



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년08월30일  
 (11) 등록번호 10-1177331  
 (24) 등록일자 2012년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/027* (2006.01) *G03B 27/52* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2005-7019188  
 (22) 출원일자(국제) 2004년03월29일  
 심사청구일자 2009년03월27일  
 (85) 번역문제출일자 2005년10월07일  
 (65) 공개번호 10-2005-0121715  
 (43) 공개일자 2005년12월27일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2004/009911  
 (87) 국제공개번호 WO 2004/093159  
 국제공개일자 2004년10월28일  
 (30) 우선권주장  
 60/462,142 2003년04월09일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 W09949504 A1\*  
 W09949504 A1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**가부시키가이샤 니콘**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1초메 12방 1고  
 (72) 발명자  
**쿤 데릭**  
 미국 94065 캘리포니아주 레드우드 시티 뉴포트  
 서클 875  
**헤이즐턴 앤드류 제이**  
 미국 94070 캘리포니아주 산카를로스 펠프스 로  
 드 409  
 (74) 대리인  
**특허법인코리아나**

전체 청구항 수 : 총 40 항

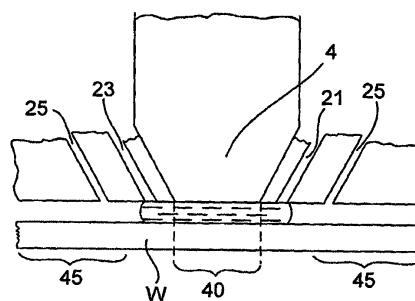
심사관 : 부경호

(54) 발명의 명칭 **액침 리소그래피 유체 제어 시스템**

**(57) 요약**

액침 리소그래피용 유체 제어 시스템이 렌즈와 같은 광학 부재, 그 사이에 갭을 갖는 광학 부재의 반대편에 배치된 표면을 갖는 반도체 웨이퍼와 같은 피가공물, 갭 내의 특정한 노광 영역에 물과 같은 액침액을 제공하기 위한 유체 공급 장치, 및 이 액침 리소그래피 동작이 실행되는 동안 적어도 액침액이 노광 영역과 그 부근에서 유지되도록 유체에 대한 힘을 활성화하는 유체 제어 장치로 형성된다. 압축 가스는 그 위치를 유지하도록 유체상에 유체역학적 힘을 인가하기 위해 야기될 수 있다.

**대표도** - 도5



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

액침 리소그래피 (immersion lithography) 용 유체 (fluid) 제어 시스템으로서,

광학 부재로서, 상기 광학 부재와 상기 광학 부재 반대측에 배치된 표면 사이의 갭이 규정되는, 상기 광학 부재;

상기 갭내의 노광 영역에 액체를 제공하기 위한 유체 공급 장치; 및

압축 가스를 전달하여 상기 노광 영역 외부의 특정한 주변 영역에 상기 액체가 들어가는 것을 방지하는 유체 제어 장치를 포함하고,

상기 유체 제어 장치는 상기 압축 가스를 전달하기 위한 노즐들을 포함하며, 상기 노즐들은 상기 액체가 제한되는 상기 노광 영역을 포함하는 영역의 반대측에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 노광 영역이 상기 노즐들에 둘러싸이도록 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 노즐들은 액체 공급 및 액체 회수 노즐들의 외측에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는 상기 노광 영역을 향해 전달되고, 상기 노광 영역내의 상기 액체는 상기 주변 영역에 들어가는 것이 상기 압축 가스에 의해 방지되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 표면에 대하여 비스듬하게 배향되어 있는, 유체 제어 시스템.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는 상기 노광 영역내의 상기 액체와 접촉하는 경우에 2-200m/sec의 속도를 갖는, 유체 제어 시스템.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 노즐들은 액체 공급 및 액체 회수 노즐들의 외측에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스의 압력은 상기 표면을 갖는 피가공물 (workpiece) 의 주사 속도와 상기 피가공물의 표면과 상기 액체 사이의 접촉각으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 인자에 의해 적어도 부분적으로 결정되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 노즐들은 액체 공급 및 액체 회수 노즐들의 외측에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는 물을 흡수하여 습도를 감소시키는, 유체 제어 시스템.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서,

상기 유체 제어 장치는 공급된 가스를 제거하기 위한 배기 매니폴드 (exhaust manifold) 를 더 포함하는, 유체 제어 시스템.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는 공기인, 유체 제어 시스템.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는 질소인, 유체 제어 시스템.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 압축 가스는, 상기 노광 영역 내의 상기 액체와 접촉하는 경우에 15-25m/sec의 속도 범위에서 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 표면을 갖는 피가공물의 주사 방향에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 표면을 갖는 피가공물의 스텝핑 (stepping) 축 방향에 제공되는, 유체 제어 시스템.

**청구항 17**

레티클 (reticle) 을 유지하기 위하여 배열된 레티클 스테이지;

표면을 갖는 피가공물을 유지하기 위하여 배열된 워킹 스테이지;

광학 소자를 포함하는 광학 시스템으로서, 상기 피가공물의 상기 표면은 상기 광학소자의 반대측에 위치되는, 상기 광학 시스템;

액침 리소그래피 공정 동안 상기 광학 소자와 상기 피가공물 사이의 갭 내의 특정한 노광 영역으로 액체를 제공하는 유체 공급 장치; 및

압축 가스를 전달하여 상기 노광 영역 외부의 특정한 주변 영역에 상기 액체가 들어가는 것을 방지하는 유체 제어 장치를 포함하고,

상기 유체 제어 장치는 상기 압축 가스를 전달하기 위한 노즐들을 포함하며, 상기 노즐들은 상기 액체가 제한되는 상기 노광 영역을 포함하는 영역의 반대측에 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 노광 영역이 상기 노즐들에 둘러싸이도록 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 19**

제 17 항에 있어서,

상기 노즐들은 액체 공급 및 액체 회수 노즐들의 외측에 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 20**

제 17 항에 있어서,

상기 압축 가스는 상기 노광 영역을 향해 전달되고, 상기 노광 영역내의 상기 액체는 상기 주변 영역에 들어가는 것이 상기 압축 가스에 의해 방지되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 21**

