



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월25일
(11) 등록번호 10-0870606
(24) 등록일자 2008년11월19일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0055769

(22) 출원일자 2007년06월08일

심사청구일자 2007년06월08일

(65) 공개번호 10-2007-0118024

(43) 공개일자 2007년12월13일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00160510 2006년06월09일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

WO 2005/000552

WO 2004/097518

KR1020050019557 A

전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고

(72) 발명자

카스미 카즈유키

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

카와카미 에이코

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

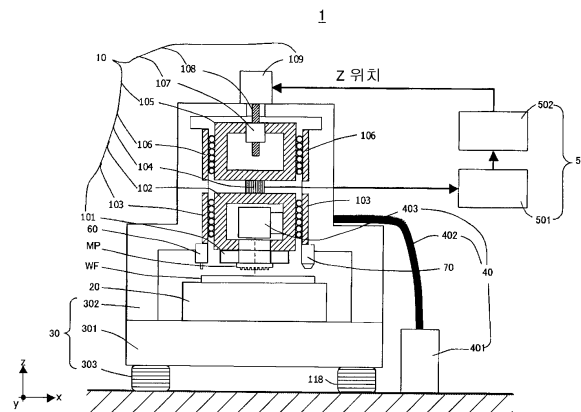
심사관 : 최정식

(54) 가공장치 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 가공장치는 상기 몰드와 상기 목표 부재를 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및 상기 수지에 밀착된 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 상태를 제 1 상태라 하고, 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 상태를 제 2 상태라 할 때, 상기 제 1 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율이 상기 제 2 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율보다 작아지도록 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 가공장치에 있어서,

상기 몰드와 상기 목표 부재를 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및

상기 수지에 밀착된 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작하는 상태를 제 1 상태라 하고, 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 몰드가 상기 수지로부터 막 분리되려고 하는 상태를 제 2 상태라 할 때, 상기 제 1 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율 보다도 상기 제 2 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율이 작아지도록 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 2

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 가공장치에 있어서,

상기 몰드와 상기 목표 부재를 서로에 대해서 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및

상기 수지에 밀착된 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작하는 상태를 제 1 상태라 하고, 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 몰드가 상기 수지로부터 막 분리되려고 하는 상태를 제 2 상태라 할 때, 상기 제 1 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 목표부재 간의 상대 속도 보다도 상기 제 2 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 목표부재 간의 상대 속도가 작아지도록 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 제 2 상태는 상기 몰드와 상기 수지 사이에 인장력이 생기고 있는 인장 상태인 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 4

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 가공장치에 있어서,

상기 몰드와 상기 목표 부재를 서로에 대해서 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및

상기 몰드가 상기 수지를 압압하고 있는 상태를 압압 상태라 하고, 상기 몰드가 수지를 당기고 있는 상태를 인장 상태라 할 때, 상기 인장 상태에서의 상기 몰드와 상기 목표 부재 간의 상대 속도가 상기 압압상태에서의 것 보다 작아지도록 상기 구동기를 제어하는 제어기를 포함하고,

상기 압압상태와 상기 인장상태는 상기 몰드가 상기 수지에 밀착해서 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작할 동안 설정되는 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 5

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 가공장치에 있어서,

상기 몰드와 상기 목표 부재를 서로에 대해서 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및

상기 목표 부재에 접촉한 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작한 때로부터의 경과 시간에 의거해서 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 6

몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록

구성된 가공장치에 있어서,

상기 몰드와 상기 목표 부재를 서로에 대해서 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및

상기 목표 부재에 접촉한 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작한 때로부터의 경과 시간, 및 상기 몰드와 상기 목표 부재 간의 이동량에 의거해서 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 가공장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 2항에 있어서, 상기 제2상태는 상기 몰드와 상기 수지 사이에 인장력이 생기고 있는 인장상태인 것을 특징으로 하는 가공장치

청구항 9

제 1항 내지 제 6항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 의한 가공장치를 이용해서 목표 부재에 패턴을 전사하는 공정; 및

상기 패턴이 전사된 목표 부재를 에칭하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <20> 본 발명은 나노임프린트(nanoimprint) 기술을 이용하는 가공장치 및 이를 사용한 디바이스 제조방법에 관한 것이다.
- <21> 종래의 투영 노광 장치는 리소그래피를 이용해서 미세한 구조, 예컨대 전자 회로, MEMS(Micro Electro-Mechanical System) 또는 그레이팅 렌즈(grating lens) 등을 제조한다. 투영 노광 장치는 마스크 또는 레티클의 패턴을 레지스트 혹은 감광제가 도포된 기판, 예를 들어 실리콘이나 유리 위에 축소 투영해서 전사한다. 또, 투영 노광 장치는 매우 미세한 구조를 형성할 수 있지만, 매우 고가이고, 간편하게 이용할 수 있는 것은 아니다.
- <22> 따라서, 매우 미세한 구조를 형성 가능하고, 또한, 저비용의 패터닝법인 나노임프린트가 주목받고 있다. 나노임프린트란 전자빔 노광 등에 의해서 패턴이 형성된 모형 혹은 몰드를, 수지 재료 혹은 레지스트가 도포된 웨이퍼에 대해서 압압함으로써 레지스트에 미세 패턴을 전사하는 것이다. 나노임프린트는 몰드와, 이 몰드를 수지 재료에 대해서 짝 누르는 압인 기구만을 필요로 하므로, 미세 가공을 저비용으로 제공할 수 있다. 현재 나노임프린트는 10 nm 정도의 미세한 형상을 전사하는 것이 가능하고, 충분한 미세가공성능을 가진다. 나노임프린트는 투영 노광 장치에서는 채산이 맞지 않기 때문에 제조되지 않았던 새로운 디바이스, 특히 자기 기록 매체의 미세한 주기 구조 형성 수단에의 적용이 기대되고 있다.
- <23> 나노임프린트를 위해서 열사이클법(heat cycle method)이나 광경화(또는 UV 경화)법 등의 몇몇 전사 방법이 제안되어 있다. 열사이클법은 가공 대상 수지(또는 열가소성 재료)를 유리 전이 온도 이상으로 가열하고(또는 수지의 유동성을 높이고), 몰드를 압압하고, 냉각한 후에 이형하는 방법이다. 광경화법은 UV 경화 수지를 투명한 몰드로 압인한 상태에서 감광 및 경화시키고 나서 몰드를 박리하는 방법이다.
- <24> 광경화법은 비교적 용이하게 온도를 제어할 수 있으므로, 반도체소자의 제조에 적합하다. 또, 반도체소자의 제조에는 기판에 수개의 패턴을 중첩하는 데 필요한 정밀도인 고도로 정밀한 중첩 정밀도가 필요하다. 광경화법은 투명한 몰드를 통해 기판상의 얼라인먼트 마크를 관찰할 수 있어, 얼라인먼트의 관점으로부터도 반도체소자의 제조에 적합하다. 한편, 열사이클법은 가열 공정을 포함하므로, 기판 및 몰드의 온도 상승으로 인해 열팽창하여, 중첩 정밀도를 유지하는 데 곤란성을 가진다.

- <25> 도 13A 내지 도 13C는 광경화법을 채용하는 나노임프린트를 설명하기 위한 도이다. 도 13A는 압인 공정(즉, 압압 공정)을 나타내고, 도 13B는 경화 공정을 나타내며, 도 13C는 이형공정을 나타내고 있다. 우선, 자외선 투과 재료, 예컨대 석영으로 만들어진 몰드(MP)를, 도 13에 도시한 바와 같이, UV 경화 수지(UCR)를 도포한 기판(웨이퍼)(ST)에 꼭 누른다. 이것에 의해, UV 경화 수지(UCR)는 몰드(MP)에 형성된 패턴을 따라서 이동한다.
- <26> 다음에, 몰드(MP)를 기판(ST)에 가압한 상태에서 도 13B에 나타낸 바와 같이 자외선(UL)을 조사함으로써, UV 경화 수지(UCR)는 몰드(MP)의 형상(패턴)으로 경화된다. 그리고, 도 13C에 나타낸 바와 같이, 몰드(MP)를 기판(ST)으로부터 갈라 놓는다. 그 결과, 몰드(MP)의 형태를 유지한 UV 경화 수지(UCR)가 기판(ST)에 남아, 그 기판(ST)에 패턴이 전사된다. 큰 기판에 대해서는, 패턴의 전사마다 기판을 단차 이동시켜, 전술한 공정을 반복해서 기판 전체에 패턴을 순차 전사한다. 전사된 수지 또는 레지스트 패턴은, 패턴의 기초 코팅이 일단 제거되면, 투영 노광 장치에 의해 전사된 레지스트 패턴과 동등하다.
- <27> 또, 반도체소자의 제조에 한정하지 않고, 제품을 대량으로 생산하는 생산 현장에서는, 제조 장치의 생산성도 요구된다. 제조 장치의 가격이 낮아도, 생산 능력이 낮으면, 총 생산 비용이 낮아지지 않기 때문이다.
- <28> 현재, 일반적으로 사용되고 있는 노광 장치, 예컨대 축소투영형 노광장치 또는 스캐너는 단위시간당 처리할 수 있는 웨이퍼의 매수인 쓰루풋(throughput)이 150매 정도이다. 웨이퍼 1매당 전사 횟수는 50회(샷) 정도이며, 노광 장치는 각 전사를 위해 1초 이하의 시간을 필요로 한다. 나노임프린트의 전사는 압인 공정, 경화 공정 및 이형공정의 3개의 공정을 포함한다. 따라서, 나노임프린트로 노광 장치와 동등한 쓰루풋을 실현하려고 하면, 이들 3개의 공정을 1초 정도 내에 실시해야만 한다.
- <29> 이들 3개의 공정 가운데, 경화 공정은 조도가 높은 자외선을 조사함으로써 신속하게 완료될 수 있다. 또, 압인 공정에 대해서는, 압인시 몰드의 초음파 가진(vibration)을 제안하여 수지(레지스트)의 점도가 저하하여, 그 유동성을 증가시켜, 압인 공정을 단시간에 실시한다. 또한, 이형공정에 대해서는, 기계적인 동작을 빠르게 해도, 몰드와 경화된 레지스트 간의 마찰에 의해서 패턴이 파손되어 버린다. 따라서, 몰드에 이형 용이화 처리를 실시해서, 이형성을 향상시키는 하나의 방법이 제안되어 있다(미국 특허 제 6,309,580 B1호 명세서 참조). 또한, 이형시 몰드에 경사진 방향으로 또는 몰드의 패턴형성 면에 대해서 경사진 방향으로 몰드를 강제로 힘을 가함으로써 이형성을 향상시키는 또 다른 제안도 이루어져 있다(미국 특허 제 6,870,301 B2호 명세서 참조).
- <30> 그렇지만, 종래 기술은 나노임프린트에 요구되는 쓰루풋을 충분히 만족시킬 수 없다. 예를 들어, 몰드에 이형 용이화 처리를 수행해도, 몰드의 이형에는 몇 초의 시간을 필요로 한다. 또, 이형시 몰드에 대해서 경사지게 강제로 힘을 가하는 방법은 레지스트에 형성된 패턴의 파손을 저감시킬 수 있지만, 반드시 이형공정을 신속하게 행하거나 고속의 이형공정을 제공한다고는 말할 수 없다.
- <31> 또, 이형공정에서는 후술하는 바와 같이 몰드가 레지스트로부터 분리될 때에 레지스트에 형성된 패턴이 파손되지 않도록 몰드를 저속으로 이동시킨다. 즉, 이형공정에서는 몰드가 레지스트로부터 분리되는 순간의 속도 또는 레지스트에 형성된 패턴을 파손되지 않을 정도의 속도로 몰드를 계속 이동시킨다. 또, 이형 공정에서는 몰드 속도뿐만 아니라 몰드와 레지스트 사이의 하중도 일정하게 유지한다. 이형 공정에서는 레지스트에 형성된 패턴을 파손하지는 않지만, 장시간을 필요로 한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <32> 본 발명은 신속한 이형공정을 제공하고, 우수한 쓰루풋을 가지는 가공장치를 제공하는 것에 관한 것이다.
- <33> 몰드를 목표 부재에 도포된 수지에 대항해서 압압함으로써, 상기 목표 부재에 상기 몰드의 패턴을 전사하도록 구성된 본 발명의 일 측면에 의한 가공장치는 상기 몰드와 상기 목표 부재를 상대적으로 이동시키도록 구성된 구동기; 및 상기 수지에 밀착된 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 상태를 제 1 상태라 하고, 상기 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 몰드가 상기 수지로부터 분리되는 상태를 제 2 상태라 할 때, 상기 제 1 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율 보다도 상기 제 2 상태에 있어서의 상기 몰드와 상기 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율이 작아지도록 상기 구동기를 제어하도록 구성된 제어를 포함한다.
- <34> 본 발명의 또 다른 특징은 첨부 도면을 참조해서 이하의 예시적인 실시형태의 설명으로부터 명백해질 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <35> 이하, 첨부 도면을 참조해서, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해 설명한다. 각 도면에 있어서 동일 또는 대

