(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
B05C 19/04

(11) 공개번호 10-2004-0012671
(43) 공개일자 2004년02월11일

(21) 출원번호 10-2003-7005403
(22) 출원일자 2003년04월17일
번역문 제출일자 2003년04월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2001/032413
(87) 국제공개번호 WO 2002/32588
(86) 국제출원출원일자 2001년10월16일
(87) 국제공개일자 2002년04월25일

(81) 지정국 국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀랜드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구아바부다, 코스타리카, 도미니카연방, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리즈, 모잠비크, 에쿠아도르, 인도,

AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨,

EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,

EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀랜드, 사이프러스, 터어키,

OA OAPI특허: 부르키나파소, 베넹, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기네비쏘, 적도기네,

(30) 우선권주장
60/241,200 2000년10월17일 미국(US)
09/715,935 2000년11월17일 미국(US)

(71) 출원인
네오포토닉스 코포레이션
미국 캘리포니아 94538 프리몬트 49040 밀몬트 드라이브

(72) 발명자
비시앙신
미국캘리포니아주94538산라몬그레이린드라이브677

모소로날드제이
미국캘리포니아주94539프레몬차패럴드라이브46553

카이러볼루시브쿠마
미국캘리포니아주94089서니베일어파트먼트90와일드우드애비뉴1235

쿠마수지트
미국캘리포니아주94560뉴와크포트레로드라이브39696

가드너제임스티

미국캘리포니아주95125산호세로리애비뉴1163

림승엠
미국캘리포니아주94550리버모어로데오레인3133

맥거번윌리엄이
미국캘리포니아주94549라파예트마르티노로드1346

(74) 대리인 김진환
김승욱

심사청구 : 없음

(54) 반응성 증착에 의한 코팅 형성

요약

광 반응성 증착은 조밀한 광선 빔(684)을 사용하여 기판(680)의 표면에 직접적으로 코팅되는 입자를 형성한다. 일부 실시예에서, 본 발명의 장치는 비원형 반응물 유입구(682), 광 경로(684)를 형성하는 광학 요소, 제1 기판(680) 및 장치에 연결된 모터를 포함한다. 반응물 유입구(682)는 생성물 스트림 경로가 반응 영역으로부터 계속되는 상태로 반응 영역을 형성한다. 기판(680)은 생성물 스트림 경로와 교차한다. 또한, 모터는 제1 기판(680)을 생성물 스트림에 대해 이동시키도록 작동한다. 효과적으로 매우 균일한 코팅을 생성하기 위하여 광에 의해 유도되는 화학 반응을 이용하는 각종의 광범위한 방법이 개시되어 있다.

대표도

도 19

명세서

기술분야

본 발명은 예컨대 광학 소자 또는 전기 소자의 최종 형성을 위해 기판의 표면에 코팅을 형성하는 것에 관한 것이다. 구체적으로 말하면, 본 발명은 기판 상의 매우 균일한 입자 코팅과, 기판 상에 유리 또는 기타 매우 균일한 코팅을 형성하도록 추가로 가공될 수 있는 매우 균일한 입자 코팅을 형성하는 효과적인 방법에 관한 것이다.

배경기술

기계적, 전기적, 광학적 부품을 일체의 소자로 통합하거나 집적하는 것은 물질 가공에 대해 많은 요구를 발생시키고 있다. 또한, 소자에 집적되는 개개의 부품은 크기가 축소되고 있다. 따라서, 기판에 피복되는 특정 조성물의 형성에 상당한 관심이 있다. 이들 물질로부터 고품질의 광학 코팅을 갖는 광학 소자를 형성하기 위하여, 코팅은 매우 균일해야 한다. 이들 코팅용의 매우 균일한 물질을 형성하는 데에 대한 관심으로 인하여, 공정의 개발이 자극받고 있다.

현재에 사용되는 광통신용 광 파장은 1.3 내지 1.6 마이크론이다. 광 도파로는 일반적으로 파장의 수배의 치수를 갖는다. 따라서, 광학 구조는 광학 모드 요건 및 기타 인자에 따라서 수 마이크론 내지 약 100 마이크론의 치수를 가질 수 있다.

인터넷 관련 시스템을 포함한 통신 및 정보 기술의 폭발적인 발전은, 매우 큰 대역폭의 이점을 취하도록 광섬유 통신망을 설치하고자 하는 전세계적인 노력을 촉발시켰다. 광섬유 기술의 용량은 고밀도 파장 분할 다중화 기술의 시행으로 더욱 확장될 수 있다. 증가하는 수요에 따라, 시스템 기능을 만족시키기 위하여 보다 많은 채널이 필요하다. 별도의 광학 부품을 대체하는 집적 요소를 사용하여 원하는 용량을 공급할 수 있다.

광학 부품은 전자 집적 회로와 유사한 평면 칩 타입 베이스 상에 통합될 수 있다. 광학 부품을 실리콘 웨이퍼와 같은 집적 칩에 배치함으로써, 많은 광학 부품을 매우 작은 용적으로 끼워 넣을 수 있다. 이들 집적 광학 칩의 대량 생산을 위하여, 리소그래피 및 건식 에칭과 같은 기존의 반도체 기술이 생산 공정의 적합한 단계에 유리하게 포함될 수 있다.

집적 광학 부품의 생산에는 고품질의 광학 물질을 기판 표면에 증착하는 것이 필요하다. 또한, 광학 물질로 특정의 소자를 제조할 수 있어야 한다. 특히, 광학 부품의 집적을 위한 유망한 기술은 평면 도파로의 생산에 집중되어 왔다. 반도체 기술은 광학 물질의 증착 후에 도파로를 형성하도록 사용되고 있다.

광학 필름 코팅의 기본적 특징으로는 표면 품질, 필름 균일성 및 광학 품질이 포함된다. 광학 품질은 원하는 레벨의 투과를 달성하기 위한 작고 충분한 흡수 및 산란 손실을 말하는 것이다. 또한, 광학 품질은 굴절율 및 복굴절 성질과 같은 광학 성질의 균일성을 포함한다. 광학 품질은 코어 층과 클래드 층(cladding layer) 사이의 인터페이스와 같은 인터페이스 품질을 또한 포함한다. 현재의 기준 은 예컨대 유리 섬유, 평면 도파로 유리, 리튬 니오브산염, InP에 의해 확립되어 있다. 실리카(SiO_2)의 경우에, 적합한 형태는 유리를 포함하고, 다른 물질의 경우에는 단결정 형태가 최고 품질의 광 투과를 갖는다.

광학 물질의 증착을 위해서는 여러 가지 방법이 사용 및/또는 제안되어 있다. 이들 방법은 예컨대 화염 가수분해 증착, 화학 증착, 물리 증착, 졸-겔 화학 증착 및 이온 주입을 포함한다. 화염 가수분해 증착이 평면 도파로의 상업적 시행을 선도하고 있다. 화염 가수분해와 화학 증착의 형태도 광 섬유 요소로서 사용되는 유리 섬유의 생산에 성공적이었다. 화염 가수분해 증착은 가스상 전구물질을 반응시키기 위하여 수소-산소 화염을 사용하는 것을 포함하여, 기판의 표면 상의 코팅으로서 광학 물질의 입자를 형성한다. 코팅의 후속 열처리에 의하여, 균일한 광학 물질이 형성될 수 있으며, 이 물질은 일반적으로 유리 물질이다.

균일성 및 순도에 대해 보다 엄격한 공차를 갖는 차세대의 집적 광학 부품을 생산하기 위한 선도적인 후보로서의 분명한 방법이 확립되어 있지 않다. 화염 가수분해 증착이 효과적이기는 하지만, 보다 균일한 코팅을 용이하게 얻을 수 없다. 화학 증착은 원자가 아니고 기판 표면 상에 라디칼, 분자 및/또는 원자를 증착하는 것을 포함한다. 화학 증착은 매우 균일한 물질을 얻을 수 있지만, 공정이 극히 느리다. 속도를 증가시키기 위해 노력하면, 필름의 품질이 나빠지며, 이는 화학 증착 공정의 임의의 이점을 감소시킨다.

동시에, 레이저 열분해에 의해 매우 균일한 서브마이크론 및 나노크기의 입 자를 생성하기 위한 방법이 개발되고 있다. 매우 균일한 입자는 예컨대 전지, 연마 조성물, 촉매, 광학 디스플레이용 인광 물질을 비롯한 각종 소자의 제조에 유리하다. 레이저 열분해는, 반응물 스트림의 화학 반응을 유도하여 매우 균일한 입자를 형성하는 조밀한 광선 빔을 포함하며, 레이저 빔을 벗어난 후에는 스트림이 급속 냉각된다.

발명의 상세한 설명

제1 양태에서, 본 발명은 비원형 반응물 유입구, 광 경로를 형성하는 광학 요소, 제1 기판, 장치에 연결되는 모터를 포함하는 코팅 장치에 관한 것이다. 반응물 유입구는 반응물 스트림 경로를 형성한다. 광 경로는 반응 영역에서 반응물 스트림 경로와 교차하며, 생성물 스트림 경로는 반응 영역으로부터 계속된다. 기판은 생성물 스트림 경로와 교차한다. 또한, 모터는 제1 기판이 생성물 스트림에 대해 이동하도록 작동한다.

다른 양태에서, 본 발명은 기판을 코팅하는 방법에 관한 것으로, 이 방법은 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 생성물 스트림을 기판으로 지향시키는 단계와, 기판을 코팅하도록 기판을 생성물 스트림에 대해 이동시키는 단계를 포함한다. 반응물 스트림의 반응은 집속된 방사선 빔을 반응물 스트림으로 지향시킴으로써 실행되어, 방사선 빔 하류에 입자를 포함하는 생성물 스트림이 생성된다. 이들 실시예에서, 반응은 방사선 빔의 에너지에 의해 유도된다. 코팅 방법은 유리 코팅 형성 방법에 합체될 수 있다. 유리 코팅은 입자를 유리로 융합시키기에 충분한 시간 동안 소정의 온도로 입자 코팅을 가열함으로써 형성된다. 유리 코팅을 형성하는 방법은 기판 표면에 광학 부품을 형성하는 방법에 사용될 수 있다. 광학 부품을 형성하는 방법은 광학 부품을 형성하도록 유리 코팅의 일부를 제거하는 단계를 더 포함한다.

다른 양태에서, 본 발명은 반응물 스트림을 발생시키는 단계와, 입자의 생성물 스트림을 형성하도록 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 입자의 스트림을 기판으로 지향시키는 단계를 포함하는 기판 코팅 방법에 관한 것으로, 생성물 스트림의 흐름은 기판 상에서의 펌핑에 의하지 않고 유지된다. 일부 실시예에서, 반응물 스트림은 장축과 단축에 의해 정해지는 전달 방향에 수직한 횡단면을 갖고, 상기 장축은 단축보다 적어도 2배 이상 크다.

또한, 본 발명은 직경이 약 5㎝ 이상인 기판을 코팅하는 코팅 방법에 관한 것으로, 이 방법은 생성물 입자를 포함하는 생성물 스트림을 형성하도록 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 입자의 스트림을 증착하는 단계를 포함한다. 입자는 기판의 전체 표면에 걸쳐 동시에 증착된다. 일부 실시예에서는, 적어도 5 g/hr의 입자가 기판에 증착된다.

또한, 본 발명은 광선 빔에 의해 유도되는 화학 반응에 의해 복수의 생성물 스트림을 동시에 발생시키는 단계를 포함하는 기판 코팅 방법에 관한 것이다. 그 후, 복수의 생성물 스트림은 기판 상의 순차적 위치에서 이동 기판에 동시에 증착된다.

또한, 본 발명은 입자의 생성물 스트림을 높은 생산율로 형성하도록 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 입자의 상기 생성물 스트림을 기판 상에 증착하는 단 계를 포함하는 기판 코팅 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 고속으로 코팅 기판을 제조하는 방법에 관한 것으로, 이 방법은 입자의 생성물 스트림을 형성하도록 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 입자의 상기 생성물 스트림을 기판 상에 증착하는 단계를 포함하며, 기판과 입자의 흐름은 고속(예컨대 1기판/분 이상의 속도)으로 서로에 대해 이동한다.

추가의 양태에서, 본 발명은 생성물 입자의 스트림을 형성하도록 흐르는 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 생성물 입자의 적어도 일부를 기판 상에 증착하는 단계를 포함하는 기판 코팅 방법에 관한 것이다. 입자의 증착은 적어도 약 5 g/hr의 증착 속도로 실행된다.

추가의 양태에서, 본 발명은 생성물 입자의 스트림을 형성하도록 흐르는 반응물 스트림을 반응시키는 단계와, 생성물 입자의 적어도 일부를 기판 상에 증착하는 단계를 포함하는 기판 코팅 방법에 관한 것이다. 생성물 입자의 증착에는 기판을 적어도 약 0.1 ㎝/초의 속도로 생성물 입자의 스트림에 대해 이동시키는 단계가 포함된다.

당업자는 이하의 도면과 상세한 설명을 검토하면 본 발명의 다른 시스템, 방법, 특징 및 이점을 명백하게 알 수 있을 것이다. 이러한 모든 시스템, 방법, 특징 및 이점은 이러한 설명의 범위 내에 포함되고, 발명의 범위 내에 포함되며, 첨부된 청구범위에 의해 보호된다.

도면의 간단한 설명

도 1A는 직경이 1 마이크론인 입자로 형성된 입자 코팅을 개략적으로 도시하 고,

도 1B는 도 1A에 도시된 입자 코팅을 열처리함으로써 형성되는 연속 코팅을 개략적으로 도시하고,

도 1C는 직경이 20 ㎚인 입자로 형성된 입자 코팅을 개략적으로 도시하고,

도 1D는 도 1C에 도시된 입자 코팅을 열처리함으로써 형성되는 연속 코팅을 개략적으로 도시하고,

도 2는 주변 분위기 조건하에서 코팅 증착을 실행하는 광 반응성 증착 장치를 개략적으로 도시하고,

도 3은 도관을 통하여 별도의 코팅 챔버에 연결되는 입자 생성 장치를 구비하는 광 반응성 증착 장치를 개략적으로 도시하고,

도 4는 입자 코팅이 입자 생성 챔버 내에서 기판에 피복되는 광 반응성 증착 장치를 개략적으로 도시하고,

도 5는 입자 생성 장치의 실시예의 개략적인 단면도로서, 이 단면도는 광 방사 경로의 중간을 통하여 취한 것이며, 상부 삽입도는 배출 노즐의 저면도이고, 하부 삽입도는 주입 노즐의 평면도이며,

도 6은 도 5의 입자 생성 장치로 증기 반응물을 이송하기 위한 반응물 이송 장치의 개략적인 측면도이고,

도 7은 도 5의 입자 생성 장치로 에어로졸 반응물을 이송하기 위한 반응물 이송 장치의 개략적인 측면도로서, 삽입도는 외부 노즐의 평면도이고,

도 8은 입자 생성 장치의 변형예의 사시도이고,

도 9는 도 8에 도시된 선택적인 입자 생성 장치의 유입구 노즐의 단면도로서, 이 단면도는 노즐의 중앙을 통하여 노즐의 길이를 따라 취한 것이며, 삽입도는 노즐의 평면도이며,

도 10은 도 8에 도시된 선택적인 입자 생성 장치의 유입구 노즐의 단면도로서, 이 단면도는 노즐의 중앙을 통하여 노즐의 폭을 따라 취한 것이며,

도 11은 광 반응성 증착을 실행하기 위한 긴 반응 챔버의 실시예의 사시도이고,

도 12는 내부 부품을 볼 수 있도록 챔버의 벽이 투명한, 코팅 챔버의 사시도이고,

도 13은 반응 챔버와 코팅 챔버의 실시예의 측단면도로서, 코팅 챔버는 반응 챔버와 매우 상이한 압력으로 있으며,

도 14는 입자 노즐이 기판의 상이한 부분을 코팅하도록 이동하는, 기판을 향해 지향된 입자 노즐의 사시도이고,

도 15는 회전 스테이지에 장착된 기판을 향해 지향된 입자 노즐의 사시도이고,

도 16은 컨베이어 상의 기판을 향해 지향된 입자 노즐의 측면도이고,

도 17은 입자 스트림을 퍼지게 하는 변환기를 지나서 입자를 지향시키는 입자 노즐의 사시도이고,

도 18은 조합형의 입자 생성 챔버 및 코팅 챔버의 사시도이고,

도 19는 기판 근처에 위치된 반응 영역으로 반응물을 이송하는 반응물 노즐 의 사시도이고,

도 20은 도 19의 선 20-20을 따라 취한 장치의 단면도이고,

도 21A는 기판 표면 근처의 반응 영역에 반응물을 증착하는 노즐의 변형예의 측면도이고,

도 21B는 기판 표면 근처의 반응 영역에 반응물을 증착하는 노즐의 다른 변형예의 단면도이고,

도 22는 기판 표면 근처의 반응 영역에 반응물을 증착하는 반응물 노즐의 변형예의 사시도로서, 여기서 반응 영역은 필라멘트로부터의 광에 의해 발생되고,

도 23은 도 22에 도시된 장치의 측면도이고,

도 24는 증착 두께를 제어하도기 위한 빔을 갖는 입자 코팅 장치의 개략적인 측면도이고,

도 25는 도 24에 도시된 장치의 개략적인 평면도이고,

도 26은 입자 코팅이 형성된 기판을 노 내로 운반하기 위하여 컨베이어를 사용하는 장치의 개략적인 측면도이고,

도 27은 3개의 입자 도관이 3개의 반응 챔버에 연결되어 있는, 코팅 장치의 개략적인 측면도이고,

도 28은 단일 기판 상에 입자를 동시에 증착하는 반응 챔버 내에서 발생되는 3개의 입자 스트림의 개략적인 사시도이고,

도 29는 기판 상의 광학 장치의 개략적인 측면도이고,

도 30은 기판 상의 결합된 광 도파로를 개략적으로 도시하고,

도 31은 실리콘 산화물로 웨이퍼를 코팅하기 위해 사용된 공정 챔버의 개략적인 사시도로서, 패널이 챔버의 내부를 노출시키도록 제거되어 있으며,

도 32는 도 31에 도시된 공정 챔버의 확대도이고,

도 33은 도 32에 도시된 공정 챔버의 웨이퍼 지지부와 공정 노즐의 확대도이고,

도 34는 도 31에 도시된 공정 챔버의 변형예이다.

실시예

개선된 코팅 공정은, 기판 상에 증착되어 코팅을 형성하는 매우 균일한 입자를 형성하도록 화학 반응을 유도하고 조정하는 데에 방사선을 사용하는 것을 기초로 한다. 본 발명의 입자 생성의 특징은, 특히 레이저 열분해를 사용하여 방사선에 기초한 입자 형성을 위해 개발되었던 각종 조성물 및 가공 개량의 이점을 취할 수 있다는 것이다. 본 명세서에

설명하는 바와 같은 광 반응성 증착은 입자를 기판 상에 즉시 증착하기 위하여 레이저 열분해를 채택하고 있다. 특히, 각종의 반응 전구물질이 가스상 및/또는 에어로졸 형태로 사용될 수 있으며, 각종의 매우 균일한 생성물 입자가 효과적으로 생성될 수 있다. 입자 코팅이 증착된 후에, 기판과 코팅을 가열하여 입자를 매우 균일한 연속 코팅으로 융합시킬 수 있다. 결과로서 생기는 코팅은 부품, 특히 광학 부품으로 더욱 처리될 수 있다. 가열 공정은 유리를 제조하도록 조정될 수 있다.

입자의 생성을 위하여, 레이저 열분해 장치는 후속 사용을 위한 입자를 수집하는 수집기 시스템을 구비한다. 광 반응성 증착을 위한 본 발명의 방법은 입자의 개별적인 수집 없이 기판에 직접 코팅하는 것을 포함한다. 또한, 반응 영역이 기판 표면 근처에 위치되어 있는 경우에, 입자는 표면과 접촉할 때 뜨거워질 수 있다. 따라서, 입자는 기판 상에 코팅을 형성하기 전에 입자군으로서 절대 격리되지 않는다.

기판은 다공질 또는 비다공질일 수 있다. 일반적으로, 기판은 평탄하고 강하며, 고융점을 갖는다. 기판을 증착 중에 또는 증착 전에 가열하여, 입자를 균일한 층으로 고화하는 후속 용융 공정 이전의 증착 중에 열 응력을 줄이고 입자의 압축을 촉진할 수 있다. 선택적으로, 기판은 뜨거운 입자가 표면에 부착되도록 입자 스트림보다 차가운 온도로 냉각되거나 유지될 수 있다. 본 명세서에서 설명하는 직접 코팅 방법은, 다공질 필터에서 수집하여, 필터 물질로부터 입자를 후속적으로 분리하는 것과는 대조적인 것이다. 기판에 코팅된 입자는 원하는 특징을 갖는 균일한 코팅으로 더욱 처리될 수 있다.

일부 실시예에서, 반응물 스트림은 생성물 스트림을 생성하도록 반응 영역을 통하여 안내되고, 이 생성물 스트림은 대기에 대해 개방된 기판을 향해 지향된다. 반응 영역은 집속된 방사선 빔과 반응물 스트림의 교차부를 포함한다. 생성물 스트림은 평평한 입자 스프레이로서 작용한다. 반응 영역은 스프레이 노즐을 형성하도록 챔버 내에 에워싸일 수 있다. 반응물 스트림의 압력으로 인하여, 생성물 스트림의 흐름이 기판을 향해 추진된다. 반응물 스트림은 증착이 대기압에서 실행되는 경우에 일반적으로 760 torr보다 큰 압력으로 있다.

다른 실시예에서, 코팅은 주변 분위기와 밀봉된 코팅 챔버 내에서 실행된다. 코팅 챔버는 반응 챔버와 별도의 것이지만 그 반응 챔버에 연결될 수도 있고, 코팅 챔버는 코팅이 기판에 형성되는 챔버와 동일 챔버에서 입자가 생성되도록 반응 챔버와 일체로 될 수도 있다. 별도의 코팅 챔버를 갖춘 실시예의 경우에, 코팅 챔버는 도관을 통하여 반응 챔버에 연결될 수 있다. 시스템을 통한 전체 흐름과 적절한 압력을 유지하도록 펌프가 코팅 챔버에 연결될 수 있다. 선택적으로, 챔버 내로의 반응물과 희석제의 흐름이 그 흐름을 유지할 수 있다. 코팅을 실행하기 위하여, 기판은 생성물 입자 스트림과 접촉하도록 배치된다. 생성물 입자가 표면에 고착되는 동안에, 잔류 가스 및 임의의 잔류 입자가 흐름에 의해 멀리 운반된다.

입자 생성 챔버 내에서 코팅을 실행하는 경우, 방사선은 반응물을 이송하는 노즐의 개구 근처의 반응 영역에서 반응물과 교차할 수 있다. 코팅할 기판 표면은 반응 영역을 지나자마자 위치된다. 반응 영역과 노즐 사이의 거리, 반응 영역과 기판 사이의 거리는 조정할 수 있다. 최적의 거리는 경험적으로 계산될 수 있다. 일반적으로, 이들 실시예에서, 입자는 생성 직후에 증착된다.

초기의 코팅 공정 후에, 입자의 층이 코팅 표면 상에 위치된다. 기판 상에 입자 코팅을 형성한 후에, 입자 코팅을 안정화하도록 입자에 결합제 또는 기타 첨가제가 적용될 수 있다. 각종 유기 중합체를 결합제로서 사용할 수 있다. 선택적으로, 결합제 또는 첨가제는 입자 증착 공정 중에 첨가될 수 있다. 결합제 또는 첨가제를 사용하면, 입자와 기판의 부착 및 입자와 입자의 부착을 개선하고, 소결 온도를 낮추고, 후속 에칭을 돕도록 에칭 차폐부(barrier)를 형성하고, 또는 기타 원하는 특징을 코팅에 부여할 수 있다. 일부 실시예에서, 첨가제는 열처리 단계 이전에 또는 도중에 제거되어, 분말을 고체 층으로 고화시킨다.

다른 변형예에서, 입자 코팅이 형성된 기판을 가열하여, 입자를 용융하고 연속 층으로 융합시킬 수 있다. 물질의 융점을 낮추도록 티타늄, 붕소, 인, 제라늄과 같은 다른 원소를 첨가하여, 분말이 연속 층으로 고화되는 것을 도울 수 있다. 그러나, 나노입자를 사용하면, 융점 또는 흐름 온도를 낮추는 첨가제를 사용할 필요 없이 융점을 현저하게 낮출 수 있다. 따라서, 나노입자의 증착은 보다 큰 입자의 증착에 비해 상당한 잠재적 장점을 갖는다.

입자를 패킹(packing)하면 서브마이크론 입자의 경우에도 상당한 두께를 야기할 수 있으므로, 코팅의 두께는 일반적으로 고화 과정 중의 입자의 융합에 기인하여 현저하게 수축된다. 예컨대, 분말은 수 밀리미터의 두께의 층을 형성할 수 있는데, 이 층은 일반적으로 고체층으로 고화된 후에 약 100 마이크론 미만으로 수축되된다. 밀도가 상응하게 증가한다. 유리와 같은 비결정질 코팅 또는 결정질 코팅은, 입자의 조성과 정확한 가열 및 냉각 조건에 따라서 고화된 층의 냉각 후에 형성될 수 있다. 형성될 수 있는 다결정 물질이 산란에 의해 충분히 양호한 광학 성질을 가질 수 없으므로 유리를 형성하는 것이 통상적이다.

특히, 원하는 성질을 갖는 고화된 물질을 생성하도록 냉각 속도를 제어해야 한다. 냉각(quench)은 통상적으로 그다지 빠르지 않은데, 이는 빠른 냉각이 유리에 응력을 야기하여, 유리의 균열을 발생시킬 수 있기 때문이다. 냉각이 너무

느리면, 광을 산란시키는 결정이 형성될 수 있다. SiO_2 는 파장이 1.5 마이크론인 광 을 투과시키는 유리를 형성한다. 입자를 용융하기에 충분한 온도가 비교적 높은 경우에, 가열 온도는 일반적으로 기판의 용융을 방지하도록 선택된다.

일부 실시예에서, 광 반응성 증착은, 비다공질 표면으로 지향되어 코팅을 실행하는 서브마이크론 또는 나노크기의 입자를 생성하는 데 사용된다. 광 반응성 증착에서, 반응물 스트림은 레이저 빔과 같은 조밀한 광선 빔에 의해 열분해된다. 레이저 빔이 편리한 에너지원이기는 하지만, 광 반응성 증착에 집속된 광원을 사용할 수도 있다. 조밀한 광원은, 화학 반응 자체의 열에 의해 유도되는 연소 반응과 대조적인 반응을 유도한다. 광원의 에너지는 반응이 발열성일지라도 반응을 유도하는데, 이는 광 에너지가 작은 반응 영역 내에서의 반응을 종료시킬 수 있기 때문이다. 광 반응성 증착으로 인하여, 열역학적 평형 조건하에서 형성하기에 어려운 물질의 상(相)을 형성할 수 있다. 반응물 스트림이 광선 빔을 떠남에 따라, 생성물 입자는 빠르게 냉각된다.

