



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월18일
(11) 등록번호 10-1787860
(24) 등록일자 2017년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/677 (2006.01) B65G 47/91 (2006.01)
B65G 49/07 (2014.01) H01L 23/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/677 (2013.01)
B65G 47/91 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7026141
(22) 출원일자(국제) 2014년02월14일
심사청구일자 2015년09월22일
(85) 번역문제출일자 2015년09월22일
(65) 공개번호 10-2015-0123858
(43) 공개일자 2015년11월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/016418
(87) 국제공개번호 WO 2014/130353
국제공개일자 2014년08월28일
(30) 우선권주장
13/776,158 2013년02월25일 미국(US)
13/776,188 2013년02월25일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003501827 A
JP2010238905 A
JP2012119399 A
KR1020050075280 A

(73) 특허권자
애플 인크.
미합중국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 인퍼니트 루프 1
(72) 발명자
폴다, 다리우스
미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드라이브 1705
히긴슨, 존 에이.
미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드라이브 1705
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 백만기

전체 청구항 수 : 총 20 항

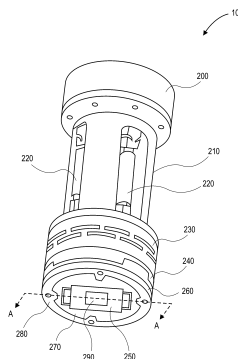
심사관 : 이상용

(54) 발명의 명칭 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체 및 변위 센서가 통합된 마이크로 픽업 어레이 마운트

(57) 요약

캐리어 기판으로부터 마이크로 디바이스를 이송하기 위한 시스템 및 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 마이크로 픽업 어레이 상의 정전기 이송 헤드들의 어레이와 캐리어 기판 상의 마이크로 디바이스들의 어레이 간의 능동적인 정렬을 허용한다. 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 유연성 요소의 변위를 감지하여 정전기 이송 헤드들의 어레이와 마이크로 디바이스들의 어레이 간의 정렬을 제어할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B65G 49/07 (2013.01)

H01L 24/75 (2013.01)

H01L 24/95 (2013.01)

H01L 2224/75252 (2013.01)

H01L 2224/75282 (2013.01)

H01L 2224/75725 (2013.01)

H01L 2224/75823 (2013.01)

H01L 2224/75901 (2013.01)

H01L 2224/7592 (2013.01)

(72) 발명자

비블, 안드레아스

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드
라이브 1705

팍스, 폴 아르구스

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드
라이브 1705

벳허스트, 스티븐 폴

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드
라이브 1705

명세서

청구범위

청구항 1

피봇 플랫폼;

상기 피봇 플랫폼 둘레에서 측방향으로 있는 베이스;

상기 피봇 플랫폼과 상기 베이스 사이에 있는 유연성 요소 - 상기 유연성 요소는 내부 피봇에서 상기 피봇 플랫폼과 결합되고 외부 피봇에서 상기 베이스와 결합됨 -; 및

상기 유연성 요소의 길이를 따라 통합된 변위 센서

를 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 변위 센서는 스트레인 게이지이고, 상기 유연성 요소의 길이를 따라 통합된 기준 스트레인 게이지를 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 3

제2항에 있어서,

제2 외부 피봇에서 상기 베이스와 결합되고 제2 내부 피봇에서 상기 피봇 플랫폼과 결합된 제2 유연성 요소; 및

상기 제2 유연성 요소의 길이를 따라 통합된 제2 스트레인 게이지를 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 유연성 요소는 제2 내부 피봇에서 상기 피봇 플랫폼과 결합되고 제2 외부 피봇에서 상기 베이스와 결합된, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 내부 피봇은 상기 제2 내부 피봇으로부터 상기 피봇 플랫폼에 걸쳐있고, 상기 외부 피봇은 상기 제2 외부 피봇으로부터 상기 피봇 플랫폼에 걸쳐있는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 유연성 요소는 빔을 포함하고, 상기 스트레인 게이지는 상기 내부 피봇 또는 상기 외부 피봇 근처의 스트레인 영역에서 상기 빔과 통합된, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 스트레인 게이지는 상기 스트레인 영역에 접합되는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 스트레인 게이지는 상기 스트레인 영역 상에 퇴적되는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 스트레인 영역은 상기 스트레인 게이지를 형성하기 위하여 도핑되는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 10

