



등록특허 10-2121928



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월11일  
(11) 등록번호 10-2121928  
(24) 등록일자 2020년06월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G03F 7/00* (2006.01) *B29C 43/02* (2006.01)  
*B29C 43/56* (2006.01) *B29C 59/02* (2006.01)  
*G03F 9/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G03F 7/0002* (2013.01)  
*B29C 43/021* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0035806  
(22) 출원일자 2017년03월22일  
심사청구일자 2018년09월21일  
(65) 공개번호 10-2017-0113166  
(43) 공개일자 2017년10월12일  
(30) 우선권주장  
15/084,947 2016년03월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현  
US20060197036 A1

(뒷면에 계속)  
전체 청구항 수 : 총 11 항

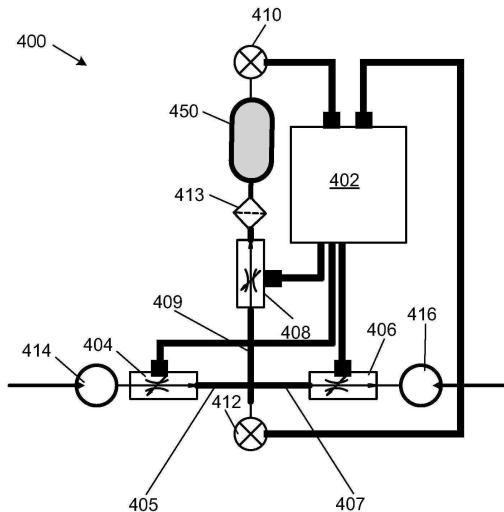
심사관 : 박부식

(54) 발명의 명칭 나노 임프린트 리소그래피를 위한 시스템과 방법 및 디바이스 제조 방법

**(57) 요 약**

템플릿 패턴을 유체 레지스트로 충전하는 것 및/또는 템플릿을 기판 위의 경화 레지스트로부터 분리하는 것을 보조하기 위해서 템플릿 또는 기판을 편향하기 위해 유지된 임프린트 템플릿 또는 기판 뒤에 공기 공동을 가압하고 감압하는 임프린트 리소그래피 시스템. 상기 시스템은 다른 방식으로 오버레이 정밀도 제어, 유체 확산 제어 및 분리 제어에 부정적인 영향을 미치는 공동 내의 압력과 진동을 감소시키기 위해 공기 공동 압력을 변조하기 위한 임피던스 밸브, 압력 센서, 제어기를 포함한다.

**대 표 도 - 도7**



(52) CPC특허분류

*B29C 59/022* (2013.01)  
*G03F 9/7038* (2013.01)  
*G03F 9/7046* (2013.01)  
*B29C 2043/025* (2013.01)  
*B29C 2043/561* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20100320645 A1  
US4737824 A  
US20170277039 A1  
JP2003533359 A

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

임프린트 리소그래피 시스템이며,

유지된 임프린트 리소그래피 템플릿과 척 사이 또는 유지된 기판과 척 사이에서 공기 공동이 규정되도록 상기 임프린트 리소그래피 템플릿 또는 기판을 유지하도록 구성된 척;

가압 가스 공급 소스와, 가압 가스를 상기 공기 공동으로 공급하기 위해 상기 공기 공동과 유체 연통하는 관련된 압력 밸브;

진공 공급 소스와, 상기 공기 공동에 진공을 인가하기 위해 상기 공기 공동과 유체 연통하는 관련된 진공 밸브;

상기 공기 공동과 상기 가압 가스 공급 소스 및 진공 공급 소스 사이에 위치되어 각각과 유체 연통하는 임피던스 밸브이며, 상기 가압 가스 공급 소스로부터 상기 관련된 압력 밸브를 통해 상기 공기 공동에 공급되는 가스 압력의 양 또는 상기 진공 공급 소스로부터 상기 관련된 진공 밸브를 통해 상기 공기 공동으로 인가되는 진공의 양을 각각 변조하도록 구성된 상기 임피던스 밸브;

상기 공기 공동의 압력 또는 진공의 양을 감지하고 감지된 양에 대응하는 공기 공동 센서 입력값을 제공하는 공기 공동 센서;

상기 압력 밸브 또는 진공 밸브 장소에서의 압력 또는 진공의 양을 감지하고 감지된 양에 대응하는 밸브 센서 입력값을 제공하는 밸브 센서; 및

상기 압력 밸브와 상기 진공 밸브를 제어하고 상기 공기 공동 센서 및 밸브 센서 입력값을 수용하고 수용된 입력값에 기초하여 상기 임피던스 밸브에 출력값을 제공하도록 구성된 제어기를 포함하고,

상기 공기 공동의 가스 압력 또는 진공 압력이 변조되어 상기 공기 공동 내의 압력과 진동을 감소시키도록, 상기 출력값에 응답하여 상기 임피던스 밸브가 상기 공기 공동에 공급되는 가스 또는 인가되는 진공의 양을 증가 또는 감소시키는, 임프린트 리소그래피 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 공기 공동 센서 또는 상기 밸브 센서 또는 둘 모두가 테드 엔드 센서인, 임프린트 리소그래피 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제어기가 제1 정상 상태로부터 제2 정상 상태로 공기 공동 압력을 변경하기 위해 추가적으로 구성되는, 임프린트 리소그래피 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제어기가, 상기 공기 공동에 지속적인 압력과 진공을 공급하고 동적으로 밸런싱함으로써 상기 제1 정상 상태 또는 제2 정상 상태 또는 둘 모두를 유지하도록 추가적으로 구성된, 임프린트 리소그래피 시스템.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 정상 상태 또는 제2 정상 상태 또는 둘 모두가 적어도 0.04kPa의 제어 정밀도 내에서 제어되는, 임프린트 리소그래피 시스템.

#### 청구항 6

임프린트 리소그래피 방법이며,

유지된 임프린트 리소그래피 템플릿과 척 사이 혹은 유지된 기판과 척 사이에서 공기 공동이 규정되도록 상기

임프린트 리소그래피 템플릿 또는 기판이 위에 위치되는 척을 제공하는 단계;

제1 정상 상태에서 상기 공기 공동의 압력을 확립하는 단계; 및

상기 공기 공동으로 가압 가스 공급 소스로부터 양압을 인가하거나 또는 진공 공급 소스로부터 진공 압력을 인가하거나 또는 둘 모두를 인가함으로써 상기 공기 공동의 압력을 제1 정상 상태로부터 제2 정상 상태로 전이하는 단계를 포함하고,

상기 전이하는 단계는, 상기 공기 공동에 인가되는 압력 또는 진공의 양을 변조하여 상기 공기 공동 내의 압력과 진동을 감소시키는 단계를 추가적으로 포함하는, 임프린트 리소그래피 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 변조는, 압력과 진공 각각이 상기 공기 공동으로 인가될 때 압력과 진공의 공압 임피던스를 동적으로 매칭하기 위해 상기 공기 공동과 압력 및 진공 공급 소스들 사이에 임피던스 서보 밸브를 제공하는 것을 추가적으로 포함하는, 임프린트 리소그래피 방법.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 공기 공동에 지속적인 압력 및 진공을 공급하고 동적으로 밸런싱함으로써 상기 제1 정상 상태 또는 상기 제2 정상 상태 또는 둘 모두를 유지하는 단계를 추가적으로 포함하는, 임프린트 리소그래피 방법.

#### 청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제1 정상 상태 또는 상기 제2 정상 상태 또는 둘 모두가 적어도 0.04kPa의 제어 정밀도 내에서 제어되는, 임프린트 리소그래피 방법.

#### 청구항 10

제6항에 있어서, 상기 전이하는 단계는 피드포워드 제어로부터 피드백 제어로 전이하는 단계를 추가적으로 포함하는, 임프린트 리소그래피 방법.