입자를 생성하기 위하여 광 반응성 증착을 성공적으로 적용하는 경우의 기본적인 특징은 적합한 화학 전구물질 및 방사선 흡수제를 함유하는 반응물 스트림을 생성하는 것이다. 화학 전구물질이 충분한 방사선 흡수제일 수 있으므로, 별도의 방사선 흡수제는 필요하지 않다. 화학 전구물질은 생성물 입자에 원자 성분을 공급한다. 반응 조건은 원하는 화학량론 및 구조를 갖는 생성물 입자를 생성하도록 변경될 수 있다. 이하에 추가로 설명하는 바와 같이, 레이저 열분해는 여러 다양한 생성물 입자의 생성에 성공적으로 적용되었다. 유사하게, 이들 동일 입자 조성물은 광 반응성 증착을 이용하여 발생될 수도 있다.

일부 실시예에서, 광 반응성 증착 장치는 연장된 반응물 입구를 구비하여, 입자의 스트림은 반응물/생성물 스트림을 형성하는 유동 시트(flowing sheet) 내에서 발생된다. 연장된 반응물 입구를 이용하면, 입자가 선으로 동시에 증착될 수 있다. 또한, 생성물 입자의 성질 또는 증착 균일성을 희생하는 제어 없이도 보다 높은 입자 생성율을 유지할 수 있다. 따라서, 입자를 선으로 증착함으로써, 코팅 공정은 보다 빠르게 실행될 수 있다.

광 반응성 증착은 기판 표면을 코팅하기 위한 입자의 생성에 대해 상당한 이점을 갖는다. 첫째, 광 반응성 증착은 큰 크기의 생성물 입자를 생성하는 데 사용될 수 있다. 따라서, 코팅의 조성은 다양한 방법으로 조정될 수 있다. 또한, 광 반응성 증착은 매우 작은 입자를 높은 생산율로 생성할 수 있다. 작은 입자를 기판의 표면 상에 코팅하는 경우에, 보다 균일한 두께의 보다 평활한 코팅이 형성된다.

일부 실시예에서, 비다공질 기판과 생성물 입자 스트림은 서로에 대해 이동하여 표면에 코팅을 형성한다. 상대 운동의 속도는 원하는 코팅 두께를 제공하도록 선택될 수 있다. 일반적으로, 이러한 상대 운동은 비다공질 기판을 스테이지 또는 컨베이어에 설치함으로써 달성된다. 스테이지 또는 컨베이어는 선택된 속도로 이동하도록 동력이 제공되고 프로그램될 수 있다. 스테이지 또는 컨베이어의 이동으로 인하여, 생성물 스트림이 기판의 표면을 가로질러 지나갈 수 있고, 그에 따라 표면을 가로질러 입자의 균일한 코팅을 증착할 수 있다.

일부 실시예에서, 생성물 입자 스트림은 생성물 입자의 균일한 구름(cloud) 을 생성하도록 퍼진다. 입자 노즐과 기판 사이의 거리는, 입자가 기판에 대한 직접적인 운동량을 잃을 정도로 충분히 멀다. 입자는 개방 용적으로 분무되어 입자의 구름을 형성할 수 있다. 열 구배 및 전기장 구배와 같은 외부장을 사용하여 입자를 표면을 향해 당길 수 있으며, 여기서 입자는 코팅으로 고체화된다. 또한, 외부장을 사용하여 입자 빔을 퍼지게 할 수 있으므로, 입자 구름을 형성할 수 있다. 입자 구름은 기판 표면으로 지향되어, 코팅이 기판 표면의 모든 부분 또는 원하는 부분을 가로질러 동시에 증착된다. 따라서, 기판을 지나가는 이동 부품을 필요로 하지 않으면서 크고 균일한 코팅을 형성할 수 있다.

일부 실시예에서, 시스템은 장치의 내부 부품을 대기 분위기에 대해 개방하지 않으면서 다중 기판을 코팅하도록 구성된다. 예컨대, 복수의 기판을 스테이지에 장착할 수 있다. 하나을 기판을 코팅 완료한 후에, 스테이지는 코팅된 기판을 경로 외측으로 전진시키고, 다음에 코팅할 다른 기판을 위치시킨다. 입자 생성은 후속 기판의 배치 중에 순간적으로 중지될 수도 있고, 입자 생성은 증착을 위한 위치에 기판이 없는 때에는 발생된 입자를 적당하게 폐기하면서 계속될 수도 있다.

선택적으로, 기판을 컨베이어에 장착할 수 있다. 스테이지의 실시예와 마찬가지로, 컨베이어는 기판을 생성물 입자 스트림에 대해 이동시켜, 기판을 입자의 균일한 층으로 코팅한다. 일단 기판이 코팅되면, 컨베이어는 다른 기판을 코팅 위치로 이동시키고, 코팅된 기판을 챔버 내에서 코팅된 기판을 추가로 처리하기 위한 다른 스테이션으로 이동시킨다. 특히, 코팅된 기판은 열처리를 위하여 연속 흐름 노로 이동될 수 있다.

표면을 거칠게 할 수 있는 2가지 이상의 기구가 있다. 먼저, 고화 온도에서는 용융된 유리가 점성 액체이므로, 용융 유리를 다른 영역으로 균일하게 확산시키기 위해서는 긴 시간이 필요할 수 있다. 불균일한 확산에 의한 국부적 밀도 편차로 인하여, 용융물이 고체로 냉각될 때 표면이 자연적으로 거칠어진다. 또한, 기판 표면을 가로질러 입자 특성을 상이하게 하는 입자 증착 공정의 공정 불안정성으로 인해 밀도가 불균일해질 수도 있다. 입자 형성 시의 변동으로 인하여 표면이 거칠어질 수 있는데, 그 이유는 고화 공정이 증착된 입자에 반영된 불균일성을 제거할 수 없기 때문이다. 그

러므로, 작고 균일한 입자를 생성하는 것 뿐 아니라, 기판 표면을 가로질러 이들 입자를 균일하게 증착하기 위하여 공정의 안정성을 제어하는 것이 중요하다.

보다 작고 균일한 입자에 의한 코팅은 추가의 처리 후에 보다 균일한 연속 코팅으로 형성될 수 있다. 이것은 도 1에 시각적으로 도시되어 있다. 도 1A를 참고하면, 1 마이크론의 입자로 형성되는 단층 코팅이 개략적으로 도시되어 있다. 용융하고 냉각하면, 연속층에는 도 1B에 도시된 바와 같이 약 1 마이크론의 파장에서 약 0.01 마이크론의 편차가 있는 주름이 상면을 따라 형성된다.

코팅은 일반적으로 입자 직경의 여러 배의 두께로 형성되지만, 보다 두꺼운 코팅에 대해서도 유사한 결과가 예상된다. 주름은 치수 및 균일성과 같은 입자의 일부 특징에 영향을 끼치며, 코팅의 평평함과 관련하여 증착 공정의 균일성에도 영향을 끼칠 수도 있다. 요약하면, 고체 분말의 용융에 의해 연속 코팅을 형성하는 데에는 입자 증착 단계, 가열 단계 및 냉각 단계가 포함된다. 가열 단계에서 형성 된 용융물은 높은 점성을 갖는다. 기판의 존재로 인하여, 일반적으로 가열 온도가 제한되며, 그 결과 평활한 표면을 형성하도록 빠르게 흐르는 고온 용융물은 형성될 수 없다.

도 1C를 참고하면, 20㎚의 입자로 형성된 가상의 코팅이 개략적으로 도시되어 있다. 균일한 코팅을 형성하도록 융합 또는 어닐닝한 후에, 표면에서의 편차는 나노미터(0.001㎛) 미만이고, 주기가 약 20㎚이다. 이러한 증가된 평활도 및 균일성은 일반적으로 추가의 처리 단계를 통하여 유지된다. 요약하면, 광 반응성 증착은 보다 고품질의 코팅을 형성하기에 적합한 매우 다양한 코팅 물질의 생성을 위한 빠르고 효과적인 방법을 제공한다. 물론, 작고 균일한 입자의 이점을 얻기 위하여, 증착은 기판 상에 입자를 균일하게 증착하도록 제어되어야 한다.

이하의 예에서 설명하는 바와 같이, 원자 현미경에 의해 측정하였을 때 가열 후에 제곱근 표면 거칠기가 약 0.25 내지 약 0.5 ㎚인 실리콘 산화물 유리 코팅이 형성되었다. 따라서, 표면은 화염 가수분해 증착에 의해 얻어질 것으로 생각되는 것보다 평활해지고 화학 증착에 의해 얻을 수 있는 평활도와 대략 유사하게 평활하다. 광 반응성 증착(LRD)에 의해 형성된 이들 평활한 유리 코팅은 기판을 생성물 스트림을 통해 이동시킴으로써 비교적 높은 증착 속도로 증착되었다. 따라서, LRD는 매우 고품질의 유리 코팅을 형성하기 위한 효과적이고 효율적인 방법인 것으로 이미 확인되었다.

코팅에 의해 형성된 기판 표면에 개개의 소자 또는 구조를 생성하기 위하여, 각종 패턴화 방법을 사용할 수 있다. 예컨대, 포토리소그래피 및 건식 에칭과 같 이 집적 회로 제조를 제조하기 위한 통상의 방법을 사용하여 증착 후에 코팅을 패턴화할 수 있다.

패턴화 이전 또는 이후에, 코팅을 개별적인 입자의 층으로부터 연속층으로 변환하도록 코팅을 열처리할 수 있다. 일부 실시예에서, 코팅 속의 입자는 입자를 유리로 고화시키도록 가열된다. 유리 형성물은 광학 소자의 제조에 특히 유리하다. 선택적으로, 결정을 형성하도록 입자를 어닐링하는 조건 하에서 가열함으로써 입자 코팅으로부터 결정질의 코팅을 형성될 수 있다. 고화된 코팅의 성질을 변경시키도록 가열 및 냉각 시간을 조정할 수 있다.

광학 소자의 형성 이외에도, 광 반응성 증착에 의해 형성된 입자 코팅은 기타 각종 용례에 유용하다. 예컨대, 철 산화물 입자 및/ 철 탄화물 입자를 결합제에 의해 전자기 차폐용의 코팅으로 형성할 수 있다. 이들 코팅은 발명의 명칭이 '전자기 차폐'인 Kambe 등의 미국 특허 제5,938,979호에 개시되어 있는데, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다. 광촉매 코팅은, 발명의 명칭이 '자외선 차단 및 광촉매 물질'이고, 공동 계류중이며 공동 양도된 Kambe 등의 미국 특허 제6,099,798호에 개시되어 있는데, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다. 나노 입자 코팅의 종례의 용례는 입자를 이용하여 코팅을 형성하기 전에 입자를 얻는 것을 필요로 한다. 본 발명의 개량물은 고품질의 코팅으로 합체되는 원하는 물질을 생성하는 증착 공정과 입자 발생 공정을 결합시킨다.

일부 용례에서, 입자는 기판의 표면 상에 광학 소자를 형성하도록 사용된다. 예컨대, 고실리카 유리를 사용하여 광 도파로, 광섬유 가이드 및 광학 소자 가이드 를 실리콘 기판 상에 형성할 수 있다. 광 도파로는 그것을 둘러싸는 물질과 상이한 굴절율을 가질 필요가 있다. 상이한 조성과 그에 상응하는 굴절율을 갖는 층을 증착할 수 있다. 굴절율을 변경시키도록 도펀트를 도입할 수 있다.

특정의 원하는 광학 소자를 형성하기 위하여, 하나 이상의 입자 층이 표면에 증착된다. 표면과 접촉하는 층은 언더 클래드 층이다. 코어층은 언더 클래드 층 위에 배치되고, 오버 클래드 층은 코어층 위에 배치된다. 일실시예에서, 언더 클래드 층과 오버 클래드 층은 SiO_2 로 형성되고, 코어층은 도핑된 SiO_2 로 형성된다. 층의 복합체는 필름으로서 지칭할 수 있다.

코어층은 원하는 광학 소자를 형성하도록 에칭될 수 있다. 포토리소그래피 및 기타 적합한 패턴화 방법을 사용하여 에칭 공정용 코어 층을 패턴화할 수 있다. 집적 광학 소자를 형성하기 위한 공정은 이하에 더 설명되어 있다. 또한, 발명의 명칭이 '하이브리드 광학 집적 회로를 제조하는 방법'이며 본 명세서에 참고로 인용되는 Kawachi 등의 미국 특허 제4,735,677호를 참고한다.

A 입자 생성

전술한 바와 같이, 광 반응성 증착은 방사선 빔을 이용하여 입자를 발생시키는 것을 포함한다. 입자는 기판 상에 순차적으로 증착된다. 일부 실시예에서, 입자는 표면과 접촉할 때 매우 고온으로 남아 있는데, 그 이유는 반응 영역이 기판 근처에 위치되기 때문이다. 광 반응성 증착은 서브마이크론 및 나노크기의 입자를 생성하기 위하여 레이저 열분해의 특징을 채용한다. 입자는 일반적으로 결정질 입 자 및/또는 비결정질 입자를 포함할 수 있는데, 이는 최종 코팅으로 순차적으로 처리하기에 적합하다.

코팅은 주변 분위기에 노출된 기판 상에서 실행될 수도 있고, 코팅은 주변 분위기로부터 격리된 코팅 챔버 내에서 실행될 수도 있다. 코팅이 주변 분위기에 노출된 상태로 실행되는 경우, 반응물 스트림은 일반적으로 대기압보다 큰 압력에서 발생된다. 생성물 입자는 직접적으로 기판으로 지향될 수도 있고, 대기압보다 큰 압력의 반응 챔버를 격리하는 노즐을 통하여 지향될 수도 있다. 도 2를 참고하면, 반응물 노즐(50)은 광원(56)으로부터의 집속된 광선 빔(54)과 교차하는 반응물 스트림(52)을 발생시킨다. 기판(60)을 향하는 생성물 입자(58)가 발생된다. 기판(60)은 주변 분위기에 노출되어 있다. 도 2에 가상선으로 도시된 선택적인 봉입체(62)를 사용하여, 광선 빔(54)과 반응물 스트림(52)의 교차부에서 반응물 노즐(50)과 반응 영역을 에워쌀 수 있다.

변형예에서, 기판 상에 코팅을 형성하도록 코팅 소자로 지향되는 입자를 광 반응성 증착을 사용하여 발생시킬 수 있다. 별도의 코팅 챔버가 사용되는 경우에, 반응 챔버로부터의 유출은 입자를 코팅 챔버로 안내하는 도관에 이른다. 선택적으로, 코팅 증착은 반응 챔버 내에서 직접적으로 실행될 수 있다.

별도의 코팅 챔버가 사용되는 경우에, 통상적인 구성의 반응 챔버를 사용할 수 있다. 그 후, 수집 시스템이 코팅 챔버에 의해 대체된다. 적합한 도관을 사용하여 두 챔버를 연결시킬 수 있다. 도 3을 참고하면, 코팅 장치(66)는 반응 장치(68), 코팅 챔버(70), 반응 장치와 코팅 챔버(70)를 연결시키는 도관(72), 코 팅 챔버(70)로부터 나오는 배출 도관(74), 및 이 배출 도관(74)에 연결된 펌프(76)를 구비한다. 밸브(78)를 사용하여 펌프(76)로의 유량을 제어할 수 있다. 밸브(78)는 예컨대 수동 니들 밸브 또는 자동 스로틀 밸브일 수 있다. 밸브(78)를 사용하여 펌핑 속도 및 상응하는 챔버 압력을 제어할 수 있다. 펌프(76)는 일반적으로 스크러버, 재순환기 등을 통하여 또는 직접적으로 대기로 배기된다.

반응 챔버 내에서 코팅을 실행하는 경우에, 반응 챔버의 구조는 일반적으로 챔버를 통하여 적절한 유량을 제공하도록 상응하게 변형된다. 특히, 챔버는 기판의 가능한 상대 운동과 후술하는 바와 같이 챔버 내에서 흐름의 방향 전환을 고려하도록 설계될 수 있다. 이러한 장치(84)가 도 4에 개략적으로 도시되어 있다. 반응/코팅 챔버(86)는 반응물 공급 시스템(88), 방사선 공급원(90) 및 배출부(92)에 연결될 수 있다. 배출부(92)는 펌프(94)에 연결될 수 있지만, 반응물 자체의 압력이 시스템을 통하는 흐름을 유지할 수 있다.

일부 실시예에서, 반응 챔버로부터의 입자의 운동량은 코팅 공정을 실행하도록 기판으로 지향된다. 기판와 입자의 흐름은 서로에 대해 이동하여 기판 표면을 가로질러 코팅을 형성한다. 추가의 기판을 흐름의 내외로 이동시켜 복수의 기판을 처리할 수 있다. 변형예에서는, 입자를 균일한 구름으로 분산시키도록 힘이 가해져서, 기판 표면의 전체 또는 상당한 부분을 동시에 코팅할 수 있다. 주변 분위기에 개방된 상태로 반응 챔버 내에서 또는 별도의 코팅 챔버 내에서 이 구름에 기초한 코팅을 실행할 수 있다.

이하에 상세하게 설명하는 바와 같이, 레이저 열분해 장치는 나노 크기 분말 을 상업적인 양으로 생성하도록 설계되었다. 이들 장치는 별도의 코팅 챔버 또는 반응 챔버 내에서 코팅을 형성하기에 적합하게 될 수 있다. 선택적으로 또는 추가로, 본 발명은, 입자의 생성 및/또는 증착율을 인자(예컨대 사용되는 출발 물질, 원하는 반응 생성물, 반응 조건, 증착 효율 등과, 이들의 적합한 조합)의 수에 따라 실질적으로 변경될 수 있다. 따라서, 일실시예에서, 입자의 생성율은 약 5 g/hr의 반응 생성물 내지 약 10 kg/hr의 원하는 반응 생성물의 범위에서 변경될 수 있다. 구체적으로, 본 명세서에 설명하는 장치를 이용하면, 적어도 약 10 kg/hr, 다른 실시예에서는 적어도 약 1 kg/hr, 또 다른 실시예에서는 약 25 g/hr의 보다 낮은 생성율, 또 다른 실시예에서는 적어도 약 5 g/hr의 입자 생성율로 코팅을 달성할 수 있다. 당업자는, 이들 명시된 생성율 사이의 중간의 생성율이 고려되고, 이것도 본 발명의 범위 내에 있다는 것을 알 것이다. 예시적인 입자 생성율은 적어도 약 5, 10, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000 또는 10000을 포함한다.

발생된 모은 입자가 기판에 증착되는 것은 아니다. 일반적으로, 증착 효율은, 생성물 입자의 시트를 통하여 기판을 이동시키는 것을 기초로 하는 실시예에 있어서 입자를 갖는 생성물 스트림을 통한 기판의 상대 속도에 의존한다. 기판 운동의 완만한 상대 속도에서, 약 15 내지 약 20%의 코팅 효율이 달성되었는데, 즉 생성된 입자의 약 15 내지 약 20%가 기판 표면에 증착된다. 통상적인 최적화는 이러한 증착 효율을 더 증가시킬 수 있다. 생성물 입자 스트림을 통한 기판의 상대 운동이 보다 느린 경우에, 적어도 약 40%의 증착 효율이 달성되었다. 일부 실시예에서, 입자의 생성율은 약 5 g/hr의 반응 생성물, 또는 선택적으로 또는 추가로 적 어도 25 g/hr의 반응 생성물이 기판에 증착되도록 정해진다. 일반적으로, 달성 가능한 입자 생성율과 증착 효율에서, 증착율은 적어도 약 5 g/hr로 달성될 수 있으며, 다른 실시예에서는 적어도 약 25 g/hr, 추가의 실시예에서는 적어도 약 100 g/hr 내지 약 5 kg/hr, 또 다른 실시예에서는 약 250 g/hr 내지 약 2.5 kg/hr로 달성될 수 있다. 당업자는 이들 명시된 증착율 사이의 증착율이 고려되고, 이것이 본

발명의 범위 내에 있는 것을 알 것이다. 입자의 예시적인 증착율(시간당 증착되는 그램의 단위)은 적어도 약 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500 또는 5000을 포함한다.

선택적으로 또는 추가로, 본 발명은, 코팅된 기판의 원하는 규격에 의존하여 입자 흐름과 기판의 상대 운동 속도를 실질적으로 변경시킬 수 있다. 따라서, 일실시예에서, 속도는 절대적인 크기로 측정될 수 있으며, 약 0.001 인치/초 내지 약 12 인치/초 또는 그 이상의 범위에서 변경될 수 있다. 또한, 다른 실시예에서, 속도는 코팅되는 기판에 대해 상대적인 크기로 측정될 수 있으며, 약 1 기판/분 내지 약 1 기판/초의 범위 내에서 변경될 수 있다.

생성물 입자의 시트를 이용하는 적합한 실시예에서, 기판의 운동 속도는 일반적으로 선택된 증착율과 원하는 코팅 두께의 함수이며, 이것은 원하는 코팅 균일성을 달성하면서 원하는 속도로 기판을 이동시키는 능력에 의해 제한되는 것이다. 광 반응성 증착에 의해 달성할 수 있는 높은 증착율로 인하여, 극히 빠른 코팅 속도가 쉽게 달성될 수 있다. LRD에 의한 이들 코팅 속도는 경쟁 방법에 의해 달성될 수 있는 것보다 현저하게 빠르다. 특히, 약 10 kg/hr의 입자 생성율에서, 8인 치 웨이퍼는, 벌크 밀도로 약 10%의 분말 밀도를 가정하면 단지 약 2.5%의 증착 효율에서도 약 1초에 약 10 마이크론의 분말 두께로 코팅될 수 있다. 당업자는 간단한 기하학적 원리에 의해 기판 상에서의 증착율, 원하는 두께 및 분말 밀도에 기초하여 특정의 코팅 속도를 계산할 수 있다.

특히, 본 명세서에 설명하는 바와 같이, 반응 챔버 내에서 생성물 입자 스트림을 통해 기판을 이동시키는 액츄에이터 아암에 기초한 장치의 구조는 약 1 초 이내에 전체 8인치 웨이퍼를 코팅하는 속도로 기판을 직선으로 이동시킬 수 있다. 일반적으로, 달성할 수 있는 빠른 속도의 장점을 취하는 특히 관심 있는 실시예에서, 기판은 적어도 약 1 ㎝/초, 추가의 실시예에서 적어도 약 0.5 ㎝/초, 다른 실시예에서 적어도 약 1 ㎝/초, 또 다른 실시예에서 약 2 ㎝/초 내지 약 30 ㎝/초, 또 다른 실시예에서 약 5 ㎝/초 내지 약 30 ㎝/초의 속도로 코팅된다. 당업자는 이들 명시된 속도 중간의 코팅 속도가 고려되고, 이것이 본 발명의 범위 내에 있다는 것을 인식할 것이다.

1. 일반적인 입자 발생

레이저 열분해의 경우에, 반응 조건이 광 반응성 증착에 의해 발생되는 입자의 품질을 결정한다. 광 반응성 증착을 위한 반응 조건은 원하는 품질을 갖는 입자를 생성하도록 비교적 정확하게 제어될 수 있다. 특정 타입의 입자를 생성하기 위한 적합한 반응 조건은 일반적으로 특정 장치의 구조에 의존한다. 또한, 반응 조건과 결과적인 입자 사이의 관계에 대한 일부 정규적인 관찰을 할 수 있다.

광선 밀도 또는 레이저 파워를 증가시키면, 반응 영역에서의 반응 온도가 증 가할 뿐 아니라 냉각 속도도 보다 빨라진다. 빠른 냉각 속도는 높은 에너지상(相)의 생성에 유리한 경향이 있으며, 이는 열 평형 근처에서의 공정으로는 달성할 수 없는 것이다. 마찬가지로, 챔버 압력을 증가시키면, 고에너지 구조의 생성에 유리한 경향이 있다. 또한, 반응물 스트림에서 산소 공급원으로서 작용하는 반응물의 농도를 증가시키면, 증가된 양의 산소로 입자를 생성하기에 유리하다.

반응물 유량 및 반응물 가스 스트림의 속도는 입자 크기와 반대로 관계되어 있어서, 반응물 가스 유량 또는 속도가 증가하면 보다 작은 크기의 입자가 생성되는 경향이 있다. 광선 밀도도 입자 크기에 영향을 끼치는데, 광선 밀도의 증가는, 보다 낮은 융점의 물질에 대해서는 보다 큰 입자를 형성하는 데 유리하고, 보다 높은 융점의 물질에 대해서는 보다 작은 입자를 형성하는 데 유리하다. 또한, 입자의 성장 동역학은 결과적인 입자의 크기에 상당한 영향을 끼친다. 달리 말하면, 상이한 형태의 생성물 화합물은 비교적 유사한 조건하에서 다른 상(相)과 상이한 크기의 입자를 형성하는 경향이 있다. 마찬가지로, 상이한 조성을 갖는 입자의 집단이 형성되는 다중상(multiphase)의 영역에서, 각각의 입자 집단은 일반적으로 그 자체적으로 입자 크기의 분포가 특유하게 좁다.

레이저 열분해는 광선 빔에 의해 정해지는 좁은 반응 영역을 떠난 후에 생성물의 빠른 냉각으로 인하여 조밀한 광 방사선에 의해 유도되는 반응의 표준 기술이 되었다. 그러나, 레이저 열분해는, 강하고 엇결성이지만, 집속된 광선 빔이 온화한 열 조건하에서 높은 반응성을 갖는 특정의 화학 전구물질에 대해서는 레이저를 대체할 수 있다는 의미에서는 잘못된 명칭이다. 따라서, 일부 화학 반응에서는, 비레이저 광선이 반응을 유도할 수 있다. 또한, 반응은 열적인 열분해(thermal pyrolysis)의 의미에서 열분해가 아니다. 레이저 열분해 반응은 반응물의 발열 연소에 의해 열적으로 유도되는 것이 아니다. 사실, '레이저 열분해' 반응은 반응으로부터 시각적인 화염이 관찰되지 않는 조건하에서 수행될 수 있다. 마찬가지로, 광 반응성 증착에서의 입자 형성 공정은 열 공정이 아닌 조밀하게 집속된 광원에 의해 유도된다.