응하는 부재에 대해서는 동일한 참조 번호를 붙이고, 그의 중복하는 설명은 생략한다.

- <36> 도 1은 본 발명의 일 측면에 의한 가공장치(1)의 개략 단면도이다. 상기 가공장치(1)는 패턴을 가진 몰드를, 목표부재에 도포한 수지(레지스트를 포함함)에 대해서 압압함으로써 당해 목표 부재에 상기 패턴을 전사하는 나노임프린트 장치이다. 여기서, 몰드를 목표 부재에 도포한 수지에 대해서 압압한다는 것은 몰드와 수지는 접촉시키지만, 몰드를 목표 부재에 접촉시킬 수도 있고 접촉시키지 않을 수도 있는 것을 의미한다. 수지의 형상이 몰드의 압인 전후에, 변화시킬 정도로 몰드를 수지에 대해 압인하여도 된다. 본 명세서에서 이용되는 수지는, 몰드가 그의 패턴을 전사할 때 레지스트로서 기능하는 수지, 또는 전사 후에 목표 부재 상에 남아서 당해 목표 부재 상에 전사된 패턴으로서 기능하는 수지이다. 수지는 당해 수지 이외의 재료로 대체해도 무방하다. 본 실시형태의 가공장치(1)는 UV 경화형의 스텝-앤드-리피트 방식의 나노임프린트 장치이다.
- <37> 상기 가공장치(1)는 몰드를 웨이퍼에 짝 누르는 압인 기구(10), 웨이퍼를 XY방향으로 이동시키는 웨이퍼 스테이지(20), 가공장치(1) 전체를 지지하는 구조체(30), UV 경화 수지를 경화시키는 조명계(40) 및 압인 기구(10)의 구동을 제어하는 제어계(50)를 포함한다. 또, 본 실시형태의 압인 기구(10)는 몰드만을 이동시키지만, 몰드와 목표 부재가 서로 상대적으로 이동하고 있으면 충분하다. 또한, 가공장치(1)는 웨이퍼(WF)에 UV 경화 수지(레지스트)를 도포하는 도포 기구(60)와 얼라인먼트 스코프(70)를 더 포함한다.
- <38> 도 1에 있어서, (MP)는 예를 들면, UV 경화 수지를 경화시키기 위한 UV 투과 재질, 예컨대 석영으로 만들어진 몰드이다. 몰드(MP)의 하부면에는 전사 패턴이 3 차원적으로 형성되어 있다. (WF)는 목표 부재 또는 피가공 기관으로서의 웨이퍼이며, 그 표면에는 UV 경화 수지가 도포되어 있다. UV 경화 수지는 UV에 응답해서 경화하는 재료이며, UV를 조사하기 전에는 점성체 혹은 액체이다.
- <39> 압인 기구(10)는 몰드 스테이지(101), 제 1 몰드 구동기(102), 제 1 가이드(103), 하중 센서(104), 제 2 몰드 구동기(105), 제 2 가이드(106), 볼 너트(107), 볼 나사(108) 및 모터(109)를 포함한다.
- <40> 압인 기구(10)는 모터(109)를 구동하고, 볼 너트(108)를 회전시켜, 볼 너트(107)에 연결된 제 2 몰드 구동기(105), 하중 센서(104) 및 제 1 몰드 구동기(102)를 일체적으로 수직 방향 또는 Z방향으로 이동시킨다. 이것에 의해, 제 1 몰드 구동기(102)에 연결된 몰드 스테이지(101)에 의해 몰드(MP)가 유지된 상태에서 웨이퍼(WF)에 대해서 몰드(MP)를 가압한다.
- <41> 몰드 스테이지(101)는 몰드(MP)를 유지하고, 몰드(MP)의 자세를 변화시키는 기능을 가진다. 몰드 스테이지(101)는 중앙부에 개구부를 가져, UV 경화 수지를 경화시키는 데 이용되는 UV광을 통과시킬 수 있다.
- <42> 제 1 몰드 구동기(102)는 Z방향으로 이동 가능하게 구성된다. 제 1 몰드 구동기(102)의 상부는 하중 센서(104)에 연결되고 있다.
- <43> 제 1 가이드(103)는 제 1 몰드 구동기(102)를 Z방향으로 이동시키기 위한 안내 기구이며, 예를 들면, 볼 또는 롤러 등의 전동 기구를 사용한다. 본 실시형태의 제 1 가이드(103)는 베어링을 사용하고 있지만, 에어 가이드를 이용해도 무방하다.
- <44> 하중 센서(계측부)(104)는 센서에 가해지는 하중을 검출하거나 계측하는 기능을 가져, 본 실시형태에서는 로드 셀을 사용한다. 하중 센서(104)는 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)에 대해서 가압할(즉, 압축 하중이 발생하고 있을) 때나 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)로부터 떼어 놓을(즉, 인장 하중이 발생하고 있을) 때에 몰드(MP)에 가해지는 하중을 검출한다. 하중 센서(104)에 의한 검출 결과(계측 결과)는 몰드(MP)의 구동을 제어하는 데 사용된다. 하중 센서(104)의 상부는 제 2 몰드 구동기(105)에 연결되고 있다.
- <45> 제 2 몰드 구동기(105)는 제 1 몰드 구동기(102)와 마찬가지로, Z방향으로만 이동 가능하게 구성된다. 제 2 몰드 구동기(105)의 상부는 볼 너트(107)에 연결되어 있다. 제 2 몰드 구동기(105)는 볼 너트(107)에 걸어맞춘된 볼 나사(108)가 회전할 때 수직 방향 또는 Z방향으로 이동한다.
- <46> 제 2 가이드(106)는 제 1 가이드(103)와 마찬가지로 제 2 몰드 구동기(105)를 Z방향으로 이동시키도록 구성된 안내 기구이다.
- <47> 모터(109)는 볼 나사(108)에 연결되어 있다. 모터(109)가 구동할 때, 볼 나사(108)에 걸어맞춘된 볼 너트(107)에 연결되어 있는 제 2 몰드 구동기(105), 하중 센서(104) 및 제 1 몰드 구동기(102)가 수직방향으로 구동된다.
- <48> 웨이퍼 스테이지(20)는 웨이퍼(WF)를 유지하여, 웨이퍼(WF)의 자세를 제어한다. 웨이퍼 스테이지(20)는 XY방향

으로 웨이퍼(WF)를 이동 및 위치 결정시키는 기능을 가진다. 웨이퍼 스테이지(20)는 몰드(MP)의 패턴을 순차 전사할 때에, X방향 또는 Y방향으로 단차 이동한다. 웨이퍼 스테이지(20)의 위치 및 자세는 레이저 간섭계(도시 생략)에 의해서 고정밀도로 제어되고 있다.

- <49> 구조체(30)는 정반(301), 프레임(302) 및 제진장치(303)를 포함한다. 정반(301)은 가공장치(1)의 전체의 강성을 담당하고 있어 웨이퍼 스테이지(20) 및 프레임(302)을 지지한다. 정반(301)은 제진장치(303)를 통해서 바닥에 놓여 있다. 제진장치(303)는 웨이퍼 스테이지(20)에 요구되는 고정밀한 위치 결정도를 유지하기 위해서, 바닥으로부터의 진동을 차단한다. 제진장치(303)는 에어 댐퍼 등을 포함한다.
- <50> 조명계(40)는 램프 박스(401), 광섬유(402) 및 조명 광학계(403)를 포함한다. UV 경화 수지를 경화시키는 데 이용된 UV광은 램프 박스(401)에 배치된 고압 수은 램프에 의해서 생성되어 광섬유(402)를 통해서 가공장치(1)에 유도된다. 가공장치(1)에 도입된 UV광은, 조명광학계(403)를 이용하여, 화각 및 강도 분포가 정형화되어, 몰드(MP)를 통해서 웨이퍼(WF)에 도포된 UV 경화 수지에 조사된다.
- <51> 조명 광학계(403)는 제 1 몰드 구동기(102)의 내부에 배치된다. 조명 광학계(403)는 조도 분포를 균일화하는 렌즈군이나, 제 1 몰드 구동기(102)의 하부에 형성된 개구부를 통해서 UV광을 조사해서 UV광을 편향시키는 미러를 포함한다.
- <52> 제어계(50)는 제어기(501)와 모터 구동기(502)를 포함하고, 몰드(MP)를 Z방향으로 구동하는 압인 기구(10)를 제어한다. 제어기(501)는 하중 센서(104)의 검출 결과를 연산 처리하여, 모터 구동기(502)에 구동 신호를 출력한다. 모터 구동기(502)는 제어기(501)로부터의 구동 신호에 따라서 모터(109)를 구동한다.
- <53> 도포 기구(60)는 레지스트로서의 UV 경화 수지를 웨이퍼(WF)에 도포하고, 몰드(MP)의 패턴을 전사하는 위치에 UV 경화 수지를 적하하는 기능을 가지는 기구이다. UV 경화 수지가 스핀 코트를 통해서 웨이퍼(WF)의 전체에 미리 도포되어 있는 경우, 도포 기구(60)는 불필요하다.
- <54> 얼라인먼트 스코프(70)는 프레임(302)에 유지되어, 웨이퍼(WF)에 몰드(MP)의 패턴을 전사할 때에, 웨이퍼(WF) 위에 배치된 얼라인먼트 마크를 계측한다. 또, 상기 얼라인먼트 스코프(70)는 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 간의 위치 맞춤에 사용된다.
- <55> 상기 가공장치(1)의 동작에 대해 설명한다. 우선, 몰드 반송계(도시생략)에 의해서, 몰드(MP)를 가공장치(1)에 반입해서, 몰드 스테이지(101)에 장착한다. 그리고, 계측계(도시생략)에 의해서 몰드(MP)의 패턴이 형성된 면(또는 패턴면)의 자세를 계측한다. 이 계측 결과에 근거해서 몰드 스테이지(101)를 구동해서, 몰드(MP)의 자세를 장치 기준에 맞춘다. 장치 기준이란, 예를 들면, 웨이퍼 스테이지(20)의 주사 방향(XY평면)이다.
- <56> 다음에, 웨이퍼 반송계(도시생략)에 의해서 웨이퍼(WF)를 가공장치(1)에 반입한다. 그리고, 얼라인먼트 스코프(70)에 의해서 웨이퍼(WF) 위의 얼라인먼트 마크를 계측함과 동시에, 이 계측 결과에 근거해서 웨이퍼 스테이지(20) 위에 웨이퍼(WF)를 위치 결정한다.
- <57> 이어서, 몰드(MP)의 패턴을 웨이퍼(WF)에 순차 전사한다. 전사 동작은 압인 공정과 경화 공정과 이형공정을 포함한다. 압인 공정은 우선 도포 기구(60)에 의해서 웨이퍼(WF) 위의 몰드(MP)의 패턴 전사 위치에 UV 경화 수지를 적하한다. 그리고, 웨이퍼(WF)를 몰드(MP)의 바로 밑의 위치에 위치결정한다. 압인 기구(10)를 구동해서 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)(혹은 웨이퍼에 도포한 수지 또는 레지스트)에 대해서 짝 누른다. 즉, 몰드를 웨이퍼에 대해서 짝 누를 경우, 몰드(MP)의 패턴면 또는 몰드(MP)에 형성된 패턴을 따라서 UV 경화 수지가 유동한다.
- <58> 여기서, 압인 공정에 대해 상세하게 설명한다. 도 2A 내지 도 2C는 압인 공정에 있어서의 제 1 몰드 구동기(102), 하중 센서(104) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임을 나타낸 모식도이다. 도 2A 내지 도 2C에 있어서, (ZA)는 제 1 몰드 구동기(102)의 Z위치 또는 Z방향의 위치를 나타내고, (ZB)는 제 2 몰드 구동기(105)의 Z위치 또는 Z방향의 위치를 나타내고 있다. 하중 센서(104)는 전술한 바와 같이 로드 셀이다. 로드 셀은 용수철 구조를 수용하고 있어, 인장 하중이나 압축 하중이 인가된 경우에, 용수철의 신축량을 하중으로 환산함으로써 하중을 계측한다. 따라서, 하중 센서(104)는 하중에 따라 신축하는 용수철로 나타낼 수 있다.
- <59> 도 2A는 압인 공정의 개시시를 나타내고 있다. 도 2A를 참조하면, 제 1 몰드 구동기(102)가 하중 센서(104)를 통해서 제 2 몰드 구동기(105)에 매달려 있다. 따라서, 하중 센서(104)에는 제 1 몰드 구동기(102)와 몰드(MP)의 무게를 총 부하로서 받고 있다. 이 상태를 하중 0으로 인식하도록, 가공장치(1)(하중 센서(104))가 설계되어 있다.
- <60> 도 2B는 압인 공정이 개시되어 제 2 몰드 구동기(105)가 하강하여, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)에 접촉한 상태를 나

