를 들면 실리카 글래스와 같은 세라믹 글래스를 포함할 수 있다. 다른 적합한 기판은 예를 들면 금속 기판, 세라믹 기판 등을 포함한다. 기판의 표면은 예를 들면 주기적인 파형부, 주기적인 범프, 선택된 정도의 표면 질감 등을 갖는 랜덤 또는 의사랜덤 표면 질감부를 갖고 질감 형성될 수 있다.

<180> 코팅의 조성

<181> 광 반응성 증착의 성능은 광범위한 이용 가능한 조성물로부터 선택된 조성물을 갖는 코팅을 생성하는데 사용될 수 있다. 구체적으로, 조성물은 선택적인 도펀트 조성물을 갖는 결정질 또는 비정질 재료를 형성하는 하나 이상의 금속/준금속 원소를 포함할 수 있다. 게다가, 도펀트(들)는 코팅의 화학적 및/또는 물리적 특성을 변경하는데 사용될 수 있다. 반응물 유동 내로의 도펀트(들)의 혼입은 코팅 재료를 통한 도펀트(들)의 분배를 초래할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 특히 관심 있는 조성물은 선택된 도펀트를 선택적으로 갖는 실리콘/게르마늄계 반도체를 포함한다.

<182> 일반적으로, 코팅 재료는 예를 들면 원소 금속/준금속, 및 금속/준금속 산화물, 금속/준금속 카바이드, 금속/준금속 질화물, 금속/준금속 인화물, 금속/준금속 설파이드, 금속/준금속 텔루라이드, 금속/준금속 셀레나이드, 금속/준금속 비화물, 이들의 혼합물, 이들의 합금 및 이들의 조합과 같은 금속/준금속 조성물을 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 이러한 코팅 조성물은 이하의 조성식을 가짐으로써 특징화될 수 있는데,

<183> $A_aB_bC_cD_dE_eF_fG_gH_hI_iJ_jK_kL_lM_mN_nO_o$

<184> 여기서 각각의 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N 및 O는 독립적으로 존재하거나 존재하지 않고, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N 및 O의 적어도 하나가 존재하고, 1A족 원소, 2A족 원소, 3B족 원소(란탄족 원소 및 악티니드족 원소를 포함), 4B족 원소, 5B족 원소, 6B족 원소, 7B족 원소, 8B족 원소, 1B족 원소, 2B족 원소, 3A족 원소, 4A족 원소, 5A족 원소, 6A족 원소 및 7A족 원소를 포함하는 주기율표의 원소로 이루어진 군으로부터 독립적으로 선택되고, 각각의 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n 및 o는 독립적으로 선택되고 약 1 내지 약 1,000,000의 범위(들)의 값으로부터 화학양론적으로 가능하고, 약 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000의 수 및 이들의 적합한 합이 고려되고 있다. 재료는 결정질, 비정질 또는 이들의 조합

일 수 있다. 달리 말하면, 원소는 희가스 이외의 주기율표로부터의 임의의 원소일 수 있다. 본 명세서에 설명되어 있는 바와 같이, 모든 무기 조성물, 뿐만 아니라 임의의 특정 조성물, 조성물의 그룹, 속(genus), 하위속, 단독 또는 통합을 제외한 모든 무기 화합물 또는 이들의 조합과 같은 개별의 발명적인 그룹화로서 무기 화합물의 부분집합이 고려된다.

<185> 본 명세서에서 관심 있는 몇몇 용례에서, 조성물의 범위에 대한 광 반응성 증착의 최대 능력은 일반적으로 요구되지 않을 수 있다. 그러나, 복수의 디바이스 부품이 광 반응성 증착을 사용하여 형성되면, 일정 범위의 코팅 조성물을 갖는 코팅을 형성하는 것이 바람직할 수 있다. 전술된 바와 같이, 본 명세서의 설명의 중요한 초점은 대면적 실리콘/게르마늄계 반도체 재료의 형성에 관한 것이다. 원소 실리콘은 CO₂ 레이저로부터 적외선광을 흡수하여 원소 실리콘을 분해하는 실란 전구체(SiH₄)를 사용하여 형성될 수 있다. 다른 반응물은 유동에 요구되지 않지만, 다른 반응물 또는 광 흡수체가 포함될 수 있고 불활성 가스가 희석제로서 사용될 수 있다. 원소 게르마늄은 유사하게 실리콘 전구체로 치환된 GeH₄와 같은 게르마늄 전구체로 형성될 수 있고, 합금은 실리콘 전구체를 위한 게르마늄 전구체의 부분적인 치환에 의해 형성될 수 있다.

<186> 몇몇 실시예에서, 실리콘/게르마늄계 반도체 내에 하나 이상의 도펀트를 혼입하여 예를 들어 n-형 반도체 또는 p-형 반도체를 형성하는 것이 바람직하다. n-형 반도체를 형성하기 위한 적합한 도펀트는 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb) 또는 이들의 혼합물과 같은 여분의 전자를 제공한다. 유사하게, p-형 반도체를 형성하기 위한 적합한 도펀트는 붕소(B), 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In) 또는 이들의 조합과 같은 정공, 즉 전자 공공(vacancy)을 제공한다.

<187> Si에 적합한 전구체는 예를 들면 가스/증기 전달을 위한 실란(SiH₄), 모노클로로실란(ClSiH₃), 디클로로실란(Cl₂H₂Si), 트리클로로실란(Cl₃HSi) 및 디실란(Si₂H₆)과 에어로졸 전달을 위한 실리콘 테트라클로라이드(SiCl₄)를 포함한다. 적합한 Ge 전구체는 예를 들면 증기 전달을 위한 게르만(GeH₄) 및 GeCl₄를 포함한다. 적합한 붕소 전구체는 예를 들면 증기 전달을 위한 BC₃, BH₃, B₂H₆ 등과 에어로졸 전달을 위한 (NH₄)₂B₄O₇을 포함한다. 적합한 P 전구체는 예를 들면 증기 전달을 위한 포스파인(PH₃), 인 트리클로라이드(PCl₃), 인 펜타클로라이드(PCl₅), 인 옥시클로라이드(POCl₃)와, 에어로졸 전달을 위한 에어로졸을 위한 인산(H₃PO₄)을 포함한다. 적합한 Al 전구체는 예를 들면 증기 전달을 위한 AlH₃, Al₂H₆, 알루미늄 클로라이드(AlCl₃) 등과, 에어로졸 전달을 위한 알루미늄 하이드록시클로라이드(Al₂(OH)₅Cl · H₂O)를 포함한다. 갈륨의 증기 전달을 위한 적합한 전구체는 예를 들면 GaH₃를 포함하고, 갈륨의 에어로졸 전달을 위한 적합한 전구체는 예를 들면 갈륨 질화물(Ga(NO₃)₃)을 포함한다. 비소 전구체는 예를 들면 증기 전달에 적합한 AsH₃ 및 AsCl₃와, 수용액 또는 알코올 용액 내에서의 에어로졸 전구체 전달에 적합한 As₂O₅를 포함한다. 인듐의 에어로졸 전달에 적합한 전구체는 예를 들면 인듐 설페이트 및 인듐 트리클로라이드를 포함한다.

<188> 도펀트 농도는 원하는 특성을 제공하도록 선택될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 평균 도펀트 농도는 적어도 약 1×10^{13} 원자/입방 센티미터(cm³), 부가의 실시예에서는 적어도 약 1×10^{14} 원자/cm³, 다른 실시예에서는 적어도 약 1×10^{16} 원자/cm³, 부가의 실시예에서는 1×10^{17} 내지 약 5×10^{21} 원자/cm³ 일 수 있다. 원자 백만분율(ppma)에 대해, 도펀트는 적어도 약 0.0001 ppma, 부가의 실시예에서는 적어도 약 0.01 ppma, 부가의 실시예에서는 적어도 약 0.1 ppma, 다른 실시예에서는 약 2 ppma 내지 약 1×10^5 ppma일 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 도펀트 농도의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 것이다. 당업자는 n-형 및 p-형 도펀트의 특정 도펀트 농도 범위를 나타내기 위해 nt, n++, pt 및 p++를 사용하지만, 이 표기는 가능한 모호성 또는 불일치성을 회피하기 위해 본 명세서에서는 사용되지 않는다.

<189> 일반적으로, 도펀트 농도가 재료의 층을 통해 균일하게 분포될 수 있거나 분포되지 않을 수도 있다. 몇몇 실시예에서, 도펀트 농도에 구배가 존재한다. 구배는 단계식일 수 있다. 이러한 구배는 최종 제품에 바람직한 효율을 제공하도록 선택될 수 있다. 구체적으로, 표면 및 계면 부근의 구배는 표면 및 계면에서의 전기 손실을 감소하기 위해 유용할 수 있다.

<190> 적절한 용례를 위한 적합한 유전성 재료는 예를 들면 실리콘/게르마늄/금속 산화물, 실리콘/게르마늄/금속 카바이드, 실리콘/게르마늄/금속 질화물, 이들의 조합, 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 유전체가 실리콘 및/또는

게르마늄을 포함하는 반도체층에 인접하여 있으면, 유전체를 위한 대응 실리콘/게르마늄 조성물을 사용하는 것이 적합할 수 있다. 따라서, 실리콘계 광전지에 대해, 산화실리콘, 질화실리콘, 산질화실리콘 및/또는 탄화실리콘을 실리콘계 반도체에 인접한 유전체로서 구비하는 것이 바람직할 수 있다.

<191> 적합한 전도성 전극은 전체 구조체 내에 층 또는 패턴으로서 증착될 수 있다. 특히, Al, Cu, Ag, Au, Ni 등과 같은 금속이 전도성 재료로서 증착될 수 있다. 알루미늄(Al)은 p-형 반도체에 인접하여 적절하게 증착될 수 있는데, 이는 반도체 층 내로 이동하는 임의의 알루미늄이 더 양호한 접점을 형성하기 위한 p-형 도펀트로서 기여하기 때문이다. 투명/반투명 전극에 적합한 재료는 예를 들면 산화주석 및 산화인듐주석을 포함한다.

<192> 해제층을 위한 적합한 재료는 인접한 재료의 특성에 기초하여 선택될 수 있다. 특히, 몇몇 실시예에서, 해제층은 인접한 재료의 유동 온도보다 높은 용점 또는 유리 전이 온도를 갖는 재료로 형성된다. 일반적으로, 광 반응성 증착에 이용 가능한 광범위한 재료에 기초하여, 당업자는 해제층을 위한 적합한 재료를 선택할 수 있다. 원소 실리콘층의 해제층에 대해, 실리콘의 용융 온도를 견딜 뿐만 아니라 용융된 실리콘을 흡수하여 실리콘이 용융될 때 비드 형성될 가능성이 거의 없도록 하는 층을 선택하는 것이 바람직한데, 이는 용융된 실리콘이 비교적 큰 표면 장력을 갖기 때문이다. 실리콘을 위한 해제층에 적합한 재료는 예를 들면 질화실리콘(Si_3N_4) 또는 실리콘 농후 산화실리콘(SiO_x , $x < 2$)을 포함한다.

<193> 반응성 유동에서의 재료 분석을 위해, 적합한 산소원은 예를 들면 O_2 , N_2O 또는 이들의 조합을 포함하고, 적합한 질소원은 예를 들면 암모니아(NH_3), N_2 및 이들의 조합을 포함한다. 광 반응성 증착에 이용 가능한 조성물의 범위는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반응성 증착에 의한 조밀한 코팅 형성(Dense Coating Formation by Reactive Deposition)"인 치루블루 등의 계류중인 미국 특허 출원 제11/017,214호에 더 설명되어 있다.

<194> 코팅 특성

<195> 광 반응성 증착은 고품질 코팅의 고속 형성을 위한 다용성 접근법이다. 코팅 특성은 증착된 상태 및/또는 증착 후 처리 후에 고려될 수 있다. 다수의 층이 광 반응성 증착을 사용하여 증착되면, 후속의 층의 증착 사이에 부가의 처리가 존재하거나 존재하지 않을 수도 있다. 층의 다공성은 부분적으로는 특정층의 밀도에 의존할 수 있다. 코팅이 비교적 큰 밀도를 갖고 증착되면, 코팅은 일반적으로 기계적 안정성을 갖고, 해제층으로서 의도된 몇몇 층은 비교적 작은 기계적 안정성을 갖도록 의도적으로 증착될 수 있다. 코팅은 특정 코팅을 가로질러 뿐만 아니라 등가의 조건 하에서 수행된 상이한 기관 상의 코팅 사이의 모두에서 평활한 표면 및 고도의 균일성을 갖고 형성될 수 있다. 이들 특성은 유용한 큰 표면적 구조체 뿐만 아니라 대면적 구조체의 다수의 층이 형성을 제공한다. 유용한 코팅은 평활하지만, 제어된 특성을 갖는 표면 질감이 대응적으로 코팅 내에 설계될 수 있다.

<196> 코팅의 상대 밀도는 동일한 조성의 완전히 치밀화된 재료에 대해 평가된다. 더 낮은 밀도를 갖고 증착된 코팅에 대해, 코팅은 약 0.65 이하, 다른 실시예에서는 약 0.10 내지 약 0.6, 다른 실시예에서는 약 0.2 내지 약 0.5의 상대 밀도를 가질 수 있다. 일반적으로, 조밀한 코팅은 적어도 약 0.65의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 0.7 내지 약 0.99의 범위(들), 몇몇 실시예에서는 약 0.75 내지 약 0.98, 다른 실시예에서는 약 0.80 내지 약 0.95의 범위(들)의 상대 밀도를 가질 수 있다. 당업자는 이들 특정 범위의 코팅 밀도 내의 부가의 범위를 예상하고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 광 반응성 증착은 완전히 치밀화된 재료와 대략 동일한 밀도를 갖는 조밀한 코팅을 형성할 수 있다. 초기의 증착된 상태의 코팅의 밀도와 무관하게, 후처리 중에 밀도는 초기 밀도로부터 전체 밀도까지의 선택된 값으로 원하는 바에 따라 증가될 수 있다. 조밀한 코팅의 밀도는 코팅 전후에 기관을 계량하고 코팅의 체적으로 중량을 나눔으로써 평가될 수 있다. 코팅 두께는 주사 전자 현미경을 사용하여 평가될 수 있다. 밀도의 감소는 표면의 측정 가능한 다공성과 관련될 수 있거나 관련되지 않을 수도 있다. 다공성은 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 또한 평가될 수 있다.