제 17 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 피가공물의 상기 표면에 대하여 비스듬하게 배향되어 있는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 22**

제 17 항에 있어서,

상기 압축 가스의 압력은 상기 피가공물의 주사 속도와 상기 피가공물의 표면과 상기 액체 사이의 접촉각으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 인자에 의해 적어도 부분적으로 결정되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 23**

제 22 항에 있어서,

상기 노즐들은 액체 공급 및 액체 회수 노즐들의 외측에 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 24**

제 17 항에 있어서,

상기 압축 가스는 공기인, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 25**

제 17 항에 있어서,

상기 압축 가스는 질소인, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 26**

제 17 항에 있어서,

상기 압축 가스는, 상기 노광 영역내의 상기 액체와 접촉하는 경우에 15-25m/sec의 속도 범위에서 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 27**

제 17 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 피가공물의 주사 방향에 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 28**

제 17 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 피가공물의 스테핑 축 방향에 제공되는, 액침 리소그래피 장치.

**청구항 29**

리소그래피 공정을 이용하여 피가공물을 제조하기 위한 방법으로서,

상기 리소그래피 공정은 제 17 항의 액침 리소그래피 장치를 이용하는, 피가공물 제조 방법.

**청구항 30**

제 29 항에 있어서,

압축 가스는 공기인, 피가공물 제조 방법.

**청구항 31**

제 29 항에 있어서,

상기 압축 가스는 질소인, 피가공물 제조 방법.

**청구항 32**

제 29 항에 있어서,

상기 압축 가스는, 상기 노광 영역내의 상기 액체와 접촉하는 경우에 15-25m/sec의 속도 범위에서 제공되는, 피가공물 제조 방법.

**청구항 33**

제 29 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 피가공물의 주사 방향에 제공되는, 피가공물 제조 방법.

**청구항 34**

제 29 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 피가공물의 스테핑 축 방향에 제공되는, 피가공물 제조 방법.

**청구항 35**

리소그래피 공정을 이용하여 웨이퍼를 패터닝하기 위한 방법으로서,

상기 리소그래피 공정은 제 17 항의 액침 리소그래피 시스템을 이용하는, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 36**

제 35 항에 있어서,

상기 압축 가스는 공기인, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 37**

제 35 항에 있어서,

상기 압축 가스는 질소인, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 38**

제 35 항에 있어서,

상기 노즐들은 상기 노광 영역내의 상기 액체와 접촉하는 경우에 15-25m/sec의 속도 범위에서 압축 가스를 제공하도록 구성되는, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 39**

제 35 항에 있어서,  
상기 노즐들은 상기 피가공물의 주사 방향에 제공되는, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 40**

제 35 항에 있어서,  
상기 노즐들은 상기 피가공물의 스테핑 축 방향에 제공되는, 웨이퍼 패터닝 방법.

**청구항 41**

삭제

**청구항 42**

삭제

**청구항 43**

삭제

**청구항 44**

삭제

**청구항 45**

삭제

**명세서**

[0001] 본 출원은 2003년 4월 9일자로 출원된 미국 가출원 제 60/462,142호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 전부 참조로 포함된다.

[0002] **발명의 배경**

[0003] 본 발명은 W099/49504 에 개시된 바와 같이 웨이퍼와 같은 피가공물 (workpiece) 과 그 피가공물상에 레티클의 이미지를 투영하기 위한 광학 시스템의 렌즈와 같은 최종 스테이지 광학 부재 사이의 공간으로 공급된 유체 재료를 갖는 액침 리소그래피 시스템에 관한 것이다. 공급된 유체 재료는 순수한 물질 수 있고, 그 존재에 의해 광학 시스템의 성능과 노광 품질을 향상시킬 수 있다.

[0004] 피가공물과 최종 스테이지 광학 부재 사이의 공간에 그렇게 공급된 유체 재료는 광학 시스템으로부터의 방사 에너지로 인하여 온도를 상승시키려는 경향이 있으므로 이에 의해 그 굴절 계수를 변경시킬 수 있다. 또한, 연장된 시간 기간에 유체 재료가 광학 부재와 피가공물과 접촉하는 상태로 있다면, 이는 오염되기 쉬우며, 또한 이것은 그 굴절 계수에 영향을 준다. 또한, 유체 재료는 피가공물이 최종 스테이지 광학 부재에 대하여 이동되기 때문에 피가공물과 최종 스테이지 광학 부재 사이의 공간 밖으로 누출되는 경향이 있다. 이러한 이유들로, 액침 리소그래피 시스템에는 리소그래피 유체를 계속 보충하기 위한 효율적인 유체 제어 시스템이 제공되어야만 한다.

[0005] 액침 리소그래피 장치를 위한 유체 제어 시스템과 관련된 문제는 최종 스테이지 광학 부재와 피가공물 사이의 공간을 채우는 유체 재료를 어떻게 제어하거나 또는 포함하느냐에 있다.

[0006] **발명의 개요**

[0007] 본 발명에 따른 유체 제어 시스템은 액침 리소그래피 장치에 사용되며, 광학 부재, 그 사이에 갭을 갖는 이 광학 부재와 반대편에 배치된 표면을 갖는 피가공물, 갭 내의 특정한 노광 영역에 유체를 제공하기 위한 유체 공급 장치로서, 노광 영역내와 그 부근에 유체를 유지하여 의도된 제한 영역으로부터 떨어져 이동하는 것을 방지하는 즉, 노광 영역 외부의 특정한 주변 영역으로 들어가는 것을 방지하도록 갭으로 공급되는 유체에 대한 힘을 활성화하도록 구성된 유체 제어 장치로서 널리 지칭될 수 있는 상기 유체 공급장치를 포함한다.

[0008] 위에서, 유체에 공급되는 힘은 활성화될 수 있는 종류의 힘으로서 설명되어 있다. 이것은 힘 자체가 제어 가능한 형태의 것이며 한정된 벽 (wall) 과 같은 고정된 오브젝트로부터의 반응력을 배제한다는 것을 의미한다. 액침 유체에 대한 힘을 활성화하는 복수의 예들이 고려된다. 일 예는 노광 영역내와 그 부근에서 유체를 포함하도록 즉, 유체가 흘러나오는 것을 원하지 않는 주변 영역에 유체가 들어가는 것을 방지하도록 유체역학적 힘이 배열되어 압축 가스 소스로부터의 가스 흐름을 활성화하는 것이다.