타내고 있다.

- <61> 도 2C는 도 2B에 나타난 상태에서부터 제 2 몰드 구동기(105)가 더욱 하강한 상태, 또는, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)에 대해서 가압된 상태를 나타내고 있다. 제 1 몰드 구동기(102) 및 몰드(MP)는 도 2B에 나타난 상태에서부터 움직이지 않지만, 제 2 몰드 구동기(105)는 더욱 하강하고 있다. 제 2 몰드 구동기(105)의 동작(즉, 움직임)은 하중 센서(104)의 측소에 대응하고, 그 결과, 몰드(MP)는 웨이퍼(WF)에 대해서 압인력을 발생하고, 이 압인력은 하중 센서(104)의 출력으로서 검출된다.
- <62> 도 3A는 압인 공정에 있어서의 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임을 나타낸 그래프이다. 또, 도 3B는 도 3A에 나타난 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임에 대한 하중 변화를 나타낸 그래프이다. 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임은 제어기(501)로부터의 구동 신호(또는 제어 계(50)로부터의 구동 지령)에 상당한다.
- <63> 도 3A에 나타난 그래프에 있어서, 세로축은 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 Z위치를 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 전술한 바와 같이, (ZA)는 제 1 몰드 구동기(102)의 Z위치를 나타내고, (ZB)는 제 2 몰드 구동기(105)의 Z위치를 나타내고 있다. 또, 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 Z위치는 후술하는 이형공정의 개시 위치를 기준으로 하고 있다. 여기서, 이형공정은 몰드를 웨이퍼(혹은 웨이퍼에 도포한 레지스트나 수지)로부터 분리하는 데 이용되는 공정이다. 이 공정의 최초의 단계에서는 몰드가 웨이퍼에 밀착되어 있다.
- <64> 도 3B에 나타난 그래프에 있어서, 세로축은 하중 센서(104)에 가해진 하중을 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 또한, 도 3A에 나타난 그래프와 도 3B에 나타난 그래프간의 시간축은 동일하다.
- <65> 도 3A 및 도 3B를 참조하면, 우선, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 이간된 상태에서부터 몰드(MP)가 서서히 하강하고(즉, 시간(T0)으로부터 (T1) 사이), 몰드(MP)가 어느 정도 하강하면 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)에 접촉한다(즉, 시간(T1)). 또한, 제 2 몰드 구동기(105)를 하강시키면, 제 1 몰드 구동기(102)는 정지한 채로 있지만, 하중이 상승한다. 그리고, 하중이 시간(T2)에서 소정의 하중에 도달한 경우, 제 2 몰드 구동기(105)의 하강을 정지한다. 이와 같이 해서, 압인 공정이 완료된다.
- <66> 이와 같이, 제 1 몰드 구동기(102), 제 2 몰드 구동기(105) 및 볼 나사(108) 등의 위치를 제어함으로써, 압인력을 발생시키는 압인 기구(10)에서는 변위(또는 구동량)를 하중으로 변환시키는 요소, 예를 들어 용수철 기능이 필요하다. 본 실시형태의 하중 센서(104)는 변위를 하중으로 변환시키는 요소로서 기능하고 있다. 또, 변위를 하중으로 변환하는 요소를 매우 강성 부재로 구성했을 경우에는 매우 미소한 변위(또는 Z방향의 구동량)에서도 크게 하중이 변화되어, 현저하게 제어성이 저하된다.
- <67> 압인 공정이 완료되면, 절차는 경화 공정으로 이행한다. 경화 공정은 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)에 대해서 가압한 상태로, UV광을 조사하고, 웨이퍼(WF)에 도포된 UV 경화 수지를 경화시킨다.
- <68> 경화 공정이 완료되면, 절차는 이형공정으로 이행한다. 이형공정은 압인 기구(10)를 이동시켜, 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)로부터 이형 혹은 분리한다. 또, 이형공정에 대해서는 다음에 자세하게 설명한다.
- <69> 이와 같이 해서, 전사 작업이 완료되면, 웨이퍼(WF)에는 몰드(MP)의 패턴 형상과 동일한 형상의 복제 패턴이 UV 경화 수지 위에 형성된다. 이어서, 웨이퍼 스테이지(20)를 구동하고, 웨이퍼(WF)의 다음의 전사 위치에 UV 경화 수지를 적하한다. 다음에, 웨이퍼(WF)를 전사 위치로 이동시켜, 전술한 압인 공정, 경화 공정 및 이형공정을 반복한다.
- <70> 이하, 도 4A 내지 도 5B를 참조하여, 이형공정에 대해 상세하게 설명한다. 도 4A 내지 도 4C는 이형공정에 있어서의 제 1 몰드 구동기(102), 하중 센서(104) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임의 모식도이다.
- <71> 도 4A는 이형공정의 개시시를 나타내고 있고, 압인 공정의 완료시와 같은 상태이다. 도 4A를 참조하면, 제 2 몰드 구동기(104)가 Z방향으로 이동 또는 하강하여, 하중 센서(104)가 수축되고 있다. 도 4B에 나타난 바와 같이, 이 상태에서부터 제 2 몰드 구동기(105)를 상승시키면, 압인 공정에 있어서 몰드(MP)와 웨이퍼(WF)가 밀착한 위치(도 2B에 나타냄)로부터 제 2 몰드 구동기(105)가 상승해도 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되지 않는다. 이것은 웨이퍼(WF)에 도포된 UV 경화 수지가 경화되어, 접촉체로서 기능하여, 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 사이에 밀착력이 작용하기 때문이다. 제 2 몰드 구동기(105)를 더욱 상승시키면, 도 4C에 나타난 바와 같이, 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 사이에 작용하는 인장력에 의해서 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된다. 환언하면, 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 사이에 작용하는 인장력이 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 사이에 작용하는 밀착력을 초과하면, 몰드(MP)가

웨이퍼(WF)로부터 해방된다.