<197> 특정 목적을 얻기 위해, 코팅의 특징은 코팅의 층의 조성 뿐만 아니라 기관 상의 재료의 위치에 대해 변경될 수 있다. 일반적으로, 디바이스를 형성하기 위해 코팅 재료는 기관 상의 특정 위치로 국부화될 수 있다. 게다가, 코팅 재료의 다수의 층은 상이한 조성을 갖는 층을 형성하기 위해 제어된 방식으로 증착될 수 있다. 유사하게, 코팅은 균일한 두께로 제조될 수 있고, 또는 기관의 상이한 부분은 상이한 두께의 코팅 재료로 코팅될 수 있다. 상이한 코팅 두께는 입자 노즐에 대한 기관의 스위프 속도를 변경함으로써, 더 두꺼운 코팅을 수용하는 기관의 부분의 다수의 스위프를 형성함으로써 또는 예를 들면 마스크로 층을 패터닝함으로써 적용될 수 있다. 코팅 재료의 선택적인 증착을 위한 접근법이 전술되어 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 층은 증착 후에 에칭 등에 의해 윤곽 형성될 수 있다.

- <198> 따라서, 본 명세서에 설명되어 있는 바와 같이 재료의 층은 다른 층과 동일한 평면 범위를 갖지 않는 특정 층을 포함할 수 있다. 예를 들면, 몇몇 층은 전체 기판 표면 또는 그 큰 부분을 커버할 수 있고, 다른 층은 기판 표면의 더 작은 부분을 커버한다. 이 방식으로, 층은 하나 이상의 국부화된 디바이스를 형성할 수 있다. 평면형 기판을 따른 임의의 특정 지점에서, 구조체를 통한 단면도는 표면을 따른 다른 지점과는 상이한 수의 식별 가능한 층을 드러낼 수 있다.
- <199> 광 반응성 증착은 두꺼운 코팅을 형성하는데 사용될 수 있다. 그러나, 접근법은 적절한 코팅 두께가 일반적으로 적당하거나 또는 작고 매우 얇은 코팅이 적절하게 형성될 수 있는 용례에서 고품질 코팅을 형성하기 위해 장점을 갖는다. 두께는 구조체가 최대 표면적을 갖는 투영 평면에 수직으로 측정된다. 몇몇 용례에서, 코팅은 약 2000 미크론 이하의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 500 미크론 이하의 범위(들), 부가의 실시예에서는 약 5 나노미터 내지 약 100 미크론의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 100 나노미터 내지 약 50 미크론의 범위(들)의 두께를 갖는다. 당업자는 이들 명시적인 범위 및 하위 범위 내의 부가의 범위(들)가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.
- <200> 본 명세서에 설명되어 있는 접근법은 등가의 조건 하에서 형성된 층 내의 그리고 층 사이의 매우 높은 균일성을 갖는 코팅층의 형성을 제공한다. 코팅층의 두께는 예를 들면 제1 방향을 따라 약 10개의 점 그리고 수직 방향을 가로질러 약 10개의 점에서 단면에서 수행될 수 있는 SEM 분석에 의해 측정될 수 있다. 평균 및 표준 편차는 이들 측정으로부터 얻어질 수 있다. 코팅층의 두께 및 두께 균일성을 평가하는데 있어서, 에지를 따른 1 센티미터 밴드가 배제될 수 있다.
- <201> 몇몇 실시예에서, 적어도 약 25 평방 센티미터의 면적을 갖는 기판 상에서의 두께의 일 표준 편차는 약 10 미크론 미만, 다른 실시예에서는 약 5 미크론 미만, 다른 실시예에서는 약 0.5 내지 약 2.5 미크론의 범위(들)일 수 있다. 게다가, 등가의 조건 하에서 코팅된 복수의 기판 사이의 평균 두께의 표준 편차는 약 10 미크론 미만, 다른 실시예에서는 약 5 미크론 미만, 다른 실시예에서는 약 0.1 내지 약 2 미크론일 수 있다. 당업자는 명시적인 범위 내의 상이한 기판의 층 내의 그리고 층 사이의 두께의 부가의 편차가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.
- <202> 몇몇 실시예에서, 기판 상에 응고를 갖거나 갖지 않는 조밀한 코팅을 위한 매우 낮은 표면 거칠기가 성취될 수 있다. 표면 질감 형성이 요구되는 실시예에서, 이하에 설명되어 있는 낮은 표면 거칠기 값은 원한다면 성취될 수 있는 표면 거칠기의 균일성을 반영한다. 표면 거칠기는 비교를 위해 표면의 특정 영역에 대해 일반적으로 평가된다. 상이한 기술이 시간 및 해상도 논점에 기인하여 특정 영역에 걸쳐 표면 거칠기의 평가에 특히 적합할 수 있다. 예를 들면, 원자력 현미경(AFM)이 본 명세서에서 R_{AFM} 이라 칭하는 기판의 대략 20 미크론×20 미크론 면적에 걸친 제곱 평균 제곱근 표면 거칠기를 평가하는데 사용될 수 있다. 적합한 AFM 도구는 예를 들면 디지털 인스트루먼트즈(Digital Instruments)(미국 캘리포니아주 산타 바바라) 모델 나노스크프[®] 4를 포함한다. 본 명세서에 설명되어 있는 기술을 사용하여, R_{AFM} 값 및 유사하게 평균 거칠기 값(R_a)이 약 0.5 나노미터(nm) 이하의 범위로, 다른 실시예에서는 약 0.1 nm 내지 약 0.3 nm의 범위로 얻어질 수 있다. 간섭계가 480 미크론×736 미크론과 같은 대면적에 걸쳐 표면 거칠기 측정을 얻는데 사용될 수 있다. 간섭 프로파일러(profiler)는 나노미터 이하로부터 밀리미터 스케일로 표면 거칠기를 측정할 수 있는 광학 비접촉식 기술이다. 표면 프로파일 측정을 얻기 위한 디지털 신호 처리를 사용하는 적합한 간섭 프로파일러는 비코 인스트루먼트즈 인크(Veeco Instruments Inc.)(미국 뉴욕주 우드베리)로부터의 위코(Wyko) 시리즈 프로파일러이다. 광 반응성 조밀 증착을 사용하여, 480 미크론×736 미크론에 걸친 제곱 평균 제곱근 표면 거칠기(R_{rms}) 값 및 유사하게 평균 표면 거칠기(R_a)가 약 10 nm 이하의 범위로, 다른 실시예에서는 약 1 nm 내지 약 5 nm의 범위로 얻어질 수 있다. 당업자는 명시적인 범위 내의 표면 거칠기의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.
- <203> 표면 질감 형성은 피크간 거리로 특정화될 수 있다. 평균 피크간 거리는 약 100 nm 내지 10 미크론, 다른 실시예에서는 약 250 nm 내지 약 7.5 미크론, 부가의 실시예에서는 약 500 nm 내지 약 5 미크론일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 피크의 평균 기울기는 약 30 내지 약 60도, 다른 실시예에서는 약 40 내지 약 50도의 범위일 수 있다. 이들 파라미터는 주사 전자 현미경으로의 표면의 검사로부터 결정될 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 표면 질감 파라미터의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다.
- <204> 광 반응성 증착에 의한 높은 코팅 균일성과 조합된 매우 높은 증착 속도에 기인하여, 대형 기판이 효율적으로

코팅될 수 있다. 기관의 더 큰 폭에 의해, 기관은 생성물 스트림을 통한 기관의 하나 또는 다수의 패스로 코팅될 수 있다. 구체적으로, 단일 패스는 기관이 대략 반응기의 입구 노즐보다 넓지 않아 생성물 스트림이 대략 기관만큼 넓거나 기관보다 넓은 경우에 사용될 수 있다. 다수의 패스에 의해, 기관은 기관의 폭을 따라 배향된 방향으로 노즐에 대해 이동된다. 따라서, 몇몇 실시예에서 적어도 약 20 cm, 다른 실시예에서는 적어도 약 25 cm, 부가의 실시예에서는 약 30 cm 내지 약 2 m, 부가의 실시예에서는 약 1.5 m 이하, 몇몇 실시예에서는 1 m 이하의 폭을 갖는 기관을 코팅하는 것이 간단하다. 당업자는 이들 명시적인 범위 내의 폭의 부가의 범위가 예상되고 본 발명의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

<205> 일반적으로, 편의상, 길이는 코팅 프로세스 중에 기관이 일반적으로 그 폭에 대해서가 아니라 그 길이에 대해 이동하는 점에서 기관의 폭으로부터 구별된다. 이 일반적인 원리를 명심하면, 구별은 특정 기관에 대해 특히 관련될 수 있거나 관련되지 않을 수도 있다. 길이는 일반적으로 코팅을 위한 기관을 지지하는 능력에 의해서만 제한된다. 따라서, 길이는 적어도 약 10 m, 몇몇 실시예에서는 약 10 cm 내지 약 5 m, 다른 실시예에서는 약 30 cm 내지 약 4 m, 부가의 실시예에서는 약 40 mm 내지 약 2 m일 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 범위 내의 기관 길이의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

<206> 큰 폭 및 길이를 갖는 기관을 코팅할 수 있는 결과로서, 코팅된 기관은 매우 큰 표면적을 가질 수 있다. 특히, 기관 시트는 적어도 약 900 평방 센티미터(cm^2), 다른 실시예에서는 적어도 약 1000 cm^2 , 부가의 실시예에서는 약 1000 cm^2 내지 약 2 평방 미터(m^2), 다른 실시예에서는 약 2500 cm^2 내지 약 5 m^2 의 표면적을 가질 수 있다. 해제층의 사용을 통한 얇은 구조체의 형성 능력에 의해, 큰 표면적이 특히 얇은 구조체와 조합될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 큰 표면적 구조체는 약 1 mm 이하, 다른 실시예에서는 약 250 미크론 이하, 부가의 실시예에서는 약 100 미크론 이하, 다른 실시예에서는 약 5 미크론 내지 약 50 미크론의 두께를 가질 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 표면적 및 두께의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 이들 얇은 대면적 구조체는 광 반응성 증착으로 생성될 수 있는 다양한 재료로 형성될 수 있지만, 몇몇 실시예에서는 도펀트를 갖거나 갖지 않는 얇은 실리콘/게르마늄계 반도체 재료에 특정 관심이 있다.

<207> 반도체 재료로서의 시트의 특성은 소수 캐리어 확산 길이 및 캐리어 이동도의 견지에서 설명될 수 있다. 광전지 용례에서, 더 큰 소수 캐리어 확산 길이의 존재는 더 느린 재조합 속도 및 대응하는 더 높은 효율의 광전지와 상호 관련된다. 따라서, 적어도 약 30 미크론, 다른 실시예에서는 적어도 약 70 미크론의 실리콘/게르마늄계 반도체 시트에 대한 소수 캐리어 확산 길이를 갖는 것이 바람직하다. 당업자는 소수 캐리어 확산 길이의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 증가된 소수 캐리어 확산 길이는 재료의 결정도를 향상시키고 더 큰 평균 결정자 크기를 얻음으로써 얻어질 수 있다.

<208> 소수 캐리어 확산 길이는 캐리어 수명 값과 상호 관련될 수 있다. 소수 캐리어 수명은 샘플의 적외선 투과를 측정하는데 사용되는 스펙트럼의 적외선 부분에서 작동하는 전하 결합 카메라로 측정될 수 있다. 재료의 고해상도 주사가 신속하게 얻어질 수 있다. 아이젠버그(Isenberg) 등의 논문은 반도체 재료의 표면을 가로질러 30 미크론으로 감소된 해상도를 얻기 위해 적외선 레이저 및 상업적인 CCD 카메라의 사용을 설명하고 있다. 아이젠버그 논문의 인용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 표제가 "소수 캐리어 밀도 및 수명의 측방향 분해된 측정을 위한 영상화 방법: 측정 원리 및 제1 용례(Imaging method for laterally resolved measurement of minority carrier densities and lifetimes: Measurement principle and first applications)"인 어플라이드 피직스(Applied Physics)의 저널, 93(7): 4268 내지 4275(2003년 4월 1일)이다. 골드슈미트(Goldschmidt)의 논문은 캐리어 수명의 측정에 기초하는 단락 전류 및 개방 회로 전압의 계산을 논의하고 있다. 골드슈미트 논문은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 표제가 "캐리어 밀도 이미지로부터의 다결정 실리콘 태양 전지 파라미터의 예측(Predicting Multi-Crystalline Silicon Solar Cell Parameters From Carrier Density Images)"인 스페인 바르셀로나에서의 2005년 6월 6일부터 10일까지의 20차 유럽 광전지 태양 에너지 회의 및 박람회(20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition)에서 제출되었다. 실리콘 재료의 전하-전류 성능의 무접촉 측정을 위한 대안적인 접근법은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 표제가 "태양-광발광: 실리콘 웨이퍼의 전류-전압 특징의 무접촉 관정(Sun-photoluminescence: Contactless determination of current-voltage characteristics of silicon wafers)"인 트럽케(Trupke) 등의 어플라이드 피직스 레터스 87:093503(2005년)에 설명되어 있다. 트럽케 논문에서의 프로세스는 반도체 표면을 가로지르는 공간적 해상도를 위해 일반화될 수 있다.

<209> 캐리어 이동도는 전자 용례에서 반도체 성능을 위한 중요한 파라미터이다. 본 명세서에 설명되어 있는 반도체 시트에 있어서, 전자 이동도는 적어도 약 $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 부가의 실시예에서는 적어도 약 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 다른 실시예에서

는 적어도 약 $20 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 일 수 있다. 당업자는 상기 범위 내의 캐리어 이동도의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 반도체 샘플을 위한 캐리어 이동도의 평가는 예를 들면 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "제조 라인에서의 반도체 기판의 특성을 특정하기 위한 시스템 및 방법(System and Method for Measuring Properties of a Semiconductor Substrate in a Fabrication Line)"인 보든(Borden)의 미국 특허 제5,966,019호에 설명되어 있다.

<210> 반도체층 내로의 도펀트의 혼입

<211> 조성물은 입자 생성을 위해 반응물 스트림 내로 전구체를 적절하게 도입함으로써 증착 중에 선택될 수 있지만, 대안적으로 또는 부가적으로 실리콘/게르마늄계 반도체와 같은 조성물은 층의 형성 후에 전체 코팅 또는 그 선택된 부분을 가로질러 개질될 수 있다. 층의 부분은 넓은 코팅 표면을 따른 부분 및 층 두께의 부분을 칭할 수 있다. 조성물의 개질은 일반적으로 분말 코팅 또는 더 조밀한 코팅으로 수행될 수 있다.