#### 청구항 11

디바이스 제조 방법이며,

제1항에 따른 시스템을 사용하여 기판 위에 패턴화된 층을 형성하는 단계;

상기 패턴화된 층의 패턴을 상기 기판으로 전사하는 단계; 및

상기 기판을 처리하여 상기 디바이스를 제조하는 단계를 포함하는, 디바이스 제조 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 나노-제조는 대략 100 나노미터 수준 이하의 피처(feature)를 갖는 매우 작은 구조의 제조를 포함한다. 나노-제조가 상당한 영향을 가지는 하나의 응용예는 집적 회로를 가공할 때이다. 반도체 가공 산업은 기판 상에 형성되는 단위 면적당 회로를 증가시키면서 생산 수율을 높이고자 계속 노력하고 있으며; 따라서, 나노-제조가 점점 더 중요해지고 있다. 나노-제조는 형성되는 구조의 최소 피처 크기의 계속적인 감소를 허용하면서 더 큰 프로세스 제어를 제공한다.

#### 배경 기술

[0002] 현재 사용되고 있는 예시적인 나노-제조 기술은 일반적으로 나노 임프린트 리소그래피라고 지칭된다. 나노 임프린트 리소그래피는, 예컨대, CMOS 로직, 마이크로프로세서, NAND 플래시 메모리, NOR 플래시 메모리, DRAM 메모리와 같은 집적된 디바이스의 제조, 또는 MRAM, 3D 크로스-포인트 메모리, Re-RAM, Fe-RAM, STT-RAM 등의 다른 메모리 디바이스의 층의 제조를 포함하여, 다양한 응용예에서 유용하다. 예시적인 나노 임프린트 리소그래피 프로세스는 미국 특허 번호 8,349,241, 미국 특허 번호 8,066,930, 및 미국 특허 번호 6,936,194와 같은 여

러 공개 문헌에 자세하게 설명되고, 이를 전부는 본 명세서에 참조로서 원용된다.

[0003] 전술한 각각의 미국 특허에 개시된 나노 임프린트 리소그래피 기술은 형성가능(종합가능) 층에 요철 패턴을 형성하는 것과, 요철 패턴에 대응하는 패턴을 하부 기판에 전사하는 것을 포함한다. 기판은 패터닝 프로세스를 용이하게 하는 원하는 위치를 얻기 위해 모션 스테이지에 결합될 수 있다. 패터닝 프로세스는 기판으로부터 이격된 템플릿과, 템플릿과 기판 사이에 적용된 형성가능 액체를 사용한다. 형성가능 액체는 형성가능 액체에 접촉하는 템플릿의 표면 형상과 일치하는 패턴을 갖는 강성층을 형성하도록 고형화된다. 고형화 후, 템플릿과 기판이 이격되도록, 강성층으로부터 템플릿이 분리된다. 그리고, 고형화된 층의 패턴에 대응하는 요철 이미지를 기판에 전사하기 위해, 기판과 고형화된 층에 대해 에칭 프로세스와 같은 추가적인 프로세스를 실시하게 된다. 패턴화된 기판에 예를 들어 산화, 막 형성, 성막, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등을 포함하여 디바이스 제조를 위한 알려진 단계 및 프로세스를 추가적으로 실시할 수 있다.

## 발명의 내용

### 도면의 간단한 설명

[0004] 본 발명의 특징 및 장점이 상세히 이해될 수 있도록, 첨부 도면에 도시된 실시예를 참조하여 본 발명의 실시예를 보다 구체적으로 설명한다. 그러나, 첨부 도면은 단지 본 발명의 대표적인 실시예를 예시하고 있을 뿐이며, 본 발명은 동일하게 유효한 다른 실시예를 인정할 수 있으므로, 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것을 유의하여야 한다.

도 1은 기판으로부터 이격된 몰드와 템플릿을 갖는 나노 임프린트 리소그래피 시스템의 개략 측면도를 도시한다.

도 2는 도 1에 도시되고, 그 위에 형성된 고형화되고 패턴화된 층을 가지는 기판의 개략도를 도시한다.

도 3은 템플릿에 형상 변조를 부여하기 위해 가압될 수 있는 공기 공동을 포함하는 템플릿 척과 템플릿의 일 부분의 단면도를 도시한다.

도 4a 내지 도 4d는 템플릿 형상 변조를 채용하는 나노 임프린트 프로세스의 일 부분을 도시한다.

도 5는 기판에 형상 변조를 부여하기 위해 가압될 수 있는 복수의 공기 공동을 포함하는 기판 척 조립체와 기판의 일 부분의 단면도를 도시한다.

도 6은 공기 공동 압력 제어 시스템의 개략도를 도시한다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 공동 압력 제어 시스템의 개략도를 도시한다.

도 8은 도 6 및 도 7에 따른 공기 공동 압력 제어 시스템의 시간에 따른 공기 공동 압력 변화의 도식 표현을 도시한다.

도 9는 도 7에 따른 공기 공동 압력 제어 시스템의 시간에 따른 멜브와 공기 공동 압력 변동의 도식 표현을 도시한다.

본 기술분야의 숙련자는 도면의 요소들이 간략하고 명료하게 도시되어 있고 실제 스케일로 도시될 필요가 없음을 이해할 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 대한 이해를 개선하는데 도움이 되도록 도면 중 일부 요소들의 치수는 다른 요소에 비하여 과장될 수 있다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005] 도면, 특히, 도 1을 참조하면, 기판(12) 상에 요철 패턴을 형성하기 위해 사용되는 나노 임프린트 리소그래피 시스템(10)이 도시되어 있다. 기판(12)은 기판 척(14)에 결합될 수 있다. 도시된 바와 같이, 기판 척(14)은 진공 척이다. 그러나, 기판 척(14)은 진공 척, 펀-형 척, 그루브-형 척, 정전 척 및/또는 전자기 척 등을 포함하는 임의의 척일 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 예시적인 척들은 본원에 참조로서 통합된 미국 특허 번호 6,873,087에 설명된다.

[0006] 기판(12)과 기판 척(14)은 스테이지(16)에 의해 추가로 지지될 수 있다. 스테이지(16)는 x-축, y-축 및 z-축을 따라 병진 및/또는 회전 운동을 제공할 수 있다. 스테이지(16), 기판(12) 및 기판 척(14)은 베이스(미도시) 상에 배치될 수도 있다.