- <72> 도 5A는 이형공정에 있어서의 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임을 나타내는 그래프이다. 또, 도 5B는 도 5A에 나타난 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 작용에 대한 하중 변화를 나타내는 그래프이다. 도 5A 및 도 5B에 있어서, (ZA) 및 (ZB)는 도 3A 및 도 3B와 마찬가지로 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 이형공정의 개시 위치를 기준으로 한 Z위치이다. 또, 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임은 제어기(501)로부터의 구동 신호(또는 제어계(50)로부터의 구동 지령)에 상당한다.
- <73> 도 5A에 나타난 그래프에 있어서, 세로축은 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 Z위치를 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 도 5B에 나타난 그래프에 있어서, 세로축은 하중 센서(104)에 인가된 하중을 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 또, 도 5A에 나타난 그래프와 도 5B에 나타내는 그래프 간의 시간축은 동일하다.
- <74> 도 5A 및 도 5B를 참조하면, 시간(T3)으로부터 이형공정이 개시되어, 제 2 몰드 구동기(105)가 상승을 시작한다. 이것에 의해, 수축하고 있던 하중 센서(104)가 서서히 확대되어, 시간(T4)에서 자연의 길이로 돌아와, 하중은 0이 된다. 제 2 몰드 구동기(105)가 더욱 상승해 나가면, UV 경화 수지를 개재하여 몰드(MP)와 웨이퍼(WF)가 서로 접촉하고 있기 때문에, 하중 센서(104)가 그의 자연 길이보다 길게 연장된다. 이 상태에서는 인장력이 발생한다(도 4B). 제 2 몰드 구동기(105)가 더욱 상승하면, 인장력이 이형력(또는 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 간의 부착력)을 초월해서, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 멀어진다(시간(T5)). 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 떨어진 후에는, 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 사이에 충분한 간격을 얻기 위해, 몰드(MP)는 더욱 상승해서, 소정의 위치에서 정지한다.
- <75> 도 5A 및 도 5B는 이형공정에 있어서, 제 2 몰드 구동기(105)의 상승 또는 이동 속도가 일정한 경우의 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임을 나타내고 있다. UV 경화 수지는 전술한 바와 같이 접착제와 유사한 성질을 가진다. 따라서, 제 2 몰드 구동기(105)(몰드(MP))를 저속으로 구동하지 않는 한 몰드(MP)를 이형했을 때 패턴이 파손될 수도 있다. 제 2 몰드 구동기(105)(몰드(MP))를 고속으로 구동했을 경우에는 패턴의 일부가 몰드(MP)에 부착하여, UV 경화 수지가 웨이퍼(WF)로부터 박리될 수 있다. 종래의 가공장치는 도 5A 및 도 5B에 나타난 바와 같이 제 2 몰드 구동기(105) 또는 몰드(MP)를 일정 속도로 상승시켜, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴을 보호하기 위해서, 이형공정에 매우 긴 시간을 필요로 한다.
- <76> 본 발명에서는 이형공정에 필요로 하는 시간을 단축시키기 위해서 이형공정에 있어서의 몰드(MP)(제 2 몰드 구동기(105))의 구동 패턴을 자유롭게 설정한다. 즉, 본 발명에서는 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 멀어지는 데 필요한 시간만 몰드(MP)(또는 제 2 몰드 구동기(105))를 저속(가변 혹은 고정시켜도 무방함)으로 구동하여, 이형공정을 위한 전체 시간을 단축하고 있다. 즉, 몰드(MP)가 웨이퍼 또는 웨이퍼(WF)에 도포한 수지 혹은 레지스트로부터 멀어질 때까지, 몰드를 저속으로 이동시키고, 이형되면 몰드를 고속으로 이동시킨다.
- <77> 도 5A 및 도 5B를 참조하면, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되는 이형 동작은, 하중 완화 시간, 몰드(MP)를 웨이퍼(WF)로부터 갈라 놓는 이형력을 서서히 증가시키는 시간 및 이형 후 소정의 위치까지 몰드(MP)를 상승시키는 시간을 포함한다. 또한, 웨이퍼(WF)로부터 몰드(MP)가 분리되는 실제의 이형 동작은 순간이다. 이형의 순간에 있어서의 몰드(MP)의 속도가 높은 경우에는 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 파괴되는 반면, 몰드(MP)의 속도가 충분히 작은 경우에는 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴은 유지될 수 있다. 환언하면, 이형 순간에 있어서의 몰드(MP)의 이동 속도를 저속으로 하면, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴의 파괴를 방지할 수 있다.
- <78> 이하, 본 발명에 의한 이형공정에 있어서의 제 2 몰드 구동기(105) 또는 몰드(MP)의 구동 패턴에 대해 구체적으로 설명한다.
- <79> **제 1 실시예**
- <80> 도 6A 및 도 6B는 제 1 실시예를 설명하기 위한 도면이다. 도 6A는 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임(구동 패턴)을 나타내는 그래프이다. 또, 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임은 제어기(501)로부터의 구동 신호(또는 제어계(50)로부터의 구동 지령)에 근거해서 구동된다. 도 6B는 도 6A에 나타난 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임에 대한 하중 변화를 나타낸 그래프이다. 도 6A 및 도 6B에 있어서, 실선(ZB)은 제 1 실시예에 있어서의 제 2 몰드 구동기(105)의 구동 패턴 및 하중 변화를 나타내고, 쇄선은 종래의 구동 패턴 및 하중 변화를 나타내고 있다. 덧붙여, 일점 쇄선(ZA)은 제 1 몰드 구동기(102)의 구동 패턴을 나타내고 있다.
- <81> 가공장치(1) 또는 제 2 몰드 구동기(105)에 의해 제공되는 구동 패턴은 조건화 전사에 의해서 얻을 수 있다.

예를 들어, 제 2 몰드 구동기(105) 또는 몰드(MP)의 이동 속도를 변화시켜서 이형공정을 실시하고, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 파괴되었는지를 조사한다. 이 구성에 의하면, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 파괴되지 않는 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도 및 이형력을 얻을 수 있다. 또한, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 파괴되지 않는 제 2 몰드 구동기(105)의 이형력과 이동 속도는 웨이퍼(WF)에 도포된 UV 경화 수지와 몰드(MP)의 표면 상태(이형처리)에 의존한다. 제 2 몰드 구동기(105)의 구동량과 하중 센서(104)에 가해진 하중 간의 관계는 장치 고유의 값이고, 장치를 조립한 후에 한 번만 측정할 수 있으면 무방하다.

<82> 도 6A 및 도 6B를 참조하면, 제 2 몰드 구동기(105)에의 구동 지령은 몰드(MP)의 압인으로 인한 하중을 완화해서, 웨이퍼(WF)로부터 몰드(MP)를 갈라 놓는 이형력이 발생하기 전 또는 위치 Z1전에는 제 2 몰드 구동기(105)를 고속으로 구동한다. 그 후, 제 2 몰드 구동기(105)에의 구동 지령은 이형 위치를 넘은 위치 Z2까지 제 2 몰드 구동기(105)를 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴을 파괴시키지 않는 저속으로 구동한다. 위치 Z2를 지난 후, 다시 제 2 몰드 구동기(105)를 고속으로 구동해서, 몰드(MP)를 소정의 위치까지 상승시킨다. 또한, 제 2 몰드 구동기(105)에 있어서, 상기 저속과 고속 간의 속도비는 10배 이상인 것이 바람직하고, 100배 이상인 것이 더욱 바람직하다.

<83> 도 6A에 나타난 구동 패턴으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동하면, 종래와 비교해서, 이형공정에 필요로 하는 시간을 현저하게 단축할 수 있다. 구체적으로는 도 6B로부터 이해할 수 있는 바와 같이, 이형개시시간(T3)부터 이형에 필요한 시간(T5') 및 몰드(MP)가 소정의 위치까지의 상승하는 시간(T6')이 일정 속도의 이형시간(T5), 시간(T6)보다 현저하게 단축되고 있는 것을 알 수 있다. 또, 웨이퍼(WF)로부터 몰드(MP)가 떨어지는 순간의 제 2 몰드 구동기(105) 또는 몰드(MP)의 이동 속도는 충분히 저속이므로, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴을 파괴시키지 않는다.

<84> 제 1 상태는 수지와 밀착된 몰드(MP)가 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작하는 상태인 것으로 가정하고, 제 2 상태는 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하는 몰드(MP)가 수지로부터 막 분리되려고 하는 상태인 것으로 가정한다. 이 경우, 제 1 상태에 있어서의 몰드(MP)와 수지 사이에 발생하는 하중의 변화율(하중 변화량/시간)보다도 제 2 상태에 있어서의 것이 작아지도록 제 2 몰드 구동기(105)를 제어 또는 구동한다. 환언하면, 제 1 상태에 있어서의 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 간의 상대속도 보다도 제 2 상태에 있어서의 것이 작아지도록 제 2 몰드 구동기(105)를 제어 또는 구동한다.

<85> 또, 수지에 밀착된 몰드(MP)가 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작한 때로부터 몰드(MP)가 수지로부터 분리되는 때까지의 상태는 압압력 발생 상태(압압 상태), 인장응력 발생 상태(인장 상태) 및 분리 상태로 분리된다. 여기서, 압압력 발생 상태란, 몰드(MP)와 수지 사이에 압압력이 발생하고 있는 상태이다. 또, 인장응력 발생 상태란 몰드(MP)와 수지 사이에 인장응력이 발생하고 있는 상태이다. 또한, 분리 상태란 몰드(MP)가 수지로부터 분리된 상태이다. 이 경우, 인장 상태에 있어서 제 2 몰드 구동기(105)가 느린 이동 속도를 갖도록 제 2 몰드 구동기(105)를 제어 또는 구동한다.

<86> 제 1 실시예의 제어기(501)는 메모리를 가지며, 이 메모리는 인터페이스 수단(도시생략)을 개입시켜 상기 제 2 몰드 구동기(105)의 구동 패턴, 즉, 도 6A에 표시된 실선(ZB)을 기억한다. 제어기(501)는 이형공정에서 메모리에 기억된 구동 패턴에 따라서, 모터 구동기(502)에 구동 신호를 출력한다. 환언하면, 제어기(501)는 몰드(MP)가 수지로부터 분리되는 방향으로 이동하기 시작한 때로부터의 경과시간에 근거하여 몰드(MP)의 이동량을 제어한다. 이것에 의해, 모터(109)가 구동되고, 제 2 몰드 구동기(105)가 제어기(501)에 기억된 구동 패턴에 따라서 구동된다. 제 1 실시예는 오픈 제어하에 제 2 몰드 구동기(105)를 구동하므로, 피드백 제어 등의 복잡한 제어계를 필요로 하지 않고, 비교적 저비용으로 임의의 구동 패턴을 실현할 수 있다.

<87> 이와 같이, 이 구성에 의하면, 제 2 몰드 구동기(105)의 구동을 제어하여, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴의 붕괴에 직접 영향을 주지 않는 시간을 단축해서, 또, 패턴을 붕괴시키는 일 없이 신속하게 이형공정을 완료할 수 있다. 따라서, 가공장치(1)는 쓰루풋 및 생산성을 향상시켜, 저가격으로 디바이스를 생산하는 것이 가능해진다.

<88> 제 1 실시예에서는 제 2 몰드 구동기(105)의 구동 패턴을 직선적으로 바꾸고 있지만, 서서히 속도가 변화하는 구동 패턴 등의 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되는 순간의 이동 속도가 저속인 구동 패턴이면, 마찬가지로의 효과를 얻을 수 있다.

<89> 제 2 실시예

<90> 제 2 실시예에서는 제 1 실시예와 마찬가지로 이형 순간에는 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 파괴되지 않는 저속으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동하고, 그 기간 이외에는 고속으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동함으로써, 이

형공정을 신속하게 한다. 제 2 실시예는 제 1 실시예와 비교해서 제어계(50)가 다르다. 제 2 실시예의 제어계(50)는 하중 센서(104)에 가해진 하중을 모니터해서, 소정의 값을 트리거(trigger)로 해서 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도를 절환한다.

