



등록특허 10-2647518



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년03월15일  
(11) 등록번호 10-2647518  
(24) 등록일자 2024년03월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/67* (2006.01) *H01L 21/52* (2006.01)  
*H01L 21/683* (2006.01) *H01L 33/20* (2010.01)  
*H05B 3/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01L 21/67144* (2013.01)  
*H01L 21/52* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0143236
- (22) 출원일자 2020년10월30일  
심사청구일자 2023년10월30일
- (65) 공개번호 10-2021-0057667
- (43) 공개일자 2021년05월21일
- (30) 우선권주장  
16/681,215 2019년11월12일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현  
US20180294387 A1

전체 청구항 수 : 총 22 항

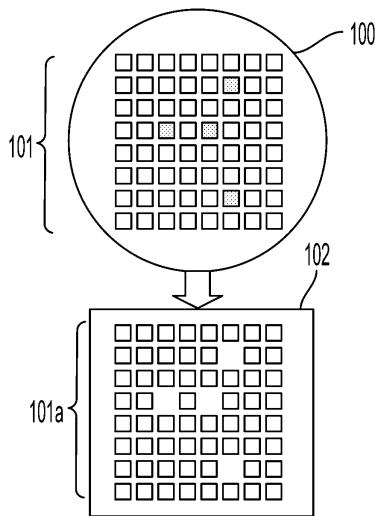
심사관 : 송윤선

(54) 발명의 명칭 강도의 변화에 기초하여 물체를 선택가능하게 보유 및 해제하는 전사 요소

**(57) 요 약**

전사 요소들은 더 낮은 온도에서 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소를 포함한다. 가열 요소는 입력에 응답하여 각각의 접착 요소의 작동 온도를 변화시키도록 작동가능하다. 적어도 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서 온도의 변화를 유발하기 위해 가열 요소들에 입력들을 제공하도록 제어기가 결합된다. 온도의 변화는 전사 요소들의 더 높은 영률과 더 낮은 영률 사이의 변화에 응답하여 전사 요소들이 선택가능하게 물체들을 보유하게 하고 물체들을 해제하게 한다.

**대 표 도 - 도1**



(52) CPC특허분류

*H01L 21/67103* (2013.01)

*H01L 21/6835* (2013.01)

*H01L 33/20* (2013.01)

*H05B 3/0019* (2018.08)

*H01L 2221/68318* (2013.01)

*H01L 2221/68381* (2013.01)

(72) 발명자

퀴안 왕

미국 94040 캘리포니아 마운틴 뷰 힐러리 에비뉴

105

노린 이. 창

미국 94025 캘리포니아 멘로 파크 샤론 파크 드라

이브 675 아파트먼트 246

(56) 선행기술조사문현

KR100998087 B1

KR1020180101541 A

KR1020100059735 A

KR1020170063528 A

KR1020200005237 A

US20160219702 A1

US20100047975 A1

US20190139794 A1

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

장치로서,

2개 이상의 전사 요소들(transfer elements)을 포함하는 전사 기판(transfer substrate)으로서, 상기 전사 요소들 각각은:

더 낮은 온도에서 더 높은 영률(Young's modulus)을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소(adhesion element) - 상기 접착 요소는 스테아릴 아크릴레이트(stearyl acrylate)를 포함함 - ; 및

입력에 응답하여 상기 접착 요소의 작동 온도(operating temperature)를 변화시킬도록 작동가능한 가열 요소(heating element)를 포함하는, 상기 전사 기판; 및

적어도 상기 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서 온도의 변화를 유발하기 위해 상기 2개 이상의 전사 요소들의 각 가열 요소로 입력들을 제공하도록 결합된 제어기를 포함하고,

상기 온도의 변화는 상기 2개 이상의 전사 요소들의 상기 더 높은 영률과 상기 더 낮은 영률 사이의 변화들에 응답하여 상기 전사 요소들이 선택가능하게 상기 전사 기판으로 물체들을 보유하게 그리고 상기 전사 기판으로부터 상기 물체들을 해제하게 하고,

상기 전사 요소들에 의해 상기 물체들을 선택 가능하게 보유하고 해제하는 것은 반복가능하고(repeatable) 가역적인(reservable), 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전사 기판은 유리(glass) 및 탄화규소(silicon carbide) 중 하나 이상을 포함하는, 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 물체들은 서브밀리미터(sub-millimeter) 전자 디바이스들을 포함하는, 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 접착 요소는 우레탄 다이아크릴레이트(urethane diacrylate) 및 스테아릴 아크릴레이트(stearyl acrylate)를 함유하는 공중합체(copolymer)로 형성되는, 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 가열 요소는 저항성(resistive) 가열 요소를 포함하는, 장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어기에 결합되고, 가열 요소들의 각각을 독립적으로 활성화시킬도록 구성된 복수의 능동 전자 구성요소들(active electronic components)을 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 능동 전자 구성요소들은 다이오드들을 포함하고,

각각의 가열 요소는 상기 다이오드들 중 하나와 연결되는 적어도 하나의 단부를 갖는, 장치.

### 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 능동 전자 구성요소들은 박막 트랜지스터들(thin film transistors)을 포함하고,

각각의 가열 요소는 상기 박막 트랜지스터들 중 하나의 드레인 또는 소스에 연결되는 적어도 하나의 단부를 갖는, 장치.

### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 물체들은 상기 전사 기판에 대면하는 평탄한 표면을 갖는 GaN 마이크로-발광 다이오드(LED)칩들을 포함하는, 장치.

### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 GaN 마이크로-LED 칩들은 상기 평탄한 표면 위로 연장되는 돌출부들(protrusions)을 포함하는, 장치.

### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 돌출부들의 최고 지점(highest point)은 상기 평탄한 표면 위로 1  $\mu\text{m}$  내지 20  $\mu\text{m}$  사이인, 장치.

### 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 돌출부들은 규소(silicon), GaN, SiO<sub>2</sub>, SiN, 금속(metal), SU8, 폴리이미드(polyimide) 또는 다른 중합체(polymer) 중 적어도 하나로 제조되는, 장치.

### 청구항 13

방법으로서,

전사 기판 상의 복수의 전사 요소들에 제1 입력들을 적용하는 단계 - 상기 복수의 전사 요소들 각각은 더 낮은 온도에서 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 가지고, 상기 제1 입력들은 상기 복수의 전사 요소들이 상기 더 높은 온도 이상에 있게 하고, 상기 전사 요소들은 스테아릴 아크릴레이트를 포함함 - ;

상기 더 높은 온도 이상에서 상기 복수의 전사 요소들이 도너 기판(donor substrate) 상의 복수의 물체들 각각과 접촉하게 하는 단계;

상기 복수의 전사 요소들이 상기 복수의 물체들 각각을 보유하도록 상기 복수의 물체들과 접촉하는 동안 상기 복수의 전사 요소들을 상기 더 낮은 온도 이하로 냉각시키는 단계;

상기 도너 기판으로부터 상기 복수의 물체들을 들어올리기 용이하게 하기 위해 상기 도너 기판 및 상기 전사 기판 둘 다 또는 둘 중의 하나를 이동시키는 단계;

상기 전사 기판 상의 상기 복수의 물체들이 타겟 기판(target substrate)과 접촉하게 하는 단계; 및

상기 복수의 전사 요소들을 상기 더 높은 온도로 가열하여 상기 복수의 물체들을 해제하고 그리고 상기 전사 기판으로부터 상기 타겟 기판으로 상기 복수의 물체들을 전사하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 전사 요소들에 의해 상기 물체들을 보유하고 해제하는 것은 반복가능하고 가역적인, 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 전사 요소들을 상기 물체들과 접촉하게 하는 단계는,

상기 전사 기판 상의 제2 복수의 전사 요소들이 상기 도너 기판 상의 제2 복수의 물체들과 접촉하게 하면서, 상기 제2 복수의 물체들이 상기 전사 기판에 접착되지 않고 상기 전사 기판과 함께 이동하지 않도록 상기 제2 복수의 전사 요소들이 상기 더 높은 온도 미만인 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 15**

제13항에 있어서,

상기 더 높은 온도는 30°C 내지 65°C 사이이고,

상기 더 낮은 온도는 0°C 내지 30°C 사이이고,

상기 더 높은 영률과 상기 더 낮은 영률 사이의 상 변화 온도 범위(phase change temperature range)는 상기 더 높은 온도 및 상기 더 낮은 온도와 연관되고 20°C 미만인, 방법.

**청구항 16**

제13항에 있어서,

상기 물체들은 상기 전사 기판에 대면하는 평탄한 표면을 갖는 GaN 마이크로-발광 다이오드(LED) 칩들을 포함하는, 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 GaN 마이크로-LED 칩들은 상기 평탄한 표면 위로 연장되는 하나 이상의 돌출부들을 포함하고,

상기 돌출부들의 최고 지점은 상기 평탄한 표면 위로 1 μm 내지 20 μm 사이인, 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 돌출부들은 규소, GaN, SiO<sub>2</sub>, SiN, 금속, SU8, 폴리이미드 또는 다른 중합체 중 적어도 하나로 제조되는, 방법.