[0009] 또 다른 예는 액침액이 자기적으로 반응하는 물질인 경우에 정자기력을 활성화하는 것이다. 강자성 물질의 분말이 유체의 자기 특성을 향상시키기 위해 추가될 수도 있다.

[0010] 또 다른 예는 액침액으로서 유동 (rheological) 유체를 사용하는 것이다. 전기유동 유체의 경우에, 적절한 세기의 정전기장이 유체의 점도를 증가시켜 실질적으로 유체를 응고시키기 위하여 적절히 배치된 캐패시터 전극 쌍에 의해 활성화될 수도 있다. 자기유동 유체의 경우, 적절한 세기의 자기장은 포함된 액침액을 유지하도록 적절히 배치된 코일들에 의해 활성화될 수도 있다.

[0011] 다른 목적들과 그 이점들을 갖는 본 발명은 첨부된 도면들과 함께 이하의 상세한 설명부를 참조함으로써 가장 잘 이해될 수 있다.

[0012] **도면의 간단한 설명**

[0013] 도 1 은 본 발명의 방법들과 시스템들이 적용될 수 있는 액침 리소그래피 장치의 개략 단면도이다.

[0014] 도 2 는 반도체 장치들이 본 발명에 따라 도 1 에 나타난 장치를 사용하여 제조되는 예시적인 공정을 나타내는 흐름도이다.

[0015] 도 3 은 본 발명에 따른 반도체 장치들을 제조하는 경우에 도 2 에 나타난 웨이퍼 처리 단계의 흐름도이다.

[0016] 도 4 는 본 발명을 구현하는 유체 제어 시스템을 포함하는 도 1 에 나타난 구조의 일반적인 액침 리소그래피 장치의 일부에 대한 개략적인 종단면도이다.

[0017] 도 5 는 도 4 에 나타난 유체 제어 시스템을 포함하는 액침 리소그래피 장치의 일부에 대한 개략적인 측면도이다.

[0018] 도 6 은 배기 메니폴드를 포함하는 액침 리소그래피 장치의 바람직한 실시형태의 일부에 대한 개략적인 측면도이다.

[0019] 도 7 은 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 또 다른 유체 제어 시스템을 포함하는 도 1 에 나타난 구조의 일반적인 액침 리소그래피 장치의 일부에 대한 개략적인 종단면도이다.

[0020] 도 8 은 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 유체 제어 시스템을 포함하는 액침 리소그래피 장치의 일부에 대한 개략적인 측면도이다.

[0021] 도 9 는 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 또 다른 유체 제어 시스템을 포함하는 액침 리소그래피 장치의 일부에 대한 개략적인 측면도이다.

[0022] 여기서는 전반적으로, 유사하거나 등가인 구성요소들은 상이한 도면들에서 동일한 부호 또는 번호로 표시될 수 있으며 설명의 간결성을 위해 반복적으로 설명되지 않을 수 있다.

[0023] **특정 실시형태들의 상세한 설명**

[0024] 도 1 은 본 발명의 유체 제어 시스템을 포함할 수도 있는 액침 리소그래피 장치 (100) 를 나타낸다.

[0025] 도 1 에 나타난 바와 같이, 액침 리소그래피 장치 (100) 는 KrF 엑시머 레이저 유닛과 같은 광원, 옵티컬 인테그레이터 (호모지나이저) 및 렌즈를 포함하고, 레티클 (R) 상의 패턴에 입사되도록 248nm 파장을 갖는 펄스화된 자외선광 (IL) 을 방출하는 기능을 하는 조명 광학 유닛 (1) 을 포함한다. 레티클 (R) 상의 패턴은 텔레센트릭 (telecentric) 광 투영 유닛 (PL) 을 통해 특정한 배율 (예를 들어 1/4 또는 1/5) 로 포토레지스트를 사용하여 코팅된 웨이퍼 (W) 상에 투영된다. 펄스화된 광 (IL) 은 택일적으로 파장 193nm 의 ArF 엑시머 레이저 광, 파장 157 nm 의 F<sub>2</sub> 레이저 광, 또는 파장 365nm 의 수은 램프의 i-선이 될 수 있다. 이어서, 도 1 에 나타난 바와 같은 X, Y, Z 축들을 갖는 좌표 시스템이 리소그래피 장치 (100) 의 구조 및 기능들을 설명함에 있어 방향들을 설명하는데 참조된다. 명세서 및 설명서의 편의를 위해, 광 투영 유닛 (PL) 은 웨이퍼 (W) 반대편에 배치된 그 최종 스테이지 광학 소자 (4) (렌즈 등) 와 그 구성요소들의 나머지를 포

합하는 원통형 하우징 (3) 만으로 도 1 에 예시된다.