<212> 일반적으로, 하나 이상의 개질 원소가 원하는 원소를 포함하는 조성물로서 층에 도포될 수 있다. 반도체 재료는 그 용융 온도 부근 또는 용융 온도에서 가열되어 원소를 반도체 재료 내에 혼입할 수 있다. 패터닝 접근법이 도펀트와 같은 원소를 층의 부분에 혼입하는데 사용될 수 있다.

<213> 예를 들면 도펀트(들)/첨가제(들)와 같은 개질 원소가 용액 배리어 등을 사용하여 층의 부분에만 조성물을 선택적으로 접촉시킴으로써 층의 선택된 부분 내에 혼입될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 층의 부분은 전자 처리에 사용되는 통상의 레지스트와 같은 마스크로 덮여 마스크된 영역 내로의 개질 원소의 이동을 차단할 수 있다. 도 19의 실시예를 참조하면, 층(600)은 마스크(602)와 접촉하여 개질 조성물과 층의 접촉을 마스크에 의해 덮이지 않은 영역으로 한정한다. 다음, 코팅은 비마스크된 부분에 도포된다. 마스크는 일반적으로 층 내에 원하는 구조체를 형성하도록 선택된다. 다수의 개질 원소는 상이한 개질 원소의 증착 단계 사이의 마스크를 변경함으로써 층의 동일한 및/또는 상이한 부분에 순차적으로 도포될 수 있다. 개질 조성물 또는 이들의 원소는 열처리 및/또는 레이저 드라이브-인(drive-in)을 통해 재료 내에 혼입될 수 있다.

<214> 포토리소그래픽 및 다른 마스크 기술에 부가하여, 첨가된 조성물이 잉크로서 첨가되는 통상의 인쇄 접근법을 사용하여 적당한 해상도가 성취될 수 있는데, 이 인쇄 접근법은 마스크 접근법과 함께 선택적으로 사용될 수 있다. 예를 들면, 기능성 잉크가 선택된 조성물을 전달하여 코팅 조성물을 개질하는 잉크젯 인쇄가 원하는 위치에서 기능성 잉크를 증착하는데 성공적으로 사용될 수 있다. 유사하게, 오프셋 인쇄, 그라비아 인쇄 등과 같은 다른 인쇄 접근법이 사용될 수 있다. 반도체 재료에 도펀트를 공급하기 위해 인쇄 가능한 잉크로서 액체에 분산된 도핑된 실리카 입자의 사용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반도체 기판을 도핑하기 위한 도핑된 분산 및 프로세스(Doped Dispersions and Processes for Doping Semiconductor Substrate)"인 히슬마이어 등의 계류중인 미국 가출원 제60/878,239호에 더 설명되어 있다.

<215> 전술된 바와 같이, 개질 조성물은 코팅이 그 용융 또는 유동 온도 부근 또는 이를 상회하여 가열되어 원소가 조성물 내로 이동하는 가열 프로세스를 통해 초기의 조밀한 재료 내로 혼입될 수 있다. 부가의 또는 대안적인 실시예에서, 도펀트는 레이저 드라이브 인을 통해 코팅의 얇은 구역 내로 혼입될 수 있다. 예를 들면, 고출력 레이저가 맥동하여 그 표면 부근에서 코팅의 국부화된 영역을 용융시킬 수 있다. 도펀트 또는 다른 개질 원소/조성물은 이어서 용융된 구역 내로 확산한다. 광전지 접점의 부분으로서 얇은 도핑된 도메인을 형성하기 위한 레이저 드라이브 인의 사용은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광전지 구조체, 태양 전지판 및 대응 프로세스(Photovoltaic Cell Structure, Solar Panels and Corresponding Processes)"인 2007년 2월 16일에 출원된 히슬마이어 등의 계류중인 미국 가출원 제60/902,006호에 더 설명되어 있다.

<216> 일반적으로, 층 내로 개질 원소를 도입하기 위한 다양한 접근법이 층 내로 하나 이상의 원소의 도입을 위해 조합될 수 있다. 예를 들면, 특정 개질 원소는 복수의 기술을 사용하여 도입되어 층 내의 개질 원소의 원하는 레벨 및/또는 개질 원소의 분포를 성취할 수 있다. 게다가, 복수의 개질 원소의 증착을 위해, 각각의 개질 원소는 처리의 편의를 위해 그리고/또는 최종 재료의 원하는 특성을 성취하기 위해 전술된 기술의 하나 이상을 사용하여 증착될 수 있다.

<217> 기판 상의 코팅의 열처리 및 다른 증착후 처리

<218> 열처리는 분말 코팅의 입자를 소결하고 분말들/분말 코팅의 압밀화, 즉 치밀화를 유도하여 원하는 재료 밀도를 형성할 수 있다. 조밀한 코팅이 의도된 용도로 선택된 형태로 본질적으로 증착될 수 있지만, 몇몇 부가의 처리가 적절하거나 요구될 수 있다. 코팅 재료를 치밀화하기 위해, 재료는 결정질 재료를 위한 융점을 초과하는 온도 또는 비정질 재료를 위한 유동 온도, 예를 들면 유리 전이 온도를 초과하고 가능하게는 그 미만에서 글래스

가 자립적인 연화점을 초과하는 온도로 가열되어 점성 액체를 형성함으로써 치밀화된 재료 내로 코팅을 응고할 수 있다. 입자의 소결은 비정질, 결정질 또는 다결정질 위상을 층 내에 형성하는데 사용될 수 있다. 예비 열처리가 반응기 화염으로 적용되어 후속의 가열 프로세스 중에 도펀트(들)/첨가제(들) 이동을 감소시키고 재료를 부분적으로 치밀화할 수 있다.

<219> 결정질 입자의 소결은 예를 들면 표면 확산, 격자 확산, 증기 운반, 결정입계 확산 및/또는 액상 확산과 같은 하나 이상의 공지된 소결 메커니즘을 포함할 수 있다. 비정질 입자의 소결은 일반적으로 비정질 필름의 형성을 유도할 수 있다. 코팅층은 완전히 또는 부분적으로 치밀화될 수 있다. 일반적으로, 치밀화는 층의 패터닝 전에 또는 후에 수행될 수 있다. 부분적으로 치밀화된 재료는 기공 네트워크가 남아 있지만 기공 크기는 감소되고 고체 매트릭스가 입자의 융합을 통해 강화되어 강성 입자간 네트워크를 형성하는 재료일 수 있다.

<220> 더욱이, 증착된 층의 소정의 처리는 예를 들면 결정도 또는 순도와 관련하여 코팅의 품질을 더 향상시킬 수 있다. 다른 처리는 재료의 조성을 개질하거나 코팅에 부가의 조성물을 첨가할 수 있다. 초기의 조밀한 코팅에 대해, 몇몇 부가의 처리는 열의 인가를 포함할 수 있지만, 처리 온도는 일반적으로 조밀한 코팅 내로의 분말 코팅의 치밀화를 위해 사용된 온도보다 상당히 낮을 수 있다.

<221> 코팅이 조밀하게 형성되는 실시예에서, 코팅의 소결 또는 다른 주요 압밀화는 일반적으로 요구되지 않을 수도 있다. 이들 실시예에서, 조밀한 코팅은 일반적으로 용점 또는 유리 전이 온도와 같은 유동 온도까지 가열되지 않는다. 그러나, 재료는 재료를 어닐링하도록 가열되어 균일성 및/또는 결정도를 향상시킬 수 있다. 이 가열은 밀도의 대응 증가를 갖는 재료의 소정의 압밀화를 초래할 수 있다. 어닐링 온도는 일반적으로 유동 온도의 약 60% 이하, 다른 실시예에서는 섭씨 단위로 유동 온도의 약 50% 이하일 수 있다. 이러한 가열은 가열이 산화 분위기에서 수행되는 경우 탄소 불순물과 같은 몇몇 불순물을 제거할 수 있다. 일반적으로, 이들 조건 하에서의 조밀한 코팅의 가열은 재료의 구조, 즉 비정질, 다결정질 또는 결정질을 변경하지 않는다. 적합한 처리 온도 및 시간은 일반적으로 조밀한 코팅의 구성에 의존한다.

<222> 광 반응성 증착에 의한 층의 증착 후에, 전구체는 반응물 스트림이 단지 응축성 재료가 없는 가스/증기 생성물을 형성하도록 반응하는 연료 및 산소원만을 포함하도록 차단될 수 있다. 연료 및 산소원의 반응으로부터 발생하는 화염은 기관 상에 임의의 부가의 재료를 증착하지 않고 코팅된 기관을 가열하는데 사용될 수 있다. 이러한 가열 단계는 도핑된 실리카 글래스의 완전 응고시에 도펀트(들)/첨가제(들)를 감소시키는 것으로 관찰되어 있다. 화염 가열 단계는 코팅 단계 사이에 또는 다수의 층의 증착 후에 수행될 수 있고, 여기서 각각의 코팅층은 다른 층과 동일한 조성을 가질 수도 있고 갖지 않을 수도 있다. 제위치의 화염 가열 단계 후에, 하나 이상의 부가의 가열 단계가 또한 반응기로부터 기관을 제거한 후에 수행될 수 있다.

<223> 코팅된 기관을 위한 열처리가 적합한 오븐 내에서 수행될 수 있다. 압력 및/또는 주위 가스의 구성에 대해 오븐 내의 분위기를 제어하는 것이 바람직할 수 있다. 적합한 오븐은 예를 들면 유도로(induction furnace), 박스로(box furnace) 또는 코팅된 기관을 포함하는 공간을 통해 가스(들)가 유동하는 튜브로(tube furnace)를 포함할 수 있다. 열처리는 코팅 반응기로부터의 코팅된 기관의 제거 후에 수행될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 열처리가 코팅 프로세스 내에 통합되어 처리 단계가 자동화 방식으로 장치 내에서 순차적으로 수행될 수 있다. 적합한 처리 온도 및 시간은 일반적으로 코팅의 구성 및 마이크로구조에 의존한다. 분말 코팅에 대해, 서브미크론/나노미터 스케일의 작은 입자가 일반적으로 더 낮은 온도에서 그리고/또는 벌크 재료와 비교하여 서브미크론/나노스케일 입자에 대한 더 낮은 용점/연화점, 더 높은 원자 이동도 및 더 높은 증기 압력에 기인하여 더 큰 입자를 갖는 분말에 대해 더 짧은 시간 동안 처리될 수 있다.

<224> 다수의 용례에서, 상이한 조성 및/또는 형태를 갖는 다수의 코팅을 도포하는 것이 바람직하다. 일반적으로, 이들 다수의 코팅은 코팅되고 있는 기관의 x-y 평면을 가로질러(예를 들면, 생성물 스트림에 대한 기관의 움직임의 방향에 수직으로) 서로 인접하게 배열되거나, 코팅되고 있는 기관의 z 평면을 가로질러 하나가 다른 하나의 상부에 적층되거나 인접한 도메인 및 적층된 층의 임의의 적합한 조합으로 배열될 수 있다. 각각의 코팅은 원하는 두께로 도포될 수 있다.

<225> 몇몇 실시예에서, 상이한 조성물이 층 내에서 및/또는 인접한 층 내에서 서로 인접하여 증착될 수 있다. 유사하게, 상이한 조성물의 개별 층이 교번적인 층 내에 증착될 수 있다. 구체적으로, 상이한 조성물을 갖는 2개의 층이 하나가 다른 하나의 상부에 증착될 수 있고, 및/또는 부가적으로 또는 대안적으로 AB로서 형성된 층 A 및 층 B와 같이 하나가 다른 하나의 옆에 증착될 수 있다. 다른 실시예에서, 3개의 순차적인(예를 들면, 하나가 다른 하나의 상부에 적층되거나, 다른 하나에 인접하거나, 또는 인접하고 적층됨) 층 ABC로서 증착된 층 A, 층 B 및 층 C와 같은 각각 상이한 조성물을 갖는 2개 초과 층이 증착될 수 있다. 유사하게, ABABAB... 또는

ABCABCABC...와 같은 상이한 조성물을 갖는 교번적인 순서의 층이 형성될 수 있다. 특정 조성 및/또는 광학 특성을 갖는 층의 다른 조합이 원하는 바에 따라 형성될 수 있다.

<226> 각각 특정 조성물을 갖는 개별 치밀화된 층은 일반적으로 응고 후에 3000 미크론 이하의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 1000 미크론 이하의 범위(들), 부가의 실시예에서는 약 250 미크론 이하의 범위(들), 몇몇 실시예에서는 약 0.1 미크론 내지 약 50 미크론의 범위(들), 다른 실시예에서는 약 0.2 미크론 내지 약 20 미크론의 범위(들)의 평균 두께를 갖는다. 당업자는 이들 특정 범위 내의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용의 범주 내에 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다. 동일한 조성을 갖는 입자로부터 형성된 각각의 균일한 층은 광 반응성 증착 장치 내의 생성물 유동을 통해 하나 이상의 패스로부터 형성될 수 있다. 두께는 구조체가 최대 표면적을 갖는 투영 평면에 수직으로 측정된다.

<227> 다수의 입자 코팅을 갖는 재료는 각각의 층의 증착 후에 또는 다수의 층의 증착 후에 또는 2개의 접근법의 소정의 조합에서 열처리될 수 있다. 적합한 처리 순서는 일반적으로 재료의 치밀화 메커니즘에 의존한다. 그러나, 복수의 층을 동시에 열처리하는 것이 바람직할 수 있다. 구체적으로, 다수의 층을 동시에 열처리하는 것은 제조 프로세스의 시간 및 복잡성을 감소시키고 따라서 제조 비용을 감소시킬 수 있다. 가열 온도가 적당한 값으로 선택되면, 가열된 재료는 충분히 점성이어서 층 또는 층 내의 경계가 계면에서 바람직하지 않은 양으로 나타나지 않는다. 증착 후에 패터닝된 구조체를 형성하기 위해, 리소그래피 및 포토리소그래피와 같은 패터닝 접근법이 화학적 에칭, 건식 에칭 또는 방사선 기반 에칭과 같은 에칭과 함께 하나 이상의 층 내에 원하는 패턴을 형성하는데 사용될 수 있다. 이 패터닝은 일반적으로 부가의 재료의 증착에 앞서 구조체 상에 수행된다.