광 반응성 증착은 가스/증기상 반응물로 수행될 수 있다. 많은 금속/준금속 전구물질 화합물은 가스로서 반응 챔버 내로 이송될 수 있다. 준금속은 금속과 비금속 사이의 중간의 화학 성질 또는 이들 금속 또는 비금속을 포함한 화학 성질을 나타내는 원소이다. 준금속 원소에는 실리콘, 붕소, 비소, 안티몬, 및 텔루르가 포함된다. 가스상 이송을 위한 적합한 금속/준금속 전구물질 화합물은 일반적으로 적합한 증기 압력, 즉 원하는 양의 전구물질 가스/증기를 반응물 스트림에 이르게 하기에 충분한 증기 압력을 갖는 금속 화합물을 포함한다. 액체 또는 고체 전구물질 화합물을 수용하는 용기는 원하는 경우 금속 전구물질의 증기 압력을 증가시키도록 가열될 수 있다. 고체 전구물질은 일반적으로 충분한

증기 압력을 발생시키도록 가열된다.

캐리어 가스가 액체 전구물질을 통하여 기포화되어 원하는 양의 전구물질 증기를 용이하게 이송할 수 있다. 마찬가지로, 캐리어 가스는 고체 전구물질을 통과하여 전구물질 증기를 용이하게 이송할 수 있다. 다른 실시예에서, 캐리어 가스는 반응 영역으로 이송되기 전에 전구물질 증기와 혼합된다. 증기 이송을 위한 적합 한 실리콘 전구물질은, 예컨대 실리콘 테트라클로라이드($SiCl_4$), 트리클로로실란(Cl_3HSi), 트리클로로메틸 실란(CH_3SiCl_3) 및 테트라에톡시실란〔에틸 실란 및 테트라에틸 실란으로도 알려진 $Si(OC_2H_5)_4$〕이 포함된다. 이들 대표적인 전구물질 화합물의 염소는 기타 할로겐, 예컨대 Br, I 및 F로 대체될 수 있다.

실리콘 물질을 위한 적합한 도펀트로는 예컨대 붕소, 게르마늄, 인, 티타늄, 아연 및 알루미늄이 포함된다. 적합한 붕소 전구물질로는, 예컨대 붕소 트리클로라이드(BCl_3), 디보란(B_2H_6) 및 BH_3가 포함된다. 적합한 인 전구물질로는, 예컨대 포스핀(PH_3), 인 트리클로라이드(PCl_3), 인 옥시클로라이드($POCl_3$) 및 $P(OCH_3)_3$가 포함된다. 적합한 게르마늄 전구물질로는 예컨대 $GeCl_4$가 포함된다. 적합한 티타늄 전구물질로는, 예컨대 티타늄 테트라클로라이드($TiCl_4$) 및 티타늄 이소프로폭사이드$Ti〔OCH(CH_3)_2〕_4$)가 포함된다. 적합한 액체 아연 전구물질 화합물로는, 예컨대 디에틸 아연($Zn(C_2H_5)_2$) 및 디메틸 아연($Zn(CH_3)_2$)이 포함된다. 가스상으로 이송하기에 충분한 증기압을 갖는 적합한 고체 아연 전구물질로는, 예컨대 아연 클로라이드($ZnCl_2$)가 포함된다. 적합한 액체 알루미늄 전구물질로는 예컨대 알루미늄 s-부톡사이드($Al(OC_4H_9)_3$이 포함된다. 예컨대 알루미늄 클로라이드($AlCl_3$), 알루미늄 에톡사이드($Al(OC_2H_5)_3$), 알루미늄 이소프로폭사이드 ($Al〔OCH(CH_3)_2〕_3$)를 비롯한 복수의 적합한 고체 알루미늄 전구물질 화합물이 이용 가능하다.

전적으로 가스상 반응물만을 사용하는 것은 편리하게 사용할 수 있는 전구물질 화합물의 타입을 어느 정도 제한한다. 따라서, 에어로졸 함유 반응물 전구물질을 반응 영역으로 도입하기 위한 기술이 사용될 수 있다. 레이저 열분해 반응 시스템용의 개선된 에어로졸 이송 장치는, 공동 양도되고 공동 계류중이며, 발명의 명칭이 '반응물 이송 장치'인 Gardner 등의 1998년 11월 9일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 09/188,670〔미국 특허 6,193,936호〕에 더 설명되어 있으며, 이 특허 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 이들 에어로졸 이송 장치는 광 반응성 증착을 수행하기에 적합하게 될 수 있다.

에어로졸 이송 장치를 이용하면, 고체 전구물질 화합물은 용매에서 화합물을 용해함으로써 이송될 수 있다. 선택적으로, 분말형의 전구물질 화합물은 에어로졸 이송을 위하여 액체/분산제에 분산될 수 있다. 액체 전구물질 화합물은 순 액체, 다중 액체 분산제 또는 액체 용액으로부터 에어로졸로서 이송될 수 있다. 에어로졸 반응물은 상당한 반응물 산출량을 얻도록 사용될 수 있다. 결과적인 용액/분산액의 원하는 특성을 달성하도록 용매/분산제를 선택할 수 있다. 적합한 용매/분산제는 물, 메탄올, 에탄올, 이소프로필 알콜, 기타 유기 용매 및 이들의 혼합물을 포함한다. 용매는 결과적인 입자가 원하는 순도 레벨을 갖도록 원하는 레벨의 순도를 가져야 한다. 이소프로필 알콜과 같은 일부 용매는 CO_2 레이저로부터의 적외 선 광을 상당히 흡수하며, 그에 따라 CO_2 레이저가 광원으로서 사용되는 경우에는 반응물 스트림 내에 추가의 레이저 흡수 화합물이 필요하지 않다.

에어로졸 전구물질을 사용하는 경우에, 액체 용매/분산제는 반응 챔버에서 광선 빔에 의해 급속하게 증발될 수 있어서, 가스상 반응이 일어날 수 있다. 따라서, 레이저 열분해 반응의 기본적인 특징은 에어로졸의 존재에 의해 변경되지 않는다. 그럼에도 불구하고, 반응 조건은 에어로졸의 존재에 의해 영향을 받는다. 이하의 예에서는, 특정의 반응 챔버에서 에어로졸 전구물질을 이용하여 나노크기의 이산화 실리콘 입자를 생성하기 위한 조건이 설명되어 있다. 따라서, 에어로졸 반응물 이송과 관련한 파라미터는 이하의 설명을 기초로 더욱 연구될 수 있다.

광 반응성 증착은 평면 유리를 생성하는 다른 수단이지만, 에어로졸에 기초한 공정과 관련하여 두가지 과제가 있다. 먼저, 고체 전구물질을 용해하는 데 사용된 많은 용매는 종종 C, H, O 및/또는 N 원자를 함유한다. 이들 원자는 종종 대부분의 합성 조건 하에서 관심 대상 물질과 결합을 형성한다. 물 및 기타 부산물은 후속 고화 열처리에 의해 제거되거나 제거되지 않을 수 있다. 또한, 광학 유리 형성물은 고순도의 화학 물질을 필요로 한다. $SiCl_4$는 종종 물을 추출하기 위하여여러 증류 단계를 통하여 정화될 필요가 있다.

복수의 적합한 고체 금속 전구물질 화합물은 용액으로부터 에어로졸로서 이송될 수 있다. 에어로졸 생성을 위한 적합한 실리콘 전구물질로는, 예컨대 에테르에서 용해될 수 있는 실리콘 테트라클로라이드($Si(Cl)_4$)와, 카본 테트라클로라이드 에서 용해될 수 있는 트리클로로실란(Cl_3HSi)이 포함된다. 적합한 도펀트가 에어로졸에서 이송될 수 있다. 예컨대, 아연 클로라이드($ZnCl_2$) 및 아연 니트레이트($Zn(NO_3)_2$)는 물과, 이소프로필 알콜과 같은 일부 유기 용매에서 용해될 수 있다. 마찬가지로, 물 및 각종 유기 용매에서 용해될 수 있는 암모늄 보레이트($(NH_4)_2B_4O_7$)를 이용하여 붕소 도펀트를 에어로졸로서 이송할 수 있다.

에어로졸 이송용의 전구물질 화합물은, 일부 실시예에서는 약 0.1 몰 이상의 농도를 가질 수 있는 용액에서 용해된다. 일반적으로, 용액 내의 전구물질의 농도가 클수록, 반응 챔버를 통한 반응물의 산출량이 증대된다. 그러나, 농도가 증가함에 따라, 용액은 보다 점성이 커지게 되어, 에어로졸은 원하는 크기보다 큰 크기의 액적을 포함할 수 있다. 따라서

, 용액 농도의 선택은 적합한 용액 농도의 선택 시에 인자의 균형을 포함할 수 있다.

일부 실시예에서, 산소 공급원으로서 작용하는 2차적인 반응물은 예컨대 O_2, CO, N_2O, H_2O, CO_2, O_3 및 이들의 혼합물을 포함한다. 분자 산소가 공기로서 공급될 수 있다. 2차적인 반응물 화합물은 반응 영역에 도입되기 전에 금속 전구물질과 많이 반응해서는 안되는데, 그 이유는 반응으로 인해 일반적으로 큰 입자가 형성되기 때문이다.

광 반응성 증착은 레이저 또는 기타 강한 집속 방사선(예컨대 광) 공급원을 이용하여 각종 광학 주파수로 실행될 수 있다. 일부 실시예에서, 광원은 전자기 스펙스럼의 적외선 부분에서 동작한다. CO_2 레이저를 광원으로서 사용할 수 있다. 반응물 스트림에 포함되는 적외선 흡수제로는, 예컨대 C_2H_4, 이소프로필 알콜, NH_3, SF_6, SiH_4 및 O_3 가 포함된다. O_3 가 적외선 흡수제 및 산소 공급원 모두로서 작용할 수 있다. 적외선 흡수제와 같은 방사선 흡수제는 방사선 빔으로부터 에너지를 흡수하고, 그 에너지를 다른 반응물로 분배하여 반응을 유도한다.

통상의 실시예에서, 광선 빔으로부터 흡수된 에너지는 온도를 상당한 비율, 즉 열이 제어된 조건하의 발열 반응에 의해 발생되는 비율보다 여러 배로 증가시킨다. 공정은 일반적으로 비평형 조건을 포함하고, 온도는 흡수 영역의 에너지를 기초로 하여 개략적으로 설명될 수 있다. 광 반응성 증착 반응 공정은, 에너지 공급원이 반응을 일으키지만 반응이 발열 반응에 의해 발생된 에너지에 의해 유도되는 연소 반응기에서의 공정과 정성적으로 상이하다. 연소 반응기에서는, 경계가 잘 구획된 반응 영역이 없다. 반응 영역은 크고, 반응물의 체류 시간은 길다. 보다 낮은 열구배가 일반적으로 연소 반응기에 존재한다. 이와 달리, 레이저/광선 유도 반응은 매우 높은 가열 및 냉각 속도를 갖는다. 레이저/광선의 밀도는 반응 조건이 유사하게 제어 가능하도록 제어될 수 있다.

불활성 차폐 가스를 사용하여, 반응 챔버 부품과 접촉하는 반응물 및 생성물 분자의 양을 줄일 수 있다. 불활성 가스는 캐리어 가스 및/또는 반응 감속재로서 반응물 스트림 내로 도입될 수도 있다. 적합한 불활성 차폐 가스로는 예컨대 Ar, He 및 N_2 가 포함된다.

적합한 광 반응성 증착 장치는 주변 환경으로부터 격리된 반응 챔버를 포함할 수 있다. 선택적으로, 반응 영역은 주변 분위기에 노출될 수도 있다. 반응 영역이 주변 분위기에 노출되는 경우에, 구성은 둘레 벽이 존재하지 않는 것을 제외하고는 유사하다. 이하의 설명은 반응 챔버가 존재하는 실시예에 중점을 두고 있지만, 반응 영역이 주변 분위기에 노출되어 있는 경우에 대한 변형도 직선적인 변형이다. 또한, 반응 챔버 내의 압력이 주위 압력보다 높은 경우에, 반응 챔버는 생성물 입자를 주위 압력 상태의 기판으로 지향시키도록 정향될 수 있다. 예컨대, 긴 반응물 유입구를 갖춘 실시예에서, 입자의 시트는 기판을 향해 지향될 수 있다.

반응물 이송 장치에 연결된 반응물 유입구는 반응 챔버를 통하여 반응물 스트림을 발생시킨다. 광선 빔 경로는 반응 영역에서 반응물 스트림과 교차한다. 일반적으로, 레이저와 같은 광원은 반응 챔버의 외부에 위치되어 있으며, 광선 빔은 적합한 창을 통하여 반응 챔버로 들어간다. 일부 실시예에서, 광원은 반응 챔버 내에 배치될 수도 있다.

2. 별도의 레이저 열분해 장치

코팅을 입자 생성 챔버와 별도의 챔버에서 실행하는 경우에, 레이저 열분해 챔버는 공지의 구조를 기초로 할 수 있다. 반응물/생성물 스트림은 반응 영역을 지나서 출구까지 계속되고, 여기서 반응물/생성물 스트림은 반응 챔버를 나가고 코팅 챔버로 들어간다. 도관을 사용하여 반응 챔버와 코팅 챔버를 연결할 수 있다.

도 5를 참조하면, 광 반응성 증착 시스템용의 입자 생성 챔버의 특정의 실시예(100)는 반응물 이송 장치(102), 반응 챔버(104), 차폐 가스 이송 장치(106), 배 출 도관(108) 및 광원(110)을 포함한다. 후술하는 제1 반응물 이송 장치를 사용하여 단지 가스상 반응물만을 이송할 수 있다. 하나 이상의 반응물을 에어로졸로서 이송하기 위한 선택적인 반응물 이송 장치가 설명되어 있다.

도 6을 참조하면, 반응물 이송 장치(102)의 제1 실시예(112)는 전구물질 화합물의 공급원(120)을 포함한다. 유체 또는 고체 반응물의 경우에, 하나 이상의 캐리어 가스 공급원(122)으로부터의 캐리어 가스가 전구물질 공급원(120)으로 도입되어 반응물의 이송을 용이하게 할 수 있다. 전구물질 공급원(120)은 액체 수용 용기, 고체 전구물질 이송 장치 또는 기타 적합한 용기일 수 있다. 캐리어 가스 공급원(122)으로부터의 캐리어 가스는 적외선 흡수제 및/또는 불활성 가스일 수 있다.

전구물질 공급원(120)의 가스는 튜브(130)의 단일 부분에서 가스를 배합함으로써 적외선 흡수제 공급원(124), 불활성 가스 공급원(126) 및/또는 2차 반응물 공급원(128)의 가스와 혼합된다. 가스는 반응 챔버(104)로부터 충분한 간격을 두고 배합되어, 가스는 반응 챔버(104)에 들어가기 전에 잘 혼합되게 되어 있다. 튜브(130) 내의 배합된 가스는 덕트(132)를 통하여 채널(134)로 들어가며, 이 채널은 반응물 유입구(206)와 유체 연통된다.

2차 반응물 공급원(138)으로부터 2차 반응물이 공급될 수 있는데, 이 공급원은 액체 반응물 이송 장치, 고체 반응물

이송 장치, 가스 실린더 또는 기타 적합한 용기(들)일 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 2차 반응물 공급원(138)은 2차 반응물을 튜브(130)를 매개로 덕트(132)로 이송한다. 선택적으로, 2차 반응물 공급 원은 두 반응물이 개별적으로 반응 챔버로 이송되도록 2차 반응물을 제2 덕트로 이송할 수 있으며, 상기 반응 챔버에서 반응물은 반응 영역 또는 그 근처에서 배합된다. 질량 유량 제어기(146)를 사용하여 도 6의 반응물 이송 시스템 내에서 가스의 흐름을 제어할 수 있다.

전술한 바와 같이, 반응물 스트림은 하나 이상의 에어로졸을 포함할 수 있다. 에어로졸은 반응 챔버(104) 내로 주입되기 전에 반응 챔버(104) 내에 또는 반응 챔버(104)의 외측에 형성될 수 있다. 에어로졸이 반응 챔버(104)로의 주입 이전에 발생되는 경우에, 에어로졸은 도 6에 도시된 반응물 유입구(134)와 같이 가스상 반응물에 사용되는 유입구와 유사한 반응물 유입구를 통하여 도입될 수 있다.

도 7을 참고하면, 반응물 공급 시스템(102)의 실시예(210)를 사용하여 에어로졸을 덕트(132)로 공급할 수 있다. 반응물 공급 시스템(210)은 외부 노즐(212)과 내부 노즐(214)을 구비한다. 외부 노즐(212)은 도 7의 삽입도에 도시된 바와 같이 외부 노즐(212)의 상부에서 장방형 출구(218)에 이르는 상부 채널(216)을 구비한다. 장방형 노즐은 반응 챔버 내에서 원하는 용적의 반응물 스트림을 발생시키도록 선택된 치수를 갖는다. 외부 노즐(212)은 베이스 플레이트(222)에 배수 튜브(220)를 구비한다. 배수 튜브(220)는 응축된 에어로졸을 외부 노즐(212)로부터 제거하도록 사용된다. 내부 노즐(214)은 피팅(224)에서 외부 노즐(212)에 고정되어 있다.

노즐의 상부는 트윈 오리피스 내부 혼합 분무기(226)일 수 있다. 액체는 튜브(228)를 통하여 분무기로 이송되고, 반응 챔버로 도입되는 가스는 튜브(230)를 통하여 분무기로 이송된다. 가스와 액체의 상호 작용은 액적의 형성을 돕는다.

도 5를 참조하면, 반응 챔버(104)는 메인 챔버(250)를 구비한다. 반응물 공급 시스템(102)은 주입 노즐(252)에서 메인 챔버(250)에 연결된다. 반응 챔버(104)는 장치의 압력하에서 반응물과 불활성 성분의 혼합물의 이슬점 이상의 표면 온도로 가열될 수 있다.

주입 노즐(252)의 단부에는 불활성 차폐 가스의 통과를 위한 환형 개구(254)와, 반응물의 통과를 위한 반응물 유입구(256; 좌측 하부 삽입도 참조)가 마련되어 있어서, 반응 챔버에서 반응물 스트림을 형성한다. 반응물 유입구(256)는 도 5의 하부 삽입도에 도시된 바와 같이 슬릿일 수 있다. 환형 개구(254)는 예컨대 직경이 약 1.5 인치이고, 반경 방향을 따른 폭이 약 1/8 인치 내지 약 1/16 인치이다. 환형 개구(254)를 통한 차폐 가스의 흐름은 반응 챔버(104) 전체에서 반응물 가스 및 생성물 입자의 퍼짐을 방지하는 것을 돕는다.

관형 섹션(260, 262)은 주입 노즐(252)의 어느 한 측부에 위치되어 있다. 관형 섹션(260, 262)은 ZnSe 창(264, 266)을 각각 구비한다. 창(264, 266)의 직경은 약 1 인치이다. 창(264, 266)은 챔버의 중심과 렌즈의 표면 사이의 거리와 동일한 초점 길이를 갖는 원통형의 렌즈일 수 있으며, 노즐 개구의 중심의 바로 아래의 지점에 광선 빔을 집속한다. 적합한 ZnSe 렌즈는 미국 캘리포니아주 샌디에이고에 소재하는 Laser Power Optics로부터 판매된다. 관형 섹션(260, 262)은 메인 챔버(250)로부터 멀어지게 창(264, 266)을 변위시키도록 제공되어, 창(264, 266)은 반응물 및/또는 생성물에 의해 그다지 오염되지 않는다. 창(264, 266)은 예컨대 메인 챔버(250)의 에지로부터 약 3㎝ 변위된다.

창(264, 266)은 고무 O링에 의해 관형 섹션(260, 262)에 대해 밀봉되어, 주위 공기가 반응 챔버(104)로 흐르는 것을 방지한다. 관형 섹션(268, 270)은 관형 섹션(260, 262) 내로의 차폐 가스의 흐름을 제공하여, 창(264, 266)의 오염을 감소시킨다. 관형 섹션(268, 270)은 차폐 가스 이송 장치(106)에 연결되어 있다.

도 5를 참고하면, 차폐 가스 이송 시스템(106)은 불활성 가스 덕트(282)에 연결된 불활성 가스 공급원(280)을 구비한다. 불활성 가스 덕트(282)는 환형 개구(254)에 이르는 환형 채널(284)로 흐른다. 질량 유량 제어기(286)가 불활성 가스 덕트(282)로의 불활성 가스의 흐름을 조절한다. 도 6의 반응물 이송 시스템(112)이 사용되는 경우, 불활성 가스 공급원(126)은 원하는 경우 덕트(282)용의 불활성 가스 공급원으로서 작용할 수도 있다. 도 5를 참고하면, 불활성 가스 공급원(280) 또는 별도의 불활성 가스 공급원을 사용하여, 불활성 가스를 튜브(268, 270)로 공급할 수 있다. 튜브(268, 270)로의 흐름은 질량 유량 제어기(288)에 의해 제어될 수 있다.

광원(110)은 창(264)으로 들어가서 창(266)으로 나오는 광선 빔(300)을 발생시키도록 정렬되어 있다. 창(264, 266)은 반응 영역(302)에서 반응물의 흐름과 교차하는 메인 챔버(250)를 통하는 광 경로를 형성한다. 창(266)을 나간 후에, 광선 빔(300)은 파워 미터(304)에 부딪치는데, 이는 빔 덤프(beam dump)로서도 작용한다. 적합한 파워 미터는 미국 캘리포니아주 산타 클라라에 소재하는 Coherent Inc.,에서 판매된다. 광원(110)은 레이저 또는 아크 램프와 같은 조밀한 통상의 광원일 수 있다. 일부 실시예에서, 광원(110)은 적외선 레이저, 특히 미국 뉴저지주 랜딩에 소재하는 PRC Corp.,에서 판매하는 최대 출력 1800와트의 레이저와 같은 CW CO_2 레이저일 수 있다.

주입 노즐(252)에서 반응물 유입구(256)를 통과하는 반응물은 반응물 스트림을 일으킨다. 반응물 스트림은 반응 영

역(302)을 통과하며, 여기서 금속 전구물질 화합물을 포함하는 반응이 일어난다. 반응 영역(302)에서 가스의 가열은 특정 조건에 따라 대략 105 ℃/초 정도로 매우 빠르다. 반응물은 반응 영역(302)을 떠날 때 급속하게 냉각되고, 입자(306)가 반응물/생성물 스트림에 형성된다. 공정의 비평형 성질로 인하여, 매우 균일한 크기 분포 및 구조적 균질성을 갖는 나노 입자를 생성할 수 있다.

반응물 스트림의 경로는 배출 노즐(310)까지 계속된다. 배출 노즐(310)은 도 5의 상부 삽입도에 도시된 바와 같은 원형 개구(312)를 구비한다. 원형 개구(312)는 배출 도관(108)으로 안내된다.

챔버의 압력은 메인 챔버에 부착된 압력 게이지(320)에 의해 모니터링된다. 원하는 산화물의 생성을 위한 챔버 압력은 일반적으로 약 80 Torr 내지 약 1000 Torr의 범위로 있을 수 있다. 760 Torr 이상의 압력을 사용하여 대기압 상태의 기판에 코팅할 수 있다. 추가로, 반응 영역으로부터의 적외선 방출은 대역폭 적외선 검출기(322)에 의해 모니터링될 수 있다.

배출 도관(108)은 코팅 챔버 또는 주위 압력의 기판에 이른다. 적합한 코팅 챔버의 구조를 이하에서 후술한다.

장치는 컴퓨터(350)에 의해 제어될 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 광원을 제어하고 반응 챔버 내의 압력을 모니터링한다. 컴퓨터를 사용하여 반응물 및/또는 차폐 가스의 흐름을 제어할 수 있다. 컴퓨터(350)는 반응 챔버, 코팅 챔버 및 펌프를 일체적으로 제어할 수 있다.

입자 생성 장치의 변형예가 도 8에 도시되어 있다. 입자 생성 장치(400)는 반응 챔버(402)를 구비한다. 반응 챔버(402)는 직육면체의 형상을 갖는다. 반응 챔버(402)는 그것의 가장 긴 치수가 광선 빔을 따라 연장된다. 반응 챔버(402)는 그 측부에 시야 창(404)을 구비하여, 작업 중에 반응 영역을 관찰할 수 있다.

반응 챔버(402)는 반응 챔버를 통한 광학 경로를 구획하는 관형 연장부(408, 410)를 구비한다. 관형 연장부(408)는 시일에 의해 원통형 렌즈(412)에 연결되어 있다. 튜브(414)는 레이저(416) 또는 기타 광원을 렌즈(412)와 연결시킨다. 마찬가지로, 관형 연장부(410)는 시일에 의해 튜브(418)에 연결되어 있고, 이것은 빔 덤프/광선 미터(420)로 더 안내된다. 따라서, 레이저(416)로부터 빔 덤프(420)에 이르는 전체 광 경로가 에워싸여 있다.

입구 노즐(426)은 그 하면(428)에서 반응 챔버(402)에 연결된다. 입구 노즐(426)은, 내부 노즐(426)을 고정하도록 하면(428)에 볼트 고정되는 플레이트(430)를 구비한다. 도 9 및 도 10을 참고하면, 입구 노즐(426)은 내부 노즐(432)과 외부 노즐(434)을 구비한다. 내부 노즐(432)은 노즐의 상부에 트윈 오리피스 내부 혼합 분무기(436)를 구비할 수 있다. 적합한 가스 분무기는 미국 일 리노이주 휘튼에 소재하는 Spraying Systems으로부터 판매된다. 트윈 오리피스 내부 혼합 분무기(436)는 에어로졸 및 가스상 전구물질의 얇은 시트를 생성하도록 팬 형상을 갖는다. 액체는 튜브(438)를 통하여 분무기로 이송되고, 반응 챔버에 도입될 가스는 튜브(440)를 통하여 분무기로 이송된다. 가스와 액체의 상호 작용은 액적 형성을 돕는다.

외부 노즐(434)은 챔버 섹션(450), 깔때기 섹션(452) 및 이송 섹션(454)을 구비한다. 챔버 섹션(450)은 내부 노즐(432)의 분무기를 수용한다. 깔때기 섹션(452)은 에어로졸 및 가스상 전구물질을 이송 섹션(454)으로 지향시킨다. 이송 섹션(454)은 도 9의 삽입도에 도시된 약 3인치 × 0.5인치의 장방형 출구(456)로 안내된다. 외부 노즐(434)은 외부 노즐에 수집되는 임의의 액체를 제거하기 위한 배수부(458)를 구비한다. 외부 노즐(434)은 출구(456)를 둘러싸는 차폐 가스 개구(462)를 형성하는 외벽(460)에 의해 덮혀 있다. 불활성 가스는 입구(464)를 통하여 도입된다.

도 8을 참고하면, 배출 노즐(470)은 반응 챔버(402)의 상면에서 장치(400)에 연결되어 있다. 배출 노즐(470)은 코팅 챔버 또는 주변 압력의 기판에 안내되는 도관을 형성한다.