- [0007] 기판(12)으로부터 템플릿(18)이 이격되어 있다. 템플릿(18)은 제1 측면과 제2 측면을 갖는 본체를 포함할 수 있으며, 하나의 측면으로부터 메사(mesa)(20)가 기판(12)을 향해 연장되어 있다. 메사(20)는 그 위에 패터닝 표면(22)을 포함할 수 있다. 또한, 메사(20)는 몰드(20)라고 지칭될 수 있다. 대안적으로, 템플릿(18)은 메사(20) 없이 형성될 수도 있다.
- [0008] 템플릿(18) 및/또는 몰드(20)는 용융 실리카, 석영, 실리콘, 유기 중합체, 실록산 중합체, 봉규산 유리, 플루오로카본 중합체, 금속 및/또는 경화 사파이어 등을 포함하는 물질로 형성될 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 본 발명의 실시예가 그러한 구성(예컨대, 평탄한 표면)에 한정되지는 않지만, 도시된 바와 같이, 패터닝 표면(22)은 복수의 이격된 오목부(24) 및/또는 돌출부(26)에 의해 형성된 피처를 포함한다. 패터닝 표면(22)은 기판(12) 상에 형성될 패턴의 베이스를 형성하는 임의의 원래 패턴을 형성할 수 있다.
- [0009] 템플릿(18)은 본 명세서에 더욱 상세화되는 바와 같이 척(28)에 결합될 수 있다. 척(28)은 진공 척, 펀-형 척, 그루브-형 척, 정전 척, 전자기 척 및/또는 다른 유사한 유형의 척으로 구성될 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 예시적인 척이 미국 특허 번호 6,873,087에서 설명된다. 또한, 척(28)은 임프린트 헤드(30)에 결합될 수 있으며, 척(28), 임프린트 헤드(30) 및 템플릿(18)이 적어도 z-축 방향으로 이동 가능하도록, 임프린트 헤드는 브릿지(36)에 이동 가능하게 결합될 수 있다.
- [0010] 나노 임프린트 리소그래피 시스템(10)은 유체 토출 시스템(32)을 추가로 포함할 수 있다. 유체 토출 시스템(32)은 기판(12) 상에 형성가능 물질(34)(예컨대, 중합가능 물질)을 퇴적하기 위해 사용될 수 있다. 형성가능 물질(34)은 액적 분배, 스픬-코팅, 딥 코팅, 화학적 기상 증착(CVD), 물리적 기상 증착(PVD), 박막 퇴적, 후막 퇴적 등과 같은 기술을 사용하여 기판(12)상에 위치될 수 있다. 형성가능 물질(34)은, 설계 고려 사항에 따라 몰드(22)와 기판(12) 사이에 원하는 체적이 형성되기 전에 및/또는 형성된 후에, 기판(12) 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 형성가능 물질(34)은 모두 본원에 참조로서 통합된 미국 특허 번호 7,157,036 및 미국 특허 번호 8,076,386에 설명된 바와 같이 단량체 혼합물을 포함할 수 있다.
- [0011] 도 1 및 도 2를 참조하면, 나노 임프린트 리소그래피 시스템(10)은 경로(42)를 따라 에너지(40)를 전달하는 에너지 소스(38)를 추가로 포함할 수 있다. 임프린트 헤드(30)와 스테이지(16)는 경로(42)와 중첩되게 템플릿(18)과 기판(12)을 위치시키도록 구성될 수 있다. 카메라(58)도 경로(42)와 중첩되게 배치될 수 있다. 나노 임프린트 리소그래피 시스템(10)은 스테이지(16), 임프린트 헤드(30), 유체 토출 시스템(32), 에너지 소스(38) 및/또는 카메라(58)와 통신하는 프로세서(54)에 의해 조절될 수 있으며, 메모리(56)에 저장된 컴퓨터 판독 가능한 프로그램에 따라 작동할 수 있다.
- [0012] 임프린트 헤드(30)와 스테이지(16) 중 어느 하나 또는 둘 모두는, 형성가능 물질(34)로 충전되는 원하는 체적을 몰드(20)와 기판(12) 사이에 형성하기 위해 이들 사이의 거리를 변화시킨다. 예컨대, 몰드(20)가 형성가능 물질(34)에 접촉하도록, 임프린트 헤드(30)가 템플릿(18)에 힘을 인가할 수 있다. 원하는 체적이 형성가능 물질(34)로 충전된 후, 에너지 소스(38)는 에너지(40), 예를 들어, 자외선을 생성하여 패터닝 표면(22) 및 기판(12)의 표면(44)의 형상과 일치하도록 형성가능 물질(34)을 고형화 및/또는 가교 결합시켜서 기판(12) 상에 패턴화된 층(46)을 규정한다. 패턴화된 층(46)은 잔류층(48)과, 돌출부(50)와 오목부(52)로 도시된 복수의 피처를 포함할 수 있으며, 돌출부(50)는 두께( $t_1$ )를 갖고, 잔류층은 두께( $t_2$ )를 갖는다.
- [0013] 상기 언급된 시스템과 프로세스는 모두 참조로 그 전체가 본원에 포함되는 미국 특허 번호 6,932,934, 미국 특허 번호 7,077,992, 미국 특허 번호 7,179,396, 미국 특허 번호 7,396,475에 설명된 임프린트 리소그래피 프로세스와 시스템에 추가적으로 채용될 수 있다.
- [0014] 도 1과 도 3을 추가로 참조하면, 템플릿(18)은 템플릿 척(28)에 결합된다. 템플릿 척(28)은 대향된 측부들(61, 63)을 포함하며, 제1 측부(61)는 내부 지지 영역(64)에 의해 규정되는 내부 오목부(62)와 외부 오목부(66)를 포함하고, 내부 지지 영역(64)과 외부 지지 영역(68)에 의해 규정된다. 즉, 외부 지지 영역(68)은 외부 오목부(66), 내부 지지 영역(64), 내부 오목부(62)를 둘러싸고, 내부 지지 영역(62)은 내부 오목부(62)를 둘러싼다. 특정 실시예에서, 외부 지지 영역(68)은 정사각형 형상을 가지고, 내부 지지 영역(64)은 원형 형상을 가진다; 그러나, 다른 실시예에서, 지지 영역들(62, 68)은 원하는 임의의 기하학적 형상을 포함할 수 있다. 템플릿 척(28)의 일 부분(68)은 내부 오목부(62)와 중첩되고, 사전결정된 파장 또는 파장의 범위를 가지는 방사선에 대해 투명할 수 있다. 그 부분(68)은 유리와 같은 투명한 물질의 박층을 포함할 수 있다. 그러나, 그 부분(68)의 물질은 에너지 소스에 의해 방출되는 방사선의 파장에 의존할 수 있다. 그 부분(68)은 측부(63)로부터 연장되어 오목부(62)의 근처에서 종단하고, 부분(68)은 몰드(20)가 부분(68)과 중첩되도록, 적어도 유지된 템플릿(2

8)의 몰드(20)의 면적만큼 큰 면적을 가진다.

[0015] 템플릿 척(28)은 스루웨이(78, 80)를 포함한다. 대안적인 실시예에서, 템플릿 척(28)은 상이한 개수의 스루웨이를 가질 수 있다. 스루웨이(78)는 오목부(62)를 표면(63)과 유체 연통하도록 두지만, 다른 실시예에서, 스루웨이(78)는 오목부(62)를 템플릿 척(28)의 임의의 표면과 유체 연통하도록 둔다. 스루웨이(80)는 오목부(64)를 측부(63)와 유체 연통하도록 두지만, 다른 실시예에서, 스루웨이(80)는 오목부(64)를 템플릿 척(28)의 임의의 표면과 유체 연통하도록 둔다. 스루웨이(78, 80)는 각각 펌프 시스템(86)과 같은 압력 제어 시스템과 유체 연통하도록 오목부(62, 64)를 두는 것을 용이하게 수 있다.

[0016] 펌프 시스템(86)은 오목부(62, 64)에 근접하면서 압력을 조절하기 위한 하나 이상의 펌프를 포함할 수 있다. 그 때문에, 템플릿(18)이 템플릿 척(28)에 결합될 때, 템플릿(18)은 지지 영역(64, 68)에 대해 놓이고, 오목부(62, 64)를 덮는다. 템플릿(18)의 가요성 영역(72)은 오목부(62)와 중첩될 수 있으며, 내부 챔버 또는 공동(83)을 규정하고, 템플릿(18)의 더 두꺼운 영역(74)은 오목부(64)와 중첩될 수 있으며, 외부 챔버 또는 공동(85)을 규정한다. 펌프 시스템(86)은 챔버 또는 공동(83, 85)의 압력을 제어하기 위해 작동된다. 템플릿(18)의 가요성 영역에 원하는 형상 변조를 부여하기 위해 챔버 또는 공동(83)이 양압 및/또는 음압에 노출되는 동안, 챔버 또는 공동(85)은 템플릿 척(28)에 대해 템플릿(18)을 유지하기 위해 적절한 진공 압력에서 보유되거나 유지될 수 있다. 그러한 형상 변조는 (a) 중합가능 물질이 템플릿의 패턴 피처를 충전하는 속도를 개선하고 또한 그 도중에 충전 관련 결함을 최소화하는 것, (b) 분리 품질을 개선하는 것(즉, 완화된 분리 관련 결함을 가지고 템플릿을 중합체 물질로부터 분리하는 것)을 포함하여 나노 임프린트 리소그래피 프로세스에 중요한 장점을 제공한다. 도 4a 내지 도 4d를 특히 참조하면, 그러한 형상 변조의 예시가 도시된다. 도 4a에서, 공동(83)은 기판(12)과 퇴적된 형성가능 물질(34)을 향하여 템플릿(18)의 가요성 영역(72) 및 몰드(20)를 휘게 하거나 굴곡시키기 위해 가압된다. 도 4b에서, 몰드(20)의 패턴화된 표면은 형성가능 물질(34)을 접촉하였고 물질은 중심에서 주변 방향으로 몰드(20)의 패턴화된 표면을 충전하는 것을 시작하였다. 도 4c에서, 완전히 완료되지 않더라도, 패턴화된 표면의 충전은 거의 완료되고, 기판과 완전히 평행하지 않더라도, 가요성 영역(72)이 평행 조건에 접근하도록 공동(83)의 압력이 감소된다. 또한 임의의 필수적인 오버레이 정렬 조정이 이 단계에서 완료된다. 도 4d에 도시된 바와 같이, 패턴화된 표면은 완전히 충전되었고, 오버레이 조정이 이루어졌으며, 형성가능 물질(34)은 기판(12) 위에 패턴화된 층을 형성하기 위해 고형화되었다. 그리고 템플릿(18)은 예를 들어 공동(83)에 가압 및/또는 진공을 인가함으로써 템플릿 형상을 변조하는 것을 마찬가지로 포함하는 프로세스에 의해 형성된 패턴 층(도시 생략)으로부터 분리될 수 있다.