<228> 전구체 유동 또는 층 가스 유동과 같은 반응 조건을 변경함으로써, 입자는 단일층 내에 또는 층 사이에서 z-방향으로 입경을 변경하여 증착될 수 있다. 따라서, 더 작은 입자가 더 큰 입자의 상부에 증착될 수 있고, 더 큰 입자가 더 작은 입자의 상부에 증착될 수 있다. 이는 해제층의 형성을 위해 유용할 수 있다. 특히, 입경의 구배에 의해, 열처리 단계는 더 큰 입자보다 더 큰 정도로 더 작은 입자를 치밀화하여 더 큰 입자를 갖는 층의 덜 치밀화된 부분이 해제층을 형성할 수 있다.

<229> 실리콘 산화물의 층 사이에 개재된 실리콘에 있어서, 실리콘의 결정도는 구역 용융 재결정화(ZMR)라 칭하는 프로세스를 통해 설정되어 있다. ZMR에서, 실리콘 필름의 얇은 라인을 용융할 수 있는 열원이 사용된다. 이 열원은 필름을 가로질러 스윕된다. 예컨대, 초점을 맞춘 할로겐 램프가 선형 열원으로서 이용될 수 있다. 히터가 구조체의 아래에 배치되어 기관의 기초 온도를 제어할 수 있다. 히터의 이동 속도가 제어되어 용융 전방부와 응고 전방부 사이의 거리를 조절한다. 더 큰 결정입자와 더 소수의 결정 결함을 얻도록 처리 비용을 감소시키는 더 고속의 스윕 속도와 더 느린 스윕 속도 사이에 균형이 존재한다.

<230> 해제층 특성 및 오버코트 구조체의 해제

<231> 해제층은 인접한 재료로부터 해제층을 구별하는 특성 및/또는 조성을 갖는다. 일반적으로, 해제층의 특성은 그 인접한 재료 중 하나 또는 모두로부터 해제층의 분리를 제공한다. 해제층의 적합한 물리적 특성은 예를 들면 낮은 밀도, 높은 용융/연화점, 낮은 기계적 강도, 큰 열팽창 계수 또는 이들의 조합일 수 있다. 적합한 화학적 특성은 예를 들면 선택된 용제 내에서의 가용성을 포함한다. 게다가, 해제층의 재료는 일반적으로 몇몇 실시예에서 고온에서와 같은 관련 처리 단계의 조건에서 다른 재료에 대해 불활성이어야 한다. 해제층의 선택된 특성은 기초 기관으로부터 상위층(들)을 분리하도록 이용될 수 있다. 특히, 화학적 및/또는 물리적 상호 작용이 해제층에 적용되어 해제층을 제거하거나 파쇄할 수 있다.

<232> 일반적으로, 해제층의 두께는 광 반응성 증착에 의해 증착된 다른 층에 대해 설명되어 있는 적절한 두께 범위 내에 걸칠 수 있다. 한편, 해제층은 일단 오버코트가 해제되면 기능적으로 사용되지 않을 수도 있기 때문에, 더 적은 자원을 소비하도록 해제층을 얇게 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 층이 너무 얇으면, 기계적 강도와 같은 특정 특성이 두께의 함수일 수 있어 해제 기능이 손상될 수도 있다. 일반적으로, 당업자는 해제층의 원하는 특성을 얻기 위해 두께를 조절할 수 있다.

<233> 해제층을 갖는 층상 구조체는 도 19에 개략적으로 도시되어 있다. 층상 구조체(610)는 기관(612), 해제층(614) 및 오버코트층(616)을 포함한다. 기관(612)은 해제층 재료에 대해 세척 후에 재사용되는 고품질 재료를 포함할 수 있다. 기관(612)은 광 반응성 증착을 사용하여 증착된 층을 포함하거나 포함하지 않을 수 있다. 해제층(614)은 본 명세서에 설명되어 있는 바와 같은 특성을 갖는 하나 이상의 재료를 포함할 수 있다. 오버코트층(616)은 하나 이상의 층 내에 하나 이상의 재료를 포함할 수 있다. 도 19의 화살표는 층상 구조체(610)로부터 오버코트층(616)의 분리를 개략적으로 도시하고 있다. 오버코트층(616)은 원하는 생성물의 형성을 위한 구조체

(610)의 분리 전 및/또는 후에 더 처리될 수 있다.

- <234> 해제층의 기계적인 파쇄를 위해, 해제층 재료의 낮은 기계적 강도가 해제층의 파쇄를 용이하게 할 수 있지만, 일반적으로 해제층이 주위 재료보다 낮은 밀도를 갖는 것이 바람직하다. 특히, 해제층은 적어도 약 40%, 몇몇 실시예에서는 적어도 약 45%, 부가의 실시예에서는 약 50 내지 약 90% 다공성을 가질 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 다공성의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 다공성은 기공의 면적이 총면적으로 나누어지는 구조체의 단면의 SEM 현미경 사진으로부터 평가된다.
- <235> 더 낮은 밀도의 해제층을 성취하기 위해, 해제층은 주위 재료보다 낮은 밀도를 갖고 증착될 수 있다. 그러나, 몇몇 실시예에서, 더 낮은 밀도의 해제층은 해제층의 감소된 또는 배제된 치밀화로부터 초래될 수 있고, 오버코트층 및 선택적으로 하위층은 더 완전히 치밀화된다. 이 치밀화의 차이는 주위의 치밀화되지 않은 재료보다 높은 유동 온도 및/또는 더 높은 유동 온도를 초래하는 더 큰 1차 입경을 갖는 재료를 구비하는 결과일 수 있다. 이들 실시예에서, 오버코트층 및 선택적으로는 하위층의 치밀화는 주위 재료보다 낮은 밀도 및 대응적으로 낮은 기계적 강도를 갖는 해제층을 생성한다. 이 더 낮은 기계적 강도는 오버코트층을 손상시키지 않고 해제층을 파쇄하는데 이용될 수 있다.
- <236> 분리력이 기계적 에너지를 공급함으로써 인가될 수 있다. 기계적 에너지는 예를 들면 초음파 진동, 기계적 진동 전단력 등으로서 공급될 수 있다. 대안적으로, 층은 견인 이격될 수 있다. 게다가, 열/냉각 및/또는 압력이 공급되어 열팽창 계수의 차이에 기초하여 분리를 용이하게 할 수 있다. 냉각은 예를 들면 액체 질소와 기판을 접촉시킴으로써 성취될 수 있다.
- <237> 몇몇 실시예에서, 해제층은 주위층으로부터 화학적으로 분리될 수 있다. 예를 들면, 해제층은 오버코트층을 용해하지 않는 용제 내에서 가용성일 수 있다. 실리콘과 반응하지 않고 SiO_2 를 에칭하기 위해, 불화수소산이 사용될 수 있다.
- <238> 해제층 및 기판으로부터 오버코트의 분리를 용이하게 하기 위해, 오버코트 재료는 전달 표면에 해제 가능하게 부착될 수 있다. 전달 표면은 해제될 오버코트의 표면과 크기가 대략 동일하고, 크거나 작을 수 있다. 전달 표면과의 결합은 예를 들면 접착제 등으로 이루어질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 정전기는 전달 표면과 오버코트를 결합하는데 충분할 수 있다. 전달 표면은 해제층을 파쇄하기 위해 기계적 에너지를 전달하기 위해 오버코트에 전단 및/또는 견인 움직임을 인가하는데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 오버코트 구조체는 얇은 분리된 구조체의 특정 처리를 용이하게 하도록 전달 표면과 결합될 수 있다. 접착제는 화학적으로 또는 물리적으로 제거되어 일시적인 기판과 결합된 전달 표면으로부터 얇은 분리된 구조체를 해제할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 전달 표면은 생성물 내로의 형성을 위해 오버코트에 부착된 영구 기판과 결합될 수 있다. 또한, 얇은 구조체는 해제층으로부터의 해제 후에 필적하는 접근법을 사용하여 기판 사이로 전달될 수 있다. 접착제 등은 힘에 의해 그리고/또는 적합한 용제 등에 의해 해제될 수 있다.
- <239> 원한다면, 해제층의 나머지는 에칭 또는 연마를 사용하여 얇은 해제 구조체로부터 제거될 수 있다. 해제층 재료의 특성에 따라, 잔류 해제층 재료는 기계적 연마 및/또는 화학 기계적 연마에 의해 제거될 수 있다. 기계적 연마는 반도체 기술 분야에 공지된 설비와 같은 동력화 연마 설비로 수행될 수 있다. 유사하게, 화학적 에칭 및/또는 방사선 에칭과 같은 임의의 적합한 에칭 접근법이 잔류 해제층 재료를 제거하는데 사용될 수 있다.
- <240> 자립식 구조체의 특성 및 부가의 처리
- <241> 해제층의 제거 또는 파쇄를 통한 기판으로부터 오버코트의 해제 후에, 오버코트는 자립식 구조체가 된다. 이 자립식 구조체는 일반적으로 매우 얇으면서 큰 표면적을 가질 수 있다. 구조체는 그 상부면을 따라 패터닝된 구조를 갖거나 갖지 않을 수 있고, 그 상부면, 하부면 또는 모두를 따라 표면 질감 형성될 수 있거나 표면 질감 형성되지 않을 수도 있다. 구조체의 하나 또는 양 표면은 하나 이상의 디바이스의 형성을 향해 더 처리될 수 있다. 전술된 바와 같이, 구조체는 처리를 용이하게 하기 위해 또는 디바이스의 형성을 위해 다른 기판과 일시적으로 또는 영구적으로 결합될 수 있다. 적합한 치수가 처리 접근법과 관련하여 전술되어 있다.
- <242> 일반적으로, 오버코트층, 예를 들면 반도체 시트는 디바이스의 형성을 위해 효과적으로 사용될 수 있는 복수의 층을 가질 수 있다. 도 20을 참조하면, 자립식 구조체(620)는 2개의 층(622, 624)을 포함한다. 물론, 2개의 층의 조성 뿐만 아니라 상대 두께는 원하는 바에 따라 선택될 수 있다. 유사하게, 층의 수는 단지 1개, 2개, 3개 또는 3개 초과일 수 있다. 광전지 용례에서, 전체층 또는 이들의 선택된 부분을 따라 도핑되거나 도핑되지 않을 수 있는 하나 이상의 얇은 보호층 및 하나 이상의 반도체층을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 도 21의 단면을 참조하면, 구조체(630)는 보호층(632), p-도핑된 실리콘층(634) 및 n-도핑된 실리콘층(636)을 갖는다. 유

사한 구조체에서, 층(634)은 반도체층이고, 상부층(636)은 또한 보호층이다. 광전지 용례에서, 상부 및 하부 패시베이션층은 전기 절연층 뿐만 아니라 기계적 및 화학적 손상으로부터의 보호를 제공하도록 기능한다.

<243> 상이한 정도의 도핑 및/또는 미도핑 층을 갖는 상이한 층을 또한 구비하는 더 복잡한 구조체가 사용될 수 있다. 예를 들면, 도 22를 참조하면, 구조체(640)는 보호층(642), p-도핑된 실리콘층(644), 미도핑된 실리콘층(646) 및 n-도핑된 실리콘층(648)을 갖는다. 일반적으로, 구조체는 최종 제품을 위해 원하는 성능을 제공하도록 설계될 수 있고, 본 명세서의 처리 접근법은 구조체를 설계하기 위한 상당한 융통성을 제공한다.

<244> 광전지판의 형성을 위해, 복수의 전지가 일반적으로 전지 사이의 적절한 전기 접속부와 접속된다. 판을 형성하기 위해, 본 명세서에 설명되어 있는 대면적 자립식 구조체가 절단되어 판 내에 정합될 수 있는 매우 유사한 특성을 갖는 복수의 요소를 형성할 수 있다. 또한, 본 명세서에 설명되어 있는 프로세스를 사용하여 이용 가능한 대안은 투명한 전기 전도성 전극에 표면을 이용 가능하게 하기 위해 이후에 제거되는 보호층의 표면 상에 적절하게 배치된 반도체 아일랜드를 갖는 대면적 보호층의 형성을 포함한다. 판을 완성하기 위해, 적절한 전기 상호 접속부가 아일랜드에 접속될 수 있고, 다른 부가의 처리가 수행되어 개별 전지를 완성할 수 있다.

<245> 개별 아일랜드 구조체를 갖는 구조체의 실시예가 도 23에 도시되어 있고, 이는 구조체의 증착 패터닝을 통해 또는 절단을 통해 형성될 수 있다. 도 23을 참조하면, 구조체(660)는 4개의 아일랜드(664, 666, 668, 670)를 갖는 큰 층(662)을 갖는다. 4개의 아일랜드를 갖고 도시되어 있지만, 큰 층은 1개, 2개 또는 3개의 아일랜드와 같은 4개 미만의 아일랜드, 또는 최대 1000개의 아일랜드와 같은 4개 초과인 아일랜드를 가질 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 범위 내의 아일랜드 수의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 또한 큰 층(662) 및 아일랜드(664, 666, 668, 670)는 각각 개별적으로 복수의 층을 가질 수 있다. 층의 크기, 두께, 조성 및 수는 상이한 아일랜드 사이에서 일치하거나 일치하지 않을 수도 있다. 아일랜드의 위치설정은 대칭적이거나 대칭적이지 않을 수도 있고, 아일랜드의 위치는 특정 생성물의 형성을 위해 요구되는 바와 같이 선택될 수 있다. 기관 상의 실리콘 구조체의 레이저 절단은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광전지 구조체, 태양 전지판 및 대응 프로세스(Photovoltaic Cell Structure, Solar Panels and Corresponding Processes)"인 2007년 2월 16일에 출원된 히슬마이어 등의 계류중인 미국 가출원 제 60/902,006호에 더 설명되어 있다. 절단은 투명 기관 상에 적용된 상태로 또는 투명 기관으로의 전달 후에 구조체 상에서 수행될 수 있다.