**청구항 19**

장치로서,

2개 이상의 전사 요소들을 포함하는 전사 기판으로서, 상기 전사 요소들 각각은:

더 낮은 온도에서 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소 - 상기 더 높은 온도와 상기 더 낮은 온도 사이의 전이는 50°C 미만에서 일어나고, 상기 더 낮은 온도 및 상기 더 높은 온도와 연관된 상 변화 온도 범위는 20°C 미만임 - ; 및

입력에 응답하여 상기 접착 요소의 작동 온도를 변화시키도록 작동가능한 가열 요소를 포함하는, 전사 기판;

상기 2 개 이상의 전사 요소들의 가열 요소들에 입력들을 선택적으로 제공하여 상기 전사 요소들의 서브세트가 적어도 상기 더 높은 온도와 상기 더 낮은 온도 사이의 변화들에 응답하여 도너 기판으로부터 물체들의 대응하는 서브세트를 선택가능하게 보유하고 해제하게 하도록 결합된 제어기; 및

상기 도너 기판으로부터 상기 물체들의 서브세트를 들어올리기 용이하게 하기 위해 상기 도너 기판 및 상기 전사 기판 둘 다 또는 둘 중의 하나를 이동시키고, 상기 전사 기판 상의 상기 물체들의 서브세트가 타겟 기판과 접촉하게 하도록 구성된 하나 이상의 액추에이터들(actuators)을 포함하고,

상기 제어기는 상기 전사 요소들의 서브세트를 상기 더 높은 온도로 가열하여 상기 물체들의 서브세트를 해제하고 상기 전사 기판으로부터 상기 타겟 기판으로 상기 물체들의 서브세트를 전사하고,

상기 전사 요소들의 서브세트에 의해 상기 물체들의 서브세트를 선택가능하게 보유하고 해제하는 것은 반복가능하고 가역적인, 장치.

### 청구항 20

제19항에 있어서,

상기 물체들의 서브세트는 2 MPa 미만인 영률을 갖는 하나 이상의 재료들을 포함하는 보유 층(holding layer) 상에 배치되고,

상기 보유 층은 폴리다이메틸실록산(polydimethylsiloxane) 및 실리콘 겔(silicone gel) 중 적어도 하나로 제조되고, 1  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는, 장치.

### 청구항 21

제19항에 있어서,

상기 더 높은 영률은 상기 더 낮은 온도에서 6 MPa를 초과하고,

상기 더 낮은 영률은 상기 더 높은 온도에서 1 MPa 미만인, 장치.

### 청구항 22

제19항에 있어서,

상기 접착 요소는 우레탄 다이아크릴레이트, 스테아릴 아크릴레이트, 폴리(노르보르넨)(poly(norbornene)), 폴리(우레탄)(poly(urethane)) 및 폴리(스티렌-부타디엔)(poly(styrene-butadiene)) 중 적어도 하나를 함유하는 공중합체로 형성되는, 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

### 배경 기술

### 발명의 내용

[0001] 본 발명은 선택가능한 급격한 강성-연성 전이(rigid-to-soft transition)들을 갖는 선택가능 표면 접착 요소(surface adhesion element)들에 관한 것이다. 일 실시예에서, 장치는 2개 이상의 전사 요소들을 갖는 전사 기판(transferring substrate)을 포함한다. 전사 요소들 각각은 더 낮은 온도에서 더 높은 영률(Young's modulus)을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소를 포함한다. 장치는 입력에 응답하여 접착 요소의 작동 온도를 변화시키도록 작동가능한 가열 요소를 포함한다. 적어도 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서 온도의 변화를 유발하기 위해 2개 이상의 전사 요소들의 가열 요소들에 입력들을 제공하도록 제어기가 결합된다. 온도의 변화는 전사 요소들의 더 높은 영률과 더 낮은 영률 사이의 변화에 응답하여 전사 요소들이 선택가능하게 물체들을 보유하게 하고 전사 기판으로부터 물체들을 해제하게 한다.

[0002] 다른 실시예에서, 방법은 제1 입력을 전사 기판 상의 복수의 전사 요소들에 적용하는 단계를 포함한다. 복수의 전사 요소들 각각은 더 낮은 온도에서 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는다. 제1 입력은 전사 요소들의 서브세트(subset)가 더 높은 온도 이상에 있게 한다. 전사 요소들은 더 높은 온도 이상에서 도너(donor) 기판 상의 각자의 복수의 물체들과 접촉하게 된다. 전사 요소들은 복수의 물체들과 접촉하는 동안 더 낮은 온도 이하로 냉각된다. 전사 기판은 도너 기판으로부터 멀리 이동되며, 물체들의 서브세트가 전사 요소들의 서브세트에 접착되고 전사 기판과 함께 이동한다. 전사 기판 상의 물체들은 타깃(target) 기판과 접촉하게 되고, 물체들의 서브세트는 전사 기판으로부터 타깃 기판으로 전사된다.

[0003] 다른 실시예에서, 시스템은 폴리다이메틸실록산 및 실리콘 젤 중 하나 이상을 포함하는 보유 층 상에 배치된 복수의 물체들을 갖는 도너 기판을 포함한다. 전사 기판은 2개 이상의 전사 요소들을 갖는다. 전사 요소들 각각은 더 낮은 온도에서 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소를 포함한다. 각각의 전사 요소는 입력에 응답하여 접착 요소의 작동 온도를 변화시키도록 작동가능한 가열 요소를 갖는다. 적어도 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서의 변화에 응답하여 전사 요소들의 서브세트가 도너 기판으로부터 물체들을 선택가능하게 들어올리게 하기 위하여 2개 이상의 전사 요소들의 가열 요소들에 입력들을 선택적으로 제공하도록 제어기가 결합된다. 시스템은 도너 기판으로부터 물체들을 들어올리는 것을 용이하게 하기 위해 도너 기판과 전사 기판 중 하나 또는 둘 모두를 이동시키도록 구성된 하나 이상의 액추에이터들을 포함한다.

[0004] 다양한 실시예의 이들 및 다른 특정부 및 태양은 하기의 상세한 설명 및 첨부 도면을 고려하여 이해될 수 있다.

### 해결하려는 과제

### 과제의 해결 수단

### 발명의 효과

### 도면의 간단한 설명

[0005] 이하의 논의는 다음의 도면을 참조하여 이루어지며, 여기서 동일한 도면 부호는 다수의 도면에서 유사한/동일한 구성요소를 식별하는 데 사용될 수 있다. 도면들은 반드시 일정한 축척으로 작성된 것은 아니다.

도 1 및 도 2는 예시적인 실시예에 따른 조립 프로세스를 도시하는 블록 다이어그램.

도 3은 예시적인 실시예에 따른 장치의 측면도.

도 4 및 도 5는 예시적인 실시예에 따른, 전사 기판을 위한 스위칭 매트릭스(matrix)의 개략도.

도 6은 예시적인 실시예에 따른 전사 기판의 측면도.

도 7 및 도 8은 다양한 예시적인 실시예에 따른 전사 기판의 측면도.

도 9a 및 도 9b는 예시적인 실시예에 따른 방법의 다이어그램.

도 10은 예시적인 실시예에 따른 전사가능 물체 상의 돌출부를 도시하는 다이어그램.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 본 발명은 물체의 조작 및 조립, 그리고 일부 실시예에서, 전사 기판을 통한 마이크로 물체(micro-object)의 대량 조립에 관한 것이다. 일부 전자 디바이스는 서로의 상부에 작은 물체들을 기계적으로 오버레이(overlay)함으로써 제조된다. 마이크로 전자 및 마이크로 광학 구성요소는 때때로 층 침착, 마스킹, 및 에칭과 같은 웨이퍼 형성 기법을 사용하여 제조되지만, 소정 부류의 재료들은 서로 성장 호환(growth-compatible)이 가능하지 않다. 그러한 경우에, 조립은 제1 기판 상에 하나의 부류의 디바이스를 그리고 제2 기판 상에 제2 부류의 디바이스를 형성하는 것, 및 이어서, 예를 들어 플립-칩(flip-chip) 또는 전사 인쇄 기법을 통해 이들을 기계적으로 결합시키는 것을 포함할 수 있다.

[0007] 본 명세서에 기술된 태양은, 다수의 마이크로 물체(예전대, 입자(particle), 칩렛(chiplet), 미니/마이크로 LED 다이)를 도너 기판으로부터 다른 기판으로 병렬로 전사하면서 개별 마이크로 물체의 높은 위치 정합(registration)을 유지할 수 있는 시스템에 관한 것이다. 이러한 시스템은 전사 기판으로부터 마이크로 물체를 선택적으로 전사하고, 그 마이크로 물체를 목적지 또는 타깃 기판에 선택적으로 배치하는 것을 허용한다. 이러한 시스템은 마이크로LED 디스플레이와 같은 디바이스를 조립하는 데 사용될 수 있다.

[0008] 대체적으로, 마이크로LED 디스플레이에는 개별 전사 요소를 형성하는 미세한 LED의 어레이로 제조된다. OLED 디스플레이 및 마이크로LED 디스플레이 둘 모두는 종래의 LCD 시스템에 비해 크게 감소된 에너지 요건을

제공한다. OLED와는 달리, 마이크로LED는 종래의 GaN LED 기술에 기초하며, 이는 OLED가 생성하는 것보다 더 높은 총 휘도를 제공할뿐 아니라, 전력 단위당 방출되는 광의 관점에서 더 높은 효율을 제공한다. 이것은 또한 OLED의 더 짧은 수명을 겪지 않는다.