제6항에 있어서, 상기 빔 상의 상기 스트레인 게이지에 인접한 기준 스트레인 게이지를 추가로 포함하고, 상기 스트레인 게이지와 상기 기준 스트레인 게이지는 하프 휘트스톤 브리지(half Wheatstone bridge)에서 인접한 다리(leg)들을 제공하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 11

제2항에 있어서, 상기 피봇 플랫폼 상의 온도 센서를 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 12

제2항에 있어서, 상기 피봇 플랫폼 위의 가열 요소와 전기적으로 연결된, 상기 베이스 상의 가열 접점을 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 13

제2항에 있어서, 상기 변위 센서와 전기적으로 연결된, 상기 베이스 상의 변위 센서 접점을 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 14

제2항에 있어서, 상기 피봇 플랫폼 상의 피봇 플랫폼 동작 전압 접점과 전기적으로 연결된, 상기 베이스 상의 베이스 동작 전압 접점을 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 15

제2항에 있어서, 상기 피봇 플랫폼 상의 접합 부위(bonding site)에 있는 클램프 전극과 전기적으로 연결된, 상기 베이스 상의 베이스 클램프 접점을 추가로 포함하는, 마이크로 픽업 어레이 마운트.

청구항 16

제2항의 상기 마이크로 픽업 어레이 마운트와 동작 가능하게 결합된 액추에이터 조립체를 포함하는, 대량 이송 기구 조립체.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 베이스 상에 있고 상기 스트레인 게이지와 전기적으로 연결된 스트레인 게이지 접점을 추가로 포함하는, 대량 이송 기구 조립체.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 스트레인 게이지 접점을 통해 상기 스트레인 게이지와 전기적으로 연결된 위치 감지 모듈을 추가로 포함하는, 대량 이송 기구 조립체.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 피봇 플랫폼 위의 가열 요소 및 상기 가열 요소와 상기 위치 감지 모듈 사이에 절연 플레이트를 추가로 포함하고, 상기 베이스는 상기 절연 플레이트와 결합되는, 대량 이송 기구 조립체.

청구항 20

제16항에 있어서, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기판을 갖는 마이크로 픽업 어레이를 추가로 포함하고, 상기 마이크로 픽업 어레이는 상기 피봇 플랫폼과 결합 가능한, 대량 이송 기구 조립체.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로 디바이스에 관한 것이다. 더 상세하게는, 본 발명의 실시예들은 캐리어 기판으로부터 마이크로 디바이스를 이송하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 소형 디바이스, 예컨대 무선 주파수(RF) MEMS(microelectromechanical system) 마이크로스위치, 유기 발광 다이오드(LED) 디스플레이 시스템, 및 MEMS 또는 석영 기반 오실레이터의 상업화 가능성은 이러한 디바이스들의 제조와 연관된 난이도 및 비용에 의해 크게 제약받는다. 제조 공정은 통상적으로 웨이퍼 기반 공정 및 이송 기술을 포함한다.

[0003] 디바이스 이송 공정은 이송 웨이퍼에서 수용 웨이퍼로의 이송을 포함한다. 그러한 일 구현예는 이송 웨이퍼로부터 수용 웨이퍼로 디바이스들의 어레이를 접합하는 한 단계 - 그 후, 이송 웨이퍼는 분리됨 - 를 수반하는 "직접 인쇄(direct printing)"이다. 다른 구현예는 접합/접합해제의 두 단계를 수반하는 "전사 인쇄(transfer printing)"이다. 전사 인쇄에서, 이송 웨이퍼는 공여 웨이퍼(donor wafer)에서 디바이스들의 어레이를 픽업하고, 수용 웨이퍼에 디바이스들을 접합할 수 있다. 이송 이후에, 이송 웨이퍼는 레이저 리프트오프(laser lift-off; LLO), 그라인딩 또는 폴리싱, 및 에칭을 포함하는 기술들을 이용하여 제거될 수 있다.