입자 생성 장치의 다른 변형 구조는, 발명의 명칭이 '화학 반응에 의한 입자의 효율적인 생성'인 Bi 등의 미국 특허 제5,958,348호에 설명되어 있으며, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다. 이러한 변형 구조는 상업적인 양의 입자를 레이저 열분해에 의해 용이하게 생성하는 것을 목적으로 한다. 상업적인 용량의 레 이저 열분해 장치에 대한 추가의 실시예 및 기타 적합한 특징은, 발명의 명칭이 '입자 생성 장치'이고 공동 계류중이며 공동 양도된 Mosso 등의 미국 특허 출원 09/362,631에 설명되어 있으며, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다. 이러한 공동 계류중인 출원에 설명된 많은 특징은 광 반응성 증착을 위한 입자 생성 장치에 채용될 수 있다.

대용량의 입자 생성 장치의 일실시예에서, 반응 챔버와 반응물 유입구는 광선 빔을 따라 현저하게 길어서 반응물 및 생성물의 산출량을 증대시킨다. 가스상 반응물 및 에어로졸 반응물의 이송을 위한 전술한 실시예는 긴 반응 챔버 구조에 적합하게 될 수 있다. 하나 이상의 에어로졸 발생기에 의해 에어로졸을 긴 반응 챔버로 도입하기 위한 추가의 실시예는, 발명의 명칭이 '반응물 이송 장치'이고, 공동 양도되고 공동 계류중인 Gardner 등의 미국 특허 출원 제09/188,670(미국 특허 6,193,936)에 설명되어 있으며, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다.

일반적으로, 긴 반응 챔버 및 반응물 유입구를 갖춘 입자 생성 장치는 챔버 벽의 오염을 감소시키도록 설계되어, 생성 용량을 증가시키고 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 한다. 이들 목적을 달성하기 위하여, 긴 반응 챔버는 챔버의 사용적(dead volume)의 상응하는 증가 없이 반응물 및 생성물의 산출량을 증대시킨다. 챔버의 사용적은 미반응 화합물 및/또는 반응 생성물로 오염될 수 있다. 또한, 차폐 가스의 적절한 흐름은 반응물 및 생성물을 반응 챔버를 통한 흐름 스트림 내에서 구속한다. 반응물의 높은 산출량으로 인하여 광선 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다.

개선된 반응 챔버(460)의 구조가 도 11에 개략적으로 도시되어 있다. 반응물 유입구(462)는 메인 챔버(464)에 이른다. 반응물 유입구(462)는 대략 메인 챔버(464)의 형상과 합치된다. 메인 챔버(464)는 미립자 생성물, 임의의 미반응 가스 및 불활성 가스의 제거를 위하여 반응물/생성물 스트림을 따라 출구(466)를 구비한다. 차폐 가스 입구(470)는 반응물 유입구(462)의 양측에 위치되어 있다. 차폐 가스 입구는 반응물 스트림의 양측에 불활성 가스의 블랭킷을 형성하도록 사용되어, 챔버 벽과 반응물 또는 생성물 사이의 접촉을 방지한다. 긴 반응 챔버(464)와 반응물 유입구(462)의 치수는 고효율의 입자 생성을 위해 설계될 수 있다. 1800 와트의 CO_2 레이저를 사용하는 경우에 세라믹 나노입자의 생성을 위한 반응물 유입구(462)의 합당한 치수는 약 5 ㎜ 내지 약 1 m이다.

관형 섹션(480, 482)은 메인 챔버(464)로부터 연장된다. 관형 섹션(480, 482)은 창(484, 486)을 유지하여, 반응 챔버(460)를 통한 광선 빔 경로(488)를 형성한다. 관형 섹션(480, 482)은 불활성 가스를 관형 섹션(480, 482)으로 도입하기 위하여 불활성 가스 입구(490, 492)를 구비할 수 있다.

출구(466)는 코팅 챔버에 이르는 도관으로 안내된다. 반응 챔버로부터 도관을 통해 코팅 챔버에 이르는 전이부를 분리하는 치수의 변경이 꼭 필요한 것은 아니다. 반응 영역은 반응 챔버 내에 위치되어 있으며, 도관은 흐름 방향의 변경을 포함할 수도 있고, 포함하지 않을 수도 있다.

3. 입자 생성 챔버 외부에서의 입자 코팅 증착

코팅 공정이 입자가 생성되는 반응 챔버 내에서 실행되지 않는 경우에, 생성물 입자는 도관을 통하여 별도의 코팅 챔버, 또는 기판이 주변 압력으로 있는 코팅 영역으로 지향된다. 입자 생성 장치로부터의 도관은 코팅 챔버로 개방되는 입자 노즐에 이른다. 코팅 챔버는 감소된 압력 하에서 유지될 수도 있고 유지되지 않을 수도 있다. 코팅 공정은 기판과 노즐을 서로에 대해 이동시킴으로써 실행될 수 있다. 선택적으로, 외력이 작용하여 입자를 구름으로 분산시키며, 이 구름은 전체 기판 또는 이 기판의 상당한 부분을 동시에 코팅하도록 사용된다.

챔버가 주변 환경으로부터 밀봉되어 있는 경우에, 하나 이상의 기판은 코팅된 기판을 코팅 챔버로부터 거두어 들이기 전에 처리될 수 있다. 선택적으로, 코팅된 기판은 코팅된 기판을 추가로 처리하거나 복구하기 위한 소정의 위치로 에어록(airlock)을 통하여 갈 수 있다. 챔버가 대기압 근처에서 작동하는 경우에, 코팅된 기판과 새로운 미코팅 기판은 자의적으로 챔버의 내외로 이동될 수 있다. 어느 경우에든, 열처리와 같은 추가의 공정은 개입 없이 자동화 공정에서 실행될 수도 있고, 입자 코팅이 형성된 기판은 추가의 처리를 위한 특정의 위치로 수동으로 지향될 수도 있다.

도 12를 참조하면, 입자 생성 장치로부터의 도관(500)은 코팅 챔버(502)로 이른다. 도관(500)은 챔버(502) 내의 개구(504)에서 종결된다. 일부 실시예에서, 개구(504)는 기판(506)의 표면 근처에 위치되어, 입자 스트림의 운동량은 입자를 표면 상으로 직접적으로 지향시킨다. 기판(506)은 개구(504)에 대해 기판(506)을 위치 결정하도록 스테이지 또는 기타 플랫폼(508)에 장착될 수 있다. 일반적으로, 코팅 챔버(502)는 채널(510)을 통하여 배기된다. 코팅 챔버(502)가 대기압 미만의 압력으로 유지되는 경우에, 채널(510)은 일반적으로 펌프(512)에 이른다. 수집 시스템, 필터 또는 스크러버(514)가 코팅 챔버(504)와 펌프(512) 사이에 배치될 수 있어서, 기판 표면에 코팅되지 않은 입자를 제거한다. 수동 또는 자동 밸브(516)를 사용하여 펌핑 속도를 제어할 수 있다.

코팅 챔버는 반응 챔버와 현저하게 다른 압력에서 작동할 수 있다. 이를 달성하기 위한 한 장치가 도 13에 도시되어 있다. 장치(530)에서, 레이저 열분해 챔버(532)는 도관(534)에 이른다. 도관(534)은 벤튜리 튜브(536)에 이른다. 벤튜리 튜브(536)는 불활성 가스 공급부(540)에 연결된 노즐(538)을 구비한다. 노즐(538)은 테이퍼진 튜브(542)에 이른다. 노즐(538)로부터의 불활성 가스의 압력은 도관(534) 및 반응 챔버(532)에 음압을 발생시켜, 생성물 입자를 테이퍼진 튜브(542) 아래로 밀어낸다.

테이퍼진 튜브(542)는 코팅 챔버(544)에 이른다. 도 13에 도시된 바와 같이, 기판(546)은 이동 스테이지(548)에 의해 테이퍼진 튜브(542)의 개구를 지나간다. 모터(550)가 스테이지(548)를 트랙(552)을 따라 이동시킨다. 코팅 챔버(544)는 배출부(554)를 통하여 배기된다.

일반적으로, 집속된 입자 스트림이 코팅 챔버로 이송되는 경우에, 기판과 이송 노즐은 서로에 대해 이동하여, 입자 스트림이 기판의 표면을 가로질러 지나가서 표면 또는 표면의 일부 위에 코팅을 형성한다. 일부 실시예에서, 입자 노즐은 고정된 기판에 대해 이동한다. 도 14를 참고하면, 기판(570)이 스테이지(572)에 장 착되어 있다. 스테이지(572)는 고정될 수도 있고, 스테이지(572)는 상이한 기판을 입자 흐름 내에 두도록 이동할 수도 있다. 일부 실시예에서, 스테

이지(572)는 열 제어 특징을 가지며, 그에 따라 기판(570)의 온도를 원하는 값으로 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 입자 노즐(574)은 입자를 기판 표면을 가로질러 지향시키도록 기판(570)에 대해 이동한다. 도 14에 도시된 바와 같이, 입자 노즐(574)은 힌지(578)에서 도관(576)에 대해 회전한다. 모터(580)는 노즐(574)의 이동을 제어하도록 사용된다.

변형예에서, 기판은 고정된 노즐에 대해 이동한다. 도 15를 참고하면, 입자 노즐(590)은 입자를 스테이지(592)를 향해 지향시킨다. 도 15에 도시된 바와 같이, 4개의 기판(594)이 스테이지(592)에 장착되어 있다. 챔버의 사이즈와 스테이지에 대한 상응하는 변형에 따라서 보다 많거나 적은 기판이 이동 스테이지에 장착될 수 있다. 스테이지(592)의 이동으로 인하여, 입자 스트림이 기판 표면을 가로질러 지나가고, 노즐(590)의 경로 내에서 특정 기판(594)이 위치 결정된다. 도 15에 도시된 바와 같이, 모터를 사용하여 스테이지(592)를 회전시킨다. 스테이지(592)는 스테이지(592) 상의 기판의 온도를 개별적으로 또는 동시에 제어하는 열 제어 특징을 포함할 수 있다. 변형 구조는 도 13에 도시된 바와 같은 스테이지의 선형 이동을 포함한다.

변형예에서는, 컨베이어를 사용하여, 기판을 입자 노즐을 지나서 이동시킬 수 뿐 아니라, 새로운 미코팅 기판을 이송하고 코팅된 기판을 제거할 수 있다. 도 16을 참조하면, 입자 노즐(600)은 컨베이어(602)를 향해 지향된다. 컨베이어(602) 는 모터식 롤러(604) 및 벨트(606)를 구비하지만, 변경된 구조를 사용할 수도 있다. 컨베이어 벨트(606)는 기판(608)이 노즐(600)의 개구를 지나가게 한다. 전술한 스테이지의 경우에, 컨베이어(602)는 기판의 온도를 원하는 값으로 조정하는 열 제어 특징을 포함할 수 있다. 새로운 미코팅 기판(610)이 호퍼(612)로부터 이송될 수 있다. 코팅된 기판(614)은 랙(616)에서 적층될 수 있다.

도 17을 참조하면, 입자 노즐(630)은 입자를 변환기(632)에 의해 형성된 인가된 장(field)으로 이송한다. 예컨대, 변환기(632)는 정전기장을 공급하기 위하여 동력원에 연결되는 플레이트일 수 있다. 선택적으로, 전자석 또는 영구 자석을 사용하여 자기장을 발생시킬 수 있다. 전기장 또는 자기장은 입자를 비교적 균일하게 분산될 수 있는 구름으로 분산시킨다. 그 후, 입자의 구름이 기판(634)의 표면에 머무른다. 기판(634)은 표면을 코팅하도록 노즐(630)에 대해 이동할 필요가 없다. 그러나, 기판(634)은 상이한 기판을 적소로 위치시키도록 스테이지에 장착될 수 있다.

4. 조합형의 레이저 열분해 및 코팅 챔버

일부 실시예에서, 코팅은 입자가 생성되는 챔버와 동일한 챔버 내에서 실행된다. 입자 생성 챔버 내에서 코팅을 실행하기 위한 적합한 장치(650)가 도 18에 개략적으로 도시되어 있다. 장치(650)는 챔버(652)와, 이 챔버(652)로부터 연장되는 2개의 튜브(654, 656)를 구비한다. 이 실시예에서, 튜브(654)는 레이저(658)에 연결되어 있지만, 기타 방사선 공급원을 사용할 수도 있다. 튜브(656)는 빔 덤프(660)에서 종결된다. 튜브(654, 656)는 렌즈 등과 같은 광학 부품을 챔버(652)로부터 연장시켜서, 입자에 의해 광학 부품이 오염되는 것을 방지하거나 감소시킨다. 일부 실시예에서, 튜브(654, 656)는 불활성 가스 공급원에 연결된 불활성 가스 입구(662, 664)를 구비하여, 오염물이 튜브(654, 656)로 흐르는 것을 줄이도록 불활성 가스가 튜브(654, 656)로 지향될 수 있다.

반응물 도관(670)이 반응물 이송 시스템과 챔버(652)를 결합시킨다. 적합한 반응물 이송 시스템은 위에서 설명하고 있다. 원리적으로, 챔버(652)는 가능하게는 스크러버를 통하여 대기로 배기될 수 있다. 이들 실시예에서, 챔버를 통한 흐름은 반응물 스트림에 의해 유지된다. 그러나, 일부 실시예에서는, 배출 도관(672)이 펌프(674)와 연결되어 있다. 펌프(674)는 직접적으로 또는 스크러버를 통하여 대기로 배기되는 배출부(676)를 구비한다. 수집기, 필터(678) 등은 펌프로의 흐름 중에 배치되어, 흐름으로부터 여분의 입자를 제거할 수 있다. 마찬가지로, 펌핑을 제어하기 위한 밸브가 구비될 수 있다. 일부 실시예에서, 챔버 내의 압력은 약 80 Torr 내지 약 700 Torr의 범위로 있다.

챔버의 내측이 도 19에 개략적으로 도시되어 있다. 기판(680)은 우측을 향하는 화살표에 의해 지시되는 바와 같이 반응 노즐(682)에 대해 이동한다. 반응물 노즐(682)은 기판(680)의 바로 위에 배치되어 있다. 광 경로(684)는 광선 빔을 경로(684)를 따라 지향시키는 적합한 광학 요소에 의해 형성되어 있다. 광 경로(684)는 노즐(682)과 기판(680) 사이에 위치되어 기판(680)의 표면 바로 위에 반응 영역을 형성한다. 뜨거운 입자는 보다 차가운 기판 표면에 고착되는 경향이 있다. 단면도가 도 20에 도시되어 있다. 기판이 반응 영역을 지나서 스캔될 때에 입자 코팅(686)이 형성된다.

일반적으로, 기판(680)은 컨베이어(688)에서 운반될 수 있다. 일부 실시예에서, 컨베이어(688)의 위치는 기판(686)으로부터 반응 영역에 이르는 거리를 변경시키도록 조정될 수 있다. 기판으로부터 반응 영역에 이르는 거리의 변경은 기판에 부딪치는 입자의 온도를 상응하게 변경시킨다. 기판에 부딪치는 입자의 온도는 일반적으로 결과적인 코팅의 성질과, 코팅의 후속 열처리 고화와 같은 후속 처리를 위한 요구 조건을 변경시킨다. 기판과 반응 영역 사이의 거리는 원하는 코팅 성질을 얻도록 경험적으로 조정될 수 있다. 추가로, 기판을 지지하는 스테이지/컨베이어는 기판의 온도가 필요에 따라 보다 높거나 낮은 온도로 제어될 수 있도록 열 제어 특성을 포함할 수 있다.

노즐의 한 변형예가 도 21A에 도시되어 있다. 노즐(690)은 압력 P_1의 중앙의 반응물 도관(692)을 구비한다. 인접한 차폐/냉각 가스 도관(694)은 반응 영역과 관련하여 기판의 운동에 대해 하류에 위치되어 있다. 변형예에서, 기판은

증착 조건의 일부 변경에 따라 반대 방향으로 이동한다. 압력 Ps의 불활성 가스는 차폐 가스/냉각 가스 도관으로 지향된다. 압력 P_2의 펌프 도관(696)이 반응물 도관의 다른 측부를 따라 위치되어 있다. 챔버 압력은 Pc이다. 일부 실시예에서, 압력의 크기는 다음과 같다: $Ps \geq P_1 > Pc > P_2$

반응물은 반응물이 광선 빔과 교차하는 반응 영역 또는 그 근처로 반응물 도관 아래로 흐른다. 차폐/냉각 가스는 반응물 입자가 챔버를 통하여 흐르는 것을 방지하도록 돕고, 불활성 가스는 생성물 입자를 기판의 표면에서 냉각시키는 것을 도와서, 입자가 기판 상에 응축되는 것을 돕는다. 펌프 도관이 사용되어 미반응 가스, 불활성 가스 및 임의의 잔류 입자를 제거할 뿐 아니라, 챔버 압력을 원하는 값으로 유지할 수 있다. P_1, P_2 및 Ps는 독립적으로 설정될 수 있다. Pc는 다른 압력 및 챔버 구조에 의해 결정된다. 일반적으로, 펌프 압력은 챔버 압력에 대해 원하는 값을 얻도록 변경될 수 있다.

노즐의 다른 변형에가 도 21B에 단면도로 도시되어 있다. 반응물 이송 노즐(671)은 반응물을 중앙 채널(673)을 통해 이송하고, 차폐 가스를 측부 채널(675)을 통해 이송한다. 반응물 이송 노즐(671)은 반응물 공급원을 포함한 이송 시스템(677)에 연결되어 있다. 반응물 이송 노즐(671)은 반응물을 레이저 빔 경로(679)를 통하여 이송하여, 생성물 입자가 웨이퍼(681)로 흐른다. 웨이퍼(681)는 웨이퍼(681)를 생성물 스트림을 통하여 지나가게 하는 가동 스테이지(683)에 장착되어 있다. 진공 채널(685, 687)이 적합한 펌프에 연결되어, 챔버 압력을 원하는 값으로 유지한다. 진공 채널(685, 687)은 반응물 스트림이 레이저 빔 경로(679)와 교차하는 반응 영역의 어느 한측에 장착되어 있다. 불활성 완충 가스가 진공 채널(685, 687)과 스테이지(683) 사이의 간극(689, 691)을 통하게 지향된다.

반응 챔버 내에서의 코팅에 있어서는, 레이저보다 반응 챔버 내에 위치되는 엇결성의 광원을 사용하는 것이 유리할 수 있다. 도 22를 참조하면, 반응물 노즐(700)은 반응물을 기판(702)를 향해 지향시킨다. 기판(702)은 스테이지, 컨베이어 등을 이용하여 화살표로 도시된 바와 같이 노즐(700)에 대해 이동한다. 도 22 및 도 23에 도시된 바와 같이, 광원(704)은 선형 필라멘트(706), 포물선형 거울(708) 및 긴 원통형 렌즈(710)를 구비한다. 필라멘트(706)는 고밀도 자외선을 방출하도록 선택될 수 있다. 포물선형 거울(708)은 필라멘트(706)가 방출한 광을 수집하는 것과, 광선을 거울의 축선에 평행하게 지향시키는 것을 돕는다. 원통형 렌즈(710)는 노즐(700)로부터의 반응물 스트림의 경로에서 광선을 반응 영역(712)에 집속한다. 선택적으로, 광원(704)은 상응하는 치수 및 방위의 다이오드 레이저 어레이 또는 기타 광 방출 다이오드 어레이로 대체될 수 있다. 기판(702)은 화살표로 지시된 바와 같이 반응 영역(712)에 대해 이동한다. 입자 코팅(714)이 형성된다.

5. 입자 생성 및 코팅 증착의 제어

주요 목적이 개선된 균일성을 갖는 기판 코팅의 형성이므로, 이러한 제어를 달성하는 중요한 양태는 처리 조건을 모니터링하고 조정하는 것을 포함한다. 특히 두 가지를 모니터링 할 수 있다. 먼저, 균일한 생성물 입자의 생성을 보장하도록 반응 영역 내의 조건을 모니터링할 수 있다. 또한, 결과적인 코팅의 균일성 및 평탄도를 개선하도록 기판 상의 입자의 증착을 모니터링할 수 있다.

생성물 발생은 반응 영역 내의 압력에 민감하다. 일부 실시예에서는, 도 15에 도시된 압력 게이지(320)와 같은 압력 센서 또는 특정의 반응 구조로 있는 유사한 압력 센서를 이용하여 반응 영역 내의 압력이 모니터링된다. 컴퓨터(350)와 같 은 프로세서 제어기가 피드백 루프를 사용하여 적당한 범위 내에서 압력을 유지할 수 있다. 펌프에 연결되는, 도 3의 밸브(78)와 같은 밸브의 개방 정도를 변경하고, 펌핑 속도를 조정하거나, 반응 영역의 근처에서 흐르는 반응물 및/또는 차폐 가스의 흐름을 변경함으로써 컴퓨터 제어하에서 압력을 조정할 수 있다.

또한, 반응 영역 내의 열 특성을 원하는 범위 내에서 제어하는 것이 유리할 수 있다. 예컨대, 반응 영역 내의 에너지 레벨을 검출하도록 적합한 위치에 열 검출기를 배치할 수 있다. 반응물/생성물 흐름과의 간섭을 방지하기 위하여, 센서는 반응물 흐름으로부터 멀리 있는 벽 또는 그 근처에 배치될 수 있다. 그러나, 차폐 가스는 일반적으로 흐름을 구속하는 데 사용되며, 그 결과 반응물/생성물 흐름에서 멀리 있는 센서에서의 온도는 반응 영역에서의 온도를 검출할 수 없다. 그러나, 일실시예에서, 검출기는 도 5의 검출기(322)와 같은 대역폭 적외선 검출기를 포함하며, 이것은 반응 영역으로부터의 적외선 방사를 수용하도록 정향되어 있다. 적합한 검출기로는 예컨대 적외선 포토다이오드가 포함된다. 적외선 방사는 일반적으로 흐름에 접촉할 필요 없이 반응 영역 내의 정확한 온도치를 제공한다. 반응 영역의 온도는 제어 컴퓨터에 의해 제어되는 피드백 루프에 의해 원하는 범위 내에서 유지될 수 있다. 예컨대, 온도치가 원하는 범위에 대해 떨어지거나 상승하는 경우에 레이저 동력을 높거나 낮게 각각 조정할 수 있다.

입자 생성을 균일하게 유지하는 것이 중요하지만, 증착의 균일성도 또한 중요하다. 일정한 입자 생성율을 유지하는 것이 충분하지 않을 수도 있는데, 그 이유는 극히 평탄한 코팅이 필요한 경우에는 전구물질 이송 시의 비교적 적은 요동이 원치 않는 레벨의 코팅 편차를 야기할 수 있기 때문이다. 따라서, 기판 스캐닝 속도를 코팅 증착과 상관되게 하도록 코팅 증착을 직접적으로 모니터링하는 것이 유리하다.

도 24 및 도 25를 참조하면, 증착 장치(720)는 기판(724)을 생성물 스트림(726)의 경로를 가로질러 운반하는 컨베이

어(722)를 구비한다. 저동력의 레이저 빔(728)이 기판 표면의 바로 위로 지향된다. 레이저 빔(728)은 레이저(730)에 의해 발생되며, 이 레이저는 예컨대 헬륨/네온 레이저, 다이오드 레이저 또는 임의의 다른 저동력 레이저일 수 있다. 빔은 좁은 직경, 예컨대 1 밀리미터의 직경으로 집속될 수 있다. 코팅이 원하는 두께에 도달한 때에 코팅이 빔의 상당한 부분을 차단하도록 빔의 위치가 결정된다. 빔은 검출기에 도달하는 레이저 출력을 측정하는 다이오드 검출기와 같은 검출기(732)에서 종결된다. 측정 시스템은, 신호-대-잡음을 개선하고 증착 스트림의 변동을 감소시키도록 초퍼를 갖춘 모드 록 구조(mode-locked)일 수 있다.

컨베이어(722)는 스테퍼 모터 또는 기타 적합한 모터와 같은 모터(734)를 포함한다. 컨베이어(722)와 검출기(732)는 제어 프로세서(736)에 연결되어 있다. 일부 실시예에서, 컨베이어(722)는, 검출기(732)로부터의 신호가 코팅 두께가 원하는 두께에 도달되었음을 지시할 때까지 특정의 위치에 남아 있다. 검출기 값은 높이 측정을 매우 정확히 할 수 있는 시각적 검사 시스템에 의해 코팅 두께와 검출기 출력을 비교함으로써 계측될 수 있다. 예컨대, 광의 투영된 패턴을 다상 구조의 광 측정 시스템에 사용하여 대상물을 이미지로 나타낼 수 있는데, 이는 발명의 명 칭이 '다상 구조의 광을 이용하여 3차원 이미지를 나타내는 방법 및 장치'이며, 본 명세서에 참고로 인용되는 Rudd 등의 미국 특허 6,049,384에 설명되어 있는 것과 같다.

원하는 코팅 두께를 지시하는 검출기 값에 도달한 경우에, 프로세서(736)는 모터(734)를 구동하여 기판(724)을 전진시키도록 컨베이어(722)에 지시할 수 있다. 기판(724)은 검출기 신호가 원하는 코팅 두께에 도달했음을 다시 지시할 때까지 다른 위치로 이동된다. 이 공정은 기판의 선택된 부분이 덮일 때까지 반복된다. 변형예에서, 기판은 느린 연속 속도로 이동할 수 있다. 검출기(732)로부터의 측정치를 사용하여, 적절한 공차 내에서 코팅 두께를 유지하도록 속도를 원하는 크기로 조정할 수 있다.

B. 입자 특성

각종의 화학 물질 입자, 일반적으로 고체 입자를 본 명세서에 설명한 방법으로 생성할 수 있다. 고체 입자는 일반적으로 분말로서 증착된다. 특히 관심이 있는 화학 물질 분말로는, 예컨대 탄소 입자, 실리콘 입자, 금속 입자와, 금속/준금속 산화물, 금속/준금속 탄화물, 금속/준금속 질화물, 금속/준금속 황화물과 같은 금속/준금속 화합물이 포함된다. 일반적으로, 분말은 입자 크기가 마이크론 또는 그보다 작은 범위인 미세 또는 초미세 입자를 포함한다.

일부 용례에서는, 매우 균일한 입자를 갖는 것이 유리하다. 매우 균일한 입자, 특히 나노크기의 입자를 형성하는 데에는 집속 방사선을 이용하는 공정이 특히 적합하다. 특히, 광 반응성 증착은, 일반적으로 주요 입자의 평균 직경이 약 750 ㎚ 미만, 선택적으로 약 3 ㎚ 내지 약 100 ㎚, 마찬가지로 약 3 ㎚ 내지 약 75 ㎚, 또한 약 3 ㎚ 내지 약 50 ㎚인 관심 대상 입자의 군을 생성할 수 있다. 입자 직경은 투과 전자 현미경 사진에 의해 계산된다. 비대칭의 입자에 대한 직경 측정은 입자의 주축을 따른 길이 측정치의 평균을 기초로 한다.