- <91> 도 7A 및 도 7B는 제 2 실시예를 설명하기 위한 도면이다. 도 7A는 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임 또는 구동 패턴을 나타낸 그래프이다. 또, 제 2 몰드 구동기(105)는 제어기(501)로부터의 구동 신호 또는 제어계(50)로부터의 구동 지령에 근거해서 구동된다. 도 7B는 도 7A에 나타난 제 1 몰드 구동기(102) 및 제 2 몰드 구동기(105)의 움직임에 대한 하중 변화를 나타낸 그래프이다. 도 7A 및 도 7B에 있어서, 실선(ZB)은 제 2 실시예에 있어서의 제 2 몰드 구동기(105)의 구동 패턴 및 하중 변화를 나타내고, 쇄선이 종래의 구동 패턴 및 하중 변화를 나타내고 있다. 또, 일점 쇄선(ZA)은 제 1 몰드 구동기(102)의 구동 패턴을 나타내고 있다. 이형공정의 개시 시간은 (T3), 이형 순간 시간은 (T5"), 이형공정 완료 시간은 (T6")이다.
- <92> 일정 속도로 몰드(MP)를 구동하는 종래의 구동 패턴에서는, 이형 순간 시간은 (T5), 이형공정 완료 시간은 (T6)으로 설정하고 있다.
- <93> 도 7A 및 도 7B를 참조하면, 이형공정의 개시와 함께, 제 2 몰드 구동기(105)를 고속으로 상승시킨다. 또, 하중 센서(104)의 출력을 모니터한다. 하중 센서(104)의 출력이 (F1)에 도달하면, 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도를 저속으로 변경한다. 즉, 하중 센서(104)의 출력치가 소정의 값(F1)(본 실시예에서는 0으로 하였으나, 패턴 형상, 구동 스테이지 성능 등에 따라 다른 값으로 해도 무방함)에 도달하면, 몰드와 웨이퍼의 수직 방향에서의 상대적인 이동 속도를 내린다. 이동 속도는 한번 혹은 단계적으로 내릴 수도 있으나, 원하는 이동 속도에서 유지시켜도 된다. 이러한 저속은 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴을 파괴시키지 않도록 충분히 느린 속도이다.
- <94> 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도를 저속으로 변경한 후에도 하중 센서(104)의 출력의 모니터는 계속 행한다.
- <95> 제 2 몰드 구동기(105)를 저속으로 구동할 경우, 몰드(MP)의 인장 하중이 이형력을 초과하여, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 시간(T5")에서 분리된다. 이때, 하중 센서(104)의 출력은 0이 된다. 제어기(501)는 하중 센서(104)의 출력이 (F2)(제 2 실시예에서는 0)가 되었을 때에, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 이형된 것으로 인식하여, 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도를 고속으로 절환한다. 이어서, 몰드(MP)를 소정의 위치까지 상승시켜, 이형공정을 완료한다.
- <96> 이형공정에서는 최초에 제 1 속도로 몰드를 구동하기 시작하고, 이어서, 제 2 속도로 몰드를 구동하고, 마지막으로 제 3 속도로 몰드를 구동한다. 여기서, 몰드가 웨이퍼 또는 웨이퍼의 레지스트 혹은 수지에 들러붙거나 접촉상태에서의, 제 1 및 제 2 속도는 몰드와 웨이퍼 간의 상대속도이다. 몰드와 웨이퍼가 서로 완전히 분리된 상태에서의, 제 3 속도는 몰드와 웨이퍼의 상대 속도이다. 본 실시예에서는 제 1, 제 2 및 제 3 속도 가운데, 제 3 속도가 가장 빠르고, 다음에 제 1 속도가 빠르고, 가장 늦은 것은 제 2 속도이다. 바람직하게는 제 1 속도는 제 2 속도의 2배 이상(더욱 바람직하게는 5배 이상)이고, 제 3 속도는 제 2 속도의 5배 이상(더욱 바람직하게는 10배 이상)이다.
- <97> 하중 센서(104)의 출력인 (F1) 및 (F2)는 제어기(501)의 메모리에 미리 기억시킨다. (F1)은 이형력보다 작지만 당해 이형력에 매우 가까운 값으로 설정한다. (F2)는 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 상태를 검출할 수 있도록 이형력보다 훨씬 작은 인장 하중으로 설정해도 무방하다.
- <98> 하중 센서(104)가 하중 센서(104)의 출력을 항상 모니터하므로, 제 2 실시예의 제어계(50)는 제 1 실시예의 것보다 복잡하게 된다. 단, 제 1 실시예에서는 실제로 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 상태에서도 저속으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동하는 데 사용된 시간을 가진다. 한편, 제 2 실시예의 경우에는 실제로 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 순간을 하중 센서(104)의 출력에 의거해서 인식하고, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 직후 고속으로 몰드(MP)를 끌어올릴 수 있다. 따라서, 제 2 실시예는 제 1 실시예보다 단시간에 이형공정을 완료하는 것이 가능하다.
- <99> 이와 같이, 제 2 몰드 구동기(105)의 구동을 제어함으로써, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴의 붕괴에 직접 영향을 주지 않는 시간을 단축할 수 있고, 또, 패턴을 붕괴시키는 일 없이 매우 단시간 내에 이형공정을 완료할 수 있다. 따라서, 가공장치(1)는 쓰루풋 및 생산성을 향상시켜, 저가격으로 디바이스를 생산하는 것이 가능해진다.
- <100> 제 2 실시예에서는 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도를 하중 센서(104)의 출력 또는 하중을 이용해서 절환하였지만, 하중의 변화율을 이용해서 절환해도 된다. 또, 제 1 몰드 구동기(102)의 위치를 검출해서 제 1 몰드 구동기(102)의 위치 또는 속도 변화를 트리거로서 이용할 경우 마찬가지로 효과를 얻을 수 있다. 또한, 제 2 몰드 구동기(105)에 위치 검출 센서를 배치해서, 제 2 몰드 구동기(105)와 제 1 몰드 구동기(102) 간의 상대 위치

의 변화를 트리거로서 이용해도 무방하다. 또, 웨이퍼(WF) 또는 웨이퍼에 도포된 레지스트 혹은 수지와 몰드(MP) 간의 상대 자세의 변화를 검출하는 수단을 몰드 스테이지(101)에 배치해서, 웨이퍼(WF)와 몰드(MP) 간의 자세의 변화량을 트리거로서 이용하는 것도 가능하다. 즉, 하중, 하중의 변화율, 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 간의 상대 자세 등의 몰드(MP)와 웨이퍼(WF) 간의 상태량을 계측부에서 계측해서, 이러한 계측 결과에 의거해서 제 2 몰드 구동기(105)의 구동 속도를 제어하는 것도 가능하다.

<101> 제 3 실시예

<102> 제 3 실시예에서는, 제 1 실시예 및 제 2 실시예와 마찬가지로, 이형 순간에 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 붕괴되지 않는 저속으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동하고, 그 이외의 기간에는 고속으로 제 2 몰드 구동기(105)를 구동함으로써, 단시간에 이형공정을 완료한다. 제 3 실시예는 제 1 실시예와 비교해서 제어계(50)가 다르다. 제 3 실시예의 제어계(50)는 하중 변화 패턴을 메모리에 기억시켜, 하중 변화 패턴에 따라서 하중을 피드백 제어한다.

<103> 제 3 실시예의 제어기(501)는 이형공정의 개시부터의 경과시간과 하중 센서(104)에 가해지는 하중과의 관계(이하, "하중 테이블"이라 칭함)를 메모리에 기억시켜, 이러한 하중 테이블에 의거한 하중과 시간을 변화시킨다.

<104> 도 8은 제어기(501)에 의한 하중 제어를 설명하기 위한 도면이다. 제어기(501)는 도 8에 나타난 바와 같이 하중 테이블을 기억하는 메모리(501a)와, 하중 센서(104)로부터의 출력과 하중 테이블의 하중치와의 편차를 산출하는 비교기(501b)를 가진다. 제어기(501)는 산출한 편차에 의거해서, PID 제어를 통해 구동 신호를 모터 구동기(502)에 출력한다.

<105> 도 9는 제어기(501)에 의한 하중 제어를 설명하기 위한 순서도이다. 이형공정을 개시한 후부터 소정 기간이 경과 후의 순간에(또는 클록 시간 t에)(스텝 801), 하중 센서(104)의 출력을 취입한다(스텝 802). 또, 클록 시간 t에서의 목표 하중 $W=f(t)$ 를 메모리(501a)에 기억된 하중 테이블로부터 판독한다(스텝 803). 다음에, 하중 센서(104)의 출력과 판독한 목표 하중과의 편차를 산출해서(스텝 804), 산출한 편차에 의거해서 모터(109)의 구동량을 연산한다(스텝 805). 다음에, 연산된 구동량을 구동 신호로서 모터 구동기(502)에 출력한다(스텝 806). 제어기(501)는 스텝 801 내지 806의 일련의 스텝을 반복한다.

<106> 도 10A 및 도 10B는 제 3 실시예를 설명하기 위한 도면이다. 도 10A는 제어기(501)의 메모리(501a)에 기억되는 하중 테이블의 예를 나타낸 그래프이다. 도 10B는 도 10A에 나타난 하중 테이블에 따라서 제 2 몰드 구동기(105)를 구동했을 때의 하중 변화를 나타내는 그래프이다.

<107> 도 10A 및 도 10B를 참조하면, 메모리(501a)에는, 이형공정의 개시 시간이 시간(T3)으로 설정되고, 압인력이 이형력보다 약간 작은 인장 하중(F1')이 될 때까지 신속하게 압인력을 개방하도록 설정되고, 인장응력이 발생되도록 설정되고, 압인력이 인장하중(F1')으로 된 후 천천히 인장 하중을 상승시키도록 설정되고, 또한 인장하중을 증가시켜서 예상되는 이형력보다 크게 될 수 있도록 설정된 하중 테이블에 저장된다.

<108> 도 10A에 나타난 하중 테이블에 따른 이형공정에 있어서, 이형력을 발생할 때의 하중 변화가 작기 때문에, 이형시(몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리될 때)의 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도는 충분히 늦어진다. 그 결과, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되는 순간에 또는 시간(T5'')에, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴이 붕괴되는 일은 없다.

<109> 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되면, 하중 센서(104)에 걸리는 하중은 0이 되고, 이어서, 모터(109)(또는 제 2 몰드 구동기(105))가 구동된 후에도 하중은 변화하지 않는다. 따라서, 하중 센서(104)의 출력과 하중 테이블의 하중치 간의 편차가 증대하여, 제 2 몰드 구동기(105)의 이동 속도는 높아진다. 그 후, 몰드(MP)를 소정의 위치까지 상승시켜, 이형공정을 완료한다.

<110> 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리되기 직전 하중 테이블의 하중의 변화율을 증가시킴으로써, 동작시간을 저감시킬 수 있다. 또, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 후에는, 하중 테이블의 목표 하중과 하중 센서의 출력치 간의 차이 또는 편차가 증가해서, 몰드(MP)는 고속으로 상승하게 된다. 이와 같이 해서, 몰드(MP)를 소정의 위치까지 상승시키는 데 필요한 시간도 감소시킬 수 있다. 또한, 제 2 실시예와 마찬가지로, 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 순간을 하중 센서(104)의 출력 등에 의거해서 판단한다. 몰드(MP)가 웨이퍼(WF)로부터 분리된 후에는, 피드백 제어 대신에 오픈 구동에 의해 몰드(MP)를 고속으로 상승시킬 수 있다.

<111> 이와 같이, 적절히 설정된 하중 테이블에 의거해서 제 2 몰드 구동기(105)의 구동을 제어함으로써, 웨이퍼(WF)에 형성된 패턴을 붕괴시키는 일 없이 매우 단시간에 이형공정을 완료할 수 있다. 따라서, 가공장치(1)는 쓰루

곳 및 생산성을 향상시켜, 저가격으로 디바이스를 생산하는 것이 가능해진다.