[0004] 균일한 웨이퍼 폴리싱을 용이하게 하기 위하여 짐벌 메커니즘(gimbal mechanism)이 웨이퍼 폴리싱 장비에 사용되어왔다. 예를 들어, 폴리싱 장비의 수동 짐벌 메커니즘은 폴리싱 패드와의 웨이퍼 정렬을 용이하게 한다.

발명의 내용

[0005] 캐리어 기판으로부터 마이크로 디바이스들의 어레이를 이송하기 위한 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 이용하는 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 하우징, 틸트-틸트-z 굴곡부(tip-tilt-z flexure), 액추에이터 조립체, 및 마이크로 픽업 어레이 마운트를 포함한다. 마이크로 픽업 어레이는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 별도로 제공될 수 있거나, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 일체적으로 형성될 수 있다. 틸트-틸트-z 굴곡부는 하우징과 결합되고 가요성 커플링에 의해 하부 굴곡 컴포넌트와 연결되는 상부 굴곡 컴포넌트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상부

굴곡 컴포넌트 및 하부 굴곡 컴포넌트는 가요성 커플링에 의해 연결되는 플랜지(flange)일 수 있다. 액추에이터 조립체는 하부 굴곡 컴포넌트와 동작 가능하게 결합되어 액추에이터 조립체의 작동은 상부 굴곡 컴포넌트에 대하여 하부 굴곡 컴포넌트를 이동시키도록 할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 액추에이터 조립체를 하부 굴곡 컴포넌트와 결합시키는 본배 플레이트를 포함한다. 마이크로 픽업 어레이 마운트 또한 하부 굴곡 컴포넌트와 결합될 수 있다. 게다가, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 빔과 같은 유연성 요소와 결합되는 피봇 플랫폼을 포함할 수 있다. 변위 센서는 유연성 요소와 통합될 수 있다. 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드를 지지하는 기관을 갖는 마이크로 픽업 어레이는 피봇 플랫폼과 결합 가능할 수 있다.

[0006] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 피봇 플랫폼 둘레에서 측방향으로 있는 베이스를 추가로 포함할 수 있고, 유연성 요소는 피봇 플랫폼과 베이스 사이에 있고, 피봇들에서 피봇 플랫폼 및 베이스와 결합된다. 예를 들어, 유연성 요소는 베이스 에지 상의 외부 피봇에서 베이스와 결합될 수 있고, 피봇 플랫폼 에지 상의 내부 피봇에서 피봇 플랫폼과 결합되며, 피봇 플랫폼 에지는 베이스 에지에 직교한다. 유연성 요소는 또한 내부 피봇으로부터 피봇 플랫폼에 걸쳐 제2 내부 피봇에서 피봇 플랫폼과 결합될 수 있고 외부 피봇으로부터 피봇 플랫폼에 걸쳐 제2 외부 피봇에서 베이스와 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 제2 베이스 에지 상의 제2 외부 피봇에 의해 베이스와 결합되고, 제2 피봇 플랫폼 에지 상의 제2 내부 피봇에 의해 피봇 플랫폼과 결합된 제2 유연성 요소를 포함할 수 있다. 게다가, 제2 변위 센서가 제2 유연성 요소와 통합될 수 있다.

[0007] 일 실시예에서, 변위 센서는 내부 피봇 또는 외부 피봇 근처에서 유연성 요소의 높은 스트레인 영역에 부착된 스트레인 게이지일 수 있다. 예를 들어, 스트레인 게이지는 높은 스트레인 영역에 접합될 수 있다. 대안적으로, 스트레인 게이지는 높은 스트레인 영역에 퇴적될 수 있다. 게다가, 스트레인 게이지는 높은 스트레인 영역을 도핑함으로써 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 유연성 요소 상의 변위 센서에 인접한 기준 스트레인 게이지를 포함할 수 있다. 변위 센서 및 기준 스트레인 게이지는 하프 휘트스톤 브릿지(half Wheatstone bridge)에서 인접한 다리(leg)들을 제공할 수 있다.