<246> 일반적으로, 구조체는 일정 범위의 원하는 접근법을 사용하여 더 처리될 수 있다. 적합한 처리 접근법은 예를 들면 큰 표면적 구조체의 처리를 위해 채택된 통상의 접근법을 포함한다. 예를 들면, 구조체는 증착 프로세스, 제거 프로세스 및 개질 프로세스로 처리될 수 있다. 적합한 증착 프로세스는 예를 들면, 화학적 증기 증착(CVD), 물리적 증기 증착(PVD), 스프레이 코팅, 브러시 코팅, 딥 코팅, 나이프 코팅, 압출 코팅, 잉크젯 인쇄, 이들의 공지된 또는 신규한 변형, 이들의 조합 등을 포함한다. 적합한 제거 프로세스는 예를 들면 화학적 에칭, 건식 에칭 또는 방사선 기반 에칭, 기계적 연마, 화학 기계적 연마, 이들의 공지된 또는 신규한 변형, 이들의 조합 등을 포함한다. 개질 기술이 구조체의 표면을 따라 재료의 특성 및/또는 조성을 개질하는데 사용될 수 있다. 적합한 개질 기술은 예를 들면 불활성, 산화성 또는 환원성 환경 내에서의 구조체의 가열, 반응성 화학물과 구조체의 접촉, 샘플에서의 방사선의 지향, 이들의 조합 등을 포함한다. 증착, 재료 제거 및/또는 개질이 마스크 또는 리소그래픽 기술과 조합하여 수행될 수 있다.

<247> 광전지판의 형성

<248> 광전지판은 일반적으로 적절한 구조체 상에 조립되고 전기 접속된 복수의 광전지를 갖는다. 예를 들면, 반도체 아일랜드는 보호 투명 시트 상에 직접 형성될 수 있다. 대안적으로, 반도체 구조체는 개별 전지를 위해 형성되고 개별 형성 후에 보호 시트 상에 고정될 수 있다. 대형 재료의 시트가 형성되면, 이들은 선택된 개별 전지 요소를 형성하도록 높은 정밀도로 개별 전지로 절단될 수 있다. 반도체 아일랜드는 투명한 전방면 상의 배치에 앞서 또는 배치 후에 실시되는 처리에 의해 원하는 구조체, 도펀트 등을 갖고 형성될 수 있다. 개별 전지는 직렬, 병렬 또는 이들의 조합으로 전기적으로 상호 접속된다. 적합한 상위층, 하위층, 밀봉체 등이 판을 완성하는데 사용될 수 있다. 반도체 시트가 디바이스 내로의 형성을 위해 전달되는 실시예에서, 해체층은 디바이스의 처리 중에 선택된 스테이지에서 제거되거나 파쇄된다. 그러나, 반도체가 투명 기관 상에 직접 증착되면, 반도체의 어떠한 전달도 광전지 구조체를 형성하는데 사용되지 않고, 일반적으로 어떠한 층도 형성되지 않을 것이다.

<249> 일반적으로, 태양 전지판은 광이 판에 진입하여 반도체 재료를 타격할 수 있도록 구성된다. 광의 흡수로부터 발생된 전하는 대향하는 집전체를 사용하여 채취된다. 판의 표면은 일반적으로 환경적인 습격으로부터 재료를

보호하도록 적절하게 밀봉된다. 적절한 배선이 판의 전지로의 전기적인 접속을 제공할 수 있다. 반도체 재료의 전기 전도도를 증가시키기 위해, 실리콘은 반도체 재료의 벌크를 통해 도핑될 수 있다. 특히, 실리콘/게르마늄 반도체는 예를 들면 1×10^4 내지 약 1×10^{18} 원자/cm³의 농도로 인과 같은 n-형 도펀트 또는 p-형 도펀트로 도핑될 수 있다.

<250> 몇몇 실시예에서, 재료를 절약하기 위해 얇지만 너무 얇은 반도체 층은 원하는 양의 광을 흡수하지 않을 수 있기 때문에 너무 얇지는 않은 실리콘/게르마늄 반도체의 층을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서, 몇몇 실시예에서, 실리콘/게르마늄 반도체는 약 2 미크론 내지 약 100 미크론, 몇몇 실시예에서는 약 3 미크론 내지 약 80 미크론, 다른 실시예에서는 약 4 미크론 내지 약 70 미크론, 부가의 실시예에서는 약 5 미크론 내지 약 60 미크론의 평균 두께를 가질 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 평균 두께의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다.

<251> 일반적으로, 개별 태양 전지로부터의 태양 전지판의 조립은 발명의 명칭이 "태양 전지 모듈(Solar Cell Module)"인 모리잔(Morizane) 등의 미국 특허 제6,818,819호, 발명의 명칭이 "태양 전지 모듈(Solar Cell Module)"인 카타오카(Kataoka) 등의 미국 특허 제6,307,145호, 발명의 명칭이 "실리콘 박막, 집적 태양 전지, 모듈 및 이들의 제조 방법(Silicon Thin-Film, Integrated Solar Cell, Module, and Methods of Manufacturing the Same)"인 포트(Ford) 등의 미국 특허 제6,362,021호 및 제6,420,643호에 더 설명되어 있고, 이들 4개의 특허 모두는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있다. 이들 특허의 교시는 본 명세서에 설명되어 있는 얇은 반도체 재료를 사용하여 태양 전지판의 구성을 위해 채택될 수 있다.

<252> 일반적으로, 실리콘/게르마늄 반도체의 얇은 시트로부터 광전지 모듈을 형성하기 위해, 전체 모듈을 형성하는데 사용될 수 있는 큰 필름의 층이 형성될 수 있다. 실리콘/게르마늄 반도체는 실리카 글래스층 등과 같은 투명 기판 상에 직접 증착될 수 있다. 부가의 패시베이션층이 원소 실리콘층과 투명 기판 사이에 증착되거나 증착되지 않을 수도 있다. 패시베이션층은 예를 들면 실리콘 산화물(SiO₂) 또는 실리콘 농후 산화물(SiO, x <2)을 포함할 수 있다. 패시베이션층은 일반적으로 약 10 나노미터(nm) 내지 200 nm, 다른 실시예에서는 30 nm 내지 180 nm, 부가의 실시예에서는 50 nm 내지 150 nm의 두께를 가질 수 있다. 전방 패시베이션층은 반사 방지 코팅으로서 또한 기능할 수 있다. 당업자는 상기 명시적인 범위 내의 두께의 부가의 범위가 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 투명 기판의 표면은 증착 프로세스에 앞서 표면 질감 형성될 수 있다. 적절한 정도의 표면 질감부가 전술되어 있다. 일반적으로, 표면 질감부는 패시베이션층을 통해 그리고 반도체층의 전체 또는 일부를 통해 전달된다. 후방면 패시베이션층은 또한 반도체 시트 상에 형성될 수 있다.

<253> 부가의 또는 대안적인 실시예에서, 실리콘/게르마늄 반도체의 얇은 시트가 해체층을 사용하여 전달될 수 있다. 몇몇 처리가 해체층으로부터 층을 해제하기 전에 실리콘 포일 상에 수행될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 패시베이션층 및/또는 표면 질감부가 증착 및 처리 후에 상부면 상에 배치된다. 패시베이션층은 광 반응성 증착, CVD, PVD 등을 사용하여 증착될 수 있다. 표면 질감은 스퍼터 에칭 등을 사용하여 도포될 수 있다. 일단 임의의 표면 질감부 및 패시베이션층이 반도체 표면 상에 배치되면, 표면은 예를 들면 접착제 등을 사용하여 투명 기판에 부착될 수 있다. 다음, 해체층은 반도체층을 해제하도록 절단될 수 있다. 반도체의 후방면은 이어서 광전지로 처리될 수 있다.

<254> 이들 다양한 실시예에서, 반도체 시트는 해체층을 갖는 반도체를 전달하거나 전달하지 않고 투명 기판에 고정된다. 모듈을 위한 균일성 성능 기준을 용이하게 하기 위해 단일의 대형 시트로부터 전체 모듈을 형성하는 것이 바람직하다. 개별 전지는 대형 시트로부터 선택된 크기로 절단될 수 있다.

<255> 전지는 일단 원하는 분할이 개략적으로 맵핑되면 시트로부터 절단될 수 있다. 전지는 다이아몬드날 블레이드 또는 다른 기계적인 방법을 사용하여 절단될 수 있다. 그러나, 이용 가능한 레이저 절단 기술은 특히 전지 배치의 실시간 결정으로 특정의 편의성을 제공한다. 적합한 레이저 절단 시스템은 미국 매사추세츠주 설리 소재의 옥스퍼드 레이저스 인크(Oxford Lasers, Inc.), 미국 매사추세츠주 옥스퍼드 소재의 IPG 포토닉스 코포레이션(IPG Photonics Corp.) 뿐만 아니라 다른 상업적인 소스로부터 입수 가능하다. 전지는 일반적으로 실리콘 시트가 투명 기판에 접촉된 상태로 절단된다. 레이저 절단 접근법은 투명 기판이 그 기계적인 완전성을 유지하는 한 전지 성능을 손상하지 않고 투명 기판 내로 약간 절단될 수 있다. 일반적으로, 전지의 레이저 절단은 접점의 도핑에 관한 단계 전에, 후에 또는 중에 수행될 수 있다.

<256> 투명 기판에 결합된 전방면에 의해, 반도체의 후방면은 부가의 처리를 위해 노출된다. 구조체는 도 23 및 도

24에 개략적으로 도시되어 있다. 도시되어 있는 바와 같이, 9개의 광전지(660)가 투명 기판(662) 상에 위치된다. 도 24를 참조하면, 광전지(660)는 전방 패시베이션층(664), 반도체층(666) 및 후방 패시베이션층(668)을 포함한다. 9개의 광전지가 도시되어 있지만, 모듈은 1개의 광전지, 10개의 광전지, 25개의 광전지, 50개의 광전지, 100개의 광전지, 500개의 광전지, 1000개의 광전지, 또는 그 이상과 같은 상이한 수의 광전지를 가질 수 있다. 당업자는 이들 명시적인 수 사이의 모듈 내의 광전지의 수를 위한 모든 부가의 값이 예상되고 본 명세서의 개시 내용 내에 명시적으로 있다는 것을 인식할 것이다.

<257> 태양 전지 디자인에 대한 특정 접근법에서, 전기 접점이 전기 접점을 위한 상이한 배치를 갖도록 설계될 수 있다. 전기 접점은 n-도핑된 영역, p-도핑된 영역 및 적절한 집전체를 포함한다. 본 명세서에 설명되어 있는 얇은 실리콘 포일의 처리를 위해, 포일의 취급을 용이하게 하도록 후방면에 접점을 적용하는 것이 적절할 수 있다. 광전지의 형성을 위한 효율적인 후방면 처리 접근법은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광전지 구조체, 태양 전지판 및 대응 프로세스(Photovoltaic Cell Structures, Solar Panels and Corresponding Processes)"인 2007년 2월 16일 출원된 히슬마이어 등의 계류중인 미국 가출원 제60/902,006호에 더 설명되어 있다.

<258> 반도체 포일로 형성된 디스플레이 회로 및 다른 집적 회로

<259> 얇은 반도체 시트는 디스플레이용 회로 뿐만 아니라 다른 집적 회로 구조체의 형성을 위한 다용도 기판일 수 있다. 실리콘/게르마늄 반도체 포일은 선택적으로 인쇄형 기술과 같은 다른 패터닝 접근법과 함께 포토리소그래픽 기술에 의해 더 처리될 수 있다. 특히, 감소된 두께의 디스플레이 디바이스의 형성을 위해 사용될 수 있는 예를 들면 박막 트랜지스터(TFT) 요소와 같은 트랜지스터 요소의 시트가 형성될 수 있다.

<260> 일반적으로, 얇은 실리콘/게르마늄계 반도체 시트는 영구 기판 상에 또는 일시적인 기판 상의 해체층 상에 증착될 수 있다. 시트는 트랜지스터 또는 다른 회로 구조체를 형성하도록 패터닝될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 실리콘/게르마늄 반도체는 서브미크론 평균 두께를 갖는 것과 같이 더 얇을 수 있다. 얇은 반도체 필름으로부터 포토리소그래픽 기술을 사용하는 박막 트랜지스터의 형성은 발명의 명칭이 "반도체 박막 및 이를 제조하는 방법과 반도체 디바이스 및 이를 제조하는 방법(Semiconductor Thin Film and Method of Manufacturing the Same and Semiconductor Device and Method of Manufacturing the Same)"인 야마자키(Yamazaki) 등의 미국 특허 제 6,787,806호 및 발명의 명칭이 "전자 광학 디바이스 및 이를 제조하는 방법(Electro-Optical Device and Method for Manufacturing the Same)"인 야마자키의 미국 특허 제 7,115,902호에 더 설명되어 있고, 양 특허는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있다.

<261> 패터닝과 관련하여, 도펀트는 시트를 따라 얇은 표면적으로 도입될 수 있다. 이들 도메인은 열/오븐 기반, 레이저 기반 또는 유사한 도펀트 드라이브 인을 갖는 인쇄된 도펀트를 사용하여 형성될 수 있다. 특히 관심 있는 실시예에서, 도펀트는 산업용 잉크젯을 사용하여 분배될 수 있는 도펀트 운반 잉크 내에 전달된다. 대면적에 걸친 잉크젯 해상도는 현재 200 내지 800 dpi에서 즉시 이용 가능한데, 이는 레이저 스크라이빙 구멍을 커버하기 위한 단일 액적을 갖는 100 내지 200 피치 라인을 패터닝하는데 적절하다. 또한, 잉크젯 해상도는 계속 향상된다. 2개의 잉크가 일반적으로 사용되는데, 하나의 잉크는 인 및/또는 비소와 같은 n-형 도펀트를 제공하고, 제2 잉크는 붕소, 알루미늄 및/또는 갈륨과 같은 p-형 도펀트를 제공한다.

<262> 일반적으로, 노출된 실리콘에 원하는 도펀트 원자를 전달할 수 있는 임의의 적당한 잉크가 사용될 수 있다. 예를 들면, 액체를 함유하는 인 또는 붕소가 증착될 수 있다. 특히, 적합한 잉크는 예를 들면 트리옥틸 포스페이트, 에틸렌 글리콜 및/또는 프로필렌 글리콜 내의 인산 또는 에틸렌 글리콜 및/또는 프로필렌 글리콜 내의 붕산을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 무기 입자가 로딩된 잉크가 증착되어 도펀트를 제공할 수 있다. 예를 들면, 무기 입자는 도핑된 실리카를 포함할 수 있다. 도핑된 실리카 글래스가 포토리소그래픽 프로세스를 사용하여 광전지를 위한 도펀트를 전달하는데 사용되어 왔다. 도핑된 입자를 갖는 잉크의 사용은 잉크젯 인쇄의 장점을 갖는 포토리소그래픽 접근법과 유사한 성능을 제공할 수 있다.