[0009] 마이크로LED를 이용하는 단일 4K 텔레비전은, 이어서 조립될 필요가 있는 약 2500만개의 작은 LED 서브픽셀을 갖는다. 칩릿의 대량 전사는 마이크로LED 제조에 사용될 수 있는 하나의 기술이다. 마이크로LED를 높은 수율로 신속하고 정확하게 타깃 백플레인(target backplane)으로 전사하는 것은, 마이크로LED가 생존가능한 대량 시장 제품이 되기 위해서 제조자가 완벽하게 할 필요가 있는 기법들 중 하나일 것이다. 후술되는 기법들은, 마이크로LED 제조뿐만 아니라, 다수의 (전형적으로) 작은 물체가 한번에 이동될 필요가 있는 다른 조립 절차 및 그려한 디바이스의 서브세트를 전사 매체로 그리고/또는 그로부터 선택적으로 이동시키는 것이 필요할 수 있는 경우에 사용될 수 있다. 그러한 마이크로 물체는 잉크, 사전 침착된 금속 필름, 규소 칩, 접적 회로 칩, 비드(bead), 마이크로LED 다이, 마이크로 전기 기계 시스템(MEMS) 구조체, 및 임의의 다른 사전 제작된 마이크로 구조체를 포함할 수 있지만 이로 한정되지 않는다.

[0010] 임의의 패턴으로 칩릿을 선택적으로 전사할 수 있는 것은, 마이크로LED 디스플레이 제조를 위해 유효 전사 프로세스, 픽셀 보수, 정공/공실 리필(hole/vacancy refill)을 용이하게 하는 데 유용하며, 이는 높은 프로세스 수율을 초래할 것이다. 탄성중합체 스템프가 이러한 유형의 응용을 위해 마이크로스케일 LED 칩을 결정론적으로(deterministically) 전사하는 데 사용되어 왔다. 그러나, 탄성중합체 스템프는 고정 패턴을 가지며, 칩릿의 임의의 패턴을 전사할 수 없다. 불가피하게, 칩릿의 일부 서브세트는 결함이 있을 것이고, 따라서, 그러한 스템프를 사용하여 그들 중 선택된 몇 개를 대체하기가 어려워진다.

[0011] 도 1 및 도 2에서, 블록 다이어그램들은 예시적인 실시예에 따른 디바이스, 시스템, 및 방법을 사용하여 탄성될 수 있는 조립 프로세스의 일례를 도시한다. 도 1에는, 기판(100) 상에 성장되었거나 배치되었을 수 있는 칩릿의 어레이(101)를 포함하는 도너 웨이퍼/기판(100)이 도시되어 있다. 어레이(101) 내의 음영화된(shaded) 칩릿은 결함있는 것으로 식별되었고, 칩릿이 타깃 기판(102)으로 전사되는 경우, 칩릿 어레이의 서브세트(101a)만이, 즉 음영화되지 않은 양호한 칩릿만이 전사된다. 이는, 일단 그들이 식별되면 도너 기판(100)으로부터 서브세트(101a)만을 선택적으로 꺾여 할 수 있는, 도 2에 도시된 바와 같은 전사 기판(200)으로 탄성될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 전사 기판(202)은 후속하여 (예컨대, 상이한 도너 기판으로부터) 칩릿의 제2 세트(200)를 꺾여 한다. 세트(200) 내의 칩릿의 위치는 제1 도너 기판(100) 상의 결함있는 칩릿의 위치에 대응한다. 전사 기판(202)은 이러한 세트(200)를 타깃 기판(102)으로 이동시켜, 작동가능한 칩릿의 전체 세트(201)가 타깃 기판(102) 상에 위치되는 결과를 가져온다.

[0012] 본 발명은, 특히, 마이크로 물체의 서브세트를 선택적으로 보유할 수 있는 한 세트의 전사 요소(예컨대, 전사 픽셀)를 갖는 전사 기판에 관한 것이다. 따라서, 모든 전사 요소들이 서브세트보다 더 큰 마이크로 물체들의 어레이와 접촉할 때에도, 서브세트만이 접착되고 전사될 것이고, 서브세트 밖의 물체들은 뒤에 남겨지거나 달리 영향을 받지 않을 것이다. 유사하게, 전사 기판은 기판에 현재 부착되어 있는 마이크로 물체들의 서브세트를 선택적으로 해제할 수 있어서, 전사 요소들 모두가 현재 마이크로 물체를 보유하고 있는 경우에도 그 서브세트만이 타깃으로 전사되게 할 수 있다. 이러한 프로세스는 반복가능하고 가역적이어서, 물체들의 선택적 보유 또는 해제에 영향을 미치는 영구적인 접합이 필요하지 않게 된다.

[0013] 도 3에서, 측면도는 예시적인 실시예에 따른 장치(300)의 상세 사항을 예시한다. 장치는 2개 이상의 전사 요소(304)를 갖는 전사 기판(302)을 포함한다. 전사 요소(304)는 선택적으로 강도(stiffness)를 변화시키도록 제조될 수 있으며, 강도는 요소들이 제조되는 재료의 영률로서 표현될 수 있다. 영률은 선형 탄성 체제에서 재료 내의 응력(단위 면적당 힘)을 변형률(비례 변형)로 나눈 척도이다. 일반적으로, 더 높은 영률(응력  $\sigma$ 에 대해 더 낮은 변형률)을 갖는 재료는 더 낮은 영률(동일한  $\sigma$ 에 대해 더 높은 변형률)을 갖는 재료보다 더 강성이다. 재료의 동적 성능을 또한 설명하는 저장 모듈러스(storage modulus)와 같은 다른 척도가 재료의 강도를 나타내기 위해 사용될 수 있다. 부품의 성능을 규정함에 있어서 기능적으로 등가일 수 있는 스프링 상수와 같은 일부 척도가 부품의 강도를 나타내기 위해 사용될 수 있다. 그러나, 강도가 정의되고, 전사 요소(304)는 후술되는 바와 같이 디바이스 전사에 이용될 수 있는 온도에 응답하여 강도의 변화를 갖는다.

[0014] 전사 요소(304)들 각각은 더 낮은 온도에서 6 Mpa 초과의 더 높은 영률을 그리고 더 높은 온도에서 1 Mpa 미만의 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소(306)를 포함한다. 전사 요소(304)들 각각은 또한, 입력에 응답하여, 예컨대 입력(310)을 통하여 접착 요소(306)의 온도를 변화시키도록 작동가능한 열 요소(308)를 포함한다. 제어기(312)는 열 요소(308)에 입력(310)을 제공하도록 결합되고, 이에 의해 전사 요소(304)들의 서브세트가 선택가능하

게 전사 기판(302)에 물체(314)를 꽂업 및 보유하고 (선택적으로) 전사 기판(302)으로부터 물체(314)를 해제하게 한다. 특히, 물체(314)는 더 낮은 온도에서 전사 요소(304)에 접착되지 않을 것이지만, 더 높은 온도에서 접착될 것이다. 접착의 신뢰성을 증가시키기 위해, 전사 요소는 전사 기판(302)로부터 물체(314)를 떼어내려고 시도하기 전에 냉각될 수 있다.

[0015] 장치(300)는 마이크로 물체(예컨대, 1  $\mu\text{m}$  내지 1 mm)를 전사 기판(302)으로부터 타깃 기판(316)으로 전사하는 데 사용되는 시스템인 마이크로 전사 시스템의 일부일 수 있다. 접착 요소(306)는 스테아릴 아크릴레이트계(SA)를 함유하는 다중 중합체로 형성될 수 있다. 그러한 경우에, 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이의 차이는, 예컨대 더 높은 온도에서의 1 MPa 미만으로부터 더 높은 온도에서의 6 MPa 초과까지의 영률 및 표면 접착력에서의 현저한 차이가 있도록 접착 요소(306)의 접착성을 조정하기 위해 20°C 미만(또는 다른 경우에 50°C 미만)일 수 있다. 예를 들어 시스템에서의 제어기(312)는 본 명세서에 기술된 바와 같이 물체 전사를 용이하게 하기 위해 기판들 사이의 상태 운동을 유도하는 액추에이터들에 결합될 수 있다.

[0016] 열 요소(308)는 가열 요소 및 냉각 요소 중 하나 또는 둘 모두를 포함할 수 있다. 입력(310)은 전기 신호 및/또는 레이저 광을 포함할 수 있다. 입력(310)은 제어기(312)로 가는 라인들이 전사 요소들(304)의 총 개수보다 더 적도록 (예컨대, 매트릭스 회로를 사용하여) 구성될 수 있다. 전사 요소(304)는 접착 요소(306)와 전사 기판(302) 사이에 단열재(thermal insulator)(309)를 더 포함할 수 있다. 단열재(309)는 기판(302)으로의 열 전달을 방지하는 것을 돋고, 이에 의해 접착 요소(306)에서의 온도 변화에 영향을 주고 응답 시간을 감소시키는데 필요한 에너지의 양을 감소시킨다.