나노 입자의 응집은 코팅 품질에 영향을 끼칠 수 있는 인자이다. 이들 응집체의 유동 동력학은 이들 응집체의 크기 및 응집 정도에 의해 영향을 받는다. 일반적으로, 비응집 입자가 보다 조밀한 코팅을 형성하는 경향이 있다. 그러나, 필터에 수집된 입자의 투과 전자 현미경 사진은, 입자가 생성되고 반응 영역을 떠난 직후의 입자 응집 특성의 정도를 나타낼 수 없다는 것을 주목해야 한다. 많은 광 반응성 증착 공정에서, 입자는 냉각될 때 응집 없이 직접적으로 기판 상에 증착될 수 있다.

주요 입자는 높은 수준의 크기 균일성을 가질 수 있다. 전술한 바와 같은 광 반응성 증착은 일반적으로 입자 직경이 매우 좁은 범위로 있는 입자를 발생시킨다. 광 반응성 증착을 위하여 반응물의 에어로졸을 이송하는 경우에, 입자 직경의 분포는 반응 조건에 특히 민감하다. 그럼에도 불구하고, 반응 조건이 적절하게 제어되면, 에어로졸 이송 시스템으로 매우 좁은 분포의 입자 직경을 얻을 수 있다. 그러나, 광 반응성 증착 시에 유량, 반응물 밀도 및 체류 시간을 제어함으로써 또는 기타 유체 흐름 반응 시스템을 이용함으로써 필요에 따라 넓은 분포의 주요 입자 크기를 얻을 수도 있다.

투과 전자 현미경 사진의 검사로부터 측정하였을 때 매우 균일한 분말에서, 주요 입자는 일반적으로, 주요 입자의 적어도 약 95%, 다른 실시예에서는 적어도 약 99%가 평균 직경의 약 40%보다 크고, 평균 직경의 약 160%보다 작은 범위의 직경을 갖게 되는 크기 분포를 갖는다. 마찬가지로, 훨씬 더 균일한 분말에서, 주요 입자는, 주요 입자의 적어도 95%, 다른 실시예에서는 적어도 99%가 평균 직경의 약 60%보다 크고, 평균 직경의 약 140%보다 작은 범위의 직경을 갖게 되는 크기 분포를 가질 수 있다.

또한, 매우 균일한 입자를 갖는 실시예에서, 효율적으로 어떠한 주요 입자도 평균 직경의 약 4배 이상, 다른 실시예에서는 약 3배 이상, 또는 약 2배 이상의 평균 직경을 갖지 않는다. 달리 말하면, 효율적으로 입자 크기 분포는 작은 수의 입자가 현저하게 큰 치수를 갖는 것을 표시하는 테일(tail)을 갖지 않는다. 이것은 입자의 작은 반응 영역과 상응하는 급속 냉각의 결과이다. 크기 분포에서 테일을 효과적으로 없애는 것은, 10^{6} 개에서 약 1개 미만의 입자가 평균 직경 이상의 특정하게 잘려진 값보다 큰 직경을 갖는 것을 표시하는 것이다. 협소한 크기 분포, 분포에 테일이 없는 것,

대략 구형의 현미경 사진은 매우 균일한 코팅을 얻는 데에 유리할 수 있다.

작은 입자 크기 및 입자 균일성은 결과적인 코팅의 균일성에 전체적으로 기여한다. 특히, 평균보다 현저하게 큰 입자가 없다는 것, 즉 입자 크기 분포에 테일이 없다는 것이 보다 균일한 코팅에 기여한다.

추가로, 입자는 매우 높은 순도 수준을 가질 수 있다. 전술한 방법에 의해 생성된 나노입자는 반응물보다 큰 순도를 가질 것으로 예상되는데, 그 이유는 반응과, 적용 가능한 경우에, 결정 형성 공정이 입자로부터 오염물을 제거하는 경향이 있기 때문이다. 입자 표면 상의 일부 불순물은 입자를 가열함으로써 제거될 수 있다.

복수의 타입의 나노크기 입자를 레이저 열분해에 의해, 그리고 선택적으로 또는 추가로 전술한 바와 같은 광 반응성 증착에 의해 생성할 수 있다.

예시적인 그러한 나노크기의 입자는 일반적으로 복수의 상이한 원소를 함유하고 상대 비율의 변경 시에 존재하는 조성을 포함하는 것을 특징으로 하며, 상기 수와 상대 비율은 나노크기 입자용의 용례의 함수로서 변경된다. 상이한 원소의 통상적인 수는 예컨대 약 2 내지 약 15의 범위 내의 수를 포함하며, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15가 고려된다. 상대 비율의 일반적인 수는, 예컨대 약 1 내지 약 1,000,000의 범위 값이 포함되며, 약 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000 및 이들의 적합한 합이 고려된다.

선택적으로 또는 추가로, 이러한 나노크기의 입자는 다음과 같은 공식을 특징으로 한다.

$$A_aB_bC_cD_dE_eF_fG_gH_hI_iJ_jK_kL_lM_mN_nO_o$$

여기서, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N 및 O는 각각 독립적으로 존재하거나 존재하지 않으며, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N 및 O 중 적어도 하나는 존재하며, 1A족 원소, 2A족 원소, 3B족 원소(란탄족의 원소 및 악티 니드족의 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 원소이며, a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o는 각각 약 1 내지 약 1,000,000의 범위 내의 값으로 독립적으로 선택되며, 약 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000 및 이들의 적합한 합이 고려된다.

예컨대, 산화 실리콘 나노입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 실리콘 입자'인 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/085,514에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 이 특허 출원은 비결정질 SiO_2의 생성을 설명하고 있다. 산화 티타늄 나노입자와 결정질 이산화 실리콘 나노입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '금속(실리콘) 산화물/탄소 복합체'인 Bi 등의 미국 특허 출원 09/123,255에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 특히, 이 출원은 예추석 및 금홍석 TiO_2의 생성을 설명하고 있다.

비결정질 나노입자 분말와, 희토류 도펀트 및/또는 기타 금속 도펀트와 같은 도펀트를 갖는 유리층은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '도핑된 유리 물질'인 Horne 등의 미국 가특허 출원 60/313,588에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 적합한 도펀트는 굴절율과 같은 성질을 유리하게 변경할 수 있는 희토류 금속을 포함한다. 분말과 유리층은 비결정질 물질에 복수의 선택된 도펀트를 갖는 복잡한 조성물로 형성될 수 있다. 분말을 이용 하여 광학 물질 등을 형성할 수 있다. 유리층은 광 반응성 증착을 이용하여 균일한 입자 코팅을 직접 증착하고, 후속하여 분말을 균일한 유리층으로 어닐링함으로써 형성될 수 있다.

비결정질의 서브마이크론 및 나노크기의 입자는 레이저 열분해 또는 기타 유동 반응기 시스템을 이용하여 희토류 금속을 포함한 선택된 도펀트로 생성될 수 있다. 이들 방법을 이용하면, 각종의 새로운 물질을 생성할 수 있다. 도펀트는 반응물 스트림의 조성을 변경함으로써 원하는 화학량론으로 도입될 수 있다. 도펀트는 적합한 호스트 유리 성형 물질로 도입된다. 반응물 스트림의 조성과 처리 조건을 적절하게 선택함으로써, 선택된 도펀트를 갖는 유리 성형 호스트(glass-forming host)로서 하나 이상의 금속 또는 준금속 원소를 함유하는 서브마이크론 입자를 형성할 수 있다. 호스트 비결정질 물질은 일반적으로 산화물이므로, 반응물 스트림에 산소 공급원이 존재해야 한다. 반응기 내의 조건은 산화 물질을 생성하도록 충분한 산화성을 가져야 한다. 마찬가지로, 광 반응성 증착을 사용하여, 예컨대 희토류 도펀트 및/또는 도펀트 조성물의 복합 화합물을 포함한 도펀트로 매우 균일한 유리 코팅을 형성할 수 있다.

일부 금속/준금속 산화물은 광학 용례 및/또는 균일한 유리 층으로 어닐링하는 수단에 특히 적합하다. 도핑을 위한 적합한 유리 성형 호스트 산화물로는, 예컨대 TiO_2, SiO_2, GeO_2, Al_2O_3, P_2O_5, B_2O_3, TeO_2와 이들의 배합물 또는 혼합물이 포함된다. 인이 금속 원소 근처의 주기율표에 위치되어 있지만, 인은 일반적으로 준금 속 원소로 고려되지 않는다. 그러나, P_2O_5 형태의 인은 일부 준금속 산화물과 유사한 양호한 유리 성형체이며, P_2O_5의 도핑된 형태는 유리한 광학 특성을 가질 수 있다. 편의를 위해, 청구범위에 포함되어 사용되듯이, 인은 준금속 원소로서도 고려된다.

비결정질 입자 및/또는 결과적인 유리층의 성질을 변경시키도록 도펀트를 도입할 수 있다. 예컨대, 유리의 굴절율을 변경시키도록 도펀트를 도입할 수 있다. 광학 용례의 경우에, 굴절율은 선택된 주파수 범위의 광으로 작동되는 특정의 광학 소자를 형성하도록 변경될 수 있다. 물질의 처리 성질을 변경시키도록 도펀트를 도입할 수도 있다. 특히, 일부 도펀트는 흐름 온도, 즉 유리 전이 온도를 변경시켜서, 유리를 저온에서 처리할 수 있다. 도펀트는 물질 내에서 상호 반응할 수도 있다. 예컨대, 일부 도펀트는 다른 도펀트의 용해성을 증가시키도록 도입된다. 결과적인 도핑된 물질의 광학 성질을 개질시키는 데에는 희토류 도펀트가 유리하다. 희토류 도핑된 유리는 광 증폭기의 생산에 유용하다.

특히 관심 대상의 입자로는 복수의 도펀트에 의해 광학 유리를 형성하는 비결정질 조성물이 포함된다. 일부 실시예에서, 하나 또는 복수의 도펀트는 희토류 금속이다. 물질의 광학 성질을 개질시키기 때문에 희토류 금속이 특히 유리하다. 입자가 유리층으로 어닐링되는 경우, 결과적인 물질은 희토류 도펀트 및 기타 도펀트에 의해 영향을 받는 굴절율을 가질 수 있다. 추가로, 희토류 도펀트는 광 증폭기 및 기타 광학 장치의 제조를 위하여 물질의 용례를 변경시킬 수 있는 광 흡수성 에 영향을 끼친다. 희토류 금속은 주기율표의 IIIb족의 전이 금속을 포함한다. 구체적으로, 희토류 금속은 Sc, Y 및 란탄 계열을 포함한다. 기타 적합한 도펀트는 악티니드 계열을 포함한다. 광학 유리의 경우에, 도펀트로서 특히 관심이 있는 희토류 금속으로는, 예컨대 Er, Yb, Nd, La, Y, Pr 및 Tm이 포함된다. 적합한 비희토류 금속 도펀트로는, 예컨대 Bi, Sb, Zr, Pb, Li, Na, K, Ba, W 및 Ca가 포함된다.

균일한 유리 층을 형성하기 위하여, 비결정질 입자의 층을 어닐링할 수 있다. 유리를 어닐링하기 위하여, 분말은 그것의 흐름 온도 이상의 온도로 가열된다. 이들 온도에서, 분말은 유리 물질의 균일한 층을 형성하도록 조밀화된다. 입자에 도펀트를 채용하면, 분말 증착의 결과로서 직접적으로 조밀화된 물질을 통하여 도펀트가 분배된다.

물질 처리는 원하는 광학 소자의 구조를 상당히 고려하여 남아 있다. 예컨대, 물질의 밀도와 같은 특성 및 조성은 원하는 굴절율의 물질을 얻도록 조정된다. 마찬가지로, 물질의 열팽창 및 흐름 온도는 물질을 모놀리식의 집적 구조로 형성하기 위한 적합한 처리 방법에서와 동일해야 한다. 고화된 광학 물질은 양호한 광학 성질을 가지므로, 물질을 통한 광 투과는 원치 않는 양의 손실을 발생시키지 않는다. 또한, 물질은 집적 광학 회로 또는 전자-광학 회로의 집적 소자를 형성하기 위한 적합한 조건하에서 처리되어야 한다. 종래 기술의 집적 전자 소자의 형성에 있어서는 유사한 물질 제한이 문제가 될 수 있다.

도핑된 유리는 광학 소자의 제조에 유용하다. 본 명세서에 기재된 기술을 이용하면, 도핑된 유리는 평면 광학 소자로 제조될 수 있다. 도펀트는 물질의 광학 성질을 특정의 광학 용례에 특히 적합하게 변경시킬 수 있다. 희토류 도핑된 유리가 광 증폭기의 형성에 사용하기에 특히 적합하다. 증폭기 물질은 광학 물질에 횡방향으로 펌프 광 신호(pump light signal)에 의해 여기된다. 펌프 광선은 희토류 물질을 여기시킨다. 그 후, 펌프 신호보다 낮은 주파수로 광학 물질을 통과하는 광학 입력은 자극된 방사에 의해 증폭된다. 따라서, 펌프 광선으로부터의 에너지는 입력 광선 신호를 증폭하는 데 사용된다.

특히, 나노크기의 산화 망간 입자가 형성되었다. 이들 입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 금속 입자'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/188,770에 설명되어 있다. 이 출원은 MnO, Mn_2O_3, Mn_3O_4, Mn_5O_8의 생성을 설명하고 있다.

또한, 산화 바나듐 나노입자의 생성은, 발명의 명칭이 '산화 바나듐 나노입자'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Bi 등의 미국 특허 6,106,798에 설명되어 있다. 마찬가지로, 발명의 명칭이 모두 '금속 산화 바나듐 입자'이며, 공동 계류중이고 공동 양도된 Horne 등의 미국 특허 출원 09/246,076(미국 특허 6,225,007)와, Reitz 등의 미국 특허 출원 09/311,506에 설명된 바와 같이 은 바나듐 산화물 나노입자가 형성되었으며, 이들 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다.

또한, 발명의 명칭이 '복합 금속 산화물 입자'이며, 공동 계류중이고 공동 양도된 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/188,768과, 발명의 명칭이 '3원 입자 생성을 위한 반응 방법'인 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/334,203과, 발명의 명칭이 '리튬 망간 산화물 및 전지'인 Horne 등의 미국 특허 6,136,287에 개시된 것과 같이, 리튬 망간 산화물 나노입자는 후속적으로 열처리하거나 열처리하지 않고 레이저 열분해에 생성되었으며, 이들 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다.

산화 알루미늄 나노입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 알루미늄 입자'인 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/136,483에 설명되어 있으며, 이 특허 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 특히, 이 출원은 γ-Al_2O_3의 생성을 개시하고 있다. 도핑된 결정질 및 비결정질 알루미나와 함께 레이저 열분해/광 반응성 증착에 의해 델타-Al_2O_3와 세타-Al_2O_3를 형성하는 것은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 알루미늄 분말'인 Chiruvolu 등의 미국 특허 출원 09/969,025에 설명되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 비결정질의 산화 알루미늄 물질은 SiO_2 및/또는 P_2O_3와 같은 기타 유리 형성체와 배합될 수 있다. 예컨대, 광학 유리를 형성하기 위한 알루미늄 산화물용의 적합한 금속 산화물 도펀트는 세슘 산화물(Cs_2O), 루비듐 산화물(Rb_2O), 탈륨 산화물(Tl_2O), 리튬 산화물(Li_2O), 나트륨 산화물(Na_2O), 칼륨 산화물(K_2O), 베릴륨 산화물(BeO), 마그네슘 산화물(MgO), 칼슘 산화물(CaO), 스트론튬 산화물(SrO), 바륨 산화물(BaO)을 포함한다. 유리

도펀트는 예컨대 유리의 굴절율, 소결 온도 및/또는 다공질에 영향을 끼칠 수 있다. 적외선 방사기용의 적합한 금속 산화물 도펀트로는 예컨대 코발트 산화물(Co_3O_4)이 포함된다.

추가로, 산화 주석 나노입자는, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 주석 입자'인 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/042,227(미국 특허 6,200,674)에 설명된 바와 같이 레이저 열분해에 의해 생성되었으며, 이 특허는 본 명세서에 참고로 인용된다. 산화 아연 나노입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '산화 아연 입자'인 Reitz의 미국 특허 출원 09/266,202에 설명되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다.

서브마이크론 및 나노크기의 입자와, 희토류 금속 산화물 입자의 상응하는 코팅, 희토류 도핑된 금속/준금속 산화물 입자, 희토류 금속/준금속 황화물 및 희토류 도핑된 금속/준금속 황화물은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '고발광성 인 입자'인 Kumar 등의 미국 특허 출원 09/843,195에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 인광물질의 형성을 위한 적합한 호스트 물질로는, 예컨대 ZnO, Zns, Zn_2SiO_4, Srs, YBO_3, Y_2O_3, Al_2O_3, Y_3,Al_5O_{12}, $BaMgAl_{14}O_{23}$ 이 포함된다. 인광물질 입자를 활성화시키기 위한 예시적인 비희토류 금속으로는 예컨대 망간, 은 및 납이 포함된다. 금속 산화물 인광물질을 형성하기 위한 예시적인 희토류 금속으로는, 예컨대 유로퓸, 세륨, 테르븀, 에르븀이 포함된다. 일반적으로, 중금속 이온 또는 희토류 이온이 인광물질에서 활성제로서 사용된다. 인광물질의 용례에서, 입자는 일반적으로 결정질이다.

철, 산화철, 탄화철의 생성은, J. Mater. Res.Vol. 8, No 7 1666-1674(1993 년 7월)에서 제목이 'CO_2 레이저 열분해에 의해 생성된 나노결정질의 α-Fe, Fe_3C, 및 Fe_7C_3'인 Bi 등의 출판물에 설명되어 있으며, 이 출판물은 본 명세서에 참고로 인용된다. 은 금속의 나노입자의 생성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '금속 산화 바나듐 입자'인 Reitz 등의 미국 특허 출원 제 09/311,506호에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 레이저 열분해에 의해 생성된 나노크기의 탄소 입자는, J. Mater. Res.Vol. 10, No 11 2875-2884(1995년 11월)에서 제목이 'CO_2 레이저 열분해에 의해 생성된 나노크기의 카본 블랙'인 Bi 등의 출판물에 설명되어 있으며, 이 출판물은 본 명세서에 참고로 인용된다.

레이저 열분해에 의한 황화철($Fe_{1-x}S$) 나노입자의 생성은, Bi 등의 Material Research Society Symposium Proceedings, vol 286, p. 161-166(1993년)에 설명되어 있으며, 이는 본 명세서에 참고로 인용된다. 황화철의 레이저 열분해 생성을 위한 전구물질은 철 펜타카르보닐($Fe(CO)_5$)와 황화 수소(H_2S)로 하였다.

전술한 레이저 열분해 장치를 이용하여 산화 세륨을 생성할 수 있다. 에어로졸 이송을 위한 적합한 전구물질은, 예컨대 세루스 니트레이트〔$Ce(NO_3)_3$〕, 세루스 클로라이드〔$CeCl_3$〕, 세루스 옥살레이트〔$Ce_2(C_2O_4)_3$〕을 포함한다. 마찬가지로, 전술한 바와 같은 레이저 열분해 장치를 이용하여 산화 지르코늄을 생성할 수 있다. 에어로졸 이송을 위한 적절한 지르코늄 전구물질은, 예컨대 지르코닐 클로 라이드($ZrOCl_2$), 지르코닐 니트레이트〔$ZrO(NO_3)_2$〕를 포함한다.

칩 캐패시터용의 유전체 물질의 코팅을 증착하는 것은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '칩 캐패시터의 형성을 위한 반응성 증착'인 bryan의 미국 가특허 출원 60/312,234에 설명되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 특히 적합한 유전체 물질은 선택적으로 기타 금속 산화물과 혼합되는 바륨 티타네이트($BaTiO_3$)을 주성분으로 한다. 적절한 도펀트에 의해 세라믹 칩 캐패시터로 통합하기에 적합한 기타 유전체 산화물은 $SrTiO_3$, $CaTiO_3$, $SrZrO_3$, Nd_2O_3-$2TiO_3$, La_2O_3-$2TiO_2$ 이 포함된다.

알루미늄 실리케이트와 알루미늄 티타네이트의 삼성분 나노입자의 생성은 은 산화 바나듐 나노입자의 생성과 유사한 절차 후의 레이저 열분해에 의해 수행될 수 있는데, 이는 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '금속 산화 바나듐 입자'인 Reitz 등의 미국 특허 출원 제09/311,506에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 알루미늄 실리케이트의 생성을 위한 적합한 전구물질은, 증기 이송의 경우에는 알루미늄 클로라이드($AlCl_3$)와 실리콘 테트라클로라이드($SiCl_4$)의 혼합물을, 에어로졸 이송의 경우에는 테트라(N-부톡시) 실란과 알루미늄 이소프로폭사이드〔$Al(OCH(CH_3)_2)_3$〕의 혼합물을 포함한다. 마찬가지로, 알루미늄 티타네이트의 생성을 위한 적합한 전구물질은, 에어로졸 이송의 경우에는 황산에 용해된 이산화 티탄(TiO_2) 분말과 알루미늄 니트레이트〔$Al(NO_3)_3$〕의 혼합물 또는 알루미늄 이소프로폭사이드와 티타늄 이소프로폭사이드〔$Ti(OCH(CH_3)_2)_4$〕의 혼합물을 포함한다.

복합 음이온을 갖는 금속/준금속 화합물의 코팅과 함께 서브마이크론 및 나노크기 입자를 형성하는 것은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '인산염 분말 조성물 및 복합 음이온을 갖는 입자 형성 방법'인 Chaloner-Gill 등의 미국 특허 출원 09/845,985에 설명되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참고로 인용된다. 적합한 복합 음이온은 예컨대 인산염, 규산염, 황산염을 포함한다. 조성물은 복수의 금속/준금속 원소를 포함할 수 있다.

탄화 실리콘 및 질화 실리콘의 레이저 열분해에 의한 합성은, 공동 계류중이고 공동 양도되었으며, 발명의 명칭이 '입자 분산'이며, 본 명세서에 참고로 인용되는 Reitz 등의 미국 특허 출원 제09/433,202호에 개시되어 있다.

코팅이 입자 생성과 동일한 챔버 내에서 실행되는 실시예에서, 반응 영역은 기판 표면에 인접하게 위치될 수 있다. 이들 실시예에서, 입자는 여전히 고온인 상태로 표면에 충돌할 수 있다. 입자의 온도로 인하여, 입자는 표면에 충돌할 때에 변형되고 가능하게는 융합될 수 있다. 이러한 변형 및 융합은 기판을 가열함으로써 증가될 수 있다. 이러한 변형 및 융합 공정은 코팅을 균일한 표면으로 후속하여 고화하는 것을 용이하게 할 수 있다. 가열된 입자는 그들의 형성 후에는 결코 많이 냉각될 수 없으므로, 이들 입자는 고체 입자로서 잘 특징지워질 수 없다. '입자'라는 용어는 일반적으로 고온의 용융된 액적 또는 전적으로 냉각되거나 냉각 되지 않은 고체 입자인 연화된 입자를 포함하도록 사용된다.

C. 입자 증착 공정 및 입자 코팅의 처리

입자 코팅을 증착하기 위한 기본적인 공정이 위에 설명되어 있다. 코팅의 특징은 특정의 대상물을 얻도록 변경될 수 있다. 특히, 코팅은 기판의 상이한 위치에서 변경될 수 있다. 또한, 입자의 다층이 제어된 방식으로 증착될 수 있다.

먼저, 입자 코팅은 기판의 전체 표면 또는 예컨대 마스크를 사용하여 기판의 일부에 형성될 수 있다. 전술한 절차는, 기판을 입자 노즐에 대해 지나가게 함으로써 원하는 부분에 코팅을 형성하도록 적합하게 될 수 있어서, 단지 기판의 원하는 부분만이 노즐을 지나간다.

마찬가지로, 코팅은 균일한 두께로 형성될 수도 있고, 기판의 상이한 부분이 상이한 입자 두께를 갖도록 코팅될 수도 있다. 상이한 코팅 두께는 입자 노즐에 대해 기판이 지나가는 속도를 변경시키거나, 보다 두꺼운 입자 코팅이 수용되는 기판의 부분을 복수회 지나가게 함으로써 형성될 수 있다. 입자 조성물은 기판의 상이한 부분 위에서 유사하게 변경될 수 있다. 이는 예컨대 코팅 공정 중에 반응물 스트림을 변경시킴으로써, 또는 기판의 상이한 부분 위를 복수의 부분 코팅이 지나가게 함으로써 달성될 수 있다.

증착 공정 중의 기판의 온도는 미립자 대상물을 얻도록 조정될 수 있다. 예컨대, 기판은 증착 공정 중에 냉각될 수 있는데, 그 이유는 비교적 차가운 기판이 그것의 표면으로 입자를 당길 수 있기 때문이다. 그러나, 일부 실시예에서는, 기판은 증착 공정 중에 예컨대 약 500 ℃로 가열된다. 입자는 가열된 기판에 더 잘 고착된다. 추가로, 입자는 가열된 표면에 충돌하여 융합되는 경향이 있어서, 코팅이 초기에 가열된 기재에 형성되는 경우에 융합된 유리 또는 기타 물질로 코팅을 후속하여 고화시키는 것이 용이해진다.

일반적으로, 입자 코팅의 두께는 입자 크기 및 장치 크기의 실질적 한계 내에서 필요에 따라 얇거나 두껍게 될 수 있다. 물론, 최소 두께는 단층의 입자이다. 실질적인 의미로, 입자를 단층으로 기판에 균일하게 도포하는 것은 곤란하다. 그러므로, 일부 실시예에서는 평균 입자 직경의 약 5배 이상의 균일한 코팅을 형성할 수 있다. 다른 한편으로, 코팅은 임의의 두께로 형성될 수 있으며, 단지 제한은 추가의 두께를 위해서는 보다 많은 시간이 필요하다는 것이다. 일부 실시예에서, 물질을 단층으로 고화시키기 위한 열처리 후의 코팅의 두께는 일반적으로 약 100㎚ 이상이다.

입자 코팅은 비교적 약한 힘에 의해 함께 유지된다. 그러나, 일부 용례의 경우에는, 코팅된 표면이 그러한 형태로 유용할 수 있다. 대부분의 용례의 경우, 입자 코팅은 추가로 처리된다. 일부 실시예에서, 코팅을 안정화시키도록 결합제가 입자 코팅에 직접적으로 첨가된다. 결합제는 예컨대 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리비닐리덴 플루오라이드, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리우레탄, 폴리아크릴레이트, 에틸렌-(프로필렌-디엔 모노머) 공중합체(EPDM) 및 이들의 혼합물 및 공중합체와 같은 유기 중합체 물질일 수 있다. 결합제는 예컨대 용매 내의 중합체 용액으로서 첨가될 수 있다. 결합제의 첨가 후에 증발되는 휘발성 용매를 사용할 수 있다. 선택적으로, 중합체 결합제는 코팅에 분무되는 용융물 로서 적용될 수 있으며, 중합체는 냉각 시에 응고된다. 금속 및 금속 화합물과 같은 무기 결합제가 증착 기술에 의해 입자 코팅에 증착될 수 있다.