[0008] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 다양한 접점들 및 전기적 연결들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 변위 센서와 전기적으로 연결된, 베이스 상의 변위 센서 접점을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 변위 센서 접점을 통해 변위 센서와 전기적으로 연결된 위치 감지 모듈을 포함할 수 있다. 예를 들어, 변위 센서 접점은 가요성 회로 또는 스프링 접점을 통해 위치 감지 모듈과 전기적으로 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 피봇 플랫폼 상의 피봇 플랫폼 동작 전압 접점과 전기적으로 연결된, 베이스 상의 베이스 동작 전압 접점을 포함할 수 있다. 게다가, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 피봇 플랫폼 상의 접합 부위에 있는 클램프 전극과 전기적으로 연결된, 베이스 상의 베이스 클램프 접점을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 금, 구리, 또는 알루미늄과 같은 금속을 포함하는, 피봇 플랫폼 상의 접합 부위를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트는 또한 피봇 플랫폼 상의 온도 센서 및 가열 요소를 포함할 수 있다. 가열 요소는, 예를 들어, 저항 합금(resistance alloy) 또는 표면 실장 기술 레지스터(surface-mount technology resistor)를 포함할 수 있다. 게다가, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 가열 요소와 위치 감지 모듈 사이에 있는 절연 플레이트를 포함할 수 있다. 마이크로 픽업 어레이 마운트의 베이스는 절연 플레이트와 결합될 수 있고 절연 플레이트는 본배 플레이트와 추가로 결합될 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 캐리어 기관을 향해 이동시키고 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 피봇 플랫폼과 결합한 정전기 이송 헤드들의 어레이를 이용하여 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉하는 단계를 포함한다. 방법은 또한 피봇 플랫폼과 결합된 유연성 요소의 변형을 감지하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 변형을 감지하는 단계는 유연성 요소와 통합된 변위 센서에서 스트레인을 감지하는 단계를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방법은 변형을 감지하는 단계 이후 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 캐리어 기관 간의 상대적인 이동을 중지시키는 단계 이전에 유연성 요소와 결합된 베이스의 위치를 조정하는 단계를 추가로 포함한다. 예를 들어, 위치를 조정하는 단계는 베이스를 톱핑 또는 톱핑함으로써 캐리어 기관의 평면에 베이스를 추가로 정렬하기 위하여 베이스와 결합된 액추에이터 조립체를 작동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 또한 마이크로 디바이스들의 어레이 상에 그립 압력을 생성하기 위하여 정전기 이송 헤드들의 어레이에 전압을 인가하는 단계 및 캐리어 기관으로부터 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하는 단계를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방법은 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하는 동안 정전

기 이송 헤드들의 어레이에 열을 가하는 단계를 포함한다.

[0011]

일 실시예에서, 방법은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 수용 기관을 향해 이동시키는 단계 및 수용 기관을 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 피봇 플랫폼과 결합된 정전기 이송 헤드들의 어레이에 의해 운반된 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉시키는 단계를 포함한다. 방법은 또한 피봇 플랫폼과 결합된 유연성 요소의 변형을 감지하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 변형을 감지하는 단계는 유연성 요소와 통합된 변위 센서에서 스트레인을 감지하는 단계를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방법은 변형을 감지하는 단계 이후 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 수용 기관 간의 상대적인 이동을 중지시키는 단계 이전에 유연성 요소와 결합된 베이스의 위치를 조정하는 단계를 추가로 포함한다. 예를 들어, 위치를 조정하는 단계는 베이스를 틸팅 또는 틸팅함으로써 수용 기관의 평면에 베이스를 추가로 정렬하기 위하여 베이스와 결합된 액추에이터 조립체를 작동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 또한 정전기 이송 헤드들의 어레이로부터 전압을 제거하는 단계 및 마이크로 디바이스들의 어레이를 수용 기관에 릴리스하는 단계를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방법은 전압을 제거하는 단계 이전에 정전기 이송 헤드들의 어레이에 열을 가하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0012]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 픽업 어레이를 유지하는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 사시도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 도 2의 단면선(A-A)에 대하여 취해진, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 단면 사시도이다.

도 4a는 본 발명의 실시예에 따른 액추에이터 및 굴곡 부착부를 갖는 액추에이터 조립체의 측면도이다.

도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 틸-틸트-z 굴곡부의 사시도이다.

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 유연성 요소와 통합된 변위 센서를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다.