[0017] 일반적으로, 전사 요소(304)는 중간 전사 표면을 형성하며, 중간 전사 표면의 컴플라이언스(compliance)는 온도의 함수로서 조절될 수 있다(예컨대, 급격한 강성-연성 전이를 가질 수 있음). 그러한 표면은 제어되고 선택 가능한 방식으로 마이크로 물체의 그룹을 꽂업 및 해제하는 데 사용될 수 있다. 각각의 전사 요소(304)는 수 마이크로미터 내지 수백 마이크로미터의 측방향 치수(W)를 가질 수 있다. 각각의 전사 요소(304)는 1 마이크로미터 미만 내지 수백 마이크로미터의 총 두께(T)를 가질 수 있다. 전사 어레이의 피치는 수 마이크로미터로부터 수 밀리미터까지 변할 수 있다. 일부 실시예에서, 열 요소(308) 및 단열 층(309)은 서로 물리적으로 격리되지 않는 연속 층이다. 이와 같이, 전사 요소 "픽셀"은 가열/냉각 요소가 개별적으로 어드레스되고 제어될 수 있는 영역이다(도 6 참조). 기판(302) 재료는 유리, 석영, 규소, 중합체 및 탄화규소(SiC)를 포함할 수 있지만 이로 한정되지 않는다. 기판(302)은 수십 마이크로미터 내지 수 밀리미터 범위의 두께 및 수 밀리미터 내지 1 미터의 측방향 치수를 가질 수 있다.

[0018] 예시된 실시예가 2개 이상의 전사 요소(304)를 도시하지만, 일부 경우에, 단일 전사 요소가 사용될 수 있음에 유의한다. 예를 들어, 단일 전사 요소(304)는 로봇 아암의 단부에 배치되는 조작기의 일부일 수 있다. 그러한 구성에서, 단일 전사 요소(304)는 집게(pincer), 진공, 자기(magnetic) 등의 사용을 필요로 하지 않고서 물체를 꽂업하는 데 사용될 수 있다. 다른 구성에서, 보유되고 있는 물체 상에 과도한 압력을 적용할 필요 없이 과자에 도움을 주기 위해 하나 이상의 전사 요소가 집게 또는 다른 보유 부속물의 단부에 배치될 수 있다. 다른 실시예에서와 같이, 열 요소는 보유 및 해제 작동들 동안에 (영률의 변화에 대응하는) 변화 접착력을 증가시킬 수 있다.

[0019] 스테아릴 아크릴레이트(SA)를 포함하는 상 변화 중합체가 접착 요소에 사용하기 위한 쌍안정성 전기활성 중합체(bistable electroactive polymer, BSEP)로서 연구되었다. BSEP 중합체는 그의 유리 전이 온도(Tg) 미만에서 강성 중합체이다. Tg 초과에서, 이것은 큰 파단 신율(elongation at break) 및 높은 유전장 강도(dielectric field strength)를 나타내는 탄성중합체가 된다. 전기적 작동은 유전체 탄성중합체로서 기능하는 고무질 BSEP를 사용하여 Tg 초과에서 수행될 수 있다. 중합체를 Tg 미만으로 냉각시킬 때 변형이 로킹(lock)된다. 형상 변화는 중합체가 Tg를 초과하여 재가열될 때 역전될 수 있다.

[0020] 스테아릴 아크릴레이트(옥타데실 아크릴레이트, SA)계 중합체는 스테아릴 모이어티(moiety)의 결정질 상태와 용융 상태 사이의 그의 급격한 상 전이로 인해 형상 기억 중합체로서 연구되어 왔다. 스테아릴 모이어티의 결정질 응집체의 급격하고 가역적인 상 전이는 온도 사이를 동안 중합체의 강성 상태와 고무질 상태 사이에서 급격한 이동을 초래한다. SA의 전이는 전형적으로 50°C 미만이며, 이때 좁은 상 변화 온도 범위는 20°C 미만이다. 따라서, SA는 급격한 강성-고무질 전이(rigid-to-rubbery transition)를 부여하기 위한 이상적인 성분이다. 이러한 특성을 확인하기 위해 일부 예비 실험이 수행되었다.

[0021] 접착 요소(306)는 스테아릴 아크릴레이트(옥타데실 아크릴레이트, SA)계 중합체, 스테아릴 아크릴레이트 및 우레탄 디아크릴레이트 공중합체 또는 다른 유형의 중합체를 포함하지만 이로 한정되지 않는 재료로 제조될 수

있다. 특히, 우레탄 다이아크릴레이트 및 SA를 함유하는 공중합체는 이들 목적을 위해 바람직한 특성을 갖는 것으로 밝혀졌다. 접착 요소(306)는 바람직하게는 급격한 강성-연성 전이를 가지며, 따라서 접착력은 온도 변화에 의해 용이하게 조절될 수 있다. 열 요소(308)는 열전 가열/냉각 요소, 저항성 히터, 다이오드 히터, 유도 가열 요소, 광학 가열 요소 등일 수 있다. 열 요소(308)는 박막 레지스터, 다이오드 구조체, 및/또는 카본 블랙, 탄소 나노튜브, 엔지니어링 나노입자 등과 같은 높은 광 에너지 흡수 효율 재료를 포함할 수 있다. 단열재 (309)는 폴리이미드, PDMS, 파릴렌, 유리, 산화규소,  $Al_xO_y$ , 및 SxNy 및 이들의 조합과 같은 재료로 제조될 수 있다.

[0022] 일 실시예에서, 전사 기판(302)은 능동 전자장치 구성요소 어레이를 포함하고, 열 요소(308)는 그리드에서 그것들과 상호접속될 수 있다. 이는 도 4 및 도 5에 개략적으로 도시되어 있다. 열 요소(이들 예에서는, 저항기)들의 2D 어레이가 도 4에 도시된 바와 같은 다이오드 또는 도 5에 도시된 바와 같은 트랜지스터에 의해 제어될 수 있다. 도 4에 도시된 실시예에서, 가열 요소(R1 내지 R9)들은 다이오드(D1 내지 D9)들의 매트릭스에 의해 제어된다. 이는 수동 스위칭 매트릭스로서 지정될 수 있으며, 이는 가열 요소를 제어기 칩에 연결하는 데 필요한 전기 와이어의 수를 감소시킨다.

[0023] 이 경우에, 가열 요소들은 횡렬 단위로(row-by-row) 어드레스된다. 예를 들어, R1은 0V로 바이어스될 수 있는 반면, R2 및 R3은 5V로 바이어스된다. C1, C2 및 C3 바이어스 전압들은, 가열 요소(R1, R2 또는 R3)들이 켜지는지(종렬(column)이 5V로 바이어스됨) 또는 꺼지는지(종렬 라인이 0V로 바이어스됨)를 결정할 것이다. 모든 다른 히터는 다이오드가 전류 흐름을 차단하기 때문에 꺼져 있다. 선택된 횡렬이 0V로 바이어스되고 다른 횡렬들 모두가 5V로 바이어스되기 때문에 횡렬들의 나머지 모두에 대해 프로세스가 반복된다. 열 요소의 열 시간 상수(thermal time constant)는 각각의 어드레스 가능 전사에 대해 준 상온(quasi constant temperature)이 유지되는 것을 보장하도록 2D 스캐닝의 "프레임 레이트"보다 더 길도록 설계될 것이다.

[0024] 도 5의 개략도는 열 요소가 다이오드 대신에 트랜지스터(예컨대, 박막 트랜지스터 또는 TFT)에 의해 제어되는 다른 회로를 도시하고, 이는 "능동 매트릭스 스위칭"으로서 지정될 수 있다. 각각의 열 요소는 TFT들 중 하나의 TFT의 드레인 또는 소스에 연결된 적어도 하나의 단부를 갖는다. 트랜지스터를 사용하는 이점은 더 큰 전압 범위 및 더 우수한 절연이 달성될 수 있다는 것이다. 이 경우에, 선택되지 않은 모든 횡렬들은 트랜지스터를 끄기 위해, 예컨대 -5V로 바이어스될 것이다. 횡렬이 선택될 때, 횡렬 라인은 트랜지스터를 켜기 위해, 예컨대 20V로 바이어스된다. 종렬 라인을 특정 전압으로 바이어스하는 것은 선택된 횡렬의 대응하는 가열 요소가 원하는 온도로 가열될 수 있게 한다. 도 4의 실시예와 유사하게, 프로세스는 나머지 다른 횡렬들에 대해 반복될 것이다.

[0025] 도 6에서, 측면도는 다른 예시적인 실시예에 따른 전사 기판(602)을 도시한다. 도 3의 실시예에서와 같이, 전사 기판(602)은 온도에 따라 변화하는 표면 접착력을 갖는 접착 요소(606)를 각각 포함하는 2개 이상의 전사 요소(604)를 갖는다. 전사 요소(604)들 각각은 또한, 입력에 응답하여 국소적 접착 요소(606)(예컨대, 열 요소(608) 근처의 요소의 일부)의 온도를 변화시키도록 작동가능한 열 요소(608)를 포함한다. 이 예에서, 접착 요소(604)는 하나 초과의 전사 요소(604), 이 경우에는 예시된 요소(604) 모두를 덮는 연속 층의 일부이다. 본 명세서에 기재된 실시예들 중 임의의 것은 도 6에 도시된 것과 유사한 복수의 요소를 덮는 단일 층으로 형성되는 접착 요소를 사용할 수 있다.