- <112> 제 3 실시예에서는 볼 나사(108) 및 모터(109)를 이용해서, 몰드(MP)를 Z방향으로 구동하는 예를 설명하였다. 그러나, 본 발명은 하중 센서(104)에 가해진 하중을 제어하는 방법에 대한 발명이므로, 가스 압력을 이용한 방식 등 기타 다른 방식에도 적용할 수 있다.
- <113> 또, 제 3 실시예는 제 1 실시예 및 제 2 실시예와 비교해서 피드백 제어를 이용하므로, 제어계(50)의 구성이 복잡하게 된다. 단, 제 3 실시예는 하중 센서(104)만을 모니터링하면 되기 때문에, 제 2 몰드 구동기(105)의 구동량과 하중이 직선 관계를 갖지 않는 경우에도 유효하다. 예를 들어, 압인 기구(10)에 기계적인 여유가 있는 경우, 제 1 실시예 및 제 2 실시예에서는 이 여유 부분에서 불필요한 시간을 필요로 하지만, 제 3 실시예에서는 하중을 피드백 제어하여 고속으로 동작하는 것이 가능하다.
- <114> 이상과 같이, 본 발명의 가공장치(1)는 고속의 이형공정을 실현하여, 우수한 쓰루풋 및 생산성을 제공한다.
- <115> 다음에, 도 11 및 도 12를 참조하여, 상기 가공 장치(1)를 이용한 디바이스 제조 방법의 실시예를 설명한다. 도 11은 반도체 디바이스나 액정표시장치 등의 디바이스의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 여기서는 반도체 디바이스의 제작을 일례로서 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는 반도체 디바이스 회로를 설계한다. 스텝 2(몰드 제작)에서는 설계한 회로패턴에 대응하는 패턴을 가진 몰드를 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 전(前)공정이라고 불리는 스텝 4(웨이퍼 프로세스)에서는 상기 레티클과 웨이퍼를 이용해서 나노임프린트기술에 의해 웨이퍼 위에 실제의 회로를 형성한다. 이어서, 후공정이라고도 불리는 스텝 5(조립)에서는 스텝 4에서 형성된 웨이퍼를 반도체칩으로 형성하고, 또한, 이 공정은 어셈블리 공정(예를 들면, 다이싱, 본딩)과 패키징 공정(칩밀봉) 등을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스에 대해 유효성 시험 및 내구성 시험 등의 각종 검사를 행한다. 이들 스텝을 통해서, 반도체 디바이스가 완성되어 출하된다(스텝 7).
- <116> 도 12는 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 순서도이다. 스텝 11(산화)에서는 웨이퍼 표면을 산화하고, 스텝 12(CVD)에서는 웨이퍼 표면에 절연층을 형성하고, 스텝 13(전극형성)에서는 증착법 등에 의해 웨이퍼 위에 전극을 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는 웨이퍼에 이온을 주입하고, 스텝 15(레지스트 처리)에서는 웨이퍼에 레지스트 또는 수지를 도포한다. 스텝 16(전사)에서는 몰드를 가공장치(1)를 이용하여 웨이퍼에 대해서 가압해서, 회로 패턴을 웨이퍼 상에 전사한다. 스텝 17(에칭)에서는 전사한 회로 패턴 이외의 부분을 에칭한다. 스텝 18(레지스트 박리)에서는 에칭 후의 쓸모없는 레지스트를 제거한다. 이들 스텝을 반복함으로써, 웨이퍼 위에 다층의 회로패턴이 형성된다. 이러한 디바이스 제조 방법에 의하면, 종래보다 경제적으로 높은 효율로 디바이스를 제조할 수 있다. 가공장치(1)를 사용하는 디바이스 제조방법 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 일 측면을 구성한다.

발명의 효과

- <117> 이상, 본 발명을 예시적인 실시형태를 참조해서 설명했으나, 본 발명은 개시된 예시적인 실시형태로 제한되는 것이 아님을 이해할 필요가 있다. 이하의 청구범위의 범주는 이러한 모든 변형, 등가 구성 및 기능을 망라하도록 최광의의 해석에 따를 필요가 있다. 예를 들면, 몰드의 위치나 몰드와 레지스트(또는 UV 경화 수지) 간의 거리를 검출할 수 있고, 이러한 검출 결과에 근거해서 제 2 몰드 구동기(몰드)의 속도를 제어해도 무방하다.
- <118> 또, 상기 실시형태에서는 광경화법을 채용한 나노임프린트에 적용하고 있지만, 본 발명은 열사이크를 채용하는 나노임프린트에도 적용가능하다.
- <119> 또한, 본 실시형태에서는 UV 경화 수지를 레지스트로 사용하고 있지만, 본 발명은 경화된 수지에도 마찬가지로 적용가능하다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명의 일 측면에 의한 가공장치의 구성을 나타낸 개략 단면도;
- <2> 도 2A 내지 도 2C는 압인공정에 있어서, 도 1에 나타난 가공장치의 제 1 몰드 구동기, 하중 센서 및 제 2 몰드 구동기의 움직임을 나타낸 모식도;
- <3> 도 3A는 도 1에 나타난 가공장치의 제 1 몰드 구동기 및 제 2 몰드 구동기의 움직임을 나타낸 그래프이고; 도 3B는 도 3A에 나타난 제 1 몰드 구동기 및 제 2 몰드 구동기의 움직임에 대한 하중 변화를 나타낸 그래프;

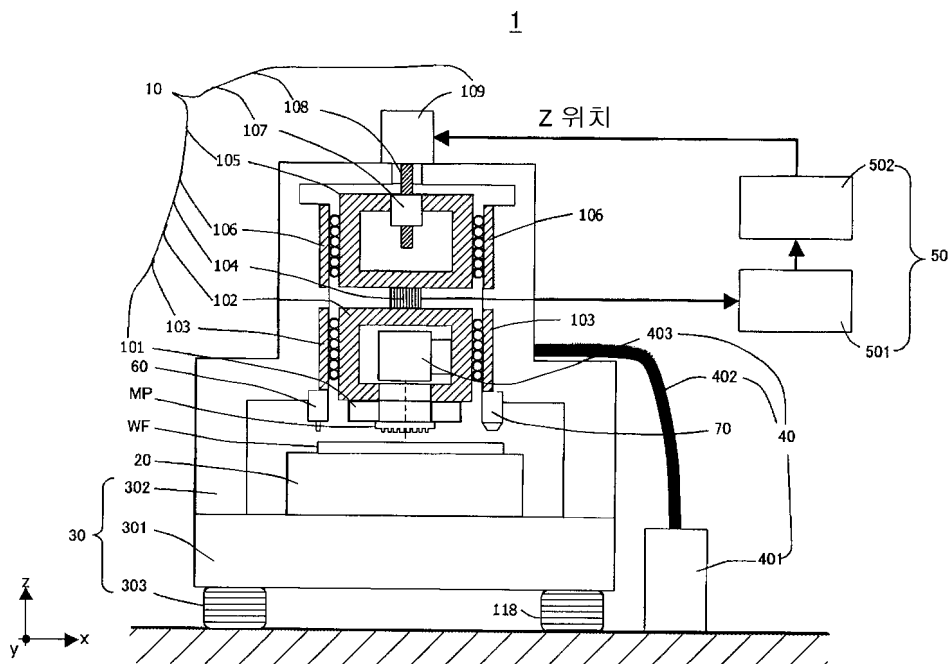
- <4> 도 4A 내지 도 4C는 도 1에 나타난 가공장치의 이형공정에서의 제 1 몰드 구동기, 하중 센서 및 제 2 몰드 구동기의 움직임을 나타낸 모식도;
- <5> 도 5A는 도 1에 나타난 가공장치의 제 1 몰드 구동기 및 제 2 몰드 구동기의 종래의 움직임을 나타낸 그래프이며, 도 5B는 도 5A에 나타난 제 1 몰드 구동기 및 제 2 몰드 구동기의 움직임에 대한 하중 변화를 나타낸 그래프;
- <6> 도 6A 및 도 6B는 본 발명의 제 1 실시예를 설명하기 위한 도면;
- <7> 도 7A 및 도 7B는 본 발명의 제 2 실시예를 설명하기 위한 도면;
- <8> 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 의한 도 1에 나타난 가공장치의 제어부에 의한 하중 제어를 설명하기 위한 도면;
- <9> 도 9는 본 발명의 제 3 실시예에 의한 도 1에 나타난 가공장치의 제어부에 의한 하중 제어를 설명하기 위한 순서도;
- <10> 도 10A 및 도 10B는 본 발명의 제 3 실시예를 설명하기 위한 도면;
- <11> 도 11은 디바이스의 제조를 설명하기 위한 순서도;
- <12> 도 12는 도 11에 나타난 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 순서도;
- <13> 도 13A 내지 도 13C는 광경화법을 채용하는 나노임프린트를 설명하기 위한 도면이다.

<14> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

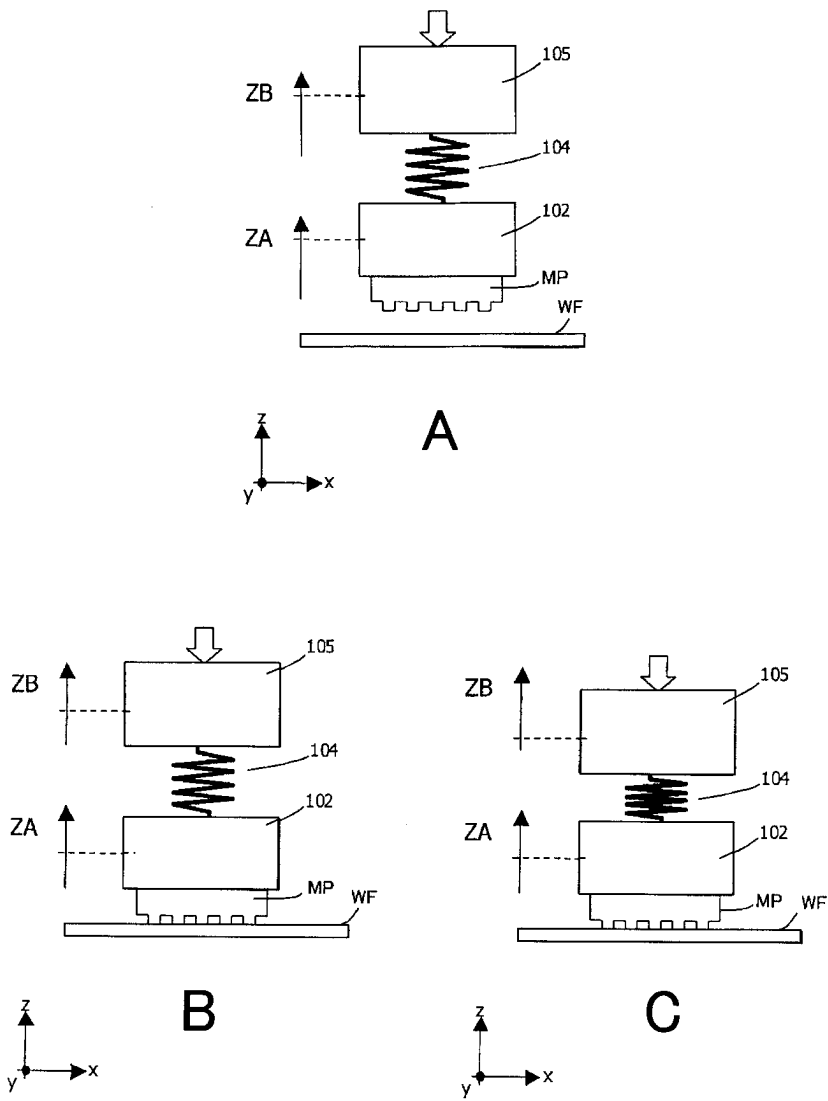
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <15> 1: 가공장치 <16> 20: 웨이퍼 스테이지 <17> 40: 조명계 <18> 60: 도포 기구 <19> MP: 몰드 | <ul style="list-style-type: none"> 10: 압인 기구 30: 구조체 50: 제어계 70: 얼라인먼트 스코프 WF: 웨이퍼 |
|--|---|