- [0026] 레티클 (R) 은 X 방향, Y 방향 및 Z 축 주위의 회전 방향으로 레티클 (R) 을 이동시키기 위한 메커니즘을 포함하는 레티클 스테이지 (RST) 로 지지된다. 레티클 스테이지 (RST) 상의 레티클 (R) 의 2 차원적 위치 및 배향은 실시간으로 레이저 간섭계 (미도시) 에 의해 검출되고, 레티클 (R) 의 위치결정은 이렇게 행해진 검출에 기초하여 주 제어 유닛 (14) 에 의해 수행된다.
- [0027] 웨이퍼 (W) 는 웨이퍼 (W) 의 경사각과 포커싱 위치 (Z축을 따름) 를 제어하기 위한 Z 스테이지 (9) 상의 웨이퍼 홀더 (미도시) 에 의해 지지된다. Z 스테이지 (9) 는 광 투영 유닛 (PL) 의 이미지-형성 표면과 실질적으로 평행한 XY 평면으로 이동하도록 구성된 XY 스테이지 (10) 에 부착된다. XY 스테이지 (10) 는 베이스 (11) 상에 설정된다. 따라서, Z 스테이지 (9) 는 오토-포커싱 및 오토-레벨링 방법에 의해 웨이퍼 (W) 의 경사각과 포커싱 위치 (Z축을 따름) 를 조정함으로써 광 투영 유닛 (PL) 의 이미지 표면과 웨이퍼 표면을 매칭하는 기능을 하며, XY 스테이지 (10) 는 X 방향과 Y 방향으로 웨이퍼 (W) 의 위치를 조정하는 기능을 한다.
- [0028] Z 스테이지 (9)(또한 이하에서는 웨이퍼 (W)) 의 2차원적 위치 및 배향은 Z 스테이지 (9) 에 부착된 이동 거울 (12) 에 대하여 또 다른 레이저 간섭계 (13) 에 의해 실시간으로 모니터링된다. 이 모니터링의 결과에 기초한 제어 데이터는 수신된 제어 데이터에 따라 주 제어 유닛 (14) 으로부터 Z 스테이지 (9) 와 XY 스테이지 (10) 의 움직임을 제어하도록 구성된 스테이지 구동 유닛 (15) 으로 송신된다. 노광시에, 투영광은 스텝-앤드-리프트 루틴 또는 스텝-앤드-스캔 루틴으로 레티클 (R) 상의 패턴에 따라 웨이퍼 (W) (이하 피가공물 (W) 로 지칭함) 상의 서로 상이한 노광 위치들 중 하나의 위치에서 다른 위치로 순차적으로 이동하도록 구성되어 있다.
- [0029] 도 1 을 참조하여 설명되는 리소그래피 장치 (100) 는 액침 리소그래피 장치이므로 적어도 레티클 (R) 의 패턴 이미지가 피가공물 (W) 상에 투영되는 동안에 피가공물 (W) 의 표면과 광 투영 유닛 (PL) 의 최종 스테이지 광학 소자 (4) 의 하부 표면 사이의 공간 ("갭") 을 채우는 물과 같은 특정한 종류의 유체 (또는 "액침액") 를 가지도록 구성된다.
- [0030] 광 투영 유닛 (PL) 의 최종 스테이지 광학 소자 (4) 는 원통형 하우징 (3) 에 탈착가능하게 부착될 수도 있으며, 하우징 (3) 이 통상적으로 금속 재료를 포함하고 부식될 수 있기 때문에 액체 (7) 가 최종 스테이지 광학 소자 (4) 만 접촉하고 원통형 하우징 (3) 은 접촉하지 않도록 설계된다.
- [0031] 액체 (7) 는 온도 조절된 조건하에서 피가공물 (W) 위의 공간에 탱크, 압력 펌프, 및 온도 조절기 (개별적으로 도시하지 않음) 를 포함할 수도 있는 액체 공급 유닛 (5) 으로부터 공급되고, 액체 회수 유닛 (6) 에 의해 수집된다. 액체 (7) 의 온도는 리소그래피 장치 (100) 자체가 배치되는 챔버 내부의 온도와 대략적으로 동일하게 되도록 조절된다. 도면부호 21 은 액체 (7) 가 액체 공급 유닛 (5) 으로부터 공급되는 공급 노즐을 나타낸다. 도면부호 23 은 액체 (7) 가 회수 유닛 (6) 으로 수집되는 회수 노즐들을 나타낸다. 그러나, 도 1 을 참조하여 상술한 구조는 본 발명의 유체 제어 시스템을 적용할 수 있는 액침 리소그래피 장치의 범위를 제한하는 것으로 의도되지는 않는다. 즉, 본 발명의 유체 제어 시스템을 많은 다른 종류의 액침 리소그래피 장치에 적용할 수 있다는 것은 말할 필요도 없다. 특히, 광 투영 유닛 (PL) 주위의 공급 및 회수 노즐들 (21 및 23) 의 개수와 배열은 액침액 (7) 의 매끄러운 흐름과 빠른 회수를 확립하기 위하여 다양한 방식들로 설계될 수도 있음을 상기해야 한다.
- [0032] 도 4 와 도 5 는 일반적으로 도 1 에 나타난 바와 같이 구성된 액침 리소그래피 장치에 포함되는 것으로, 액체 (7) 를 제어하기 위한 고압 가스를 사용하는 것을 특징으로 하는 본 발명의 일 실시형태에 따른 유체 제어 시스템을 나타낸다. 도 4 와 도 5 에서, 도면부호 40 은 조명기 광학 유닛 (1) 으로부터의 광 (IL) 이 입사되는 조명 필드를 포함하는 영역 (이하 노광 영역이라 지칭함) 을 나타내므로 이것은 노광 공정 동안 액체 (7) 가 현재 상태를 유지해야 하는 영역이다. 이를 위하여, 압축 가스 소스 (미도시) 에 접속된 가스 배출구 (25) 는 액체 (7) 가 제한되도록 의도되는 노광 영역 (40) 을 포함하는 영역의 반대측 상에 제공된다. 도 5 에서, 도면부호 45 는 액체 (7) 가 들어가지 않도록 제어되는 "주변 영역" 으로 지칭될 수 있는 것을 나타낸다. 즉, 액체 (7) 는 피가공물을 주사함에 따라 최종 스테이지 광학 소자 (4) 에 대하여 이동하도록 강요될 수 있지만, 가스 배출구들 (25) 로부터의 압축 가스는 특정한 주변 영역 (45) 에 도달할 만큼 노광 영역 (40) 으로부터 떨어져 이동하지 않도록 액체 (7) 를 충분히 제한한 상태로 유지하는 기능을 한다. 따라서, 본 발명의 관점으로부터, 주변 영역 (45) 으로 여기에 특정된 영역은 액체 (7) 가 노광 영역 (40) 으로부터 떨어져 이동하도록 허용된 최대 거리를 규정하는 것으로 간주될 수 있다.