[0017] 마찬가지로 기판 척은 유지된 기판의 형상 변조를 제공하도록 구성될 수 있다. 이는 무엇보다도 형성된 패턴화된 층으로부터 템플릿의 분리를 위해 유리할 수 있다. 도 5를 참조하면, 척킹된 조건에서 기판(12)을 유지하는 웨이퍼 척(14)이 도시된다. 웨이퍼 척(14)은 외부 존(202), 중간 존(204), 중앙 존(206)을 포함하고, 중간 존(204)은 외부 존(202)과 중앙 존(206) 사이에 배치된다. 존들(202, 204, 206) 각각은 오목한 랜드(land)(208)와 완전한 높이인 랜드(210, 212)에 의해 부분적으로 규정된다. 일 실시예에서, 각각의 랜드(208, 210, 212)는 연속적이고, 그러므로 랜드들(208, 210, 212)은 동심(concentric)이다. 외부 존(202)은 랜드(208, 210)에 의해 측방향으로 규정되고, 중간 존(204)은 랜드(210, 212)에 의해 측방향으로 규정되고, 중앙 존(206)은 랜드(212)에 의해 측방향으로 규정된다. 다른 실시예에서, 오목한 랜드(208)는 완전한 높이인 랜드에 의해 대체될 수 있다. 각각의 존이 템플릿(28)의 공기 공동(83)과 유사한 공기 공동으로 고려될 수 있도록, 압력 제어 시스템(도시 생략)은 각각의 존으로 양압 및/또는 음압을 독립적으로 인가하기 위해 랜드들(208, 210, 212)로 연결될 수 있다. 바람직하게는 임프린팅, 경화, 그리고 분리 프로세스 도중에 상이한 압력이 상이한 존으로 인가될 수 있다.

[0018] 나노 임프린트 리소그래피의 중요한 고려 사항 및 요구 사항은 기판 내에 이전에 형성된 패턴화된 층과 형성되고 있는 임프린트 층 사이의 높은 오버레이 정밀도를 포함한다. 특정 나노 임프린트 리소그래피 응용예에서, 높은 처리량(예를 들어, 단계 당  $22 \times 33\text{mm}$ 의 임프린트된 필드 크기로 스텝-앤드-리피트 프로세스에서 1초 미만의 총 시간 버짓)을 유지하는 동안 6nm 이하의 오버레이 정밀도가 요구된다. 전술된 템플릿 척과 템플릿 시스템에 관하여, 내부 공동(83)에 인가된 압력 및/또는 진공은 이러한 목적을 달성하기 위해 엄격히 제어될 필요가 있다. 그러나, 높은 처리량 조건 하에서 종래의 공압 시스템은 분리뿐만 아니라 오버레이 정밀도에도 부정적인 영향을 미칠 수 있는 압력과 진동을 포함하는 압력 불안정성을 생성할 수 있다. 더 자세히는, 그러한 시스템이 내부 공동(83)에 압력을 조정하는 것에 효과적일 수 있고, 그로 인해 템플릿(18)의 바람직한 형상 변조를 이행 할 수 있지만, 이를 이행하는 동안 압력 시스템이 공동 내의 압력을 증가 혹은 감소시키기 위해 작동될 때 공동(83) 내에 압력과 진동이 생성된다. 차례로 이러한 압력과 진동은 나노미터 스케일에서의 템플릿(18)의 측방향

이동(즉, x-y 평면에서의 이동)을 포함하여 원하지 않은 이동을 생성할 수 있다. 유체 충전 및 정렬 단계 동안의 그러한 나노미터 스케일 축방향 이동은 오버레이 정밀도를 간섭하고 교란시키며, 이는 오버레이 결함으로 이어진다. 또한, 분리 도중의 그러한 나노미터 스케일 축방향 이동은 형성된 패턴화된 층의 형성된 패턴 피쳐에 원하지 않은 전단 응력을 부여하고, 이는 분리 결함(예를 들어, 피쳐 왜곡 및/또는 피쳐 전단)으로 이어진다. 이론적으로, 그러한 압력과 진동의 세기와 후속하는 악영향은 압력 변화율을 낮춤으로써 어느 정도 개선될 수 있으나, 그러한 접근법은 대폭 감소한 처리율을 대가로 할 수 있다. 또한, 전술된 우려 사항들은 템플릿(18)과 공동(83)에 관하여 표현되었지만, 예를 들어 기판 척(14)의 존(202, 204, 206)에서 압력을 조정할 때에도 압력과 진동의 동일한 우려 사항과 단점이 적용됨을 이해해야 한다.

[0019] 도 6은 공기 공동(350)에 대한 압력을 제어하기 위한 압력 제어 시스템(300)을 도시한다. 시스템은 공기 공동(350)에 전달된 가압 공기의 양 또는 인가된 진공의 양을 제어하기 위한 종래의 압력 조정기(301) 및 종래의 진공 조정기(321)를 포함한다. 압력 조정기(301)는 압력 제어기(302)를 포함한다. 도시된 바와 같이 압력 제어기(302)의 제어 하의 압력 벨브(304)는 가압 가스 공급 소스(314)로 연결되며, 연결 투브(316), 스위치 벨브(340), 연결 투브(342), 공기 필터(344), 그리고 투브(346)를 통해 가압 소스(314)로부터 공기 공동(350)으로 가압 가스를 공급한다. 공기 공동(350)을 감압하기 위해, 압력 벨브(304)가 폐쇄되고 통기 벨브(306)가 대기(312)로 공기 공동을 통풍하기 위해 개방된다. 유사하게, 진공 조정기(321)는 진공 제어기(322)를 포함한다. 진공 제어기(342)의 제어 하의 진공 벨브(324)는 도시된 바와 같이 연결 투브(336), 스위치 벨브(340), 연결 투브(342), 공기 필터(344) 그리고 투브(346)를 통해 공기 공동(350)으로 진공을 인가하기 위해 진공 소스(334)로 연결된다. 공기 공동(350)을 대기 압력으로 재-가압하기 위해, 진공 벨브(324)는 폐쇄되고 통기 벨브(326)는 대기(332)로부터 공동(350)으로 공기를 통풍하기 위해 개방된다. 스위치 벨브(340)는 압력 및 진공 조건 사이에서 스위칭 하기 위한 토클 스위치이다. 스위치 제어기(360)는 압력 제어기(302)와 진공 제어기(322)로부터의 입력에 응답하여 스위치 벨브(340)를 제어한다. 인라인 압력 센서들(310, 330)은 각각의 제어기들(302, 322)로 압력 피드백을 제공한다. 시스템(300)은 적어도 후속하는 세 개의 단점을 겪는다. 첫 번째로, 공기 공동(350)의 압력 상태들 사이에서의 전이 시간은 압력 소스(314)[또는 진공 소스(334)]와 공기 공동(350) 사이의 공기 유량에 의해 제한된다. 이러한 유량은 압력 소스(314) 혹은 대기(312)[또는 진공 소스(334) 혹은 대기(332)]와 공기 공동(350) 사이의 압력차에 비례한다. 많은 경우에 이러한 압력차는 높은 처리율을 위해 필요한 높은 유량을 확립하기에 충분하지 않다. 두 번째로, 0 압력 조건 또는 그 부근을 유지하기 위한 노력으로서 스위치 벨브(340)를 압력과 진공 사이에서 왔다갔다 기계적으로 토클링 하는 것은 이 조건 하에서 원활한 정상 상태를 유지하는 것을 어렵게 한다. 세 번째로, 인-라인 압력 센서들(310, 330)은 공기 공동(350)로부터 센서들의 물리적 변위로 인해서, 그리고 라인들(316, 336)의 난류에 대한 압력 측정치에서의 변동에 대한 센서들의 민감성들 모두로 인해서, 높은 정밀도의 제어 목적을 위해서 공기 공동 압력의 충분히 정밀한 측정값을 제공하기 위해 구성되지 않는다.