일부 실시예에서, 입자 코팅은 열처리된다. 열처리는 입자를 용융 및 융합시킬 수 있으며, 코팅 물질의 압축, 즉 조밀화를 유도할 수 있다. 충분히 가열하면, 코팅에 본질적으로 균일한 물질이 유도될 수 있다. 일반적으로, 가열은 입자를 점성 용액으로 용융시키는 조건하에서 실행된다. 고점성이기 때문에, 물질은 기판 표면에서 그다지 흐르지 않는다. 용융물의 점성을 감소시키기 위하여 보다 고온에서 처리하면, 기판의 원치 않는 용융, 층 사이의 조성물의 이동, 또는 기판의 선택된 영역으로부터의 유동이 야기될 수 있다. 원하는 가열 조건하에서, 입자 특징물의 일부 나머지는, 물질이 코팅의 두께를 통하여 본질적으로 균일하더라도 결과적인 코팅의 표면에서 발견될 수 있다.

적합한 처리 온도 및 시간은 일반적으로 입자의 조성에 의존한다. 나노미터 크기의 작은 입자는 일반적으로 나노입자의 낮은 융점으로 인해 큰 물질에 비하여 보다 저온 및/또는 보다 단시간에 처리될 수 있다. 추가로, 열처리는 원치 않는 불순물을 제거할 수 있거나 및/또는 물질의 결정 구조 및 화학량론을 변경시킬 수 있다. 예컨대, 탄소 불순물이 열처리에 의해 제거될 수 있다.

화염 가수분해 증착에 의해 형성된 이산화 실리콘 코팅의 경우에, 질소 분위기에서 1050 ℃로 20시간 이상 동안 열처리하면, 유리 물질 내에 OH기 형태의 원치 않는 수소 함량을 감소시킬 수 있다. 발명의 명칭이 '고순도의 투명한 유리질 실리카의 생성 방법'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Tokimoto 등의 미국 특허 4,038,730호(이하 '730 특허로

칭함)를 참조한다. '370 특허에서 설명하는 바와 같이, 기판은 화염의 둘레 내에서 코팅되어, 용융된 입자는 기판의 표면에 직접적으로 증착되어, 입자 코팅보다는 연속적인 물질을 형성한다. 입자가 화염 가수분해에 의한 형성 후에 증착되는 경우에, 입자는 입자를 소결하도록 1500 ℃의 산소 분위기에서 가열될 수 있다. 예컨대, 발명의 명칭이 '평면 광 도파로 형성 방법'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Keck 등의 미국 특허 3,934,061를 참조한다. 약 500 ℃의 보다 저온에서의 가열 단계와 이후 1100 ℃의 보다 고온으로 점차적으로 가열하는 단계를 포함하는 실리카 입자의 소결로 인하여, 보다 적은 OH기가 발생되는 것으로 제안되어 있다. 발명의 명칭이 '평면 도파로의 제조를 위한 에어로졸 가공'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Kilian 등의 미국 특허 5,622,750을 참조한다. 일반적으로, 광 반응성 증착에 의해 생성된 보다 작은 입자를 보다 저온하에서 가열하여 동일한 결과를 얻을 수 있다.

산화 실리콘 나노입자의 처리를 위하여, 입자 코팅은 1200 ℃ 정도의 온도로 가열될 수 있다. 그러나, 나노크기의 분말은 상응하는 대형 또는 보다 큰 입자보다 낮은 용융 온도를 갖는 것으로 일반적으로 관찰되었다. 그러므로, 나노크기의 입자에 대해서는 일반적으로 낮은 용융 온도를 사용할 수 있지만, 나노입자의 개선된 용융으로 인하여 보다 큰 표면 평활도를 얻도록 유사한 용융 온도를 사용하는 것도 유리할 수 있다.

열처리는 적당한 오븐에서 실행될 수 있다. 가스의 조성 및/또는 압력에 대하여 오븐 내의 온도를 제어하는 것이 유리할 수 있다. 적합한 오븐으로는, 예컨 대 가스가 튜브를 통하여 흐르는 유도 노(induction furnace) 또는 튜브 노가 포함된다. 열처리는 코팅 챔버로부터 코팅된 기판을 제거한 후에 실행될 수 있다. 변형예에서, 열처리는 코팅 공정으로 통합될 수 있어서, 처리 단계는 순차적으로 장치에서 자동으로 실행될 수 있다.

예컨대, 도 15를 참고하면, 가열 요소는 스테이지(592)의 베이스 내에 마련될 수 있어서, 입자 코팅이 형성된 기판은 하부로부터 가열될 수 있으며, 그 동안 다른 기판은 입자로 코팅된다. 코팅 챔버 내의 자연 분위기를 이용하여 열처리를 실행할 수 있다. 선택적으로, 가스가 코팅 챔버로 상당히 흐르는 것을 방지하기에 충분한 펌핑 용량에 있어서는, 가스 흐름을 기판으로 지향시킴으로써 가열된 기판의 국부적인 환경을 변경시키는 것이 가능하다.

다른 실시예에서, 입자 코팅이 형성된 기판은 장치의 다른 부분으로 이동되고, 이 부분에서 입자는 균일하게 가열될 수 있다. 이것은 예컨대 도 16에 도시된 바와 같은 컨베이어에 의해 실행될 수 있다. 도 26을 참고하면, 코팅 장치(740)는 기판을 호퍼(744)로부터 입자 노즐(746)을 지나서 운반하는 컨베이어(742)를 구비한다. 컨베이어(742)는 롤러(750) 및 벨트(752), 또는 기타 유사한 구조를 포함할 수 있다. 입자 코팅(754)은 입자 노즐(746)에서 기판(756)에 형성되어 있다.

컨베이어(742)는 입자 코팅된 기판을 오븐(758)으로 운반한다. 오븐(758)은 코팅 챔버(760)와 동일한 대기에 개방될 수도 있고, 오븐(758)은 별도로 환경적으로 제어될 수도 있다. 예컨대, 코팅된 기판은 에어록을 통과하여 오븐(758)에 도달할 수 있다. 선택적으로, 오븐(758)이 펌프에 연결되는 경우에, 원하는 가스는 오븐(758) 내로 흐를 수 있다. 일부 실시예에서, 펌프는 코팅 챔버(760) 및/또는 반응 챔버 내로의 원치 않는 유량을 방지하도록 오븐으로 지향되는 가스를 충분한 속도로 제거한다. 오븐에서의 가열 후에, 열처리된 기판(762)은 오븐(760)의 구조와 일치하는 방식으로 수집될 수 있다.

많은 용례의 경우에, 상이한 조성을 갖는 복수의 입자 코팅을 형성하는 것이 유리하다. 이들 복수의 입자 코팅은 코팅될 기판의 x-y 평면을 가로질러(예컨대 반응물 스트림에 대한 기판의 운동 방향과 수직하게) 서로에 대해 인접하게 배치될 수도 있고, 코팅될 기판의 z 평면을 가로질러 서로의 상부에 적층될 수도 있고, 인접한 층 및 적층된 층의 임의의 적합한 조합으로 배치될 수도 있다. 각 코팅은 원하는 두께로 형성될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예에서, 산화 실리콘 및 도핑된 산화 실리콘은 번갈아서 층으로 증착될 수 있다. 구체적으로, 상이한 조성을 갖는 두 개의 층이 서로의 위에 증착될 수도 있고, 추가로 또는 선택적으로 AB로서 형성되는 층 A 및 층 B와 같이 인접하게 적층될 수도 있다. 다른 실시예에서, 3개의 순차적인 층 ABC로서 증착되는 층 A, 층 B, 층 C(예컨대 서로의 위에 적층되거나 서로 인접하거나, 인접하면서 적층됨)와 같이 각각 상이한 조성을 갖는 2개 이상의 층이 증착될 수 있다. 마찬가지로, 상이한 조성을 갖는 교호하는 순서의 층이 ABABAB... 또는 ABCABCABC와 같이 형성될 수도 있다.

많은 용례의 경우에, (예컨대 서로 인접하게 또는 서로의 위에 적층되게) 상이한 조성을 갖는 복수의 입자 코팅을 형성하기 위한 요구는 코팅된 기판에 대한 기능적 요건에 의해 제안될 수 있다. 따라서, 예컨대 광학적인 용례의 경우에, 이 하의 기능 중 하나, 또는 둘 이상의 임의의 적합한 조합을 달성하도록 상이한 조성을 갖는 복수의 코팅을 형성하는 것이 유리할 수 있다; 즉, 이들 기능으로는 광 도파로/도관/섬유〔예컨대 브락 격자(bragg grating)〕, 광 감쇠기, 광 스플리터/커플러, 광 필터, 광 스위치, 광 증폭기, 광 편광기, 광 미러/반사경, 광 상-지연기(phase-retarder), 광 검출기가 포함된다. 각각의 이러한 광학 기능에 적합한 입자 코팅 물질은 전술한 입자들로부터 선택될 수 있다.

복수의 입자 코팅이 형성된 물질은 각 층의 증착 후에 또는 복수 층의 증착 후에 또는 이둘의 어떤 조합 후에 열처리될 수 있다. 최적의 처리 순서는 일반적으로 물질의 융점에 의존한다. 그러나, 일반적으로, 복합 층의 열처리와 고화는 동시에 일어날 수 있다. 가열 온도가 적당한 값으로 정해지는 경우에, 용융된 물질은 충분한 점성이 유지되며, 그에 따라 층의 에지에는 원치 않는 양이 합쳐지지 않는다. 층들이 약간 합쳐지는 것은, 일반적으로 층이 최소 요구치보다

약간 두꺼운 경우에는 부적당한 정도로 성능에 영향을 끼치지는 않는다.

광 반응성 증착(LRD)은 열처리를 통한 동시 고화를 위하여 복수의 입자 층을 형성하기에 특히 적합한 방법이다. LRD 방법으로 가능한 균일성으로 인하여, 복수의 층은 원치 않는 레벨의 표면 평활도에 이르지 않고도 증착될 수 있다.

또한, 상이한 조성을 갖는 복수의 물질이 레이저 열분해에 의해 동시에 생성되어 기판에 순차적인 방식으로 동시에 증착될 수 있다. 예컨대, 도 27을 참조하면, 이들 레이저 반응 챔버(770, 772, 774)는 입자를 3개의 도관(776, 778, 780)을 따라 기판(782)으로 지향시킨다. 반응 챔버는 다른 반응 챔버와 상이한 조성 또는 동일한 조성을 갖는 입자를 생성하도록 구성될 수 있다. 따라서, 기판은 이 실시예의 경우에 하나, 둘, 또는 세개의 상이한 조성으로 코팅될 수 있다. 2개의 상이한 물질이 생성되는 경우에, 상이한 물질은 동일한 물질로 형성된 두 층 사이에 또는 인접하게 있을 수 있다. 기판(782)이 컨베이어(784)를 따라 이동함에 따라, 도관(776, 778, 780)으로부터의 입자는 순차적으로 증착된다. 입자는 3가지 타입의 입자 모두가 도관을 한번 지나갈 때에 증착되도록 동시에 증착될 수 있다.

추가로, 복수의 입자가 단일의 반응 챔버 내에서 동시에 증착될 수 있다. 도 28을 참고하면, 반응 챔버(790)는 기판(798)을 향해 지향된 3개의 반응물 스트림(792, 794, 796)을 포함한다. 일부 실시예에서, 각각의 반응물 스트림은 차폐 가스의 블랭킷을 포함하여, 3개의 반응이 차폐 가스에 의해 서로 격리되어 있다. 3개의 레이저 빔(800, 802, 804)이 반응물 스트림(792, 794, 796)으로 각각 지향되어, 3개의 개별적인 반응을 유도한다. 기판(798)이 컨베이어(806)에서 이동함에 따라, 기판(798)은 반응물 스트림(792, 794, 796)으로부터 생성된 입자에 의해 순차적으로 코팅된다. 반응은 동시에 실행될 수 있어서, 기판이 한번 지나갈 때에 3가지 반응 생성물을 코팅한다. 반응물 스트림은 다른 반응물 스트림과 동일하거나 상이한 조성을 가질 수 있다.

복수의 입자 층의 동시 증착을 위하여 도 27 및 도 28에는 두 가지 실시예가 설명되어 있다. 전술한 설명을 기초로 하여, 이들 실시예의 많은 변형이 직선적으로 발생될 수 있다.

평면 도파로의 형성에 대하여 이하에 더 설명하는 바와 같이, 추가의 입자 층을 증착하기 전에 하나 이상의 열처리된 층을 에칭 또는 기타의 처리를 행하는 것이 유리할 수 있다. 처리 순서는 일반적으로 형성될 소자와 이 소자의 구조에 의해 영향을 받는다.

D. 광학 소자 형성

본 명세서에 설명된 코팅은 각종의 용례를 가질 수 있지만, 전술한 바와 같이, 기판 표면에 형성되는 광학 소자가 특히 관심 대상이다. 광학 소자를 따른 광 전달의 제어에는 인접 물질의 굴절율을 변동시킬 필요가 있다. 소자는 인접 물질과 상이한 굴절율을 갖는 물질의 경계에 의해 구별될 수 있어서, 소자의 경계를 정한다. 광학 소자의 기본적인 특징은, 장치를 통하여 전달되는 전자기 방사선에 투과성이 있는 결정질 또는 비결정질 물질로 제조된다는 것이다. 관심 대상의 소자로는 예컨대 광 도파로 및 광 커플러가 포함된다.

기판 표면에 배치된 도파로는 평면 도파로로 지칭된다. 평면 도파로는 광통신 및 기타 광전자 용례용의 집적 광학 회로의 제조에 유용하다. 광선은 주변보다 높은 굴절율을 갖는 물질을 따라 전달된다. 일부 실시예에서, 평면 도파로는 광의 파장, 즉 도파로를 따라 전달되는 전자기 방사선의 파장과 거의 동일한 두께를 갖는다. 일부 실시예에서, 도파로는 물질을 통하여 전달되는 광선을 그다지 감쇠시키지 않는다.

입자 코팅 기술에 의해 평면 광 도파로를 제조하기 위하여, 일반적으로 3개의 층이 증착된다. 코어 층이 언더 클래드 층 상에 광학 부품을 형성하고, 오버 클래드 층이 광학 부품을 에워싼다. 언더 클래드 층은 일반적으로 기판과 코어층 사이에 형성되는데, 그 이유는 기판이 일반적으로 적절한 굴절율을 갖지 않기 때문이다. 그러나, 달리 말하면, 코어층은 기판의 표면에 직접적으로 형성되고, 하나 이상의 층이 코어층과 기판 사이에 증착된다.

일실시예에서, 기판은 실리콘으로 형성된다. 이산화 실리콘의 언더 클래드 층이 기판 위에 증착된다. 그 후, 코어층이 클래드 층 위에 증착된다. 언더 클래드 층은 일반적으로 추가의 층을 부가하기 전에 고화되지만, 열처리가 안정적으로 온화한 조건하에서 실행되는 경우에는 양 층이 동시에 고화될 수도 있다. 코어층을 형성하는 입자가 언더 클래드 층의 고화 후에 추가되는 경우, 코어층은 코어층을 형성하는 입자의 증착 후에 고화된다. 코어층은 클래드 층보다 큰 굴절율을 가져야 한다. 보다 높은 굴절율을 갖는 층을 제조하기에 편리한 방법은 도핑된 산화 실리콘을 사용하는 것이다. 적합한 도펀트로는, 예컨대 산화 티타늄, 산화 탄탈륨, 산화 주석, 산화 니오븀, 산화 지르코늄, 산화 알루미늄, 산화 란탄, 산화 게르마늄, 산화 붕소, 명세서에 설명한 기타 적합한 도펀트 및 이들의 조합이 포함된다.

코어 물질의 굴절율이 증가함에 따라, 층의 원하는 두께는 감소하는데, 그 이유는 굴절율에 의해 파장이 변화하기 때문이다. 따라서, 이들 파라미터 사이의 상호 관계는 상응하게 제어되어야 한다. 과도한 양의 도펀트를 사용하는 것은 피해야 하는데, 그 이유는 과도한 양의 도펀트가 광선에 대한 물질의 투과성을 없앨 수 있기 때문이다. 도펀트의 양에 대한 상한은 도펀트에 따라 다르지만, 모든 물질에 대해서 일반적으로 도펀트는 약 40 중량% 미만이다. 언더 클래드

층과 코어 층을 동일한 방법으로 증착할 필요는 없지만, 일부 실시예에서, 이들 층은 광 반응성 증착에 의해 순차적으로 증착되고, 후속하여 적절하게 열처리된다.

코어층은 기판의 선택된 부분에 걸쳐 증착되어 특정의 구조를 형성할 수 있다. 선택적으로, 코어층의 응고 후에, 물질은 원하는 소자를 제조하기 위하여 윤곽이 형성될 수 있다. 윤곽 형성은, 전자 집적 회로의 형성에 사용되는 에칭 및/또는 기타 기술이 통합된 포토리소그래피를 이용한 패턴화에 의해 실행될 수 있다. 코어 물질로부터 원하는 구조를 형성한 후에, 오버 클래드 층이 일반적으로 형성된다. 오버 클래드 층도 코어층보다 낮은 굴절율을 갖는다. 화염 가수분해 증착에 의해 평면 도파로를 형성하는 것은, 발명의 명칭이 '평면 광 도파로의 형성 방법'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Keck 등의 미국 특허 3,934,061에 더 설명되어 있다.

예시적인 구조가 도 29에 개략적으로 도시되어 있다. 광학 요소(810)가 기판(812)에 배치되어 있다. 언더 클래드 층(814)이 기판(812)에 인접하게 위치되어 있다. 코어 구조(816)가 언더 클래드 층(814)의 상부에 위치되어 있다. 이러한 구조는 패턴화된 코어 구조(816)를 형성하도록 코어층을 패턴화하고 에칭함으로써 형성될 수 있다.

기판 표면에 집적 광학 소자를 형성하기 위하여, 평면 광 도파로와 결합되는 각종 커플링 소자를 형성하는 것이 유리할 수 있다. 각종의 소자를 형성할 수 있다. 집적 구조(820)의 예가 도 30에 도시되어 있다. 평면 도파로(822)의 부분이 분기부(824)에 의해 연결되어 있다. 복수의 가이드(826)가 기판(929)에 위치되어 있다. 상이한 요소를 결합하도록 도파로(822)의 단부와 접촉하는 그러한 광섬유 케이블, 고체상 레이저, 검출기 등과 같은 부품을 정렬 및 고정하도록 가이드(826)를 사용할 수 있다. 도파로(822), 분기부(824) 및 가이드(826)는 증착된 층을 에칭함으로써 형성되어 원하는 형상을 가질 수 있다. 이러한 커플링 요소의 형성은, 발명의 명칭이 '하이브리드 광학 집적 회로를 제조하는 방법'이고 본 명세서에 참고로 인용되는 Kawachi 등의 미국 특허 4,735,677에 더 설명되어 있다.

본 명세서에 사용되듯이, '범위에서' 또는 '사이에서' 라는 표현은, '범위 내에' 또는 '사이에'라는 표현 후에 기록되는 값 뿐만 아니라, 그러한 범위 내에 포함되는 임의의 모든 부분에 의해 정해지며, 여기서 각각의 부분 범위는 그러한 범위 내의 임의의 값을 제1 종점으로 갖고, 그러한 범위 내에 있으며 제1 종점보다 큰 그러한 범위 내의 임의의 값을 제2 종점으로 갖도록 정해진다.

예

이 예는 광 반응성 증착을 이용하여 산화 실리콘 유리로 실리콘 기판을 성공적으로 코팅하는 것을 설명하고 있다.

기판을 생성물 입자 스트림을 통하여 지나가게 함으로써 반응 챔버 내에서 웨이퍼 코팅을 실행하는 광 반응성 증착을 이용하여 입자 코팅을 실행하였다. 이 예는 이 실시예에 초점을 두고 있지만, 반응 챔버 내에서 웨이퍼를 성공적으로 코팅하는 것은 고정된 기판을 이용한 예비 실험에서도 실행되었다.

반응물 스트림을 통해 이동된 기판/웨이퍼를 코팅하도록 사용된 장치가 도 31 내지 도 33에 도시되어 있다. 도 31을 참고하면, 공정 챔버(850)는 CO_2 레이저에 연결된 광 튜브(852)와 빔 덤프에 연결된 광 튜브(854)를 구비한다. 입구 튜브(856)는 증기 반응물과 캐리어 가스를 이송하는 전구물질 이송 시스템과 연결되어 있다. 입구 튜브(856)는 공정 노즐(858)에 이른다. 입자 운반 튜브(860)는 공정 노즐(858)로부터의 흐름 방향을 따라 공정 챔버(850)에 연결된다. 입자 운반 튜브(860)는 입자 여과 챔버(862)에 이른다. 입자 여과 챔버(862)는 펌프 커넥터(864)에서 펌프에 연결된다.

공정 챔버(850)의 확대도가 도 32에 도시되어 있다. 웨이퍼 캐리어(866)가 웨이퍼를 공정 노즐(858) 위에 지지한다. 웨이퍼 캐리어(866)는 아암(868)과 연결되어 있고, 이 아암은 웨이퍼 캐리어를 병진 운동시켜, 레이저 빔이 공정 노즐(858)로부터의 전구물질 스트림과 교차하는 반응 영역으로부터 나오는 입자 스트림을 통하여 웨이퍼를 이동시킨다. 아암(868)은 튜브로 차폐되어 있는 선형 병진 운동기를 포함한다. 공정 노즐(858)과 웨이퍼 사이로 레이저 빔을 지향시키도록 레이저 도입 포트(870)가 사용된다. 공정 노즐로부터의 방해받지 않는 흐름은 배출 노즐(872)로 직접적으로 진행하고, 이 노즐은 입자 운반 튜브(860)에 이른다.

웨이퍼 캐리어(866)와 공정 노즐(858)의 확대도가 도 33에 도시되어 있다. 공정 노즐(858)의 단부에는 전구물질 이송을 위한 개구(874)와, 이 전구물질 개구 둘레에 차폐 가스 개구(876)가 마련되어 있어서, 전구물질과 생성물 입자의 퍼짐(spread)을 구속한다. 웨이퍼 캐리어(866)는 브래킷(880)에 의해 공정 노즐(858)에 연결되는 지지부(878)를 구비한다. 원형 웨이퍼(882)는 트랙(886)을 따라 장착부(884) 내에서 활주하도록 장착부(884)에 유지되어 있어서, 웨이퍼(882)를 반응 영역으로부터의 흐름으로 이동시킨다. 후측 차폐부(888)가 웨이퍼(882)의 후방에서 입자의 제어되지 않은 증착을 방지한다. 트랙(886)은 아암(868)에 연결되어 있다. 본 예에서 사용되지 않은 변형예가 도 34에 도시되어 있다. 도 34의 실시예에서, 웨이퍼(890)는 공정 노즐(858)로부터의 흐름에 대해 소정의 각도로 웨이퍼 캐리어(892)에 유지되어 있다. 선형 병진 운동기(894)가 유사한 각도로 위치되어 웨이퍼(890)를 선택된 각도로 흐름을 통과하게 이동시킨다.

광 반응성 증착에 의하여 SiO_2를 실리콘 웨이퍼에 코팅하였다. 도 5에 개략적으로 도시된 시스템과 유사한 전구물질 이송 시스템을 이용하여 도 30 내지 도 33에 도시된 챔버와 유사한 챔버에서 반응을 행하였다. 실온의 용기 내에서 N_2 캐리어 가스를 $SiCl_4$ 액체를 통하여 기포화시킴으로써 실리콘 테트라클로라이드 (Strem Chemical Inc; 미국 매사츄세츠주 뉴버리포트 소재) 전구물질 증기를 반응 챔버로 이송하였다. 또한, N_2 캐리어 가스를 액체 전구물질을 통하여 기포화함으로써 최종의 실리카 유리를 위한 도펀트를 도입하였다. 도펀트 전구물질은 $POCl_3$ 및/또는 $GeCl_4$ 였다. 반응을 감속시키도록 희석/불활성 가스로서의 아르곤 가스를 반응물 스트림과 혼합하였다. C_2H_4 가스를 레이저 흡수 가스로서 사용하였다. O_2를 산소 공급원으로서 사용하고, 반응물과 혼합하였다. $SiCl_4$, 아르곤, 질소, 도펀트 전구물질($POCl_3$ 및/또는 $GeCl_4$) 및 C_2H_4를 함유하는 반응물 가스 혼합물을 반응물 가스 노즐 내로 도입하여, 공정 챔버로 주입하였다.

작업 중에, 웨이퍼를 0.5 내지 1.0 ㎝/초의 속도의 두배로 생성물 스트림을 통과시켰다. 생성된 대부분의 분말을 웨이퍼에 증착하고, 일부를 펌핑 시스템에서 수집하였다. 산화 실리콘 코팅의 형성을 위한 대표적인 반응 조건을 표 1에 기판하고 있다.

[표 1]

샘플	1	2
압력(Torr)	500	350
아르곤-창(slm)	10	10
아르곤-차폐(slm)	2.8	2.8
에틸렌(slm)	0.75	0.75
$SiCl_4$-N_2용의 캐리어 가스(slm)	0.41	0.41
POCl3-N2용의 캐리어 가스(slm)	0.992	1.24
GeCl4용의 캐리어 가스(slm)	0	0.2
산소(slm)	1.268	1.268
아르곤 희석 가스(watt)	5.88	5.88
레이저 동력-입력(watt)	1200	1200
레이저 동력-출력(watt)	995	1000
작업 시간(분)	10	10

slm = 표준 리터/분

아르곤-창 = 레이저 창을 유지하는 튜브 내의 입구 위치를 통과하는 아르곤의 유량

아르곤-차폐 = 반응물 스트림을 에워싸는 차폐 가스로서의 아르곤의 유량

코팅 작업의 완료 후에, 웨이퍼는 웨이퍼의 표면을 가로질러 균일하게 보이는 분말형의 백색 코팅을 갖는 것으로 보였다. 코팅의 두께는 주사 전자 현미경(SEM)으로 측정하였을 때 대략 5 내지 6 마이크론이었다.

코팅된 웨이퍼를 1300 ℃의 오븐에서 2시간 동안 가열하였다. 오븐으로부터 제거한 후에, 웨이퍼는 그들 표면에 투명한 유리를 가졌다. 약 0.25 내지 약 0.5 ㎚ 만큼 낮은 제곱 평균 제곱근(RMS)의 표면 거칠기가 일부 웨이퍼에서 달성되었다. 표면 거칠기는 Veeco Instruments, Inc의 3000 AFM Instrument에서 20 ×20 마이크론의 스캔을 갖는 원자 현미경을 사용하여 측정하였다.