- [0033] 가스 배출구들 (25) 의 물리적 정렬에 엄격한 조건은 없다. 압축 가스는 개별적인 노즐들 밖으로 흐를 수도 있거나 또는 액체 (7) 상에 균일한 유체역학적 힘을 인가하기 위해 더 많은 균일한 압력 파면 (wavefront) 을 형성하도록 압축 가스가 1 차원적으로 연장된 삽입 그루브 (groove) 들을 통해 균일하게 방출될 수 있도록 도 4 에 나타난 바와 같이 공급 및 회수 노즐들 (21,23) 외부에 노광 영역 (40) 의 반대측상에 그루브들이 형성될 수 있다. 일 실시형태에서, 가스 배출구 (25) 들은 예시한 바와 같이 주사 방향들로 제공될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 가스 배출구들은 또한 스텝핑 (stepping) 축 방향 (미도시) 으로 제공될 수도 있다.
- [0034] 또 다른 실시형태에서, 가스 배출구들은 노광 영역 (40) 이 가스 배출구들로 둘러싸이도록 주사 방향 및 스텝핑 방향으로 제공될 수도 있다. 이 경우, 가스 압력은 주사 방향들로 제공된 가스 배출구들과 스텝핑 방향으로 제공된 가스 배출구들 사이에서 서로 다르게 될 수도 있다. 예를 들어, 주사 방향들로 제공된 배출구들의 가스 압력은 피가공물 (W) (XY 스테이지 (10)) 이 주사 방향으로 이동되는 동안 더 강해질 수도 있고, 스텝핑 방향으로 제공된 배출구들의 가스 압력은 피가공물 (W) (XY 스테이지 (10)) 이 스텝핑 방향으로 이동되는 동안 더 강해질 수도 있다. 또한, 다른 실시형태에서, 가스 배출구들은 노광 영역 (40) 이 가스 배출구들로 둘러싸이도록 제공될 수도 있다. 이 경우, 가스 압력들은 가스 배출구들의 위치에 기초하여 서로 다르게 될 수도 있거나 및/또는 피가공물 (W) (XY 스테이지 (10)) 의 움직임 (이동 속도와 이동 방향 등) 에 따라 변화될 수도 있다.
- [0035] 배출구들 (25) 밖으로의 가스 흐름에 의해 야기될 수도 있는 혼란을 최소화하기 위하여, 가스 공급 튜브들 또는 파이프들 (또는 "공급 메니폴드") 이 액체 공급 노즐 시스템의 나머지에 부착될 필요가 없을지라도 이 노즐들 또는 배출 그루브 (25) 들을 도 5 에 개략적으로 나타난 바와 같이 피가공물 (W) 의 표면에 대하여 대각선으로 또는 비스듬히 배열하는 것이 바람직하다. 일반적으로, 액체 공급 및 회수는 양호한 밸런스가 존재하게 되도록 설계된다. 너무 많은 액체가 공급되면, 시스템에서 누출이 발생한다. 너무 많은 회수 동작이 이용되면, 잭이 건조되거나 거품이 잭내로 들어올 수 있다.
- [0036] 공급되는 가스 압력은 시스템 구성에 의존한다. 그러나, 액침 액체를 제한하기 위해서는, 가스/액체 인터페이스에서 대략 15 내지 25m/sec의 속도를 가져야 한다. 하나의 특정 실시형태에서는, 20m/sec 로 규정되었다. 노즐 구성과 같은 인자들의 관점에서의 수용가능한 범위는 2-200m/sec 로 넓게 될 수도 있다.
- [0037] 또한, 필요한 흐름 속도 (가스 압력) 는 피가공물 (W) 의 표면과 액체 (7) 간의 접촉각도 뿐만 아니라 스테이지 주사 속도에 의존한다. 스테이지 주사 속도는 10 mm/sec로부터 1000 mm/sec로 변화될 수 있고 또는 이보다 더 큰 것도 가능하다. 액체 (7) 와 피가공물 (W) 상의 저항 재료 사이의 접촉 각도는 저항 재료에 의존하고, 또한 그것이 어떻게 처리되었는가에 의존한다. 어떠한 상부 코팅이 없는 표준 ArF 저항은 통상적으로 75° 의 접촉각을 가질 것이다. 상부코팅을 추가하는 것은 110° 또는 그 보다 크게 접촉각도를 증가시킬 수 있다. KrF 를 이용하면 접촉 각도는 대략 60° 이다. 장래의 기술에 대해서, 접촉 각도는 변화될 것이다. 일반적으로, 접촉 각도를 높일수록, 낮은 압력이 필요하고 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 또한, 노즐 설계와 주사 속도와 같은 다른 인자들도 필요한 압력에 영향을 줄 것이다.
- [0038] 도 6 은 점 화살표로 개략적으로 표시되는 가스 흐름을 추가적으로 제어하도록 공급 메니폴드 (25) 에 부가하여 공급 가스를 제거하기 위한 배기 메니폴드 (26) 를 갖는 것을 특징으로 하는 본 발명의 실시형태를 나타낸다. 또한, 이는 액체 (7) 에 직접 노광된 가스를 제거함으로써 주사기 챔버의 습기를 감소시키는 특징도 가진다.
- [0039] 가스는 공기일 필요는 없다. 질소 등과 같은 어떤 유사한 가스가 사용될 수 있다. 또한, 공기보다도 물을 더 잘 흡수하는 가스는 물 수용의 관점에서 이점이 될 것이다.
- [0040] 일반적으로, 액침액 수용은 웨이퍼 스테이지의 이동이 이 방향으로 더 크게 됨에 따라 주사 방향에서는 더 곤란해진다. 공기 공급 및 배기 메니폴드는 스텝핑 방향으로 부가될 수도 있거나 또는 대안적으로 공급구 또는 배출구에만 부가될 수 있다. 또한, 본 발명은 미국 특허 제 6,262,796호와 제 6,341,007호에 개시되는 트윈 스테이지 타입 (Twin-Stage-Type) 리소그래피 시스템에 적용될 수도 있다.
- [0041] 도 7 은 상술한 바와 같이 액체 (7) 를 노광 영역 (40) 의 내부와 바로 이웃 부근에 포함시키고 그 액체 (7) 가 주변 영역 (45) 에 도달하는 것을 방지함으로써 액체 (7) 를 제어하는 정자기력 (magnetostatic force) 을 사용하는 것을 특징으로 하는 본 발명의 제 2 실시형태를 나타낸다. 통상적으로, 물은 액침 리소그래피에서 액침액으로 사용되고, 물은 자기적으로 반응하는 액체로 알려져 있으며 반자성체이다. 따라서, 자기력은 액체 (7) 가 한정되는 영역에 걸쳐서 적절한 자기장을 제공함으로써 이와 같은 유체 재료상에 인가될 수

있다. 도 7 은 자기장 발생기로서 함께 기능하는 복수의 전자기 코일들 (47) 이 노광 영역 (40) 주위에 배열되고 자기장은 액체 (7) 의 흐름을 제어하도록 발생하는 예를 나타낸다. 설명의 편의를 위해, 이 코일 (47) 들을 통하여 전류를 통과시키기 위한 회로는 생략된다.