[0020] 도 7은 특히 높은 처리량 조건 하의 정상 상태간 전이 시, 감소된 압력과 진동으로 공동 내의 압력을 정밀하게 제어하기 위한 시스템과 방법을 제공하는 본 발명의 일 실시예를 도시한다. 그러므로 그러한 시스템과 방법은 오버레이 오류와 분리 결함을 최소화하면서 높은 처리량을 제공한다. 더욱 특히는, 시스템(400)은 공기 공동(450) 내의 압력을 제어하기 위해 구성되고, 공기 공동은 여기서 예를 들어 도 3에 도시된 템플릿(18)과 템플릿 척(28) 조립체에 의해 규정된 내부 공동(83) 또는 도 5에 도시된 기판(12)과 기판 척(14) 조립체의 존들(202, 204 또는 206)을 나타내는 것으로서 도시된다. 시스템(400)은 압력 벨브(404), 진공 벨브(406) 및 임피던스 벨브(408)를 제어하기 위해 구성된 제어기(402)를 포함한다. 특정 실시예에서, 압력 벨브(404), 진공 벨브(406) 및/또는 임피던스 벨브(408)는 높은 유량, 고속 응답 서보 벨브이다. 본 명세서에서 추가적으로 설명되는 바와 같이, 임피던스 벨브(408)는 정상 압력 상태간의 제어된 전이 도중, 공동(450) 내의 압력 진동을 회피하기 위해서 공압 임피던스를 동적으로 매칭하기 위해 사용된다. 그러한 전이 제어는 피드포워드 및/또는 피드백 제어를 사용할 수 있다. 도시된 바와 같이 압력 벨브(404)는 가압 가스 공급 소스(414)에 연결되고, 연결 투브(405, 407), 임피던스 벨브(408), 공기 필터(413)를 통해 소스(414)로부터 공기 공동(450)으로 가압 가스를 공급한다. 일 실시예에서, 가압 가스 공급 소스(414)는 청정 건조 공기(CDA: clean dry air)를 공동(450)으로 공급한다. 도시된 바와 같이 진공 벨브(406)는 진공 공급 소스(416)로 연결되고, 연결 투브(407, 409), 임피던스 벨브(408), 필터(413)를 통해 공동(450)으로 진공을 인가한다. 벨브들(404, 406)은 난류를 최소화 하기 위해 대칭 배열으로 추가적으로 구성된다. 작동에서, 각각 벨브들(404, 406)에 의해 제어될 때, 가스 공급부(414)와 진공 공급부(416)는 높은 속도의 작동 요구 사항을 충족하기 위해서 고속 압력 조정을 제공하기 위해 푸시/풀 모드에서 높은 압력차(양압 또는 진공 중 어느 한쪽)를 생성할 수 있다. 공기 공동 압력 센서(410)는 공기 공동(450)의 데드 엔드(dead end)에 위치설정되고 제어기(402)에 입력값을 제공한다. 벨브 압력 센서(412)는 공기 공

동(450)과 유체 연통하는 연결 투브들(405, 407, 409)의 교차부에 위치설정되고 마찬가지로 제어기(402)로 입력값을 제공한다. 일 실시예에서, 공기 공동 센서(410) 또는 밸브 센서(412) 또는 둘 모두는 데드 엔드 센서이다. 센서들(410, 412)은 공동(450)과 밸브(404, 406)에서의 압력을 측정하기 위해 사용되고 제어기(402)로 관련 입력값을 제공한다. 그러한 입력값으로부터, 제어기(402)는 유량, 저항, 누출을 계산하고, 그리고 시스템(300)에 비해 제어 정밀도를 증가시키며, 일 정상 상태로부터 다른 정상 상태로의 전이 시간을 최소화하고, 상태들간의 그러한 전이를 원활하게 하기 위해 그 입력값과 계산값을 기초로 하여 압력 제어 법칙을 적용한다.

[0021]

본 명세서에 더욱 상세히 설명된 바와 같이, 시스템(400)과 관련 방법의 사용은 종래의 시스템 및/또는 방법에 비해 후속하는 장점을 달성한다: (1) 정상 상태 압력에서 공동 내의 압력 제어 정밀도를 증가시키고, (2) 일 정상 상태로부터 다른 정상 상태로의 전이 시간을 최소화하고, (3) 피드포워드(FF: feed forward)로부터 피드백(FB: feed back)으로의 전이를 원활하게 한다. [여기 사용된 바와 같이, "피드백 제어"라는 용어는 특정된 파라미터 내에서 유지 작동하기 위해서, 출력 값을 제어하기 위해 피드백 신호와 기준 입력값이 비교되는 제어 방법을 지칭하며, "피드포워드 제어"라는 용어는 제어 신호가 플랜트 또는 시스템 모델에 기초하고 프로세스의 출력 전에 적용되는 제어 방법을 지칭한다. 시스템(400)에서, 피드포워드 제어는 예를 들어 공기 공동 체적, 투브 길이, 서보 밸브의 유량 등을 기초로 한다.] 차례로 상기 장점들은 다음의 것들을 포함하여, 중요한 임프린트 리소그래피 요구 사항을 충족시킨다. 첫 번째로, 시스템은 유체 충전 및 정렬 도중 nm 레벨의 오버레이 제어 정밀도를 허용한다. 즉, 이미지 배치 오류로도 지칭되는 오버레이 정밀도는 압력/진공 제어 정밀도에 직접적으로 연관된다. 특정 응용예에서,  $+/- 0.04\text{kPa}$  압력 제어 정밀도가 6nm 오버레이(즉, 이미지 배치 오류  $\leq 6\text{nm}$ )를 달성하기 위해 필요하다. 시스템은 그러한 압력 제어 정밀도를 제공한다. 두 번째로, 예를 들어 유체 충전 및 정렬 단계 도중, 시스템은 0.1초 미만 안에 예를 들어 25kPa로부터 정상 상태 값( $\pm 1\text{kPa}$ )으로의 공동 압력의 신속한 감소를 허용한다. 이는 여전히 총 높은 처리량 시간 버짓 요구 사항을 충족시키면서 동적인 유체 확산과 유체 상태 정렬을 위한 활용 가능 시간을 최대화한다. 세 번째로, 예를 들어 분리 단계 동안, 시스템은 예를 들어 0.1초에 0으로부터  $-30\text{kPa}$ 까지의 목표값으로 공동 압력을 추가적으로 급속 감소하는 것을 허용한다. 유사한 시스템(도시 생략)에서 웨이퍼 척 진공 압력을 0.1초에 예를 들어  $-70\text{kPa}$ 로부터 20kPa까지 증가시키는 것이 마찬가지로 가능하다.