도면

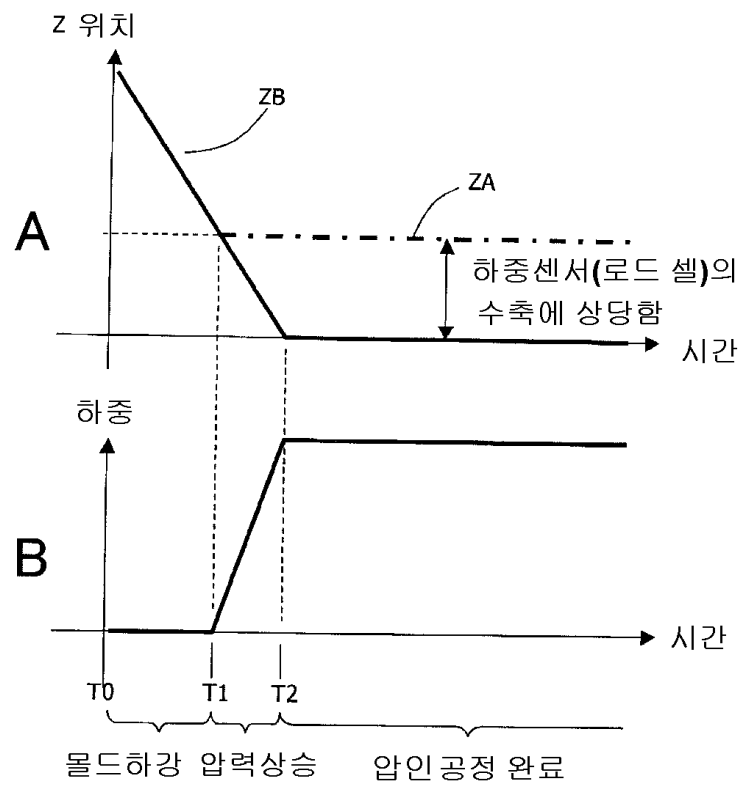
도면1



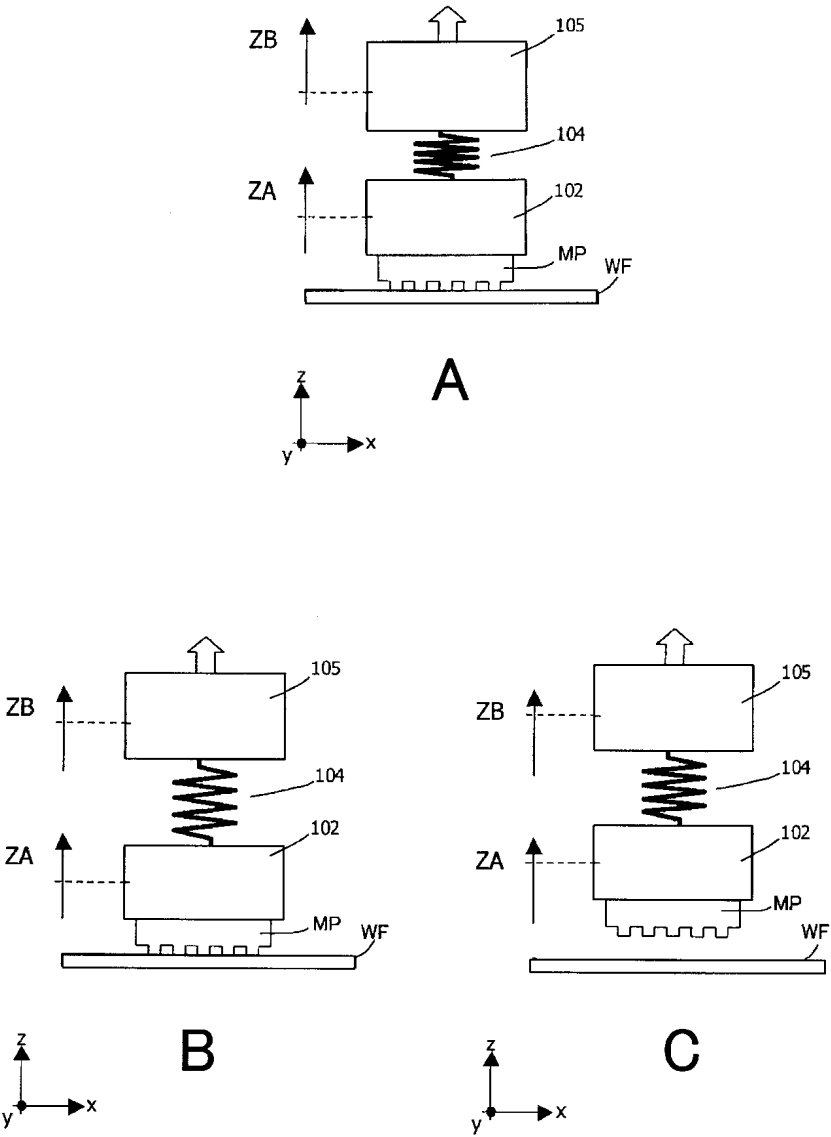
도면2



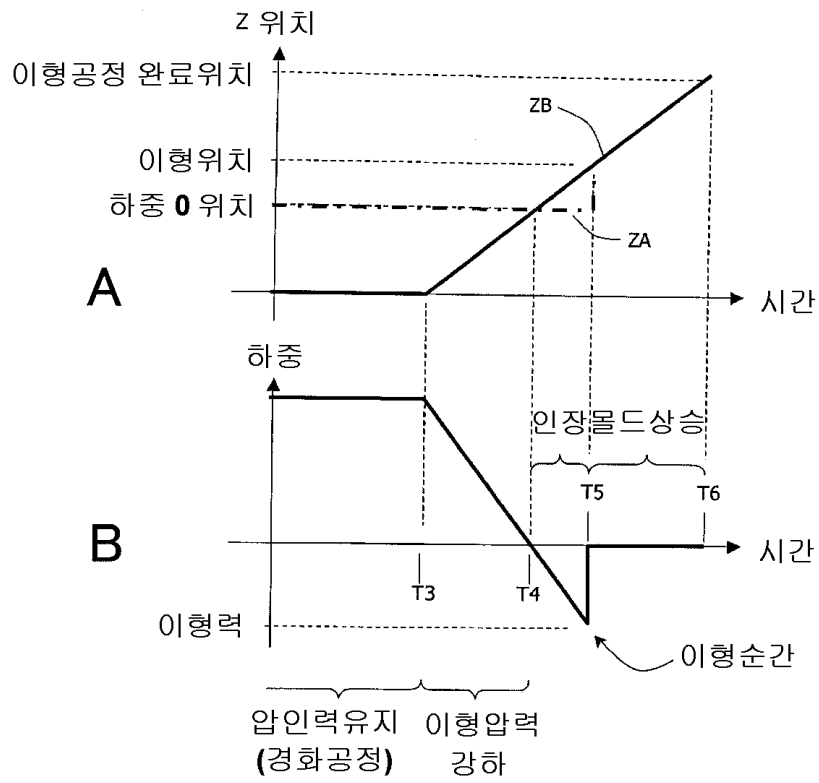
도면3



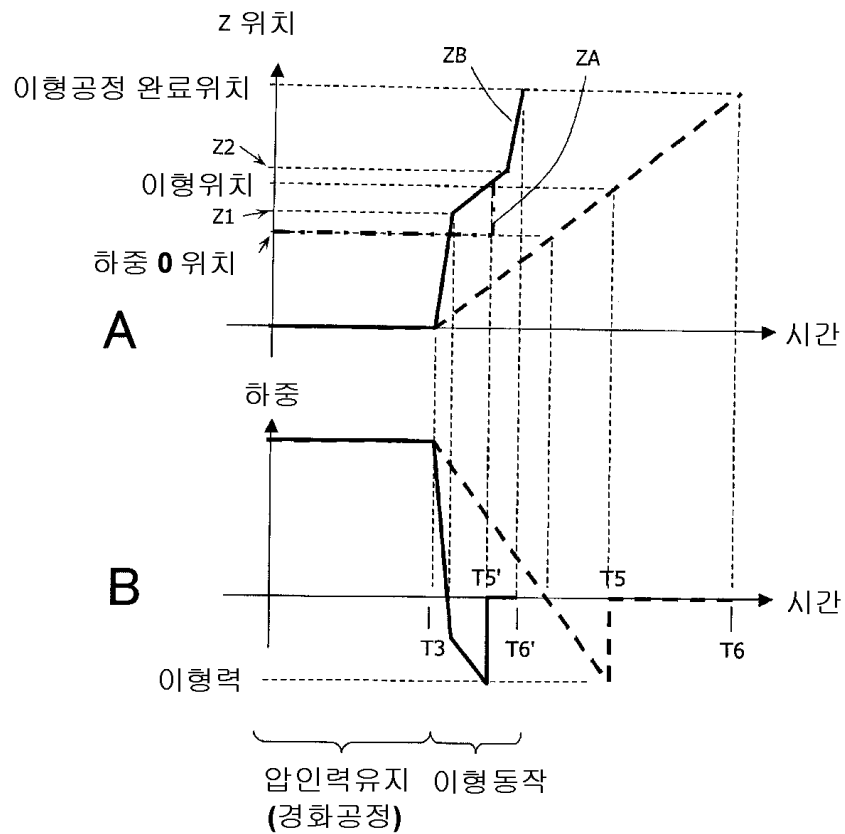
도면4



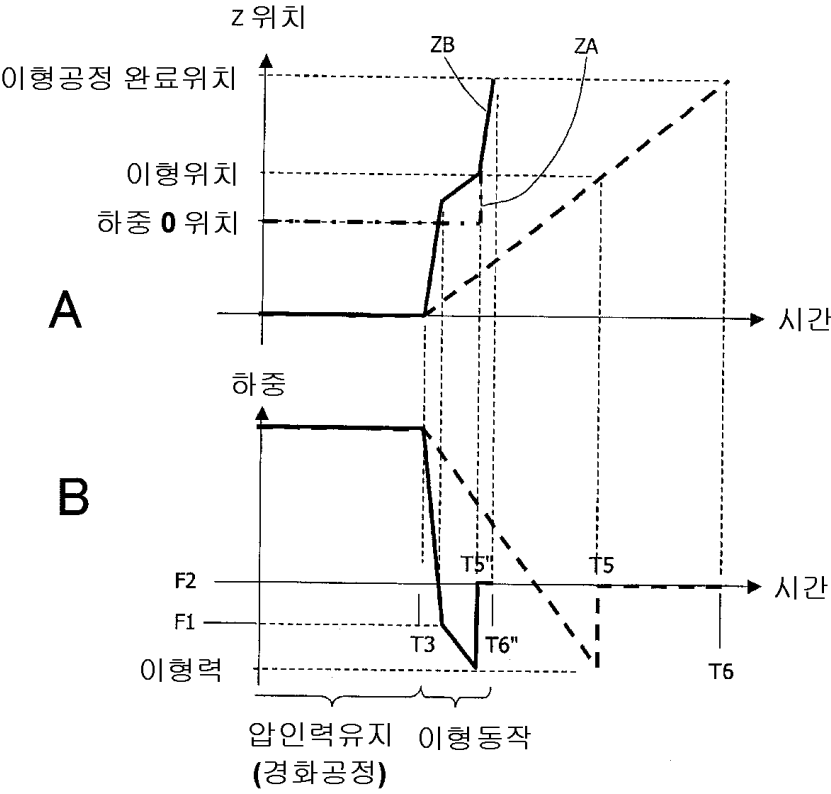
도면5