[0042] 물과 같은 액침액의 자기적으로 응답하는 특징을 강화하기 위하여, Ni, Fe, Co 와 같은 강자성 물질의 분말이 액체 (7) 의 투명성 및 다른 광학 특성들에 불리하게 영향을 미치지 않을 정도로 액체 (7) 에 추가될 수도 있다.

[0043] 제 3 실시형태에 따른 본 발명은 최종 스테이지 광학 소자 (4) 와 피가공물 (W) 사이에 액침액으로서 전기유동적 유체 (ERF) 또는 자기유동적 유체 (MRF) 등과 같은 유동 유체를 사용하는 것을 특징으로 한다. ERF는 정상 상태하에서 매우 낮은 점도 (말하자면, 10Pa·s 보다 작음) 지만 전기장내에 있을 때 매우 높은 점도의 특성을 가지는 것을 특징으로 한다. MRF 는 정상 상태하에서 유사하게 매우 낮은 점도의 특성을 갖지만, 자기장내에 있을 때는 매우 높은 점도를 갖는 것을 특징으로 한다. 상기에서, “매우 높은 점도” 라는 표현은 이 유체들이 더 측정할 수 없는 점도를 갖는 소위 빙엄 고체 (Bingham solid) 가 된다는 것을 의미한다.

[0044] 도 8 은 ERF (70) 를 사용하고, 이 예에서 정전기장의 발생기인 필드 발생기로서 종종 광범위하게 여기서 참조되는 것의 예로서 캐패시터 전극 (50) 들을 갖는 것을 특징으로 하는 액침 리소그래피를 위한 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 유체 제어 시스템을 나타낸다. 캐패시터 전극 (50) 들은 도 8 에 나타낸 바와 같이 배치되어 있고, ERF (70) 를 노광 영역 (40) 에서 액체 상태로 유지하지만 액체 상태의 ERF (70) 가 노광 영역 (40) 의 중심이 되는 영역내에 포함되고 주변 영역에 들어가는 것을 방지하도록 주변 영역에서 도면 부호 71 로 표시된 바와 같이 응고시키도록 충분히 강한 것으로 고려되는 노광 영역 (40) 을 둘러싸는 영역에서 일반적으로 통상 이용가능한 ERF 종류를 응고시키도록 충분히 강한 것으로 고려되는 3-4kV/mm의 정전기장을 발생하도록 전압원 (52) 에 접속되어 있다.

[0045] 도 9 는 MRF (75) 를 사용하고, 피가공물 (W) 의 표면에 걸쳐서 약 0.1-0.8 테슬라의 정전기장을 발생하기 위한 코일 (60) 과 같은 자기장 발생기를 가지며, 코일들 (60,62) 이 스위칭 온 될 때 이에 의해 발생된 자기장들이 노광 영역 (40) 의 내부와 노광 영역의 부근에서 서로 효과적으로 상쇄되도록 노광 영역 (40) 의 내부와 노광 영역에 대하여 코일 (60) 에 의해 발생된 자기장에 동일한 자기장으로서 이것에 반대로 배향하는 자기장을 발생하도록 도 9 에 나타낸 바와 같이 배치된 또 다른 필드 발생기 (여기서는 반대 필드 발생기 (62) 라 지칭한다) 를 갖는 것을 특징으로 하는 액침 리소그래피를 위한 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 또 다른 유체 제어 시스템을 나타낸다. 그 결과, 노광 영역 (40) 의 내부와 그 부근에서 MRF (75) 의 일부는 액체 상태로 남지만, 액체 상태의 MRF (75) 가 노광 영역 (40) 의 중심에 있는 영역내에 포함되고 이것이 주변 영역에 들어가는 것을 방지하도록 코일 (60) 에 의해 발생된 자기장으로 인해 주변 영역에서 도면부호 76 으로 표시된 바와 같이 MRF (75) 은 응고된다.

[0046] 피가공물 (W) 이 광 투영 유닛 (PL) 하에서 주사될 때, 광 투영 유닛 (PL) 에 고정되는 반대 상쇄 필드의 위치는 피가공물 (W) 의 표면을 따라 이동한다. 반대 필드 발생기 (62) 에 의해 제공된 반대 필드는 유체 (75) 가 노광 영역 (40) 내부와 그 부근에서 액체 상태로 남아있도록 피가공물 (W) 의 표면상의 유체를 응고 해제 (desolidify) 하거나 재응고 (resolidify) 하도록 기능한다.

[0047] 본 발명이 제한된 수의 실시형태들을 참조하여 상술하였을 지라도, 이들 실시형태들과 예시된 예들이 본 발명의 범위를 제한하도록 의도되지 않음은 말할 필요도 없다. 많은 변경과 변형이 본 발명의 범위내에서 가능하다. 예를 들어, 도 7 에서의 전자석 (47) 은 예시된 바와 같이 배열될 필요는 없다. 그러므로, 액침액의 종류와 그 흐름 속도에 따라, 더 많은 적절한 배열이 당업자에 의해 선택될 수도 있다.

[0048] 다음으로, 도 2 는 본 발명을 구현하는 유체 제어 시스템을 포함하는 액침 리소그래피 장치를 사용하여 반도체 장치를 제작하기 위한 공정을 설명하기 위해 참조된다. 단계 301 에서, 장치의 기능과 성능 특성이 설계된다. 다음으로, 단계 302 에서, 패턴을 갖는 마스크 (레티클) 이 이전 설계 단계에 따라 설계되고, 대응하는 단계 303 에서, 웨이퍼가 실리콘 재료로 제조된다. 단계 302 에서 설계된 마스크 패턴은 상술한 시스템들과 같은 포토리소그래피 시스템에 의해 단계 304 에서 단계 303 으로부터의 웨이퍼상에서 노광된다. 단계 305 에서, 반도체 장치가 조립되고 (다이싱 처리, 본딩 처리, 패키징 처리를 포함), 그 후 최종적으로 장치는 단계 306 에서 검사된다.