[0022]

도 8은 도 6의 시스템(300)과 도 7의 압력 시스템(400) 하에서 시간에 따른 공기 공동 압력의 변화를 도시한다. 라인(500)은 시스템(300)에 대한 압력 변화를 나타내고 라인(502)은 시스템(400)에 대한 압력 변화를 나타낸다. 시스템(300)에서, 관련된 센서를 구비한 기준 압력 및/또는 진공 조정기는 공동의 압력 변화를 제어하기 위해 사용된다. 전술한 바와 같이, 조정기에 제공된 센서는 압력 밸브 근처에 인라인 위치설정되고 압력은 피드백(FB) 제어 방식을 사용하여 제어된다. 라인(500)에 의해 반영된 바와 같이, 압력 변화는 점근적 곡선을 따라가고, 압력 변화는 초기 상태의 25kPa로부터 0kPa 표적으로 도달하는데 적어도 0.6초 걸린다. 그러므로, 이러한 점근법은 하기하는 단점을 가진다. 첫 번째로, 전체적인 처리량은 피드백(FB) 방식에 의해 제한되고, 이는 그러한 방식이 피드백 신호를 획득하고 처리하는 시간-의존적인 단계를 필수적으로 요구하기 때문이다. 그러나, 피드포워드(FF) 방식이 채용된 경우에도 성능이 개선되지 않을 수 있고, 이는 공기 공동 및 압력 밸브에서 압력과 반사에 의해 발생하는 압력 진동이 0kPa에서 진정한 평형에 전혀 도달하지 않고 1초를 현저하게 초과하여 계속되기 때문이다. 두 번째로, 제어 정밀도는 센서 장소에 영향을 받고, 즉 공기 유동 경로의 난류에 노출되는 인-라인 센서는 정밀도가 떨어지는 압력 측정값을 생성한다. 세 번째로, 공기 공동의 압력과 진공 둘 모두를 제어하기 위해 두 개의 개별적인 조정기가 필요하다. 마지막으로, 공기 공동과 대기 환경 사이의 제한된 압력 차로 인해 압력을 0으로, 또는 그 부근으로 낮출 때의 전이 시간은 길다. 반면, 라인(502)에 의해 반영된 바와 같이 시스템(400)은 0.1초 미만으로 25kPa로부터 0kPa까지의 신속하지만 제어된 전이를 보여준다.

[0023]

도 9를 참조하면, 압력이 25kPa로부터 0kPa로 감소될 때의 시스템(400)의 공기 공동 압력과 밸브 압력 둘 모두가 도시되어 있다. 라인(700)은 공기 공동 압력을 나타내고 라인(702)은 밸브 압력을 나타낸다. 여기서 평형은 약 0.1초 안에 원활하고 신속하게 달성된다. 이는 섹션(704)에 의해 지시되는 제1 전이 상태에서 피드포워드(FF) 제어에 의해 보조된다. 피드포워드(FF) 제어 방식은 예를 들어 가스 공급 압력, 공기 공동 체적, 투브에 의해 발생한 저항, 서보 밸브와 공기 공동을 연결하기 위한 피팅 등과 같은 물리적 하드웨어 그 자체의 제한에 대하여 정상 상태간 전이 시간을 최소화 하기 위해 설계된다. 여기서, 공기 공동(450)으로 증가된 압력이 인가되는지 혹은 감소된 압력이 인가되는지에 따라 다른 나머지 밸브는 완전히 폐쇄된 채로 임피던스 밸브(408)와 압력 밸브(404) 또는 진공 밸브(406) 중 하나가 완전히 개방된다. 완전히 개방되는 시간은 변화된 압력차로 곱해지는 피드포워드(FF) 계수에 의해 계산된다. 완전히 개방되는 시간은 공기 공동(450)의 체적, 현재 밸브와 목표 밸브 사이의 압력차, (진동 또는 압력) 공급 소스 압력과, (진공 또는 압력) 공급 소스와 투브 길이,

튜브, 접속기 및 퍼팅 내부 직경(ID: internal diameter)에 의해 결정되는 공기 공동 사이의 임피던스의 함수이다. 전이 시간은 압력/진공 소스 압력을 증가시킴으로써 및/또는 공기 공동 체적과 시스템의 임피던스를 감소시킴으로써 최소화될 수 있다.

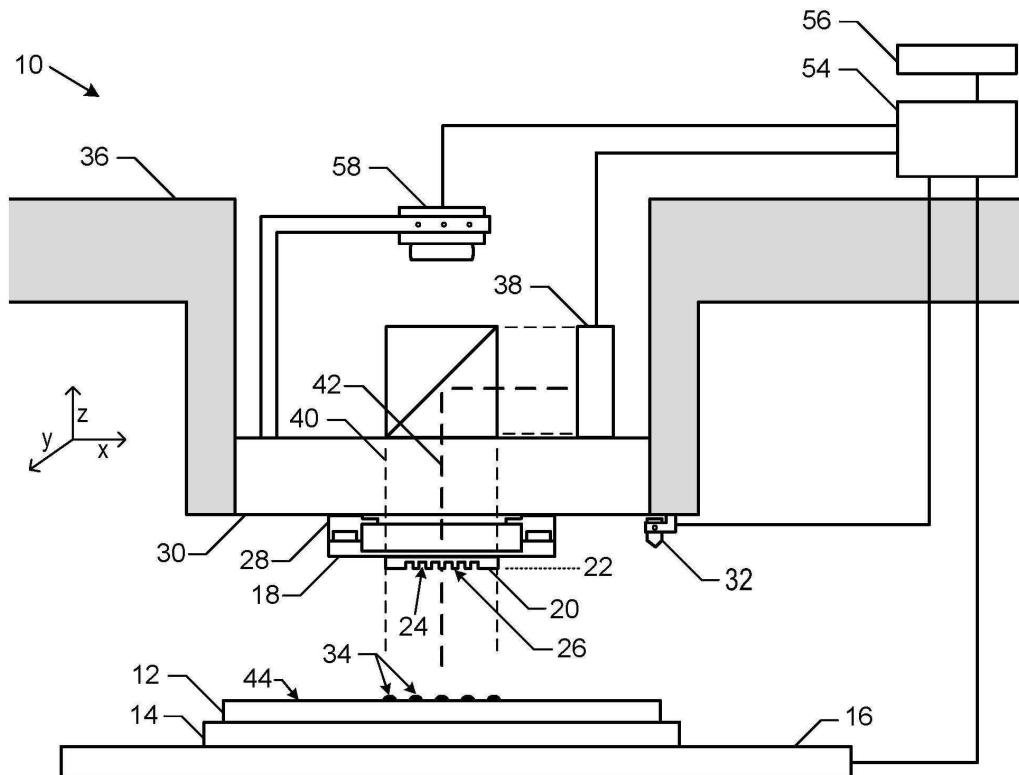
[0024] 706으로 지정된 전이 상태에서, 압력 제어는 피드포워드(FF)로부터 피드백(FB) 방식으로 신속하고 원활하게 전이한다. 여기서, 압력 밸브(404) 또는 진공 밸브(406)는 제어 법칙이 피드포워드(FF)로부터 피드백(FB)으로 전이될 때 완전 개방 상태로부터 정상 상태 밸브로 매끄럽게 전이된다. 여기서 우려 사항은, 밸브를 (FF 제어 하에서)완전히 개방한 것으로부터 (FB 제어 하에서)정상 상태 값으로 신속하게 변환할 때 공기 공동(450) 및 밸브(404 또는 406)에서 공압 임피던스 부정합에 의해 유발되는 압력 진동이다. 그러므로, 제어기(402)에 의한 임피던스 밸브(108)의 제어는 FF 및 FB 상태 사이의 압력 제어 전이와 같이 압력 진동을 감소시키기 위해서 그리고 공급 소스와 부하 임피던스를 매칭하기 위해서 임피던스를 능동적으로 제어하기 위해 활동된다. 밸브 센서(412)와 공기 공동 센서(410) 둘 모두로부터의 입력값은 제어기(402)에 의해서 유량을 추정하기 위해 사용되고 제어 법칙은 압력 진동이 없이 또는 적어도 감소된 압력 진동(예를 들어, 0.04kPa 미만, 또는 0.01kPa 미만, 또는 0.001kPa 미만의 진폭을 가지는 진동)으로 정상 상태 값에 도달하도록 압력을 제어하기 위해서 그리고 한 방향으로 정상상태로 원활하게 압력을 감소시키기 위해서 유량을 제어하기 위해 설계된다.