<263> 도핑된 실리카(SiO_2) 입자는 일반적으로 유동 기반 또는 용액 기반 접근법으로부터 형성될 수 있다. 강렬한 전자 방사선원으로부터의 광이 반응을 추진하여 입자를 형성하는 광 기반 열분해/레이저 열분해를 사용하여 높은 균일성을 갖는 상업적인 양의 무기 입자를 합성하기 위한 방법이 이용 가능하다. 레이저 열분해는 조성, 결정자 및 크기에서 매우 균일한 입자의 형성에 유용하다. 더욱이, 무기 입자는 예를 들면 높은 분산성 및 원하는 구조체 내로의 즉시의 혼입을 유도하는 바람직한 표면 특성을 갖는 입자를 생성하는 레이저 열분해를 사용하여 효과적으로 형성될 수 있지만, 다른 입자원이 사용될 수 있다. 레이저 열분해에 의해 형성된 도핑된 실리카 입자는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "광학 재료 및 광학 디바이스(Optical Materials

and Optical Devices)"인 혼 등의 미국 특허 제6,849,334B호에 더 설명되어 있다.

- <264> 레이저 열분해에 의해 형성된 입자는 일반적으로 적절한 농도에서 분산될 적절한 표면 화학물을 갖는다. 입자 분산의 안정성은 입자의 표면 개질을 통해 입자의 더 높은 농도에서 향상될 수 있다. 일반적으로, 입자의 표면 특성은 입자의 분산에 영향을 준다. 입자의 표면 특성은 일반적으로 합성 접근법 뿐만 아니라 합성후 처리에 의존한다. 다수의 계면 활성제와 같은 몇몇 표면 활성제가 입자 표면과의 비결합 상호 반응을 통해 작용한다. 몇몇 실시예에서, 바람직한 특성은 입자 표면에 화학적으로 결합하는 표면 개질제의 사용을 통해 얻어진다. 적합한 표면 개질제는 예를 들면 O-Si 결합을 통해 금속 산화물 및 준금속 산화물 입자에 화학적으로 결합하는 알콕시실란을 포함한다. 특히, 트리알콕시실란은 입자 표면과의 안정된 결합을 형성한다. 실란의 측기(side group)는 표면 개질된 입자의 최종 특성에 영향을 준다.
- <265> 무기 입자 분산으로부터 잉크를 형성하기 위해, 원한다면 점도 개질제, 계면 활성제 등과 같은 다른 첨가제가 포함될 수 있다. 반도체를 도핑하기 위한 도핑 잉크는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "반도체 기판을 도핑하기 위한 도핑된 분산 및 프로세스(Doped Dispersions and Processes for Doping Semiconductor Substrates)"인 2007년 1월 3일 출원된 히슬마이어의 계류중인 미국 가출원 제60/878,239호에 더 설명되어 있다.
- <266> 도펀트 잉크의 증착 후에, 선택적인 건조 단계가 용제 및/또는 다른 유기물을 제거하는데 사용될 수 있다. 1 마이크로 미만의 두께를 갖는 얇은 필름이 도펀트 드라이브 인 프로세스를 위해 잔류될 수 있다. 드라이브 인 단계 중에, 증착된 도펀트 원소는 실리콘 내에 도핑된 영역을 형성하기 위해 실리콘 내로 구동된다. 드라이브 인은 고상 확산을 가속화하기 위해 오픈 내에서의 가열에 의해 수행될 수 있다. 도펀트의 열적 드라이브 인은 일반적으로 실리콘 내의 도펀트의 가우스 프로파일을 생성하여 비교적 깊은 도펀트 구조체가 일반적으로 원하는 전체 도핑 레벨을 얻도록 얻어진다.
- <267> 그러나, 몇몇 실시예에서, 레이저 드라이브 인이 예를 들면 엑시머 레이저와 같은 UV 레이저로 수행된다. 10 내지 1000 ns의 엑시머 레이저 펄스는 20 내지 80 nm의 깊이로 1400°C를 초과하는 온도에서 실리콘의 용융을 초래할 수 있다. 상위층 내의 도펀트는 용융된 실리콘 내로 급속하게 확산되지만, 일반적으로 용융된 실리콘을 지나 매우 적게 확산된다. 따라서, 대략 단계식 도펀트 프로파일은 가능하게는 가용성보다 큰 레벨에 도달하는 도펀트 농도를 갖고 성취될 수 있다. 부가적으로, 실리콘층의 벌크 및 하부층은 주위의 실온으로 또는 거의 실온으로 유지된다. 따라서, 상당히 도핑된 접점이 약 20 nm 내지 약 100 nm의 두께를 갖고 얇은 프로파일로 형성될 수 있다. 얇은 프로파일을 갖는 몇몇 실시예에서, 도펀트 프로파일은 반도체 표면의 약 100 nm 내의 반도체의 도펀트의 적어도 약 95 원자 %를 갖는다. 도펀트 프로파일은 2차 이온 질량 분광계(SIMS)를 사용하여 측정되어 표면으로부터 상이한 깊이의 샘플로의 스퍼터링 또는 다른 에칭과 함께 원소 조성물을 평가할 수 있다. 20 ns 펄스에 대한 약 0.75 J/cm^2 또는 200 ns 펄스에 대해 1.8 J/cm^2 의 엑시머 레이저 강도가 얇은 용융된 영역에 대한 적합한 파라미터이다.
- <268> 몇몇 도펀트 잉크는 드라이브 인 후에 존재하는 경우 잔류물을 남겨둘 수 있다. 도핑된 실리카(SiO_2)를 사용하는 도펀트 잉크는 일반적으로 도펀트 드라이브 인 후에 표면으로부터 세척된다. 잔류 SiO_2 및 몇몇 불순물은 HF 에칭으로 제거될 수 있다. 최종 반도체 시트는 반도체 도메인을 열악하게 전도함으로써 분리된 도핑된 도메인을 갖는다.
- <269> 부가의 층이 반도체 시트 상에 형성될 수 있다. 이들 구조체는 포토레지스트에 의한 포토리소그래피와 같은 통상의 반도체 증착 프로세스와, CVD, PVD 등과 같은 표면 기반 증착 접근법을 사용하여 형성될 수 있다. 더욱이, 실리케이트, 실록산 또는 실세스퀴옥산에 기초하는 스핀-온-글래스(spin-on-glass)가 필름트로닉스 인크(Filmtronics, Inc.)로부터 상업적으로 입수 가능하다. 몇몇 실시예에서, 반도체 잉크는 순수 형태의 또는 도펀트를 갖는 실리콘/게르마늄계 반도체 내로 처리될 수 있는 반도체 전구체를 증착하는데 사용될 수 있다. 폴리실란은 반도체 재료로 분해하기 위해 적당한 열처리를 통해 처리될 수 있는 이들 기능성 잉크를 형성하는데 사용될 수 있다. 낮은 정도의 가교결합을 갖는 고분자량 폴리실란을 포함하는 개량된 기능성 잉크는 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "기능성 잉크 및 그 적용(Functional Inks and Applications Thereof)"인 2007년 2월 17일 출원된 디오우마우프(Dioumauv) 등의 계류중인 미국 가출원 제60/901,786호에 더 설명되어 있다. 이들 기능성 잉크는 잉크젯 인쇄와 같은 임의의 적당한 인쇄 접근법을 사용하여 증착될 수 있다. 인쇄 접근법은 인쇄가 더 향상되도록 예측되는 현존하는 기술을 사용하여 적당한 해상도를 성취할 수 있으면서 포토리소그래피 및 관련 증착 접근법과 비교하여 고속의 저가의 접근법일 수 있다. 또한, 이들 기능성 잉

크는 통상의 처리 접근법보다 낮은 온도 처리를 사용하여 반도체 구조체를 형성하는데 사용될 수 있다. 기판 및 해제층은 잉크를 위한 경화 온도와 호환 가능하도록 선택될 수 있다.

<270> 박막 트랜지스터를 구비한 디스플레이는 e-페이퍼용 소형의 저가 디스플레이 또는 다양한 용도의 대형 디스플레이일 수 있다. 디스플레이 용례를 위한 TFT의 형성을 위한 포토리소그래피 기술은 본 명세서에 참조로서 인용되어 있는 발명의 명칭이 "트랜지스터 제조 방법(Method of Manufacturing a Transistor)"인 파월(Powell)의 미국 특허 제6,759,711호에 더 설명되어 있다.

<271> 실시예

<272> 본 실시예에서는, 해제층 상부의 비교적 조밀한 실리콘 시트의 형성이 설명된다.

<273> 이들 실험은 반응 챔버의 상부로부터 전달된 반응물을 갖는 구조를 갖는 도 8 내지 도 10에 도시되어 있는 장치와 유사한 장치 상에서 수행되었다. 실험을 위해 사용된 특정 장치에 대해, 반응물 입구 노즐(704) 아래에 장착된 스테이지(702)를 도시하고 있는 반응 챔버(700)의 절결도가 도 27에 도시되어 있다. 스테이지(702)는 기판으로부터 광빔의 중심까지의 거리가 1 mm 내지 20 mm로 조절될 수 있도록 조절 가능하다. 광빔은 광 튜브(710) 상의 장착부(708) 내의 개구(706)를 통해 챔버(700)에 진입할 수 있다. 출구 광 튜브(712)는 챔버를 통한 투과 후에 빔을 수용한다. 스테이지(702)는 액추에이터 포트(714)를 통해 챔버(700)에 진입하는 액추에이터 아암에 연결된다.

<274> 스테이지(702)의 개별 도면이 도 28에 도시되어 있다. 스테이지(702)는 지지 플랫폼 상에 장착된 질화 붕소 히터(722)를 갖는 스테인레스강 지지 플랫폼(720)을 포함한다. 질화 붕소 히터는 GE 세라믹스(GE Ceramics)로부터 얻어졌다. 히터(722)는 웨이퍼형 플랫폼(724) 및 레그(726)를 갖는다. 실리콘 기판(728)은 손잡이(730) 및 기둥(732)으로 플랫폼(724)의 상부면에 유지된다. 기판(728)은 4 in(101.6 mm)의 직경을 가졌다.

<275> 증착 프로세스 중에, 질화 붕소 히터는 약 800℃의 온도로 기판을 유지하였다. 2개의 코팅 런(run)이 수행되었다. 제1 코팅 런은 실리콘 농후 질화물을 해제층을 증착하였고, 제2 런은 결정질 실리콘을 증착하였다.

<276> 런 중에, 스테이지는 표 1에 지정된 속도로 1 사이클 또는 2 패스로 노즐을 지나 이동되었다. 광 반응성 증착에 의한 해제층 코팅의 생성을 위한 반응 조건은 표 1에 제시되어 있다.

표 1

<277>	레이저 출력(와트)	1800
	챔버 압력(Torr)	100
	기판 온도(℃)	820
	스테이지 속도(in/sec)	30 cm/min
	암모니아(sccm)	400
	아르곤(sccm)	500
	SiH ₄ (sccm)	50
	증착 시간(분)	

<278> 해제층의 증착 후에, 결정질 실리콘층이 표 2의 조건에 따라 증착되었다.

표 2

<279>	레이저 출력(와트)	1800
	챔버 압력(Torr)	100
	기판 온도(℃)	820
	스테이지 속도(cm/sec)	10
	아르곤(sccm)	700
	SiH ₄ (sccm)	250
	증착 시간(분)	5

<280> 코팅 런의 완료 후에, 기판은 웨이퍼의 표면을 가로질러 균일한 회색/흑색 코팅을 갖는 것으로 나타났다. 실리콘 컬러는 원소 실리콘의 예측된 컬러와 유사했다. 코팅은 주사 전자 현미경(SEM)에 의해 측정될 때 약 50%의

다공성을 갖는 대략 50 마이크론의 두께를 가졌다. 정전기는 이 실시예에서 해제층을 파열하는데 충분한 것으로 관찰되었다. 기관 상의 최종 실리콘 포일의 상부면의 현미경사진이 도 29에 도시되어 있다. 도 30은 실리콘 포일의 부분이 해제층으로부터 분리되어 파쇄된 에지를 도시하고 있다. 해제층의 나머지는 기관 표면 상에서 볼 수 있다. 도 31은 기관으로부터 분리된 실리콘 포일의 파편을 도시하고 있다. 도 32는 더 밝은 컬러가 해제층의 나머지에 대응하는 도 31의 파편의 하부면을 도시하고 있다.

<281> 상기 실시예는 예시적이고 제한적이지 않은 것으로 의도된다. 부가의 실시예는 청구범위 내에 있다. 게다가, 본 발명이 특정 실시예를 참조하여 설명되었지만, 당업자들은 변경이 본 발명의 사상 및 범주에서 벗어나지 않고 형태 및 상세에 이루어질 수 있다는 것을 인식할 것이다. 상기의 문헌의 임의의 참조로서의 인용은 본 명세서의 명시적인 개시 내용에 상반하는 어떠한 요지도 인용되지 않도록 제한된다.