[0049] 도 3 은 반도체 장치들을 제작하는 경우의 상술한 단계의 상세한 흐름도 일례를 예시한다. 단계 311 (산화 단계) 에서, 웨이퍼 표면이 산화된다. 단계 312 (CVD 단계) 에서, 절연막이 웨이퍼상에 형성된다.

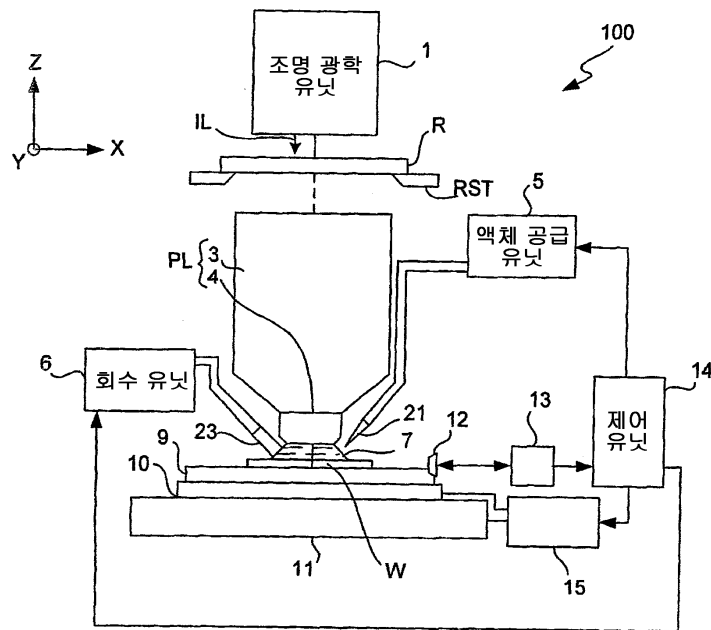
단계 313 (전극 형성 단계) 에서, 전극들이 증착에 의해 웨이퍼상에 형성된다. 단계 314 (이온 주입 단계) 에서, 이온들이 웨이퍼에 주입된다. 전술한 단계들 (311-314) 은 웨이퍼 처리 동안 웨이퍼들을 위한 전처리 단계들을 형성하고, 처리 조건들에 따라 각 단계에서 선택이 이루어진다.

[0050] 각각의 웨이퍼 처리 단계에서, 상술한 처리 단계들이 완료될 때, 다음의 후처리 단계들이 실행된다. 전처리 동안, 처음에, 단계 315 (포토리지스트 형성 단계) 에서, 포토리지스트가 웨이퍼에 적용된다. 다음으로, 단계 316 (노광 단계) 에서, 상술한 노광 장치가 웨이퍼에 마스크 (레티클) 의 회로 패턴을 전사하는데 사용된다. 그 후, 단계 317 (현상 단계) 에서, 노광된 웨이퍼가 현상되고, 단계 318 (에칭 단계) 에서, 나머지 포토리지스트 (노광된 물질 표면) 이외의 부분들이 에칭에 의해 제거된다. 단계 319 (포토리지스트 제거 단계) 에서, 에칭 이후에 남아있는 불필요한 포토리지스트가 제거된다. 다수의 회로 패턴들이 이들 전처리 및 후처리 단계들을 반복함으로써 형성된다.

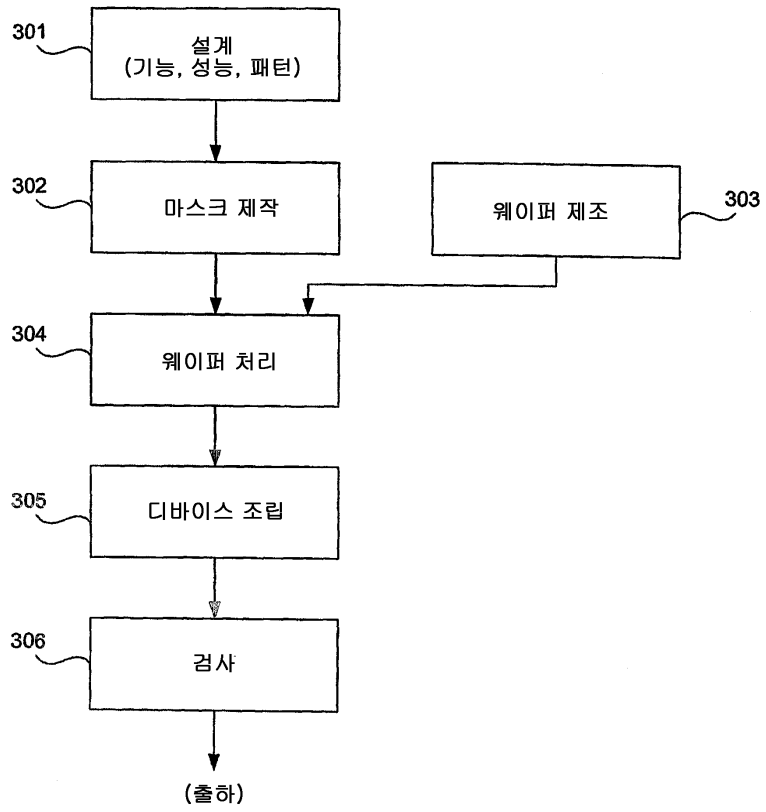
[0051] 본 발명의 리소그래피 시스템이 몇몇 바람직한 실시형태들에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위내에 있는 변형들, 변환들, 여러 대체 등가물이 존재한다. 본 발명의 방법들과 장치들을 구현하는 많은 대안적인 방법들이 있다는 것에 유의해야 한다. 그러므로, 다음의 첨부된 청구항들은 본 발명의 진정한 사상과 범위 내에 있을 때 모든 이와 같은 변형들, 변환들, 여러 대체 등가물들을 포함하는 것으로서 해석될 수 있는 것으로 의도된다.