전술한 실시예는 예시적인 것이며, 한정의 의도는 없다. 추가의 실시예가 청구범위 내에 있다. 본 발명을 특정의 실시예를 참고로 하여 설명하였지만, 당업자는 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 대략적인 부분과 상세한 부분에 대해 변경이 있을 수 있다는 것을 인지할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
반응물 스트림 경로를 형성하는 비원형의 반응물 유입구와,

생성물 스트림 경로가 반응 영역으로부터 계속되는 상태로 반응 영역에서 반응물 스트림 경로와 교차하는 광 경로를 형성하는 광학 요소와,

생성물 스트림 경로와 교차하는 제1 기판과,

제1 기판을 생성물 스트림에 대해 이동시키도록 작동하게 장치에 연결되는 모터

를 포함하는 코팅 장치.

청구항 2.
제1항에 있어서, 반응 챔버, 증착 챔버, 이 증착 챔버에 반응 챔버를 연결하는 도관을 더 포함하며, 반응물 유입구는 반응 챔버 내에 있으며, 제1 기판은 증착 챔버 내에 있는 것인 코팅 장치.

청구항 3.
제2항에 있어서, 모터는 제1 기판을 도관에 대해 이동시키는 것인 코팅 장치.

청구항 4.
제2항에 있어서, 모터는 도관을 증착 챔버에 대해 이동시키는 것인 코팅 장치.

청구항 5.
제2항에 있어서, 증착 장치에 연결되는 펌프를 더 포함하며, 반응 챔버와 증착 챔버는 주위 분위기로부터 밀봉되어 있는 것인 코팅 장치.

청구항 6.
제1항에 있어서, 주위 분위기로부터 밀봉된 챔버와, 이 챔버에 연결된 펌프를 더 포함하며, 반응물 유입구와 제1 기판은 챔버 내에 있는 것인 코팅 장치.

청구항 7.
제1항에 있어서, 광학 요소는 원통형 렌즈를 구비하는 것인 코팅 장치.

청구항 8.
제1항에 있어서, 입자 생성 장치는 레이저 빔을 광 경로를 따라 지향시키도록 배치된 레이저를 더 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 9.
제1항에 있어서, 입자 생성 장치는, 반응물 유입구에 연결되며 가스상 반응물의 공급원을 구비하는 반응물 공급 시스템을 더 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 10.
제1항에 있어서, 입자 생성 장치는 에어로졸 발생기를 구비하는 반응물 공급 시스템을 더 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 11.
제1항에 있어서, 입자 생성 장치는 반응물 유입구를 둘러싸는 차폐 가스 덕스를 더 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 12.
제1항에 있어서, 증착 장치는, 제1 기판을 지지하고 모터에 연결되는 스테이지를 더 구비하고, 상기 모터는 스테이지를 생성물 스트림 경로에 대해 이동시켜, 생성물 스트림 경로를 제1 기판의 상이한 부분으로 지향시키는 것인 코팅 장치.

청구항 13.
제12항에 있어서, 반응물 유입구는 한쪽 치수가 길고, 생성물 스트림은 기판 상에서 입자의 라인의 형상을 취하고, 스테이지는 라인이 기판 표면을 가로질러 지나가도록 생성물 스트림에 대해 이동하는 것인 코팅 장치.

청구항 14.

제1항에 있어서, 제2 기판과, 제1 기판 및 제2 기판을 지지하는 모터에 연결된 스테이지를 더 포함하며, 모터는, 제1 기판을 생성물 스트림과의 교차부로부터 제거하고, 제2 기판을 생성물 스트림 내에 배치하도록 스테이지를 생성물 스트림에 대해 이동시키는 것인 코팅 장치.

청구항 15.
제1항에 있어서, 생성물 스트림을 제1 기판과 교차하도록 지향시키는 외부장(external field)을 발생시키도록 배치된 외부장 발생기를 더 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 16.
제15항에 있어서, 외부장 발생기는 열구배 발생기 또는 전기장 발생기를 포함하는 것인 코팅 장치.

청구항 17.
제15항에 있어서, 외부장 발생기는 생성물 스트림 경로를 퍼지게 하도록 위치 결정되어, 전체 기판 표면 위에 대략 균일한 코팅을 증착하는 것인 코팅 장치.

청구항 18.
집속된 방사선 빔을 반응물 스트림으로 지향시킴으로써 반응물 스트림을 반응시켜, 방사선 빔의 하류에 입자를 포함하는 생성물 스트림을 생성하는 단계로서, 상기 반응은 방사선 빔으로부터의 에너지에 의해 유도되는 것인 단계와,

생성물 스트림을 기판으로 지향시키는 단계와,

기판을 코팅하도록 기판을 생성물 스트림으로 이동시키는 단계

를 포함하는 기판 코팅 방법.

청구항 19.
제18항에 있어서, 방사선 빔은 광원에 의해 발생되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 20.
제18항에 있어서, 방사선 빔은 레이저에 의해 발생되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 21.
제18항에 있어서, 반응 챔버를 통하는 유량을 유지하기 위하여 반응 챔버에서 펌핑하는 단계를 더 포함하는 기판 코팅 방법.

청구항 22.
제18항에 있어서, 반응물 스트림은 방사선 빔의 전달 방향으로 긴 것인 기판 코팅 방법.

청구항 23.
제18항에 있어서, 기판은 생성물 스트림에 대해 이동하는 스테이지에 장착되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 24.
제23항에 있어서, 반응물 스트림은 기판에 동시에 증착되는 생성물 입자의 라인을 형성하도록 방사선 빔의 전달 방향으로 길며, 스테이지의 상대 이동으로 인하여 라인이 기판을 가로질러 지나가는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 25.
제23항에 있어서, 반응물 스트림의 경로로부터 기판을 이동시키는 단계와, 다른 기판을 생성물 스트림의 경로에 배치하는 단계를 더 포함하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 26.
제18항에 있어서, 반응물 스트림은 길고, 광의 라인은 긴 반응물 스트림과 교차하도록 전달되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 27.
제18항에 있어서, 반응물 유입구는, 반응물 유입구의 이동으로 인하여 생성물 입자가 기판을 가로질러 지나가도록 기판에 대해 이동하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 28.

제18항에 있어서, 생성물 스트림은 기판에 도달하기 전에 도관을 통과하고, 도관은, 도관의 이동으로 인하여 생성물 입자가 기판을 가로질러 지나가도록 기판에 대해 이동하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 29.
제18항에 있어서, 생성물 스트림을 지향시키도록 외부장이 가해지는 것인 코팅 기판 방법.

청구항 30.
입자를 유리로 융합하기에 충분한 시간 주기 동안 소정의 온도에서, 청구항 18의 방법에 따라 형성된 입자 코팅을 가열하는 단계를 포함하는 유리 코팅 형성 방법.

청구항 31.
기판 표면에 광학 부품을 형성하는 방법으로서, 청구항 30의 방법에 따라 형성된 유리 코팅의 일부를 제거하여 광학 부품을 형성하는 단계를 포함하는 광학 부품 형성 방법.

청구항 32.
제31항에 있어서, 유리 코팅의 일부를 제거하는 것은 포토리소그래피에 의해 실행되는 것인 광학 부품 방법.

청구항 33.
장축과 단축에 의해 특징지워지는 전달 방향에 수직한 횡단면을 갖는 반응물 스트림을 발생시키는 단계로서, 상기 장축이 단축보다 2배 이상 큰 것인 단계와,

입자의 생성물 스트림을 형성하도록 반응물 스트림을 반응시키는 단계와,

입자의 스트림을 기판으로 지향시키는 단계

를 포함하는 기판 코팅 방법으로서,

생성물 스트림의 흐름은 기판 상에서의 펌핑에 의하지 않고 유지되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 34.
제33항에 있어서, 약 25 g/hr 이상의 입자가 기판에 증착되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 35.
제33항에 있어서, 반응은 광선 빔에 의해 유도되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 36.
제33항에 있어서, 장축은 단축보다 10배 이상 큰 것인 기판 코팅 방법.

청구항 37.
제33항에 있어서, 입자의 스트림의 흐름은 생성물 스트림의 운동량에 의해 유지되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 38.
제33항에 있어서, 입자의 스트림의 흐름은 챔버를 펌핑함으로써 유지되며, 기판은 챔버 내에 위치되어 있는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 39.
직경이 약 5㎝ 이상인 기판을 코팅하는 기판 코팅 방법으로서,

생성물 입자를 포함하는 생성물 스트림을 형성하도록 반응물 스트림을 반응 시키는 단계와,

입자의 스트림을 기판의 전체 표면 위에 동시에 증착하는 단계

를 포함하며,

5 g/hr 이상의 입자가 기판에 증착되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 40.

제39항에 있어서, 입자의 생성물 스트림은 외부장에 의해 퍼지는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 41.
제40항에 있어서, 외부장은 열구배 발생기 또는 전기장 발생기에 의해 발생되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 42.
광선 빔에 의해 유도되는 화학 반응에 의해 복수의 생성물 스트림을 동시에 발생시키는 단계와,

복수의 생성물 스트림을 기판 상의 순차적 위치에서 이동 기판에 동시에 증착하는 단계

를 포함하는 기판 코팅 방법.

청구항 43.
생성물 입자의 흐름을 형성하도록 유동 반응물 스트림을 반응시키는 단계와,

생성물 입자의 적어도 일부를 약 5 g/hr의 증착율로 기판에 증착하는 단계

를 포함하는 기판 코팅 방법.

청구항 44.
제43항에 있어서, 증착율은 약 10 g/hr 이상인 것인 기판 코팅 방법.

청구항 45.
제43항에 있어서, 증착율은 약 25 g/hr 내지 약 5 kg/hr인 것인 기판 코팅 방법.

청구항 46.
제43항에 있어서, 반응물 스트림은 장축과 단축에 의해 특징지워지는 전달 방향에 수직한 횡단면을 갖고, 장축은 단축보다 2배 이상 큰 것인 기판 코팅 방법.

청구항 47.
제43항에 있어서, 생성물 입자의 적어도 일부를 증착하는 단계는 생성물 입자의 스트림에 대해 기판을 이동시키는 단계를 포함하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 48.
제43항에 있어서, 반응은 광선 빔에 의해 유도되는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 49.
생성물 입자의 스트림을 형성하도록 유동 반응물 스트림을 반응시키는 단계와,

생성물 입자의 적어도 일부를 기판에 증착하는 단계

를 포함하며,

생성물 입자를 증착하는 단계는 약 0.1 ㎝/초 이상의 속도로 기판을 생성물 입자의 스트림에 대해 이동시키는 단계를 포함하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 50.
제49항에 있어서, 생성물 입자를 증착하는 단계는 약 0.5 ㎝/초 이상의 속도로 기판을 생성물 입자의 스트림에 대해 이동시키는 단계를 포함하는 것인 기판 코팅 방법.

청구항 51.
제49항에 있어서, 생성물 입자를 증착하는 단계는 약 1 ㎝/초 내지 약 30 ㎝/초의 속도로 기판을 생성물 입자의 스트림에 대해 이동시키는 단계를 포함하는 것인 기판 코팅 방법.

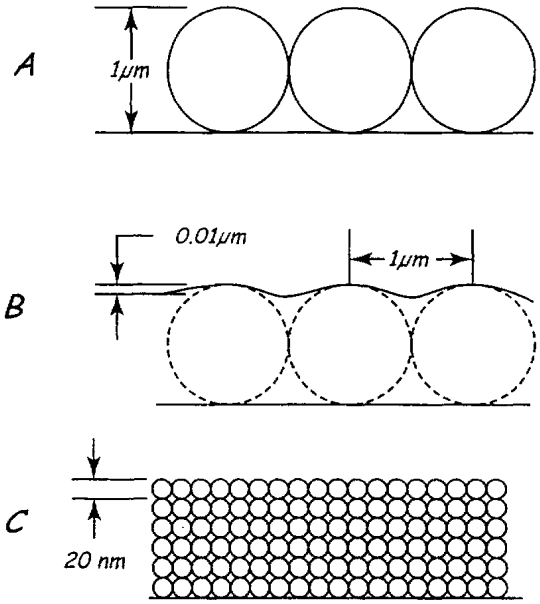
청구항 52.
제49항에 있어서, 반응물 스트림을 반응시키는 단계는 방사선 빔에 의해 유도되고, 반응물 스트림은 입자의 라인을 형성하도록 방사선 빔의 전달 방향으로 길며, 기판의 상대 이동으로 인하여 생성물 입자의 라인의 적어도 일부가 기

판을 가로질러 지나가는 것인 기판 코팅 방법.

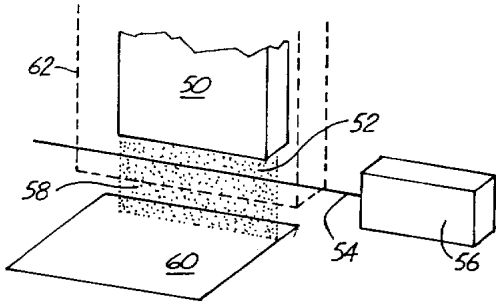
청구항 53.
제49항에 있어서, 방사선 빔은 광원에 의해 발생되는 것인 기판 코팅 방법.

도면

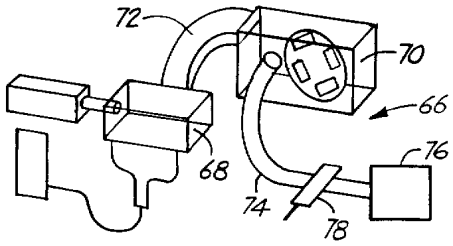
도면1



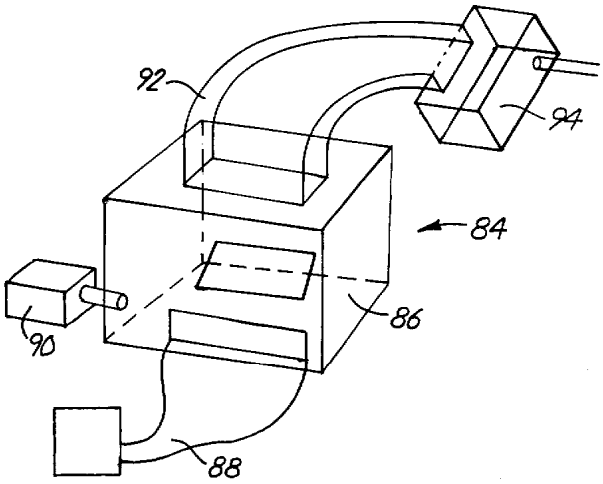
도면2



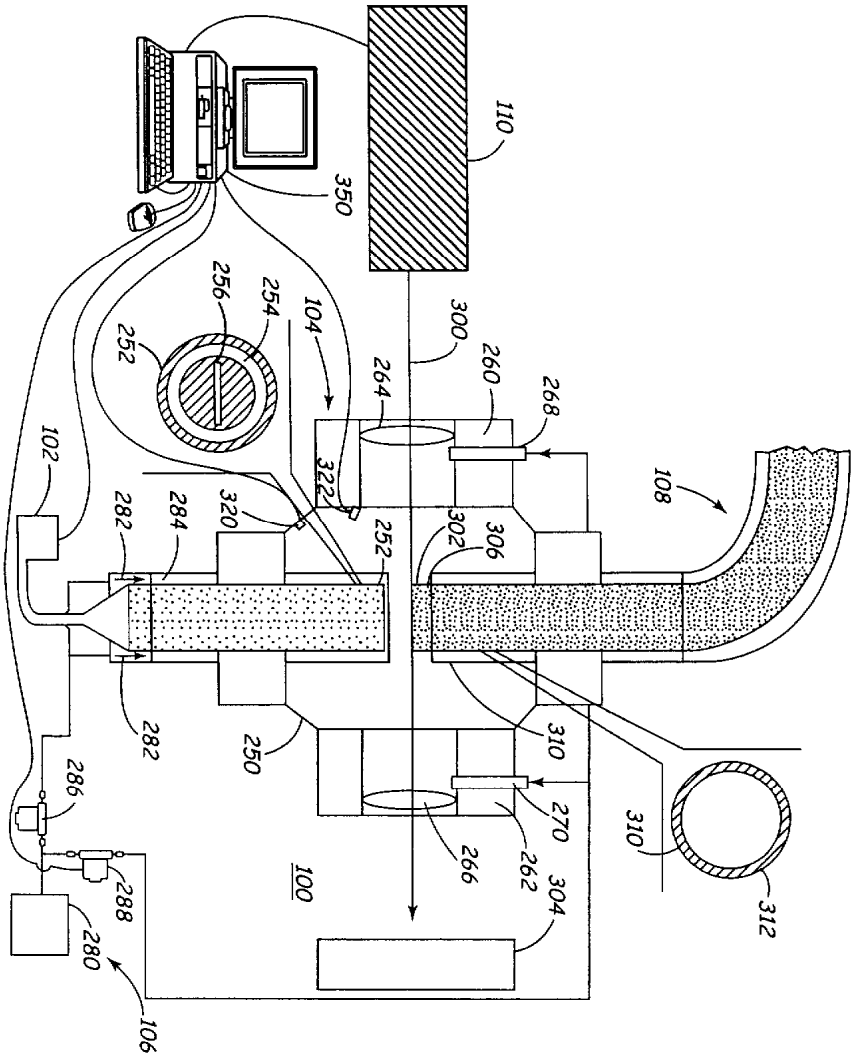
도면3



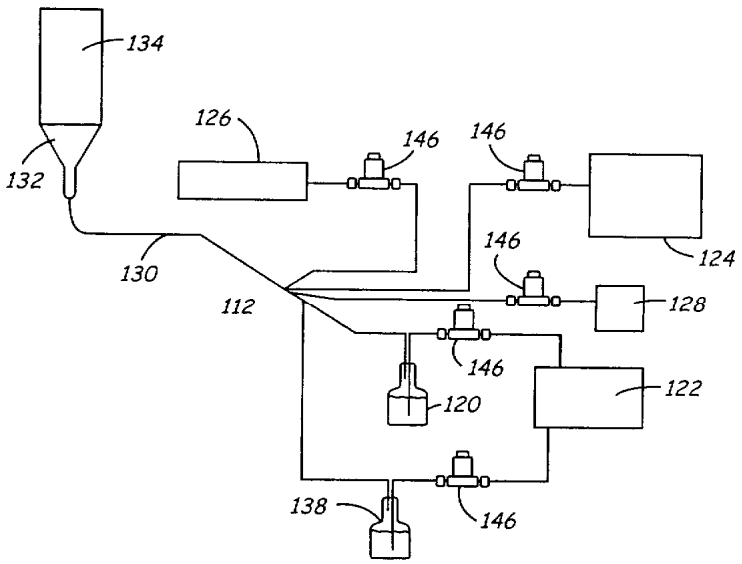
도면4



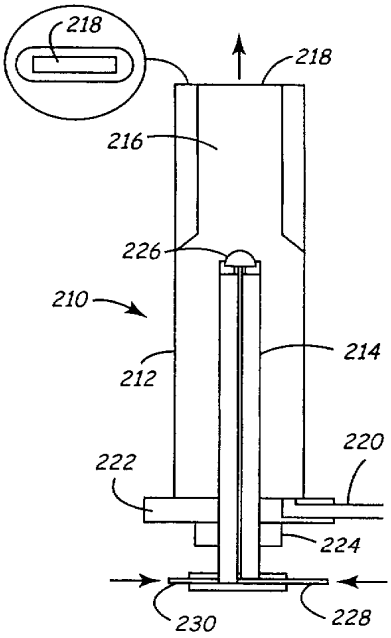
도면5


110
350
256
254
104
252
300
264
260
268
102
322
108
282
284
320
252
302
306
282
250
310
286
270
310
266
262
288
100
304
312
280
106