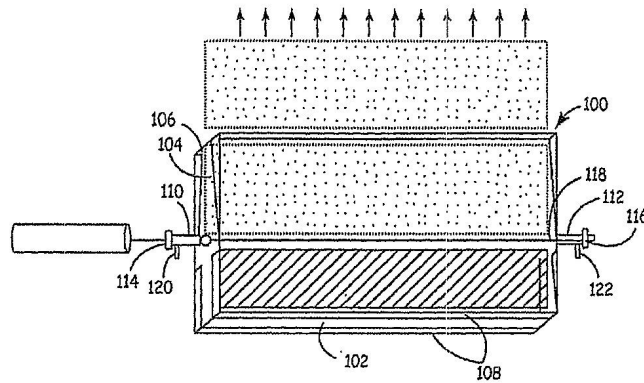
도면의 간단한 설명

- <13> 도 1은 높은 생산 속도에서 광 반응성 증착을 수행하기 위한 반응 챔버의 측면 사시도.
- <14> 도 2는 도 1의 반응기와 같은 유동 반응 시스템으로의 증기/가스 반응물의 전달을 위한 반응물 전달 시스템의 개략도.
- <15> 도 3은 반응 챔버 내로의 에어로졸 및 가스/증기 조성물의 전달을 위한 에어로졸 발생기를 갖는 반응물 입구 노즐의 측단면도로서, 단면은 삽입 도면의 라인 3-3을 따라 취해지고, 삽입 도면은 세장형 반응물 입구의 평면도를 도시하고 있는 도면.
- <16> 도 4는 도 3의 삽입 도면의 라인 4-4를 따라 취한 도 3의 반응물 입구 노즐의 측단면도.
- <17> 도 5는 조밀한 코팅이 반응 챔버 내의 기관에 도포되어 있는 광 반응성 조밀 증착 장치의 개략도.
- <18> 도 6은 기관에 인접하여 위치된 반응 구역에 반응물을 전달하는 반응물 노즐의 사시도.
- <19> 도 7은 라인 7-7을 따라 취한 도 6의 장치의 단면도.
- <20> 도 8은 광 반응성 조밀 증착을 수행하기 위한 반응 챔버의 실시예의 사시도.
- <21> 도 9는 도 8의 광 반응성 증착 챔버의 반응 챔버의 확대도.
- <22> 도 10은 도 8의 반응 챔버의 기관 지지체의 확대도.
- <23> 도 11은 광 반응성 조밀 증착을 수행하기 위한 장치의 대안 실시예의 사시도.
- <24> 도 12는 도 11의 장치의 반응물 전달 시스템의 개략도.
- <25> 도 13은 도 11의 장치의 반응 챔버의 확대도.
- <26> 도 14는 라인 14-14를 따라 취한 도 13의 반응 챔버의 단면도.
- <27> 도 15는 기관 홀더부가 제거되어 배플 시스템이 가시화되어 있는 도 13의 반응 챔버의 대안 단면도.
- <28> 도 16은 도 13의 반응 챔버용 반응물 입구 노즐의 평면도.
- <29> 도 17은 도 13의 반응 챔버의 노즐용 구동 시스템의 부분인 이중 선형 조종기의 사시도로서, 이중 선형 조종기는 별도의 조망을 위해 반응 챔버로부터 분리되어 있는 사시도.
- <30> 도 18은 대형 기관의 운반을 위해 구성된 광 반응성 증착 장치의 개략도.
- <31> 도 19는 마스크에 의해 부분적으로 덮여 있는 분말 코팅을 갖는 기관의 평면도.
- <32> 도 20은 화살표가 층상 구조체로부터의 오버코트층(overcoat layer)의 분리를 개략적으로 도시하고 있는 해제층을 갖는 층상 구조체의 개략 사시도.
- <33> 도 21은 해제층으로부터 제거 후에 구조화된 오버코트의 개략 사시도.
- <34> 도 22는 층상 오버코트 구조체의 층의 부분 측면도.
- <35> 도 23은 층상 오버코트 구조체의 대안 실시예의 부분 측면도.
- <36> 도 24는 대면적층 상에 패터닝된 증착된 아일랜드를 갖는 대면적층의 개략 사시도.

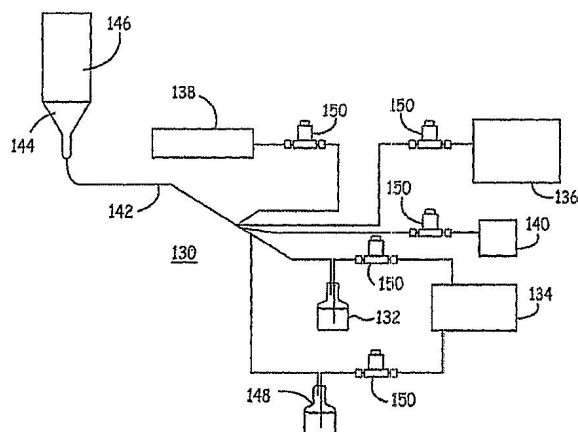
- <37> 도 25는 광전지로 처리하기 위해 투명 기판 상에 장착된 복수의 반도체 세그먼트를 갖는 투명 기판의 평면도.
- <38> 도 26은 도 25의 라인 26-26을 따라 취한 도 25의 구조체의 단면도.
- <39> 도 27은 상부로부터 생성물 흐름(produce flow)을 수용하도록 위치된 스테이지를 갖는 광 반응성 증착 반응 챔버의 내부를 도시하고 있는 절결 측면 사시도.
- <40> 도 28은 반응 챔버로부터 분리되어 도시되어 있는 도 27의 스테이지의 사시도.
- <41> 도 29는 광 반응성 증착에 의해 기판 상에 합성된 상태의 실리콘 포일의 상부면의 현미경 사진.
- <42> 도 30은 실리콘 포일의 파편이 해제층으로부터 분리되고 실리콘 포일의 나머지 부분은 여전히 부착되어 있는 예를 도시하고 있는 현미경 사진.
- <43> 도 31은 실리콘 포일의 파편을 도시하고 있는 사진.
- <44> 도 32는 더 밝은 컬러가 해제층의 잔여부에 대응하는 도 31의 실리콘 포일의 대향측을 도시하고 있는 사진.