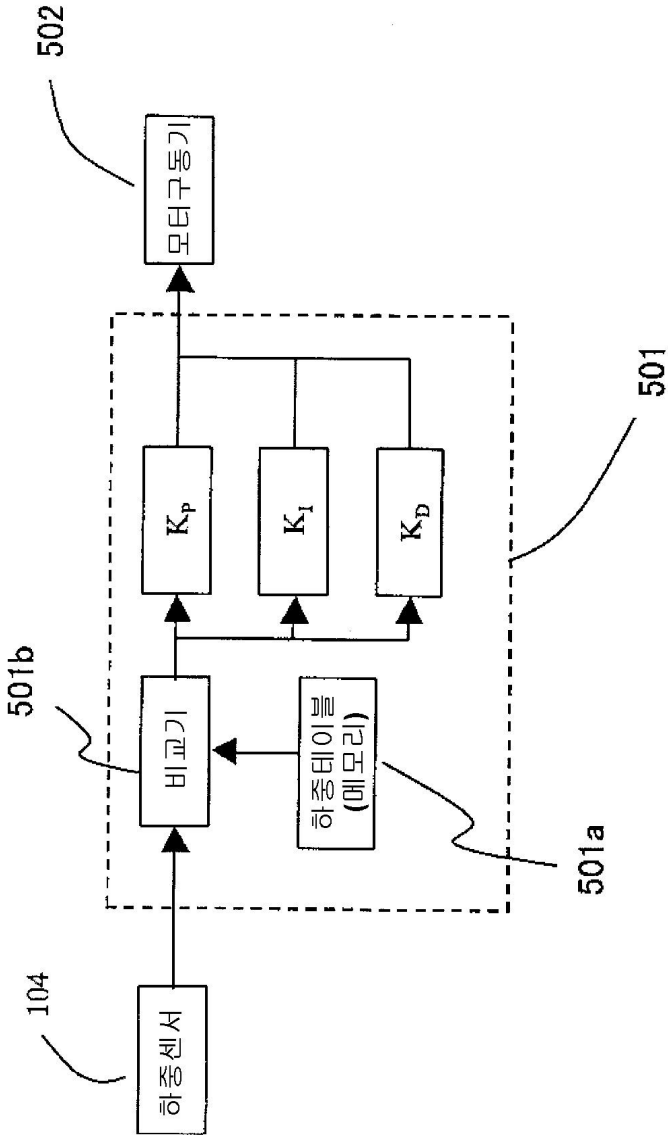
도면6



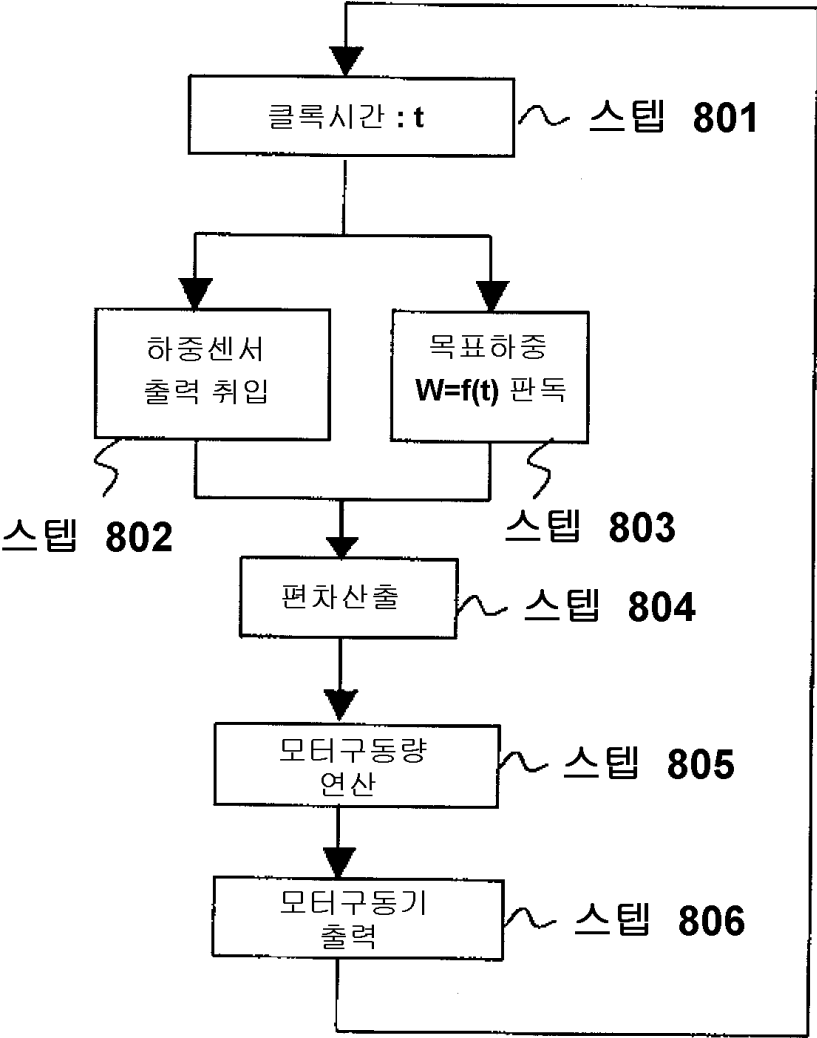
도면7



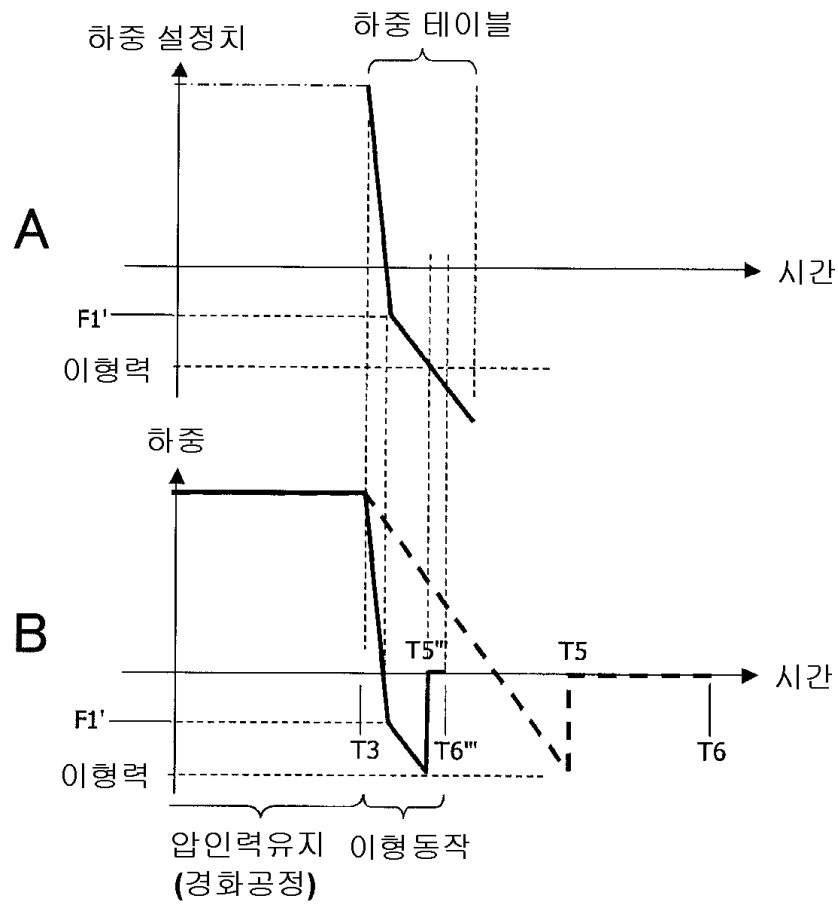
도면8



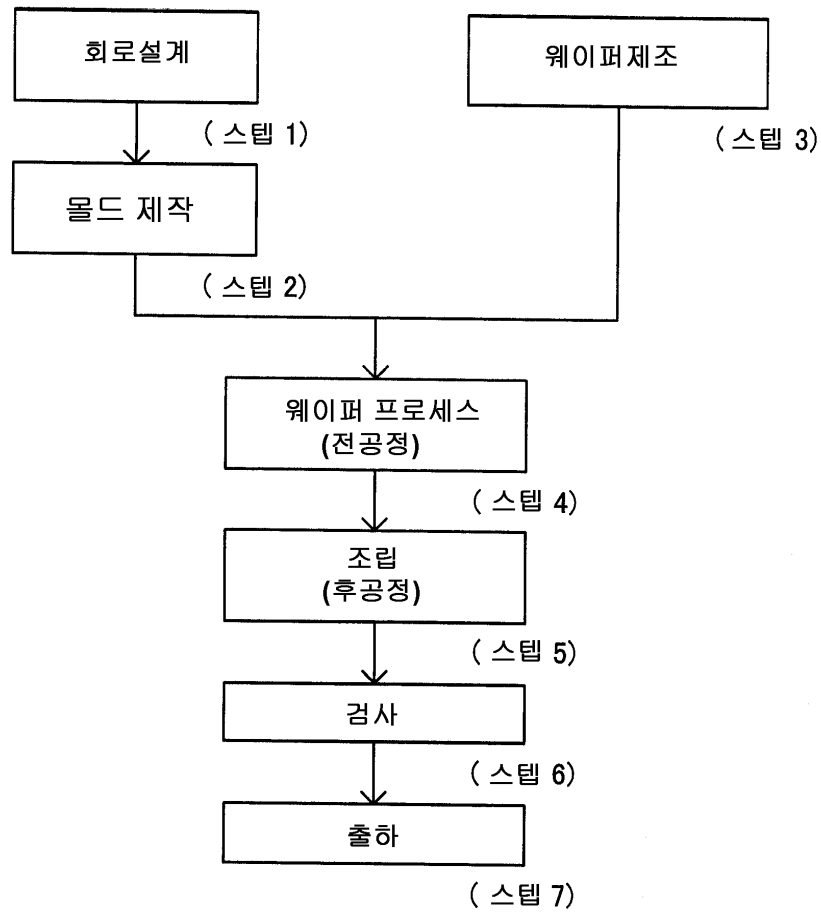
도면9



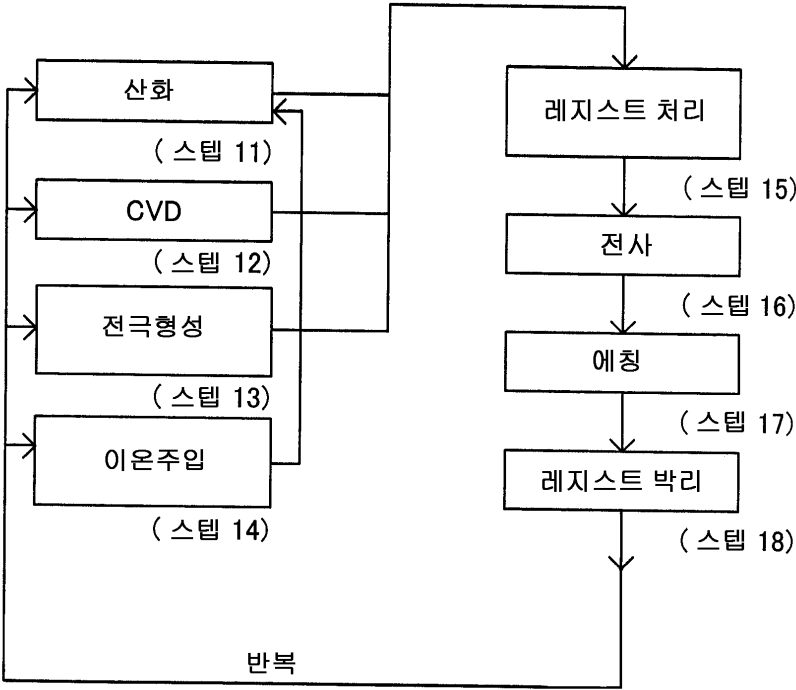
도면10



도면11



도면12



도면13