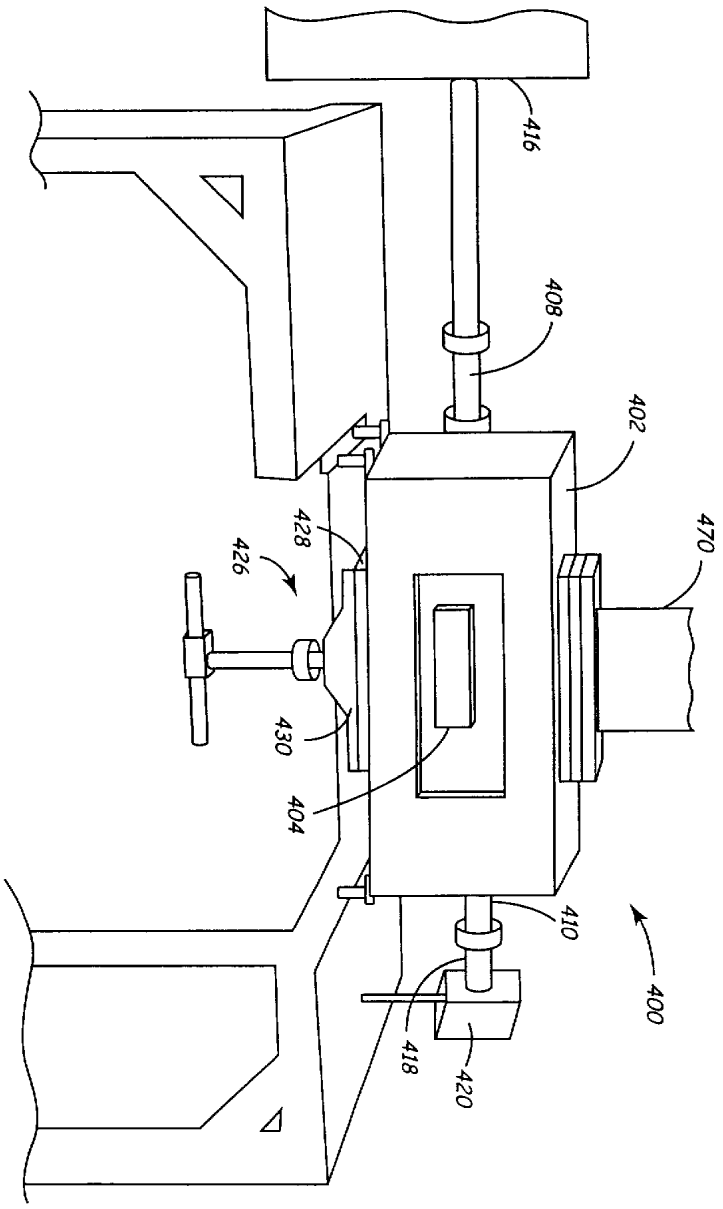
도면6


134
126
146
146
132
124
130
146
112
128
146
122
120
138
146

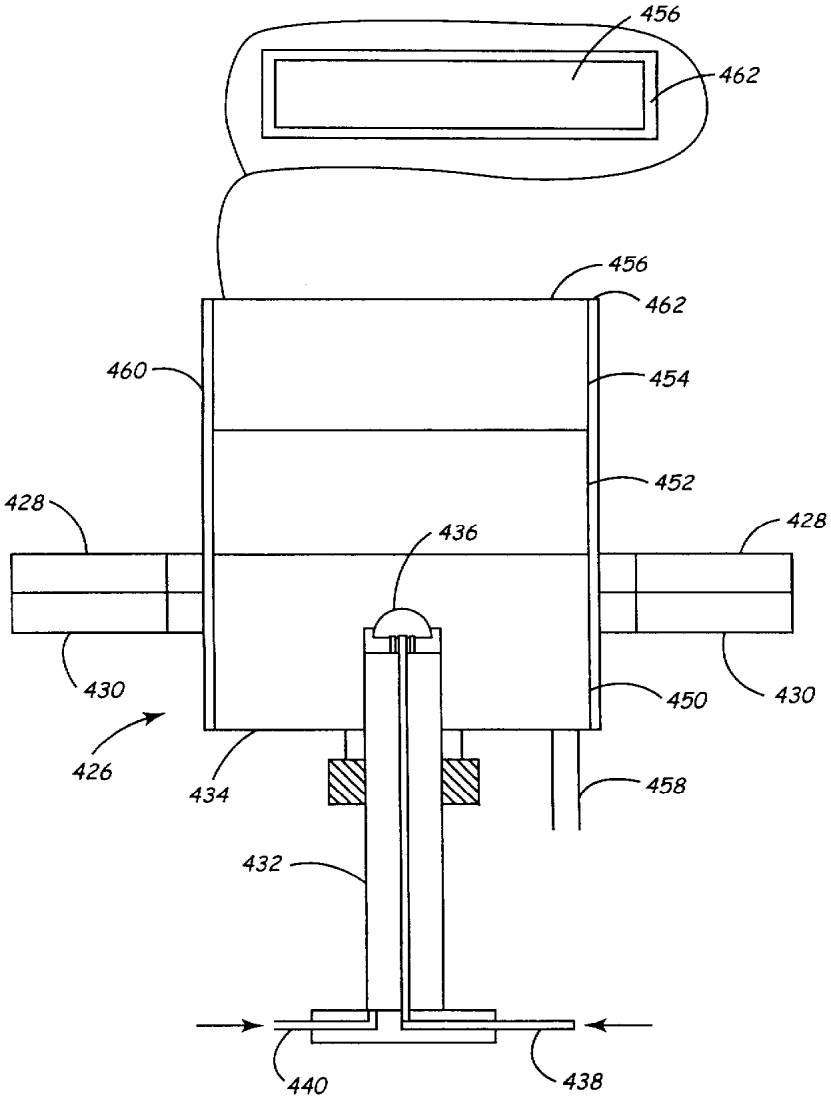
도면7



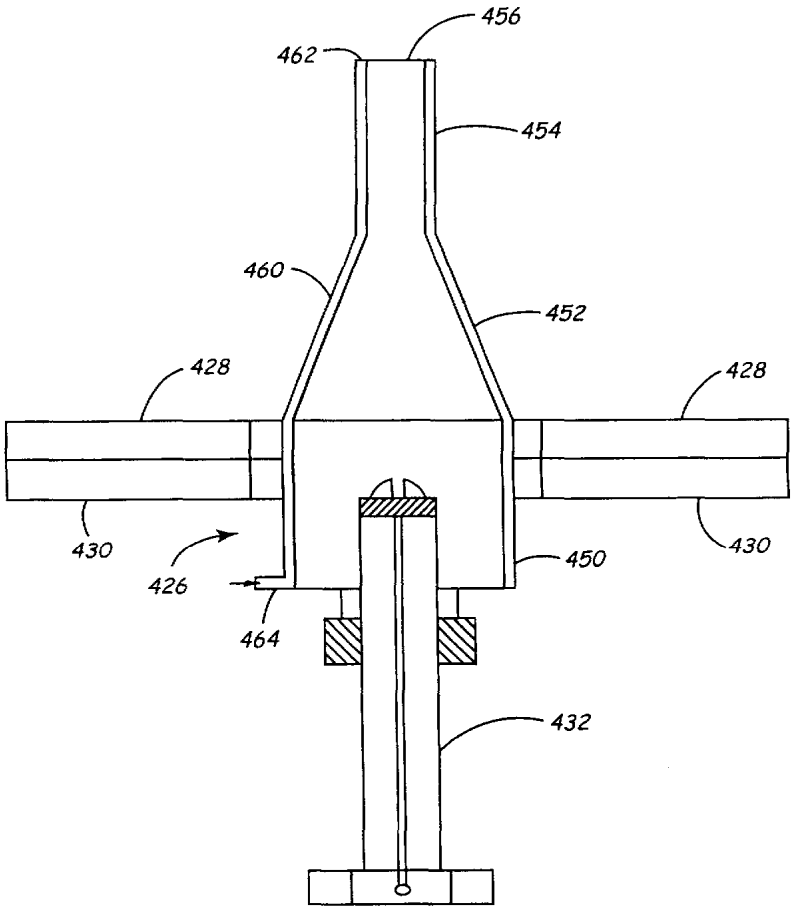
도면8



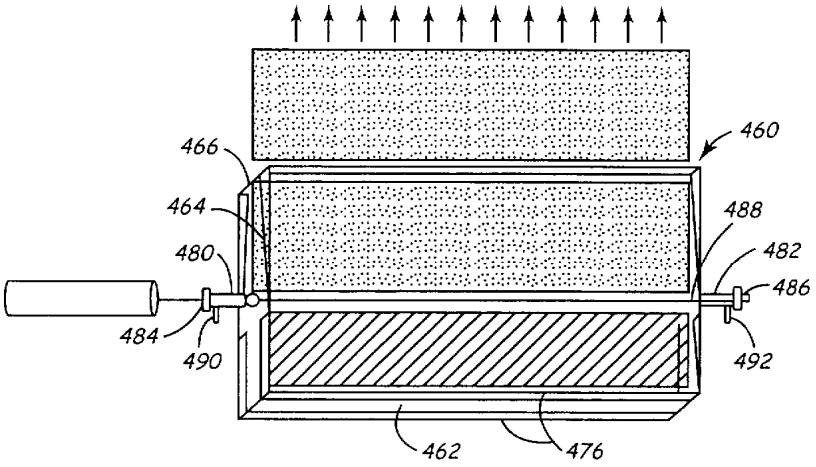
도면9


456
462
456
462
460
454
452
428
436
428
430
450
430
426
434
458
432
440
438

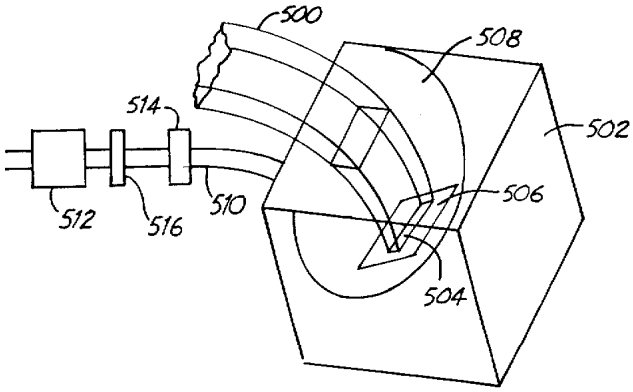
도면10


456
462
454
460
452
428
428
430
430
426
450
464
432

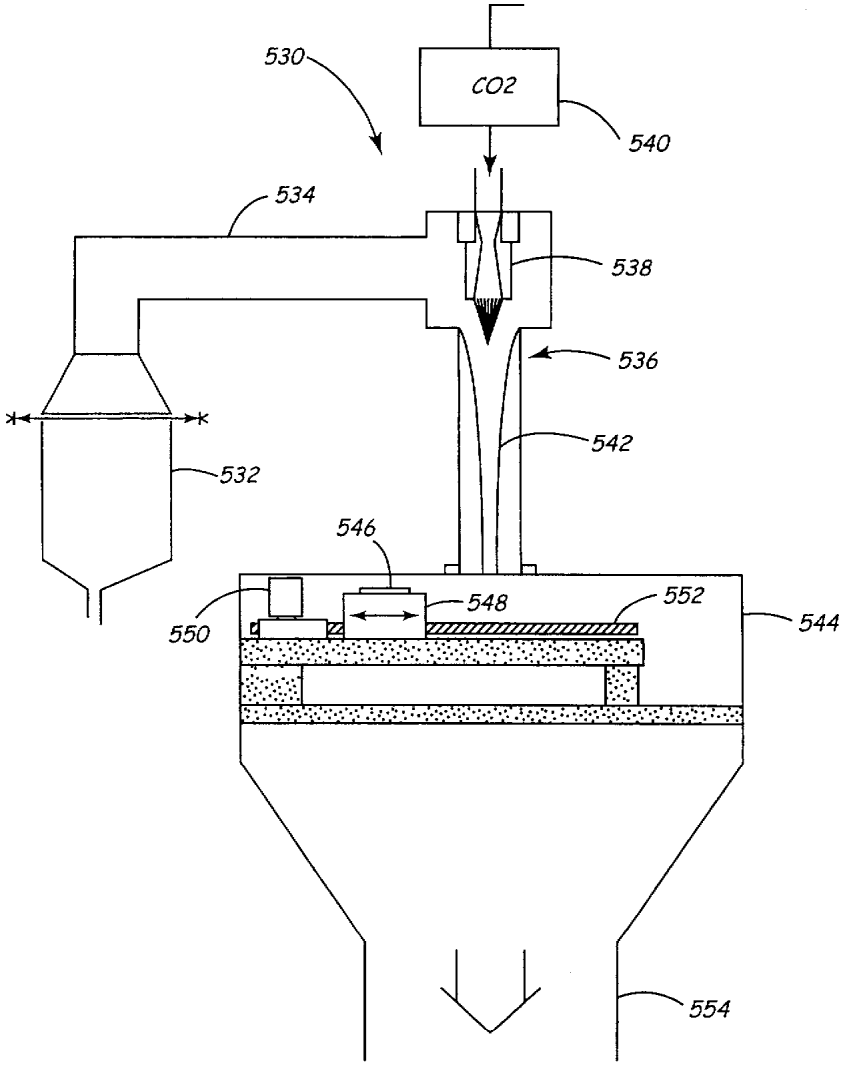
도면11


460
466
464
488
480
482
486
484
490
492
462
476

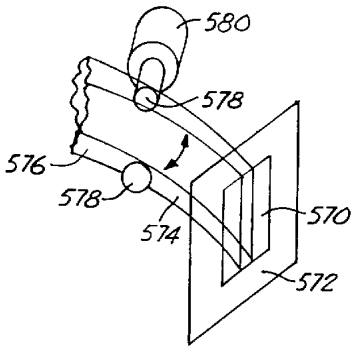
도면12


500
508
502
514
506
512
516
510
504

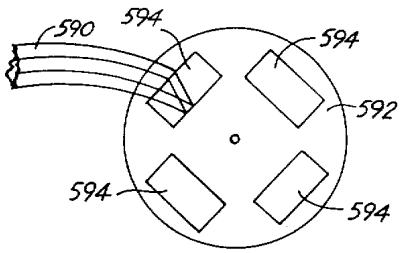
도면13


530
CO2
540
534
538
536
542
532
546
548
552
544
550
554

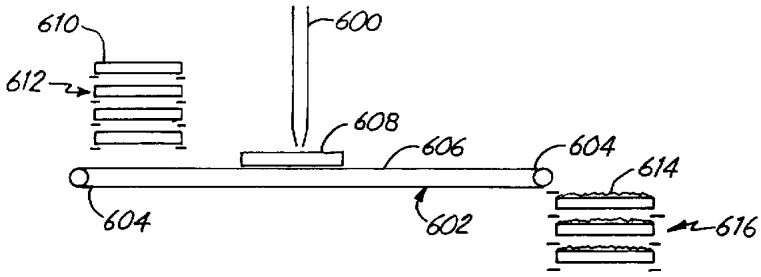
도면14



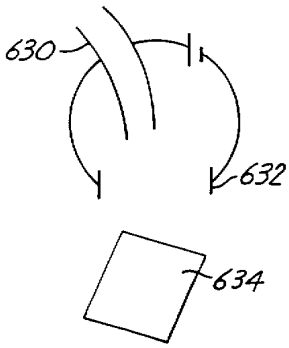
도면15



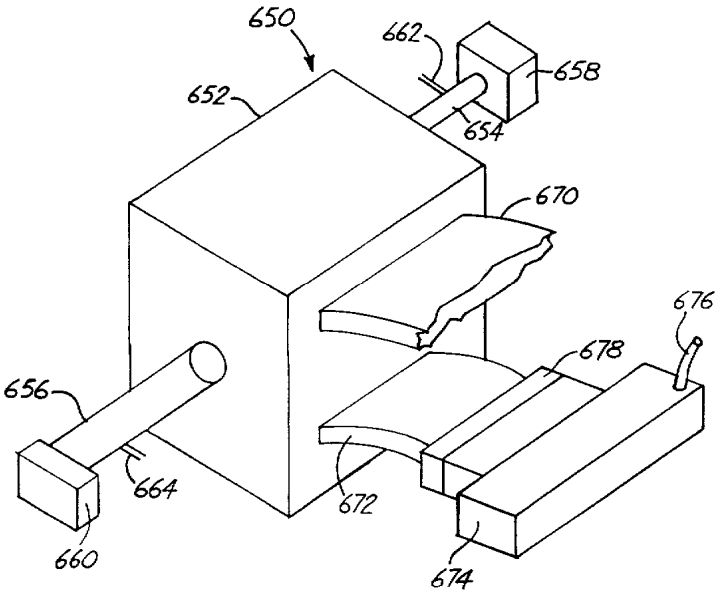
도면16



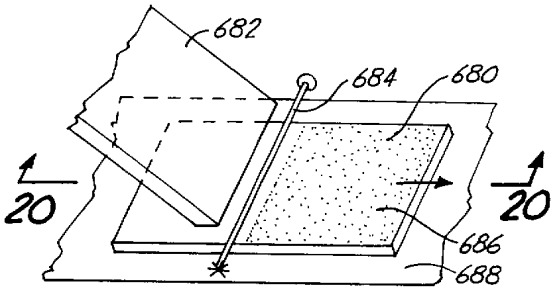
도면17



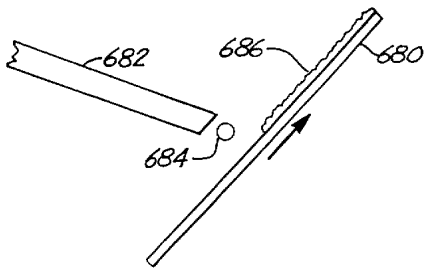
도면18



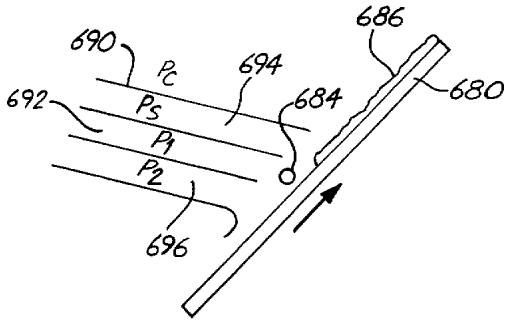
도면19



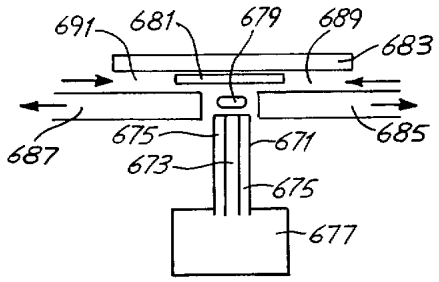
도면20



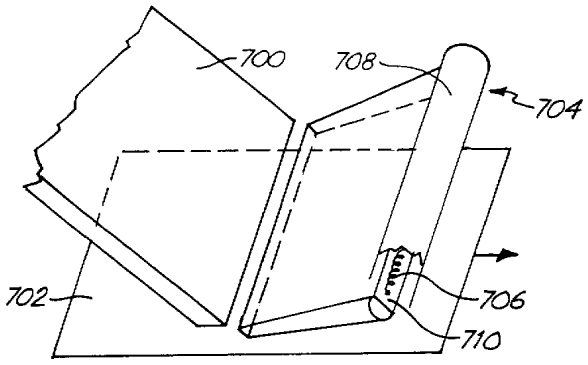
도면21a



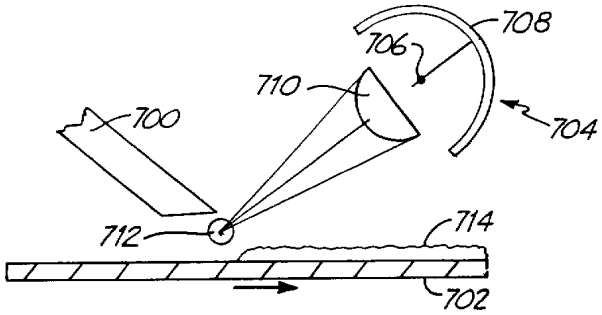
도면21b



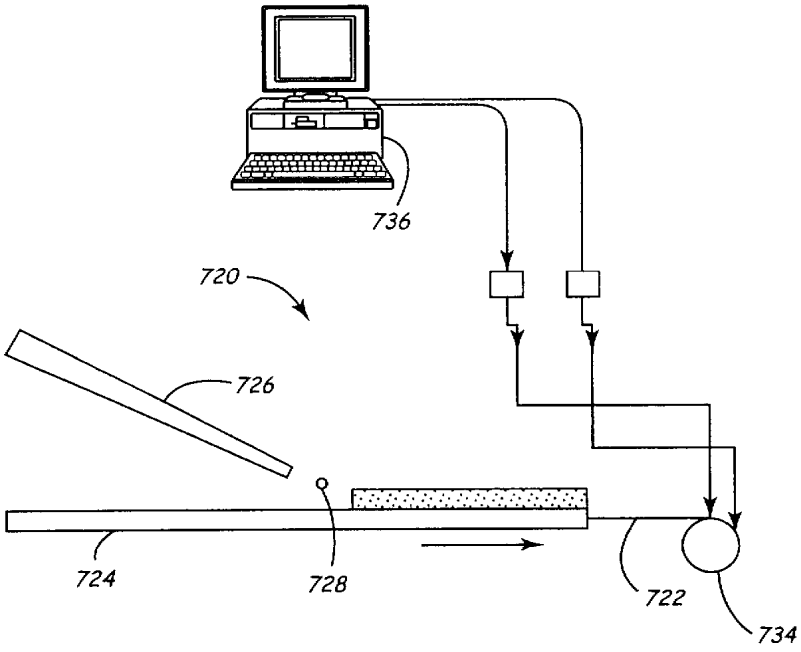
도면22



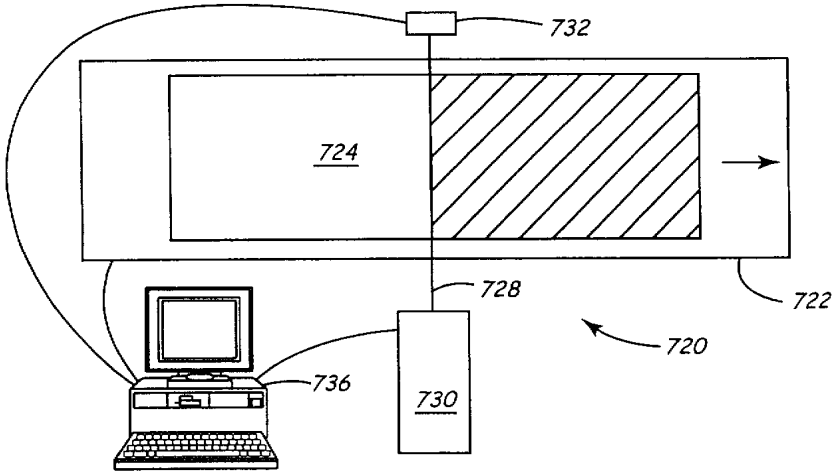
도면23



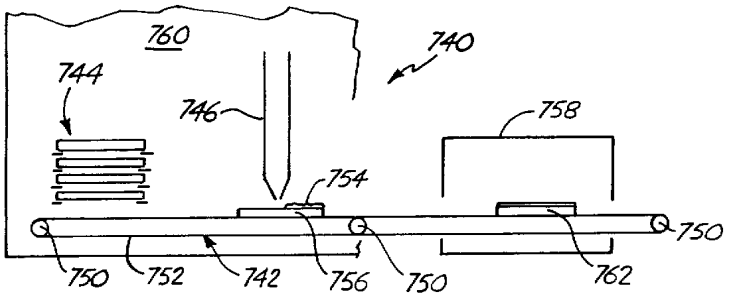
도면24



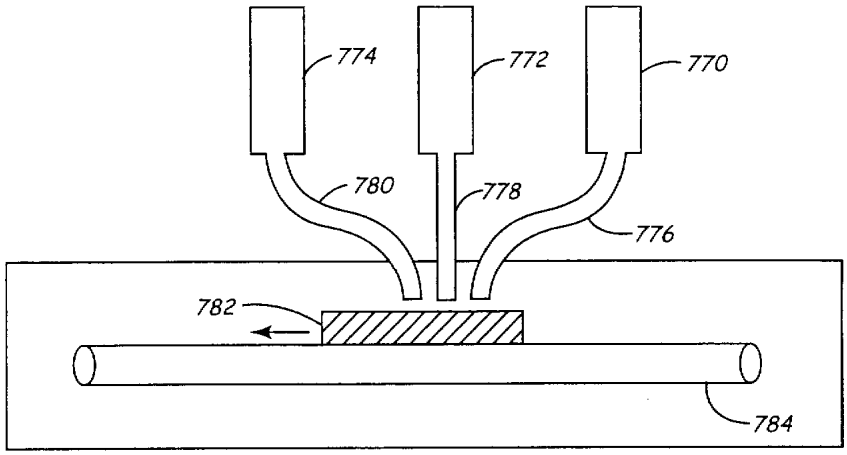
도면25



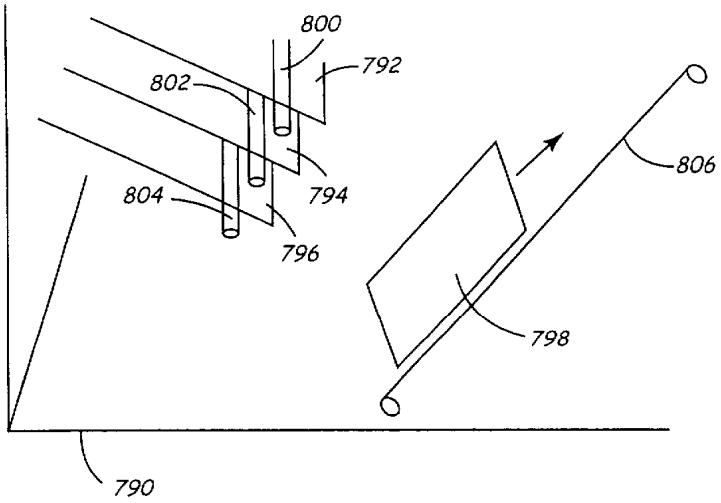
도면26



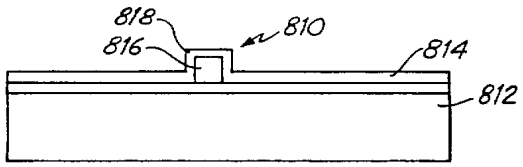
도면27



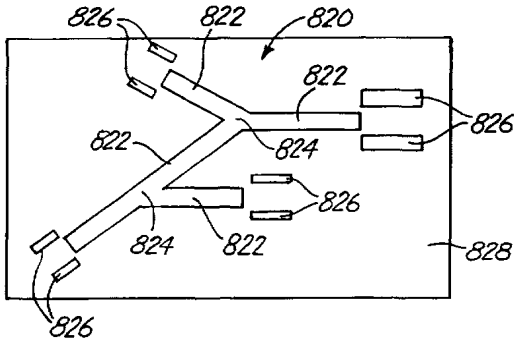
도면28



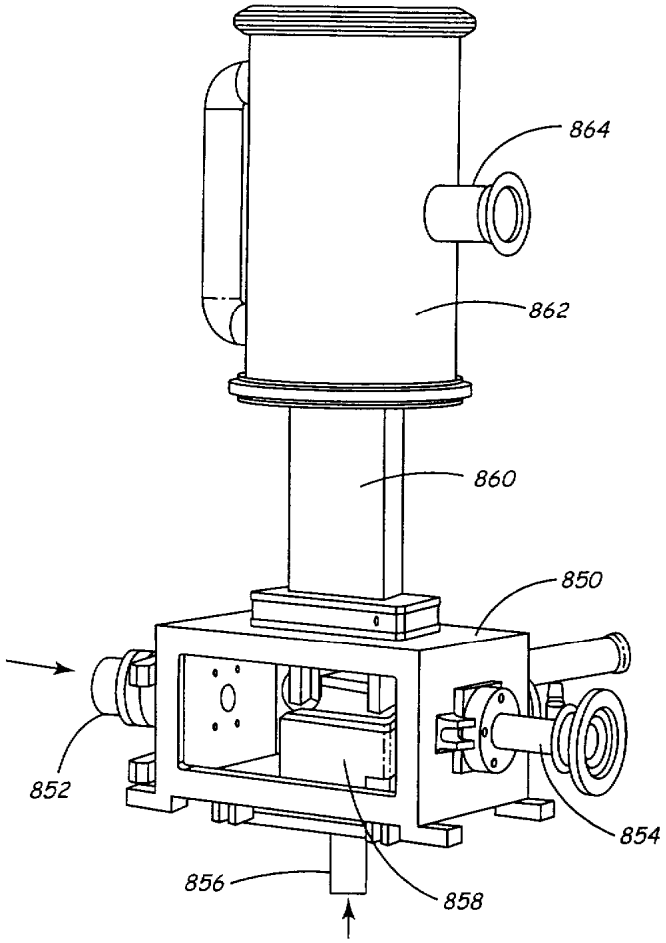
도면29



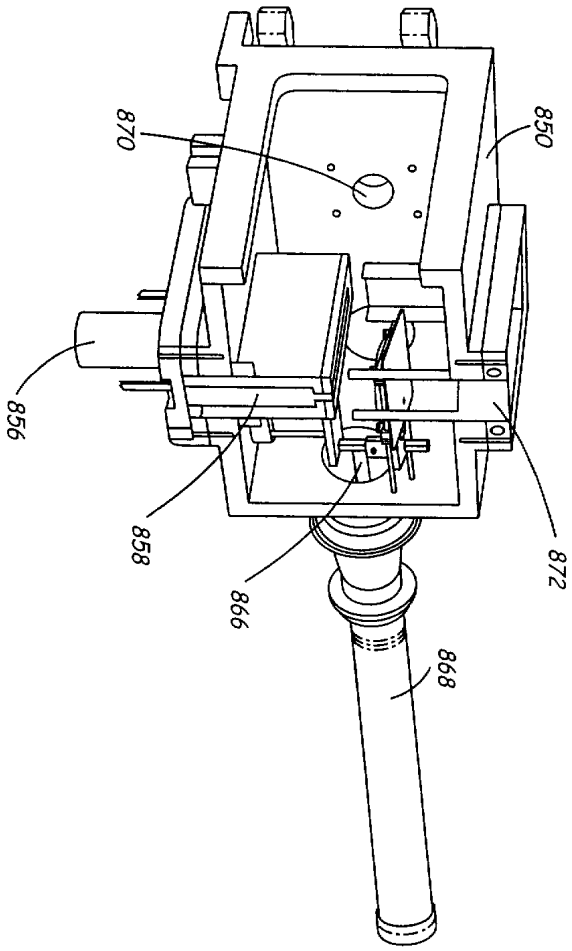
도면30



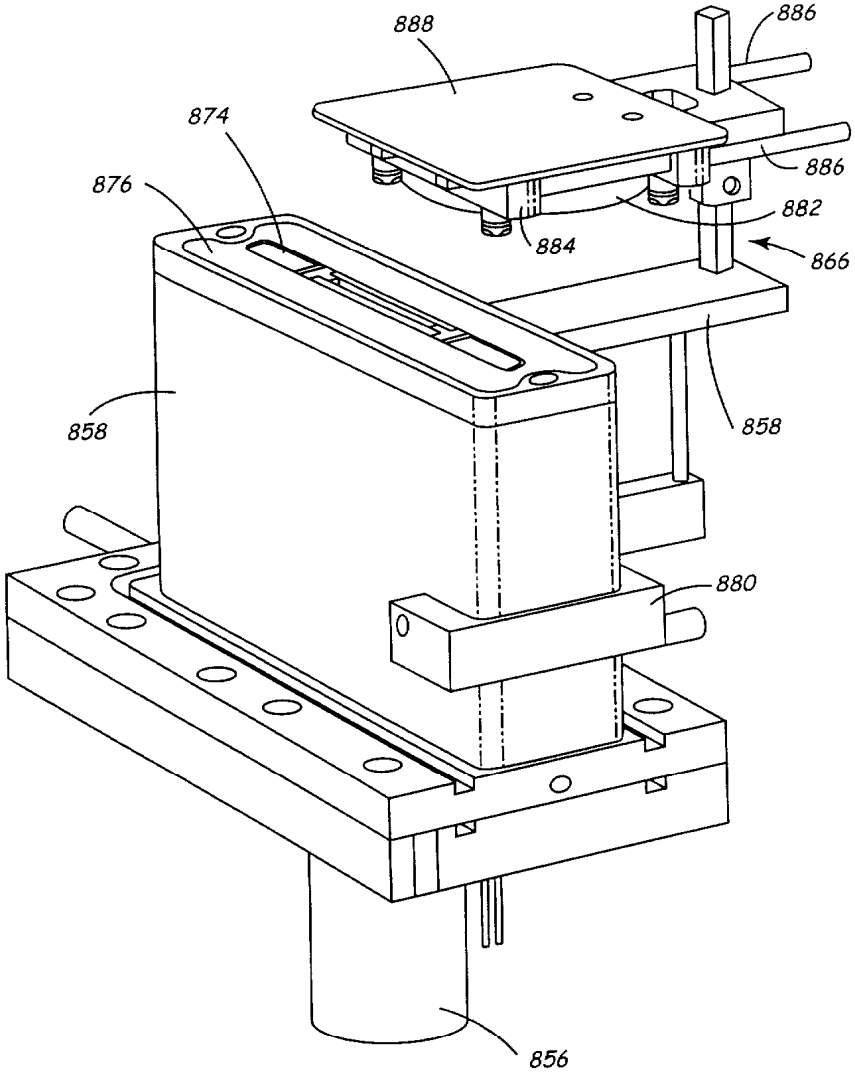
도면31



도면32



도면33



도면34