도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 도 5a의 상세(X)에서 취해진, 마이크로 픽업 어레이 마운트의 유연성 요소와 통합된 변위 센서의 평면도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 피봇 플랫폼 상의 가열 요소를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기관을 갖는 마이크로 픽업 어레이의 측면도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 픽업 어레이와 결합된 마이크로 픽업 어레이 마운트의 측면도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 피봇 플랫폼 상의 유연성 요소와 통합된 변위 센서 및 정전기 이송 헤드들의 어레이를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 피봇 플랫폼 상의 가열 요소를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 도 9의 단면선(B-B)에 대하여 취해진, 스프링 접점과 전기적으로 연결되는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 측단면도이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 가요성 영역을 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 픽업 어레이를 유지하고 제어 시스템과 상호연결된 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 측면도이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 조절하기 위한 제어 루프의 개략도이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하는 방법을 도시하는 플로차트이다.

도 16은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 캐리어 기관을 향해 이동하는 개략도이다.

도 17은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 결합된 정전기 이송 헤드들의 어레이가 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉하는 개략도이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 마이크로 픽업 어레이 마운트의 위치를 조정하는 개략도이다.

도 19는 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하는 개략도이다.

도 20은 본 발명의 실시예에 따른 수용 기관 상에 마이크로 디바이스들의 어레이를 배치하는 방법을 도시하는 플로차트이다.

도 21은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 수용 기관을 향해 이동하는 개략도이다.

도 22는 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 결합된 정전기 이송 헤드들의 어레이에 의해 운반된 마이크로 디바이스들의 어레이가 수용 기관과 접촉하는 개략도이다.

도 23은 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 마이크로 픽업 어레이 마운트의 위치를 조정하는 개략도이다.

도 24는 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 수용 기관 상으로 마이크로 디바이스들의 어레이를 릴리스하는 개략도이다.

도 25는 본 발명의 실시예에 따라 이용될 수 있는 컴퓨터 시스템의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명의 실시예들은 캐리어 기관으로부터 마이크로 디바이스 또는 마이크로 디바이스들의 어레이를 이송하기 위한 시스템 및 방법을 설명한다. 예를 들어, 마이크로 디바이스들 또는 마이크로 디바이스들의 어레이는 관련된 미국 특허 출원 제13/372,222호, 제13/436,260호, 제13/458,932호 및 제13/625,825호에서 도시되고 설명되는 마이크로 LED 디바이스 구조물들 중 임의의 것일 수 있다. 본 발명의 일부 실시예들은 마이크로 LED 디바이스에 관하여 구체적으로 기술되지만, 본 발명의 실시예들이 그와 같이 한정되지 않고 특정 실시예들 또한 다른 마이크로 LED 디바이스 및 다이오드, 트랜지스터, 집적회로(IC) 칩들, 및 MEMS와 같은 마이크로 디바이스에 적용 가능할 수 있다.

[0014] 다양한 실시예들에서, 도면들을 참조하여 설명된다. 그러나, 소정 실시예들은 이들 구체적 세부사항 중 하나 이상 없이, 또는 다른 알려진 방법 및 구성과 조합하여 실시될 수 있다. 하기의 설명에서, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 구체적 구성들, 치수들 및 공정들과 같은 많은 구체적 상세 사항들이 기재된다. 다른 경우에, 잘 알려진 공정 및 제조 기술은 본 발명을 불필요하게 불명료하게 하지 않기 위해 특별히 상세히 기술되지 않았다. 본 명세서 전반에 걸친 "하나의 실시예", "일 실시예" 등의 언급은 실시예와 관련되어 설명된 특정 특징, 구조, 구성 또는 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전반에 걸쳐 다양한 곳에서 "일 실시예", "실시예" 등의 구절의 출현이 반드시 본 발명의 동일한 실시예를 가리키지는 않는다. 또한, 특정 특징들, 구조들, 구성들 또는 특성들은 하나 이상의 실시예들에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다.

[0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "위에", "에", "사이의" 및 "상의"는 다른 층 또는 컴포넌트에 대한 하나의 층 또는 컴포넌트의 상대 위치를 지칭할 수 있다. 다른 층 "위에" 또는 "상의" 또는 다른 층 "에" 접합되는 하나의 층은 다른 층과 직접 접촉할 수 있거나 하나 이상의 개재하는 층을 구비할 수 있다. 층들 "사이의" 하나의 층은 그러한 층들과 직접 접촉할 수 있거나, 하나 이상의 개재하는 층을 구비할 수 있다.