[0025] 708으로 지정된 정상 상태에서, 제어 정밀도는 피드백(FB) 방식에 의해 제어되고, 압력 센서의 측정 정밀도와 서보 밸브 유량 제어 분해능에 의해 주로 제한된다. 피드백 제어 법칙은 시스템의 누출율을 밸런싱하기 위해서 서보 밸브 유량을 제어하기 위해 설계된다. 공기 공동 센서(410)와 밸브 압력 센서(412) 둘 모두는 누출율과 서보 밸브 유량을 추정하기 위해 피드백 제어기의 입력값으로서 사용된다. 공기 공동(450)(그리고 유사하게는 웨이퍼 측부의 각 개별적인 웨이퍼 척 존)은 최소 누출량을 가지는 밀봉 공동으로서 모델링될 수 있다. 공기 공동(450)의 체적은 상수로서 모델링될 수 있다. 그러므로 정상 상태에서, 공동(450)의 압력은 주로 이상 가스 법칙을 기초로 하여 공기 공동의 가스 분자의 개수에 의존하고, 이는 차례로 누출률과 서보 밸브로부터의 제어될 유량에 의존한다. 서보 밸브의 출력부와 공기 공동의 입력부 사이의 임피던스는 주어진 서보 밸브에 대해 제어 분해능을 증가시키도록 조정된다. 그러므로 제어 정밀도는 오직 센서 정밀도와 서보 밸브 제어 분해능에 의해서만 제한된다. 밸브와 공기 공동 모두에서의 테드 엔드 센서는 공기 유동 경로와 관련된 난류를 회피함으로써 더욱 정밀한 압력 신호를 제공한다. 서보 밸브의 유량 제어 분해능은 직접적으로 제어 정밀도에 영향을 미치는 서보 밸브의 히스테리시스, 테드 존과 같은 비-선형적인 거동에 의해 제한된다. 높은 제어 정밀도를 달성하기 위해서, 밸브 및 공기 공동 센서에 의해 측정될 때의 유량을 기초로 하여, 공기 공동으로의 공기 유동의 유량을 동적으로 밸런싱하기 위해 테드 존의 외부의 서보 밸브의 범위에서 작동하는 진공 및 압력 밸브를 모두 사용함으로써 이러한 유량 제어 분해능이 개선된다. 예를 들어, 정상 상태에서 압력을 조정할 때, 공기 공동 압력이 동적으로 밸런싱되어 유지되도록, 압력 밸브는 동등한 비율로 공기 또는 가스 분자를 보충하기 위한 값으로 개방되지만 진공 밸브는 특정 비율로 공기 또는 가스 분자를 추출하기 위한 값으로 개방된다. 이러한 동적 밸런싱 접근법은 적어도 0.04kPa에서, 또는 적어도 0.01kPa에서, 또는 적어도 0.001kPa에서 또는 보다 우수하게 압력 제어 정밀도를 달성하는 것을 가능하게 한다.

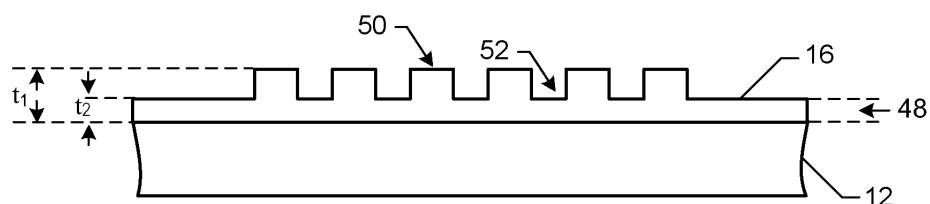
[0026] 이 설명을 참조하면, 다양한 양태에 대한 추가적인 변형예와 대안적인 실시예가 관련 기술 분야의 기술자에게 명백할 것이다. 따라서, 이 설명은 단지 예시적인 것으로 해석되어야 한다. 본원에 도시되고 설명된 형태는 실시예의 예로서 간주되어야 한다는 것을 이해하여야 한다. 구성요소와 물질은 본원에 도시되고 설명된 것들로 대체될 수 있으며, 부품과 프로세스는 반전될 수 있고, 어떤 특징은 독립적으로 사용될 수 있으며, 이 모든 것이 본 설명을 이점을 활용한 후 관련 기술 분야의 기술자에게 명백해질 것이다.