[0026] 또한, 이러한 실시예는 전사 요소(604)와 기판(602) 사이의 단열재(609)의 사용을 도시하지만, 그러한 단열재(609)는 선택적일 수 있음에 유의한다. 또한, 파선으로 나타낸 바와 같이, 열 요소(608) 및 단열재(609) 중 하나 또는 둘 모두는 하나 초과의 전사 요소(604)를 덮는 단일 층으로서 구현될 수 있다. 그러한 실시예에서, 개별 신호 라인(예컨대, 도 3의 라인(310) 및/또는 도 7의 도파관(1112))은 열 요소 층(608)에 부착될 수 있어서, 개별 전사 요소(608)의 크기 및 위치를 한정하는 영역 내에서 국소 온도 변화가 유도되게 한다.

[0027] 도 7에서, 측면도는 다른 예시적인 실시예에 따른 전사 기판(702)을 도시한다. 도 3의 실시예에서와 같이, 전사 기판(702)은 온도에 따라 변화하는 표면 접착력을 갖는 접착 요소(706)를 각각 포함하는 2개 이상의 전사 요소(704)를 갖는다. 전사 요소(704)들 각각은 또한, 입력에 응답하여 접착 요소(706)의 온도를 변화시키도록 작동가능한 열 요소(708)를 포함한다. 이러한 예에서, 열 요소(708)는 기판(702) 내의 도파관(712)을 통해 전달되는 레이저 광(710)에 의해 활성화된다. 광은 하나 이상의 레이저(716)로부터 제공되고, 가열되지 않아야 할 전사 요소로부터 광을 흡수하거나 그로부터 멀리 광을 방향전환시키는 광학 스위칭 요소(714)를 통해 전사 요소(704)를 선택적으로 활성화시킬 수 있다. 다수의 레이저(716)가 전사 요소당 하나만큼 많이 사용될 수 있고, 이들은 기판(702)에 통합되거나 외부에 장착될 수 있음에 유의한다. 광학 스위치(714)는 전기적으로 활성화될

수 있고, 제어기에 대한 라인들의 수를 감소시키기 위해 도 4 및 도 5에 도시된 다이오드 및 트랜지스터와 유사한 매트릭스로 배열될 수 있다.

[0028] 도 8에서, 측면도는 다른 예시적인 실시예에 따른 전사 기판(802)을 도시한다. 도 3의 실시예에서와 같이, 전사 기판(802)은 온도에 따라 변화하는 표면 접착력을 갖는 접착 요소(806)를 각각 포함하는 2개 이상의 전사 요소(804)를 갖는다. 전사 요소(804)들 각각은 또한, 입력에 응답하여 접착 요소(806)의 온도를 변화시키도록 작동가능한 열 요소(808)를 포함한다. 전사 요소(804)들 각각은, 또한, 열 요소(808)를 전사 기판(802)으로부터 단열시키는 단열재(809)를 포함한다.

[0029] 이 실시예에서, 전사 기판(802)은 만곡되고, 타깃 기판(816)에 대해 회전하는 롤러(813)에 장착된다. 롤러(813) 및 타깃 기판은 또한, 단지 전사 요소들의 서브세트(804)(예컨대, 단일 요소(804))만이 전사 기판(816)과 한 번에 접촉하도록 서로에 대해 선형으로(이 예시에서는 수평으로) 이동한다. 전사 요소들의 서브세트(804)는 물체(814)를 보유 또는 해제하도록 선택적으로 활성화되어, 물체(814)들 중 일부가 타깃 기판(816)으로 선택적으로 전사되게 한다. 좌측에 있는 음영화된 물체(814)가 타깃 기판(816)으로 전사되지 않았음에 유의한다. 롤러(813)의 다른 부분 및 기판(802)이 도너 기판(도시되지 않음)과 접촉할 수 있어서, 물체의 전사는 물체(814)가 도너로부터 꺽여되어 타깃(816)으로 전사되는 롤링 전사 프로세스일 수 있음에 유의한다.

[0030] 롤러(813) 및 기판(802)은 동일한 시간 또는 상이한 시간에 도너 기판 및 타깃 기판과 접촉할 수 있다. 그러한 경우에, 제2 전사 기판(도시되지 않음)이 폐기된 물체(814)를 침착하는 데 사용될 수 있고, 이러한 제2 전사 기판은 또한 만곡된 기판을 사용할 수 있다. 본 명세서에 기술된 다른 실시예들 중 임의의 것이 도 8에 도시된 바와 같이 만곡된 전사 기판 및 롤링 전사 프로세스를 사용할 수 있다. 화살표(820, 821)들로 나타낸 바와 같이, 전사는 롤러(813)를 회전시키는 회전 액추에이터(820), 및 롤러(813)와 기판(802) 사이의 상대 선형 운동을 유도하는 선형 액추에이터(821)에 의해 용이하게 될 수 있다.

[0031] 도 9a 및 도 9b에서, 블록 다이어그램은 예시적인 실시예에 따른 방법을 도시한다. 블록(900)에서, 전사 기판(902)이 전사 요소(904 내지 907)들의 어레이를 갖는 것으로 도시되어 있다. 전사 기판(902)은, 전사 요소(904 내지 907)들의 어레이가 각각의 물체(909 내지 912)들 위에 정렬되도록 도너 기판(908) 위에 위치되는 것으로 도시되어 있다. 음영에 의해 나타낸 바와 같이, 물체(909, 911)들은 도너 기판(908)으로부터 전사되도록 의도되는 물체(909 내지 912)들의 서브세트를 형성한다. 전사 기판(902)은 도너 기판(908)을 향해 이동되거나, 또는 그 반대이다. 이러한 이동은 기판(902, 908)들 사이의 상대 운동을 유도하는 하나 이상의 기계식 액추에이터(901, 903)를 통해 달성될 수 있다.

[0032] 블록(916)에서 도시된 바와 같이, 전사 요소(904 내지 907)들과 물체(909 내지 912)들 사이에 접촉이 이루어질 때, 요소(904, 906)들의 음영화에 의해 나타낸 바와 같이 전기 입력들이 전사 요소(904, 906)들의 서브세트에 인가되었다. 입력들은 서브세트 내의 각각의 전사 요소(904, 906)가 고온(예컨대, 30°C 내지 65°C) 이상이도록 하여, 서브세트 내의 각각의 전사 요소(904, 906)의 접착 요소가 더 낮은 영률(예컨대, 1 Mpa 미만)을 달성하게 한다. 이러한 입력은, 전사 요소(904, 906)들의 서브세트가 물체(909, 911)들의 각자의 서브세트와 접촉하기 전 또는 후에 적용될 수 있다. 물체(909, 911)들의 서브세트는 더 높은 온도 범위에 대응하는 더 낮은 영률에 있는 전사 요소(904, 906)들의 서브세트로(예컨대, 더 낮은 영률에서의 증가된 반데르발스 힘(van der Waals force)으로 인해) 끌어당겨진다. 액추에이터(902, 903)는 이러한 작동 동안에 압력을 인가하도록 구성될 수 있다.

[0033] 전사 요소(904, 906)들의 서브세트 내에 있지 않은 다른 전사 요소(905, 907)들이 더 높은 영률(예컨대, 6 Mpa 초과, 그리고 일부 경우에 10 Mpa 초과)을 갖는 전사 요소(905, 907)를 초래하는 더 낮은 온도(예컨대, 0°C 내지 30°C) 이하에 있을 수 있음에 유의한다. 이러한 제2 영률에서, 다른 전사 요소(905, 907)들은, 예컨대 낮은 반데르발스 힘으로 인해, 각자의 물체(910, 912)들로 끌어당겨지지 않을 것이다. 블록(900)에 도시된 이전 단계에서, 전사 요소(904 내지 907)들이 임의의 온도에 있을 수 있음에 유의한다.

[0034] 블록(918)에서 도시된 바와 같이, 전사 요소(904, 906)들의 서브세트는 더 낮은 온도 이하에서 설정되어 있지만, 여전히 기판(908)으로부터 전사될 물체(909, 911)들의 서브세트들과 여전히 양호한 접촉을 유지하였다. 이는 전사 요소(904, 906)들과 물체(909, 911)들 사이의 인력을 증가시킬 수 있음이 밝혀졌다. 이러한 인력은 전사 요소(904)들에 대면하는 물체(909, 911)들의 표면으로부터 연장되는 돌출부들을 물체(909, 911)들에 추가함으로써 더욱 향상될 수 있다.

[0035] 블록(919)에서 도시된 바와 같이, 전사 기판(902)은 하나 이상의 액추에이터(901, 903)에 의해 도너 기판으로부

터 멀리 이동되어, 다른 물체(910, 912)들이 도너 기판 상에 남아 있는 동안 물체(909, 911)들의 서브세트가 도너 기판(908)으로부터 분리되게 한다. 도 9b의 블록(920)에서 도시된 바와 같이, 전사 기판(902)은 도 9a의 액추에이터(901, 903)들과 동일하거나 상이할 수 있는 액추에이터(921, 923)들에 의해 타깃 기판(922)과 정렬되고 이를 향해 이동된다. 블록(924)에서 도시된 바와 같이, 전사 기판(902) 상의 물체(909, 911)들의 서브세트는 타깃 기판(922)과 접촉한다.