**도면**

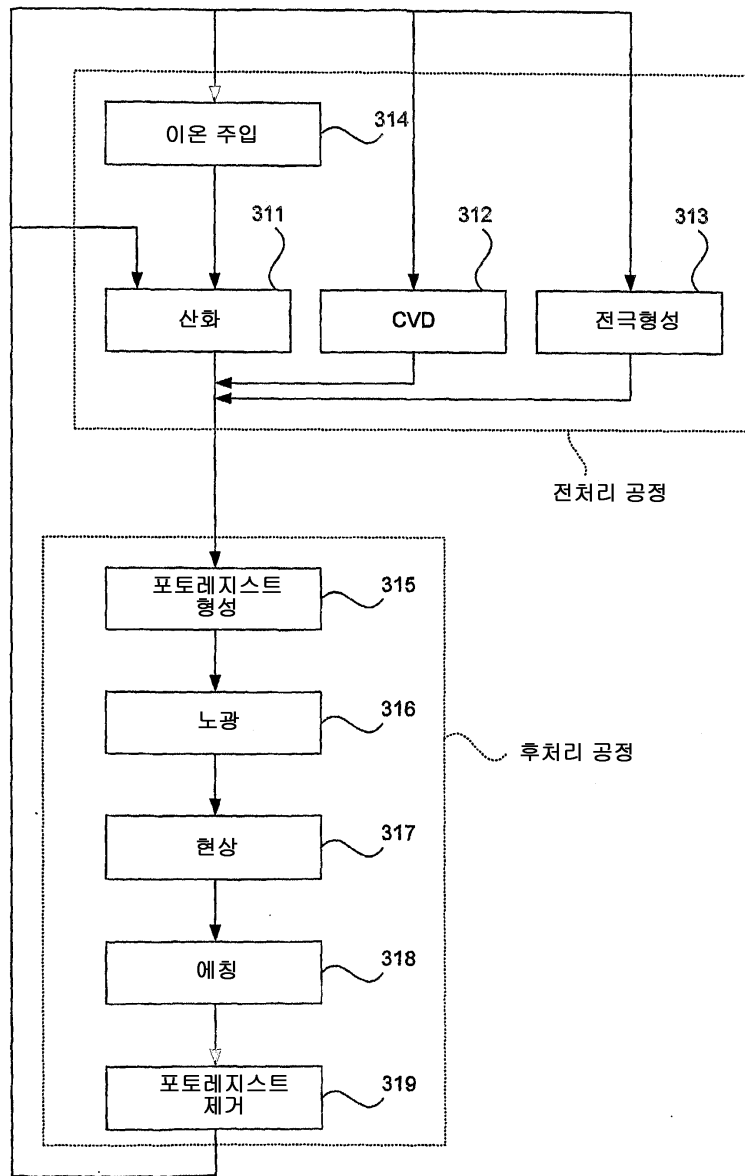
**도면1**



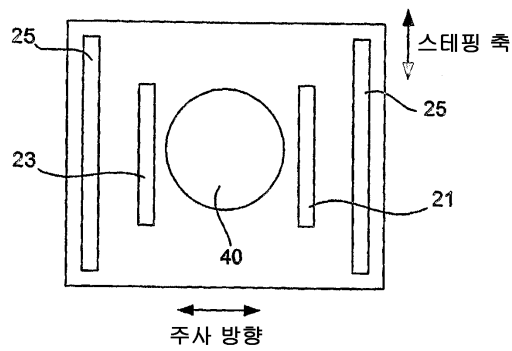
도면2



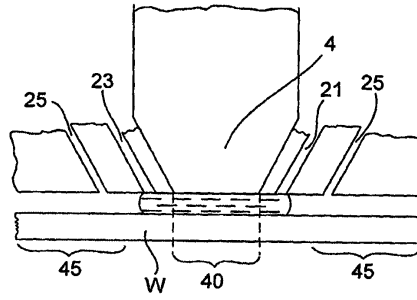
도면3



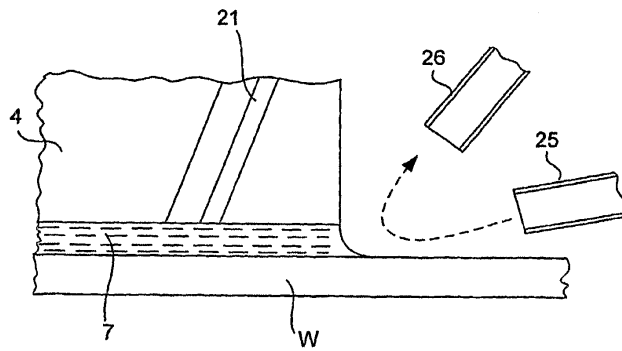
도면4



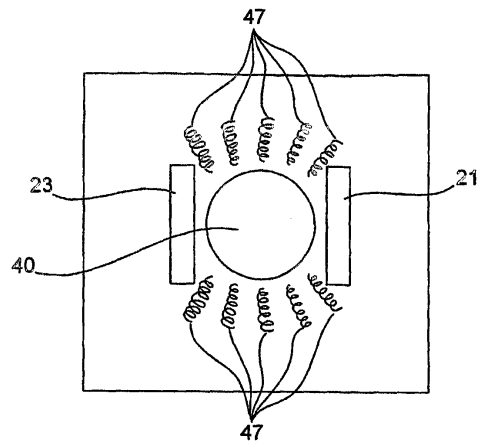
도면5



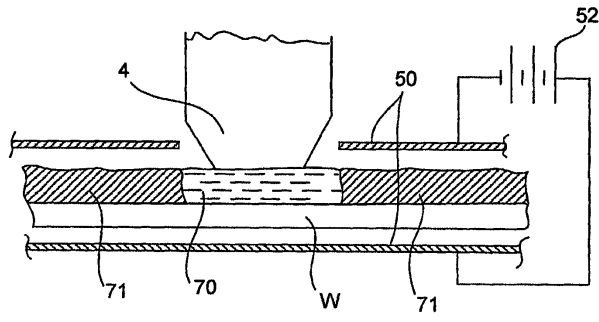
도면6



도면7



도면8



도면9