## 도면

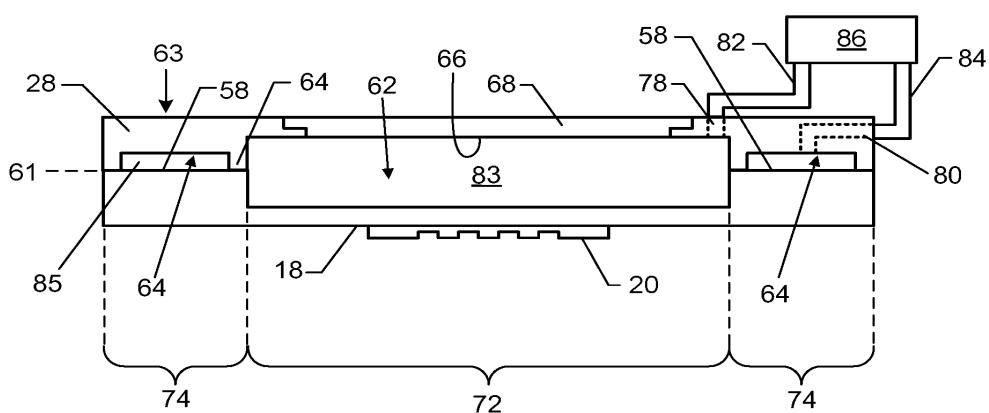
## 도면1



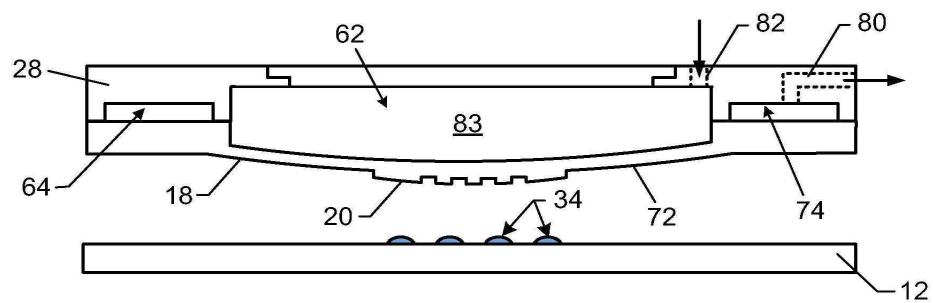
## 도면2



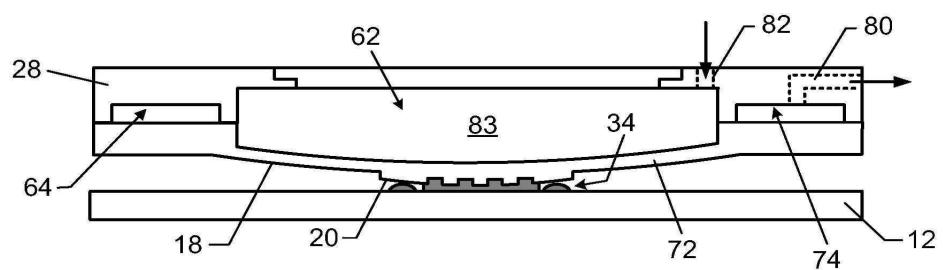
## 도면3



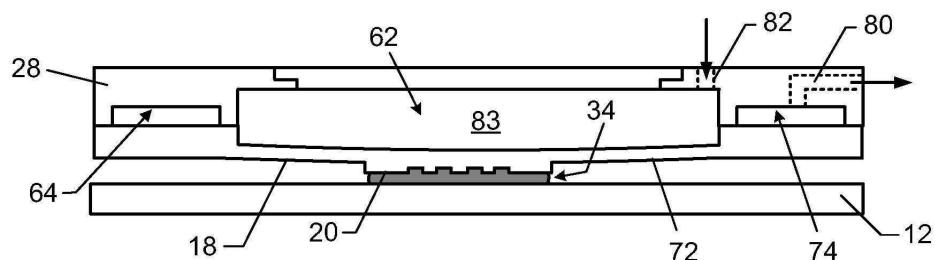
도면4a



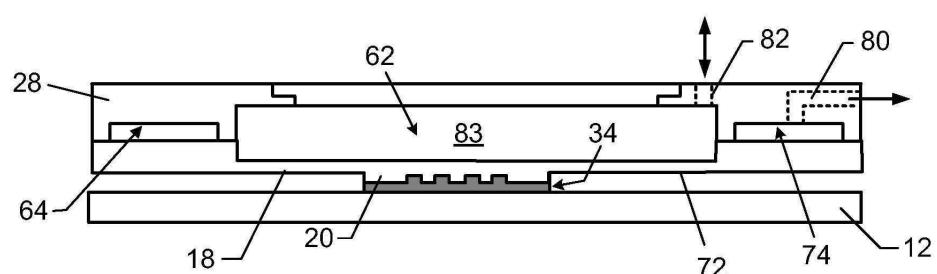
도면4b



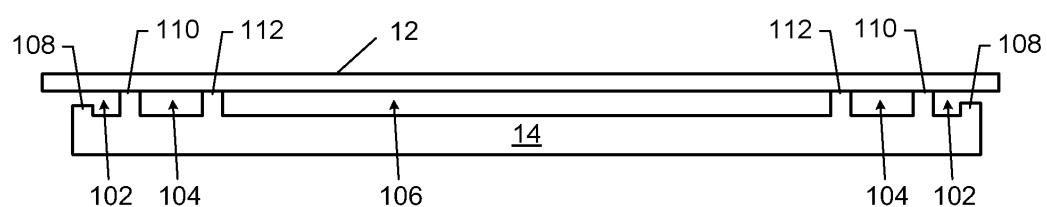
도면4c



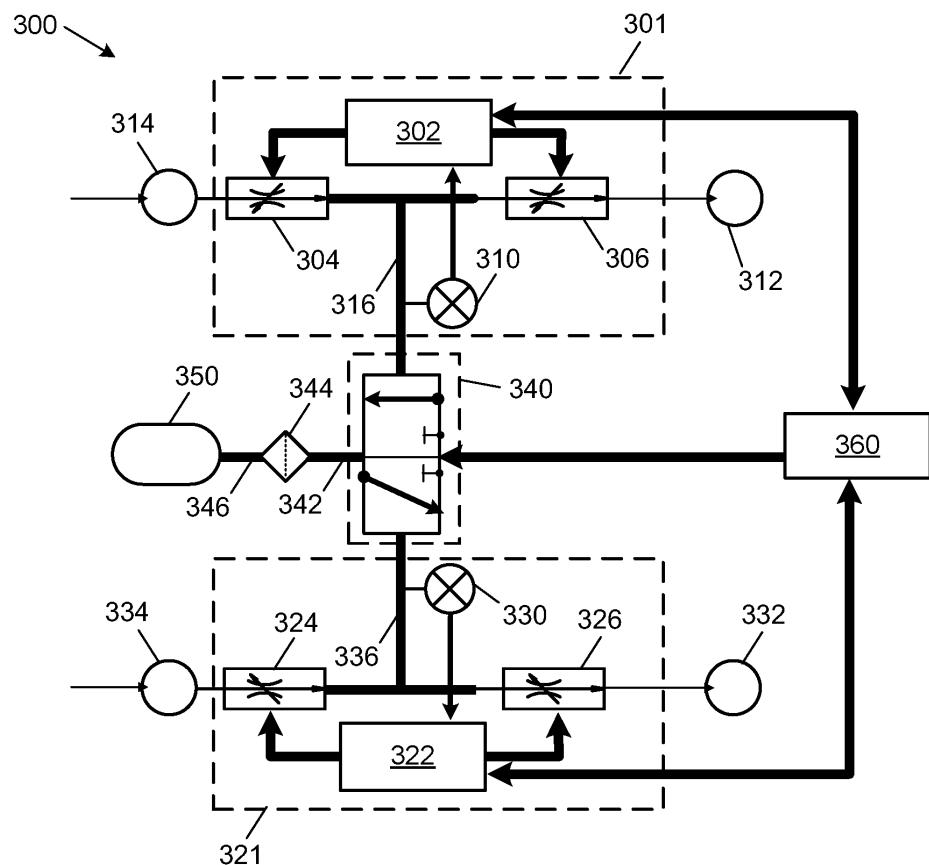
도면4d



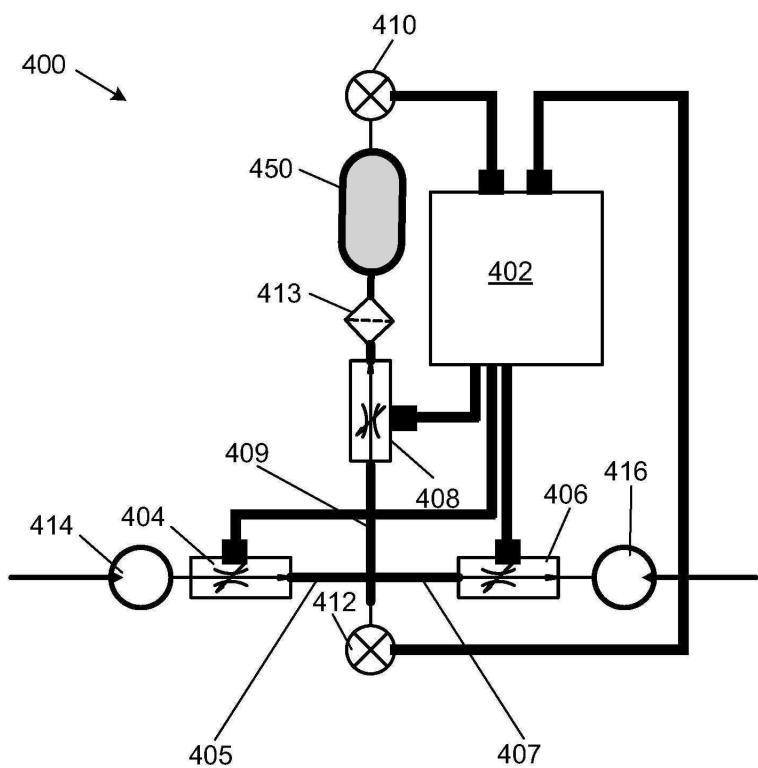
도면5



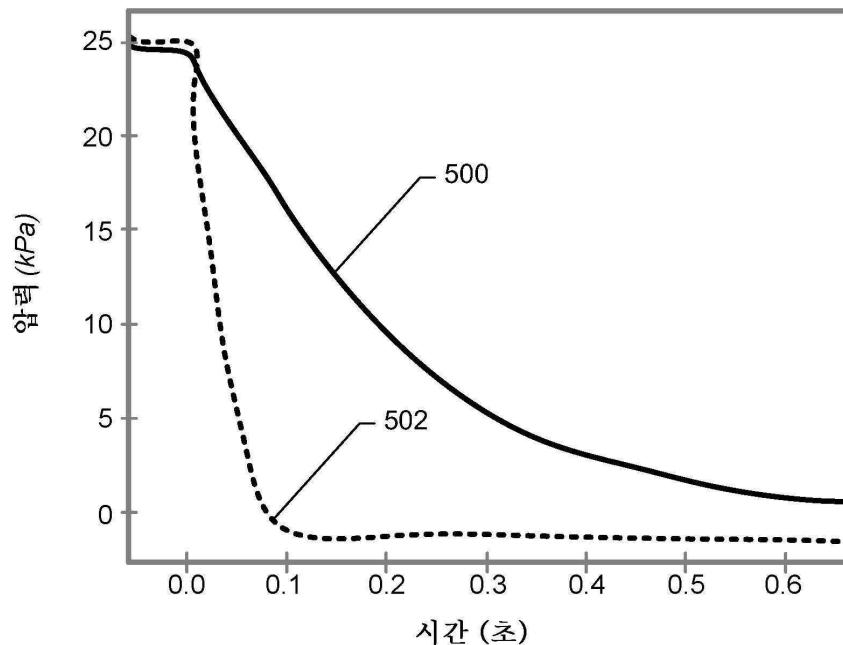
도면6



도면7



도면8



도면9