[0036] 선택적으로, 블록(924, 926)들 중 하나 또는 둘 모두에서, 제2 입력들이 전사 요소(904, 906)들의 서브세트에 인가되어, 서브세트 내의 각각의 전사 요소가 더 높은 온도를 달성하거나 이를 넘어가게 할 수 있다. 물체(909, 911)들이 더 높은 온도 또는 더 낮은 온도에서 해제될 수 있도록 물체(909, 911)들의 서브세트와 타깃 기판(922) 사이에 고유한 또는 능동적으로 생성된 인력이 있을 수 있다. 예를 들어, 접착력, 전기력, 자기력, 및 진공 생성 힘을 포함하지만 이로 제한되지 않는 반력(counter force)이 타깃 기판(922)으로부터 인가될 수 있다.

[0037] 전술된 바와 같이, 전사된 물체는 도너 기판으로부터의 제거 시에 접착력을 증가시키는 특징부를 포함할 수 있다. 도 10에서, 다이어그램들은 예시적인 실시예들에 따른 물체(1000 내지 1002)들의 특징부들을 도시한다. 물체(1000 내지 1002)들은 각자의 기판(1004 내지 1006)들 상에 도시되어 있다. 객체(1000 내지 1002)들 각각은 평탄한 표면(1000b 내지 1002b)들 위로 연장되는 하나 이상의 각자의 돌출부(1000a 내지 1002a)들을 각각 갖는다. 도시된 바와 같이, 돌출부는 지주, 피라미드, 사다리꼴을 포함할 수 있고, 후크(hook), 루프(loop), 범프(bump) 등과 같은 임의의 다른 유형의 돌출 구조물을 포함할 수 있다. 돌출부(1000a 내지 1002a)의 최고 지점은 평탄한 표면(1000b 내지 1002b) 위로 1  $\mu\text{m}$  내지 20  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 돌출부(1000a 내지 1002a)들은 규소, GaN, SiO<sub>2</sub>, SiN, 금속, SU8, 폴리아미드 또는 다른 중합체와 같은, 물체(1000 내지 1002)들의 재료와 동일하거나 상이한 재료로 제조될 수 있다.

[0038] 기판(1004 내지 1006)들은 물체(1000 내지 1002)들을 일시적으로 보유하도록 구성된 보유 층(1004a 내지 1006a)들을 갖는 도너 기판들일 수 있다. 임시 보유 층(1004a 내지 1006a)들은 폴리다이메틸실록산(PDMS), 실리콘 젤 등과 같은 탄성중합체 재료를 포함할 수 있고, 2 MPa 미만의 영률을 가질 수 있다. 층(1004a 내지 1006a)들의 두께는 1  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$ 의 범위일 수 있다.

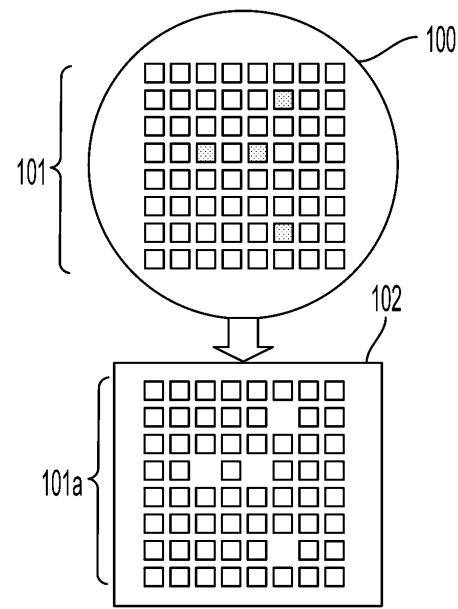
[0039] 달리 지시되지 않는 한, 본 명세서 및 청구범위에 사용되는 특징부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 모든 수는 모든 경우에 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로서 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 상기의 명세서 및 첨부된 청구범위에 기재된 수치 파라미터는 본 명세서에 개시된 교시 내용을 이용하여 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다. 종점(endpoint)에 의한 수치 범위의 사용은 그 범위 내의 모든 수치(예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4 및 5를 포함함) 및 그 범위 내의 임의의 범위를 포함한다.

[0040] 전술된 다양한 실시예는 특정 결과를 제공하도록 상호작용하는 회로부, 펌웨어, 및/또는 소프트웨어 모듈을 사용하여 구현될 수 있다. 당업자는 당업계에 대체적으로 알려진 지식을 사용하여, 모듈형 레벨에서 또는 전체적으로 그러한 기술된 기능을 용이하게 구현할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 예시된 흐름도 및 제어 다이어그램은 프로세서에 의한 실행을 위한 컴퓨터 판독가능 명령어/코드를 생성하는 데 사용될 수 있다. 그러한 명령어는 비일시적인 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장되고, 당업계에 알려진 바와 같은 실행을 위해 프로세서에 전달될 수 있다. 상기에 나타낸 구조 및 절차는 상기의 본 명세서에 기술된 기능을 제공하는 데 사용될 수 있는 실시예의 단지 대표적인 예일뿐이다.

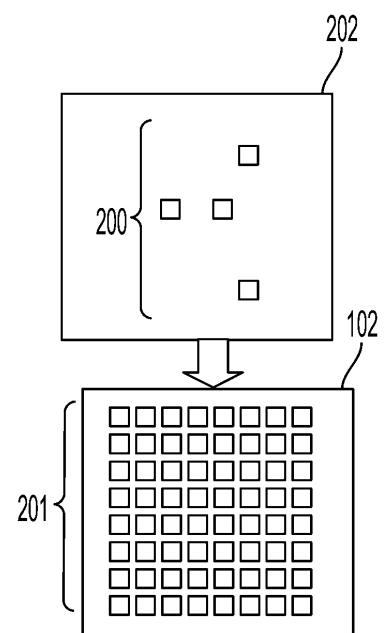
[0041] 예시적인 실시예의 전술한 설명은 예시 및 설명의 목적으로 제시되었다. 이는 실시예가 개시된 정확한 형태로 철저하게 구현되거나 그것으로 제한하고자 하는 것은 아니다. 상기 교시 내용에 비추어 많은 수정 및 변형이 가능하다. 개시된 실시예의 임의의 또는 모든 특징부는 개별적으로 또는 임의의 조합으로 적용될 수 있고, 제한적인 것으로 의도되지 않고, 순전히 예시적인 것이다. 본 발명의 범주는 이러한 상세한 설명으로 제한되는 것이 아니라, 오히려 본 명세서에 첨부된 청구범위에 의해 결정되는 것으로 의도된다.