도면

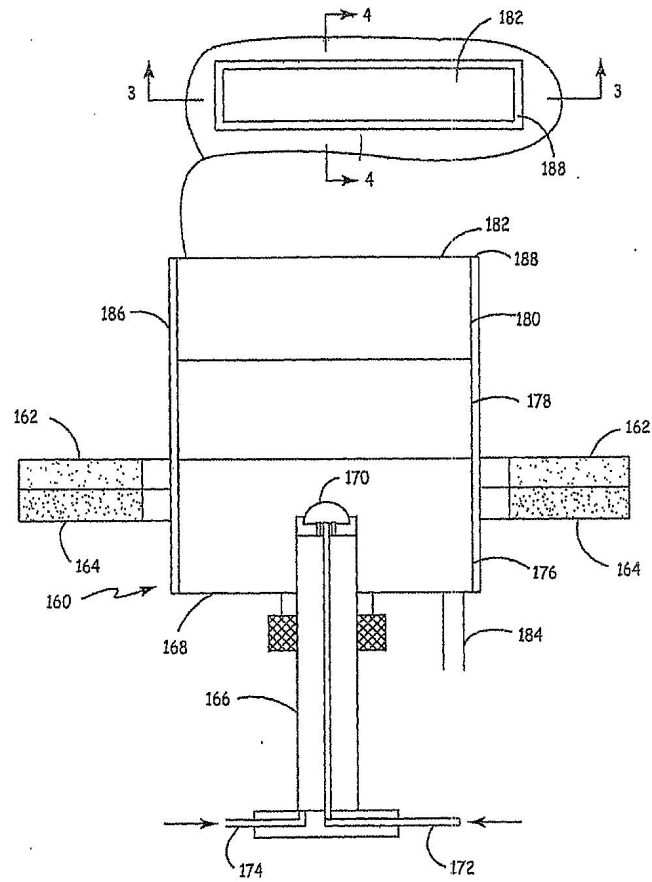
도면1



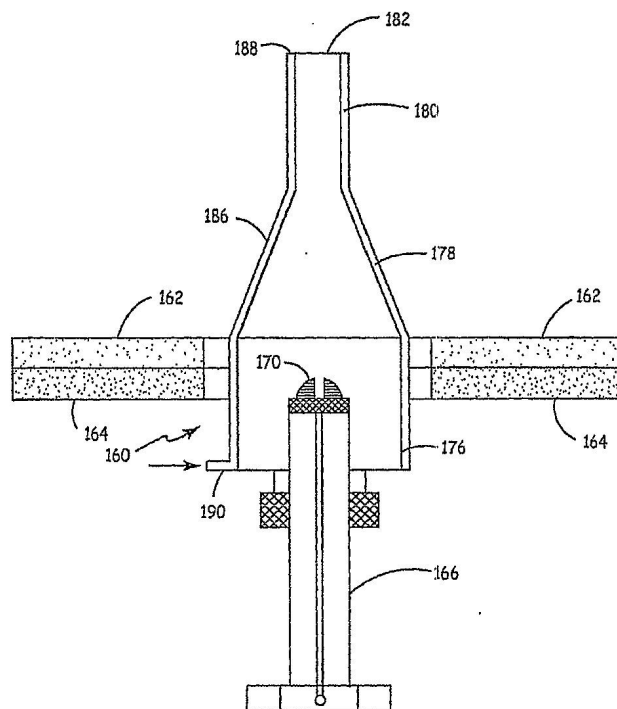
도면2



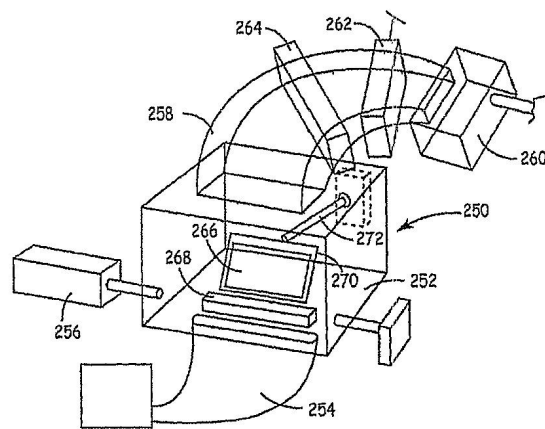
도면3



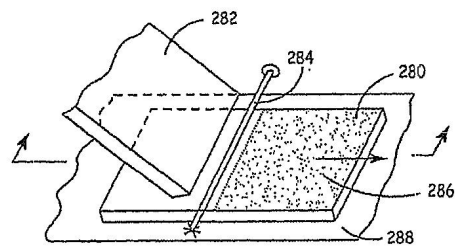
도면4



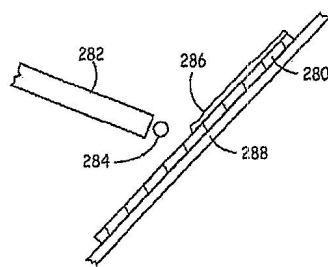
도면5



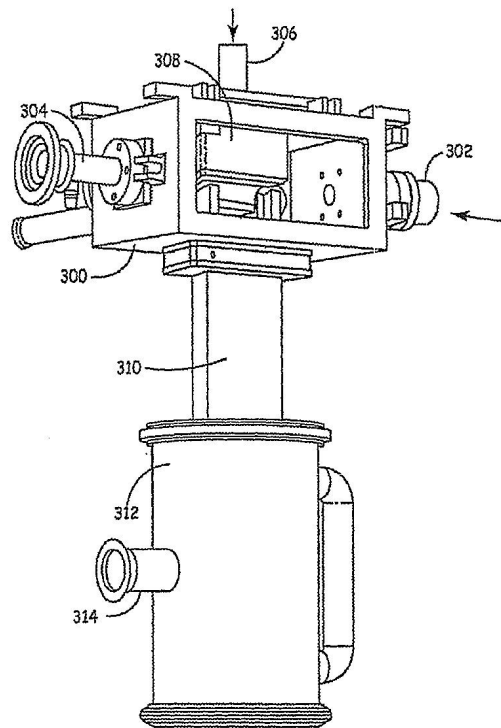
도면6



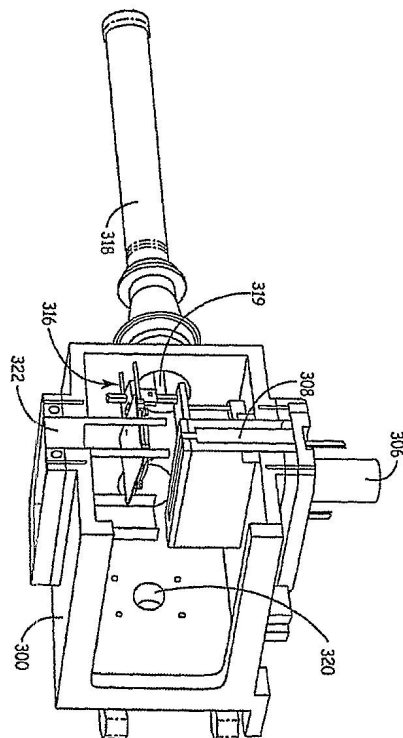
도면7



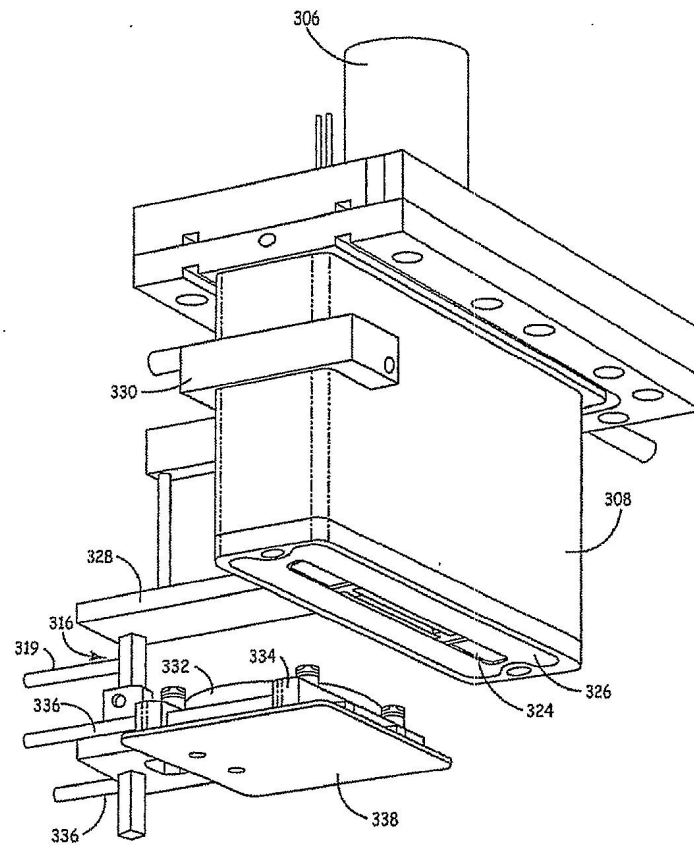
도면8



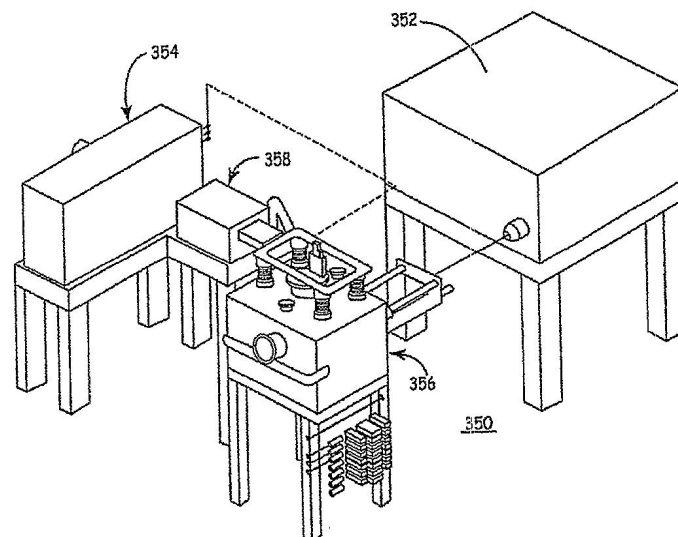
도면9



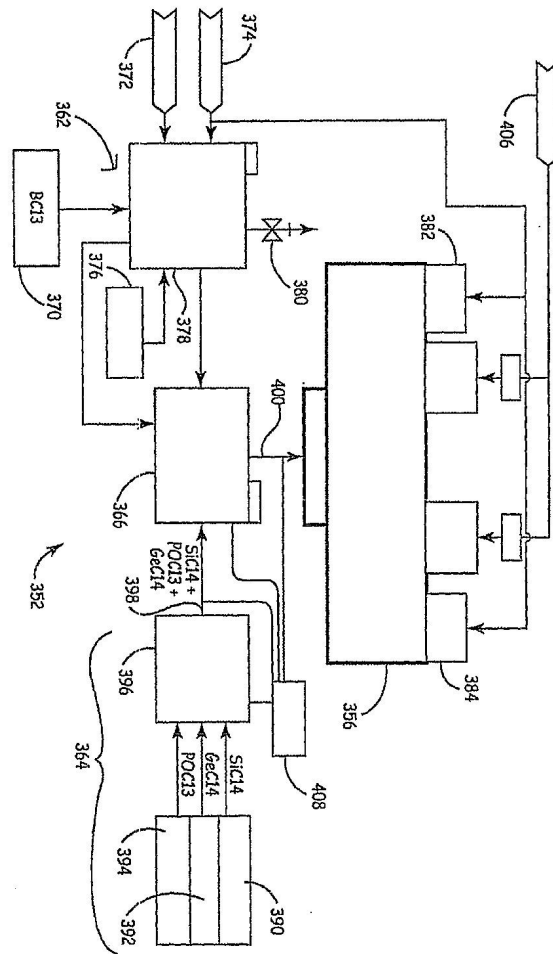
도면10



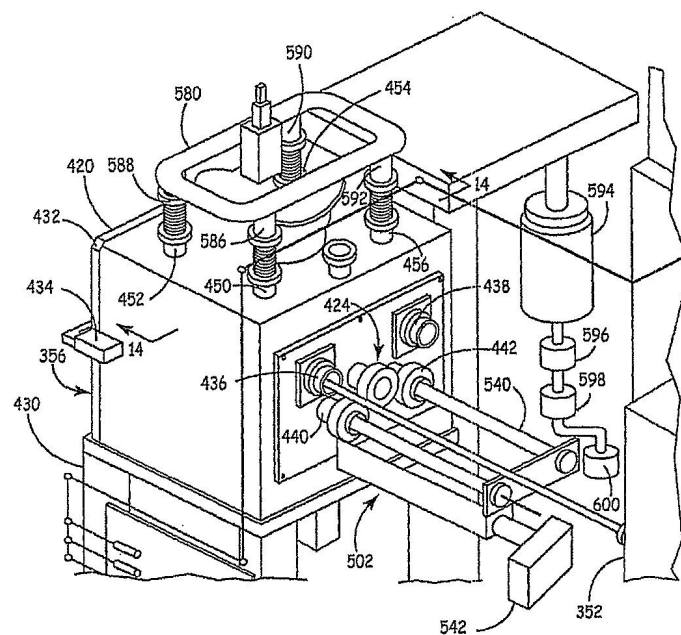
도면11



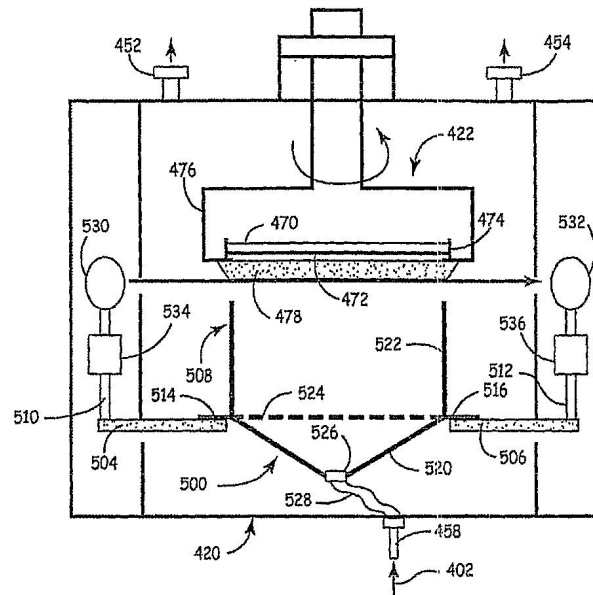
도면12



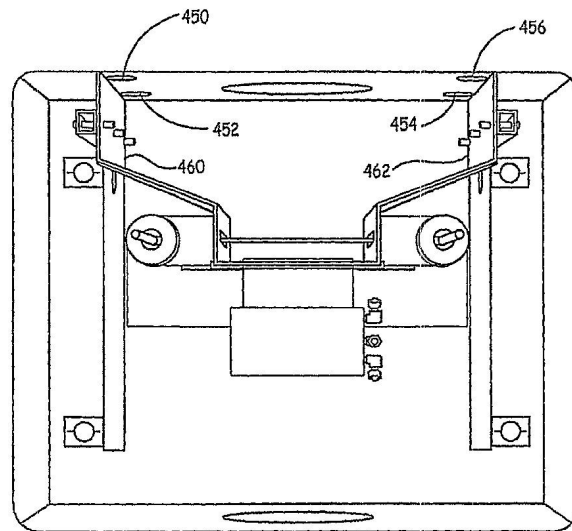
도면13



도면14



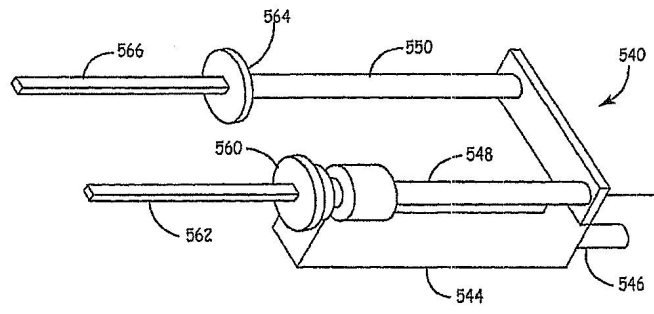
도면15



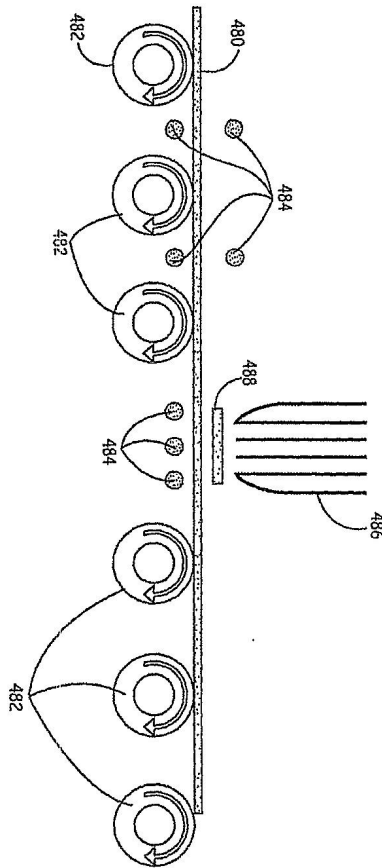
도면16



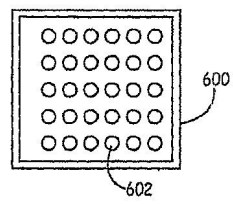
도면17



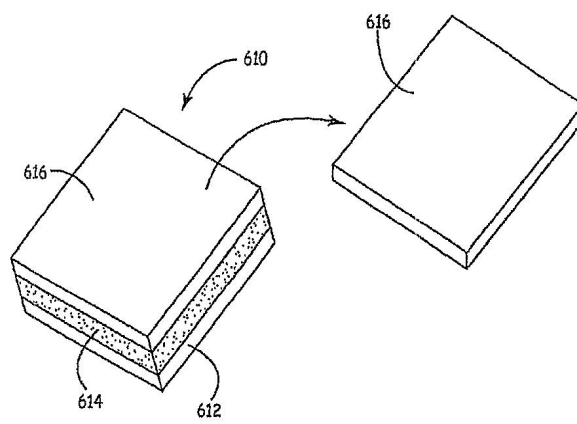
도면18



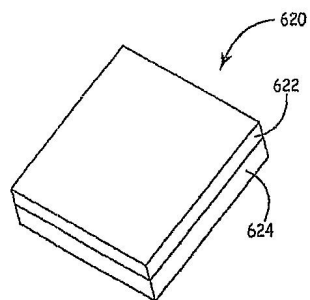
도면19



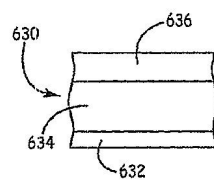
도면20



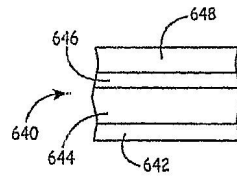
도면21



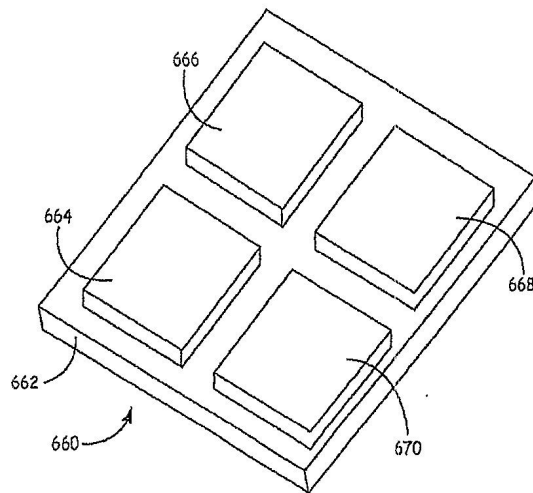
도면22



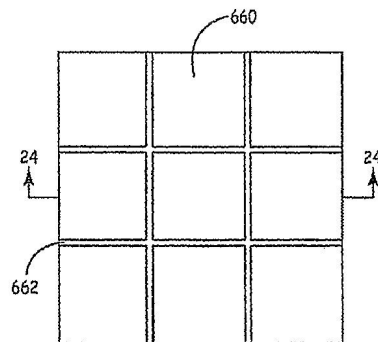
도면23



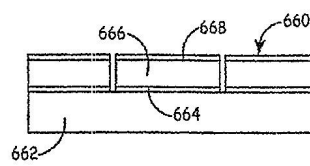
도면24



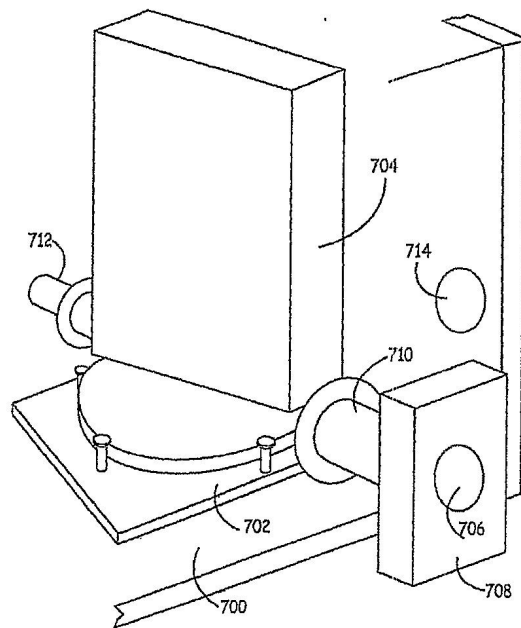
도면25



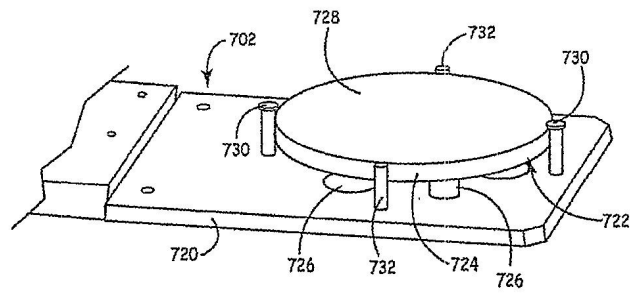
도면26



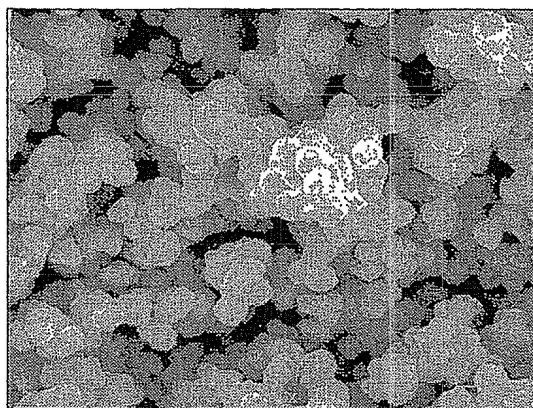
도면27



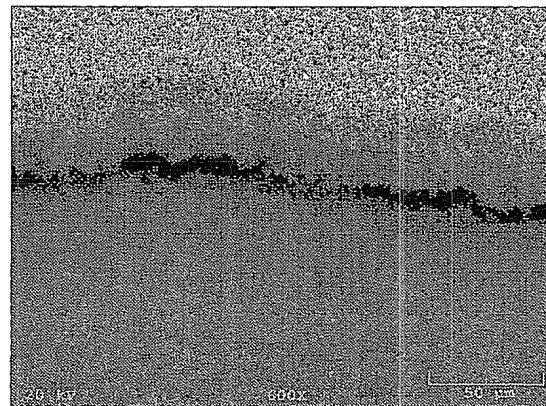
도면28



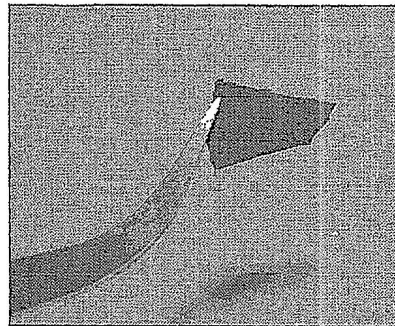
도면29



도면30



도면31



도면32