도면

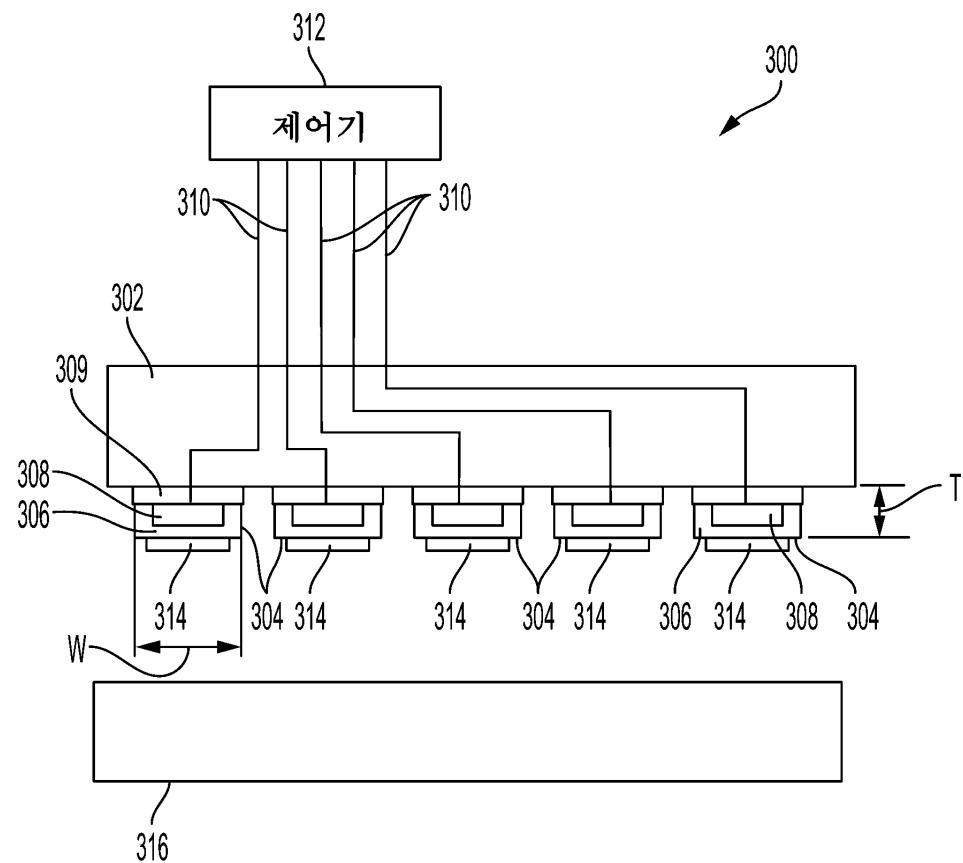
도면1



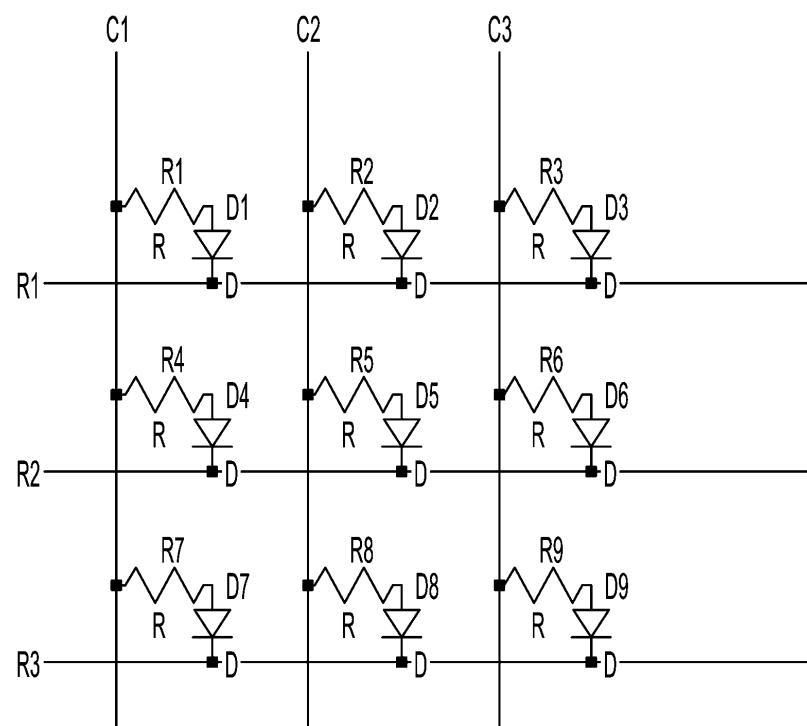
도면2



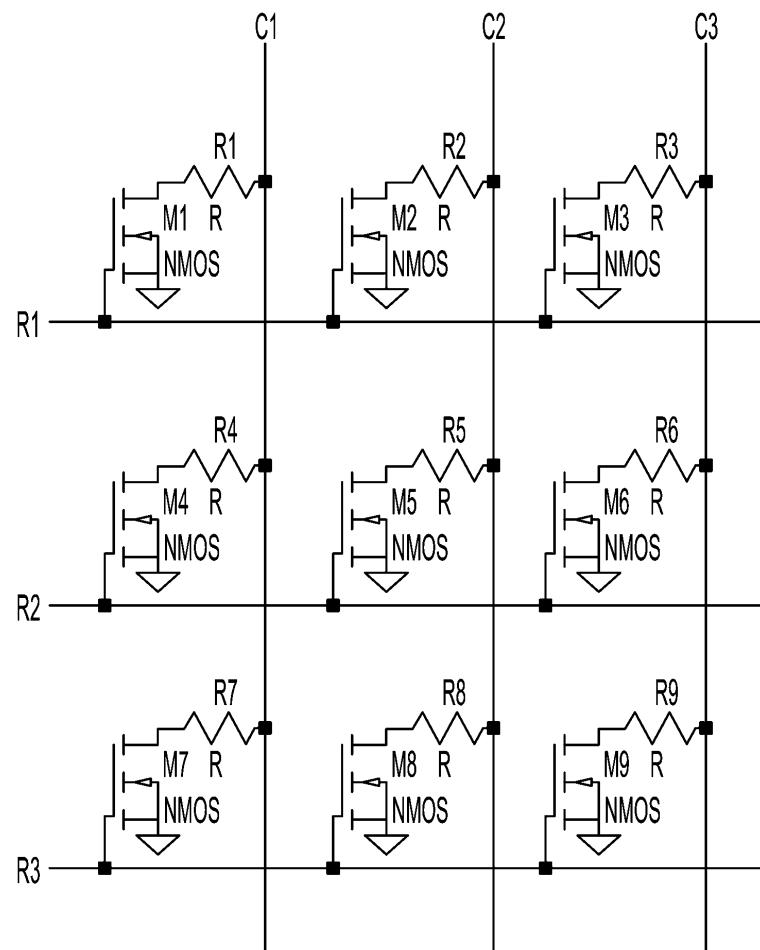
도면3



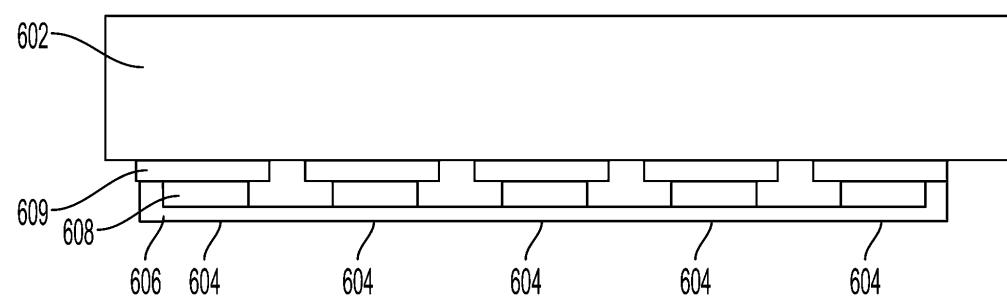
도면4



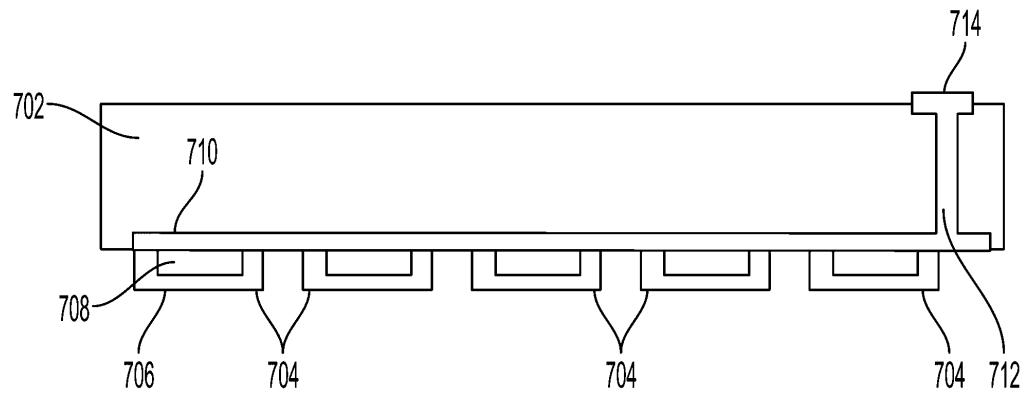
도면5



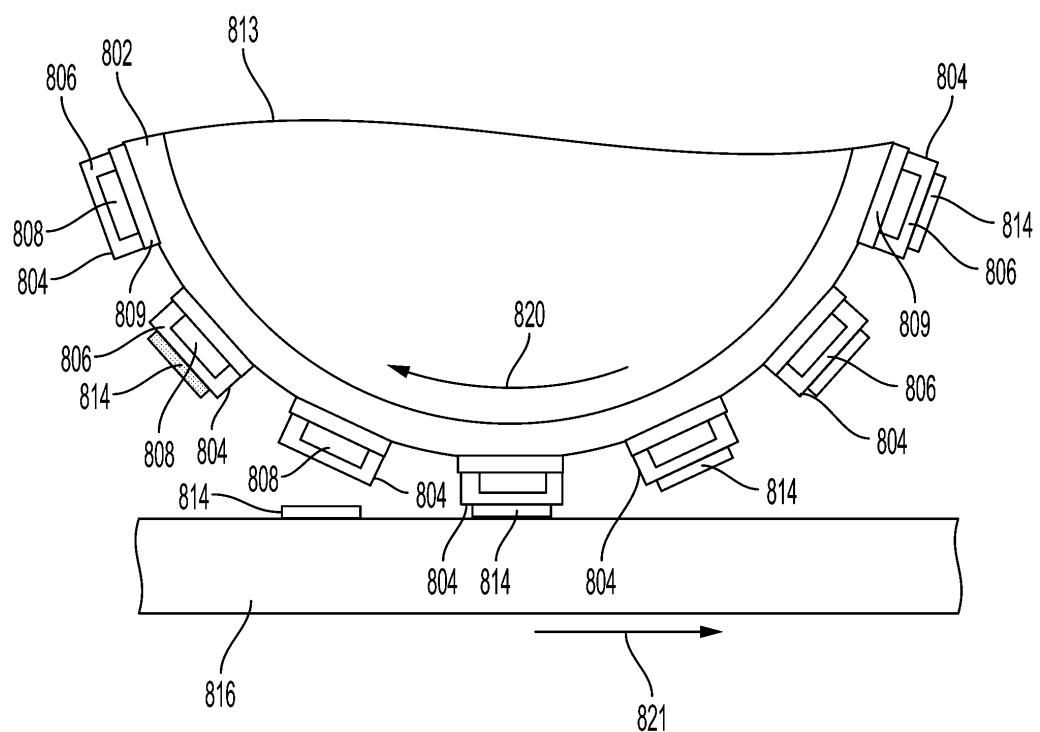
도면6



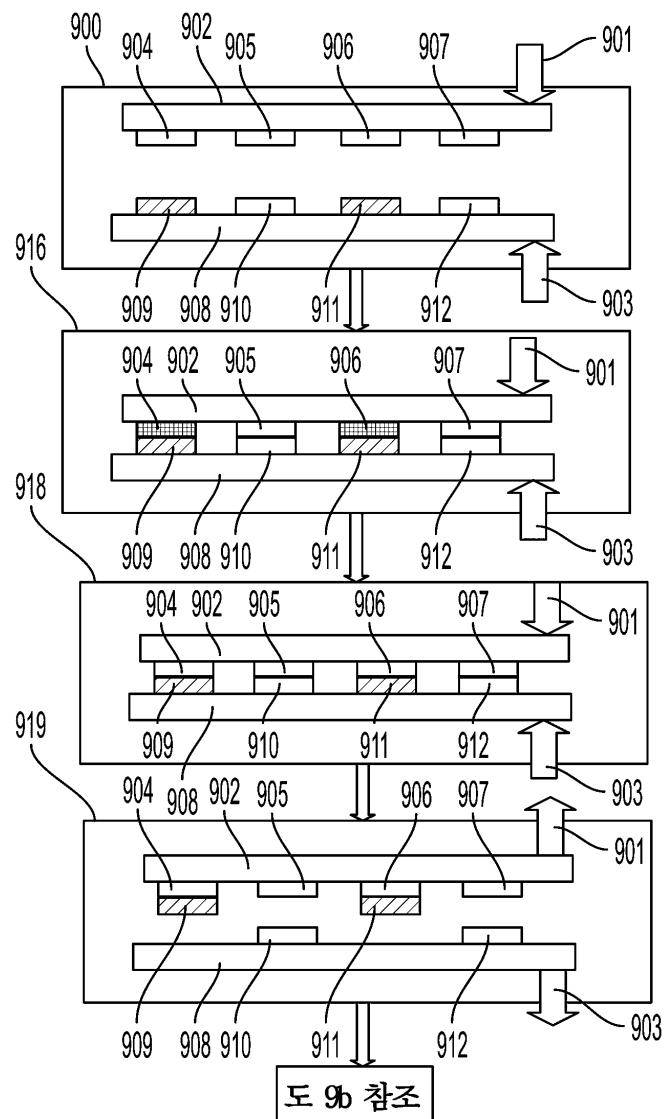
도면7



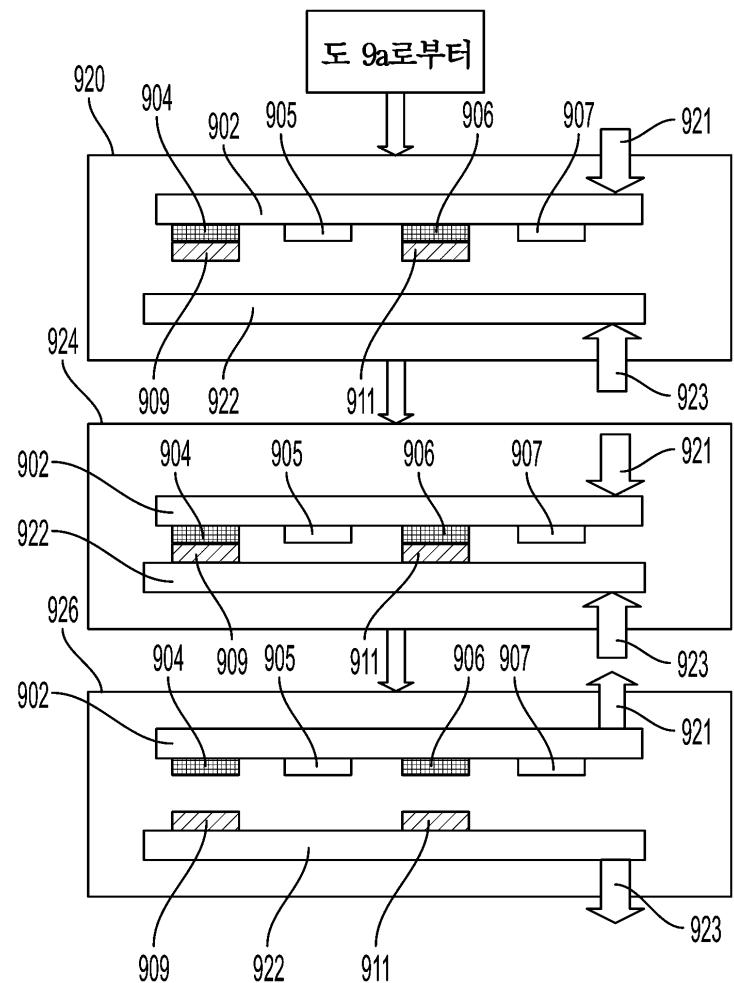
도면8

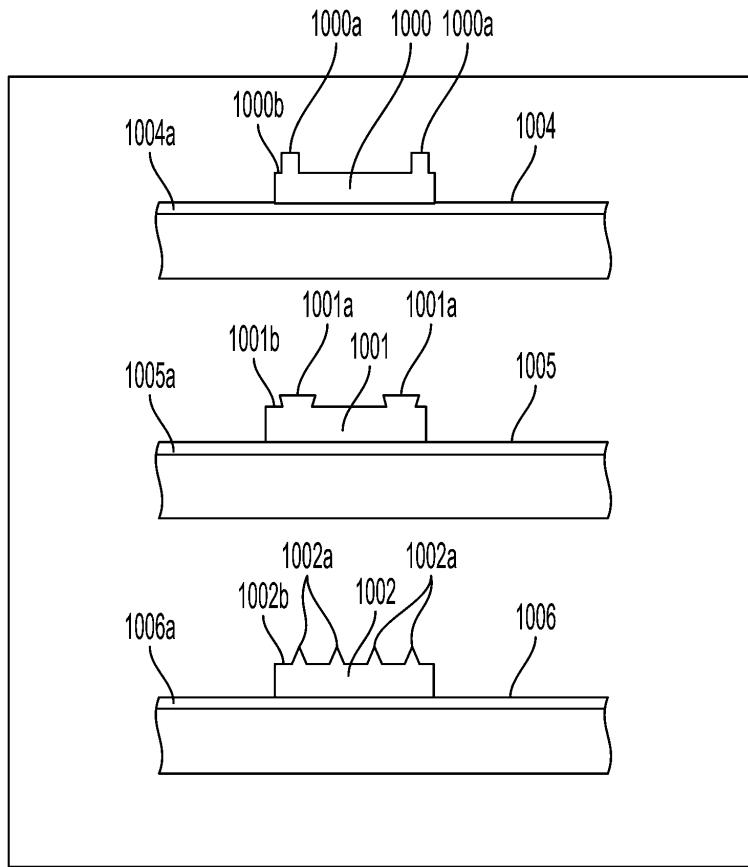


도면9a



## 도면9b



**도면10****【심사관 직권보정사항】****【직권보정 1】****【보정항목】** 청구범위**【보정세부항목】** 청구항 1**【변경전】**

장치로서,

2개 이상의 전사 요소들(transfer elements)을 포함하는 전사 기판(transfer substrate)으로서, 상기 전사 요소들 각각은:

더 낮은 온도에서 더 높은 영률(Young's modulus)을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소(adhesion element) - 상기 접착 요소는 스테아릴 아크릴에이트(stearyl acrylate)를 포함함 - ; 및

입력에 응답하여 상기 접착 요소의 작동 온도(operating temperature)를 변화시키도록 작동가능한 가열 요소(heating element)를 포함하는, 상기 전사 기판; 및

적어도 상기 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서 온도의 변화를 유발하기 위해 상기 2개 이상의 전사 요소들의 각 가열 요소로 입력들을 제공하도록 결합된 제어기를 포함하고,

상기 온도의 변화는 상기 2개 이상의 전사 요소들의 상기 더 높은 영률과 상기 더 낮은 영률 사이의 변화들에 응답하여 상기 전사 요소들이 선택가능하게 상기 전사 기판으로 물체들을 보유하게 그리고 상기 전사 기판으로부터 상기 물체들을 해제하게 하고,

상기 전사 요소들에 의해 상기 물체들을 선택 가능하게 보유하고 해제하는 것은 반복가능하고(repeatable) 가역적인(reservable), 장치.

**【변경후】**

장치로서,

2개 이상의 전사 요소들(transfer elements)을 포함하는 전사 기판(transfer substrate)으로서, 상기 전사 요소들 각각은:

더 낮은 온도에서 더 높은 영률(Young's modulus)을 그리고 더 높은 온도에서 더 낮은 영률을 갖는 접착 요소(adhesion element) - 상기 접착 요소는 스테아릴 아크릴레이트(stearyl acrylate)를 포함함 - ; 및

입력에 응답하여 상기 접착 요소의 작동 온도(operating temperature)를 변화시킬도록 작동가능한 가열 요소(heating element)를 포함하는, 상기 전사 기판; 및

적어도 상기 더 높은 온도와 더 낮은 온도 사이에서 온도의 변화를 유발하기 위해 상기 2개 이상의 전사 요소들의 각 가열 요소로 입력들을 제공하도록 결합된 제어기를 포함하고,

상기 온도의 변화는 상기 2개 이상의 전사 요소들의 상기 더 높은 영률과 상기 더 낮은 영률 사이의 변화들에 응답하여 상기 전사 요소들이 선택가능하게 상기 전사 기판으로 물체들을 보유하게 그리고 상기 전사 기판으로부터 상기 물체들을 해제하게 하고,

상기 전사 요소들에 의해 상기 물체들을 선택 가능하게 보유하고 해제하는 것은 반복가능하고(repeatable) 가역적인(reservable), 장치.