[0016] 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "마이크로" 디바이스 또는 "마이크로" LED 구조체는 본 발명의 실시예들에 따른 소정 디바이스들 또는 구조체들의 서술적인 크기를 지칭할 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "마이크로" 디바이스 또는 구조체는 1 내지 100 μm 의 스케일을 지칭하는 것을 의미한다. 그러나, 본 발명의 실시예들이 반드시 그렇게 제한되지는 않으며, 실시예의 일정 태양이 더 큰 그리고 가능하게는 더 작은 크기

의 스케일로 적용가능할 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 디바이스들의 어레이의 단일 마이크로 디바이스와 정전기 이송 헤드들의 어레이의 단일 정전기 이송 헤드는 둘 모두 최대 치수가, 예를 들어 길이 또는 폭이 1 내지 100 μm 이다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 디바이스 또는 정전기 이송 헤드의 상부 접촉 표면은 최대 치수가 1 내지 100 μm 이다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 디바이스 또는 정전기 이송 헤드의 상부 접촉 표면은 최대 치수가 3 내지 20 μm 이다. 일 실시예에서, 마이크로 디바이스들의 어레이의 피치, 및 대응하는 정전기 이송 헤드들의 어레이의 피치는 (1 내지 100 μm) $\times$ (1 내지 100 μm), 예를 들어 20 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$, 또는 5 $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 피치일 수 있다. 일 양태에서, 특정 이론으로 제한되지 않고서, 본 발명의 실시예들은 마이크로 디바이스들을 픽업하기 위해 반대 전하의 인력을 사용하는 정전기 그리퍼(electrostatic gripper)의 원리에 따라 작동하는 마이크로 디바이스 이송 헤드들 및 헤드 어레이들을 기술한다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 마이크로 디바이스 상에 그림 압력을 생성하여 그 마이크로 디바이스를 픽업하기 위하여, 풀인 전압(pull-in voltage)이 마이크로 디바이스 이송 헤드에 인가될 수 있다.

[0017] 일 양태에서, 본 발명의 실시예들은 캐리어 기판 상에서 마이크로 디바이스들의 어레이와 정전기 이송 헤드들의 어레이의 정렬을 조절하기 위한 피드백 메커니즘을 갖는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 이용하는 마이크로 디바이스들의 대량 이송을 위한 시스템 및 방법을 설명한다. 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 틸-틸트-z 굴곡부, 액추에이터 조립체, 및 하나 이상의 유연성 요소와 통합된 하나 이상의 변위 센서를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트를 포함한다. 예를 들어, 변위 센서는 유연성 요소들의 높은 스트레인 영역에 부착된 스트레인 게이지일 수 있다. 이런 방식으로, 정전기 이송 헤드들의 어레이가 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉할 때, 변위 센서를 이용하여 유연성 요소들의 변형을 감지할 수 있다. 일 실시예에서, 변위 센서(들)로부터의 피드백에 기초하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 액추에이터 조립체는 마이크로 픽업 어레이 마운트 상의 압력의 중심을 변경하기 위하여 마이크로 픽업 어레이 마운트의 공간적 배향을 조정할 수 있다. 따라서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 폐쇄 피드백 루프에 기초하여 마이크로 픽업 어레이 마운트 상에 탑재된 정전기 이송 헤드들의 어레이와 마이크로 디바이스들의 어레이의 능동적인 정렬을 용이하게 할 수 있다. 마이크로 디바이스들을 픽업 하는 동안, 그리고 유사하게 릴리스하는 동안, 미세 정렬을 수행할 수 있기 때문에, 능동적인 정렬은 마이크로 디바이스들의 이송률을 증가시킬 수 있다.

[0018] 다른 양태에서, 본 발명의 실시예들은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 액추에이터 조립체와 결합된 틸-틸트-z 굴곡부를 이용하는, 마이크로 디바이스들의 대량 이송을 위한 시스템 및 방법을 설명한다. 일 실시예에서, 틸-틸트-z 굴곡부는 액추에이터 조립체에 의해 조정하는 동안 마이크로 픽업 어레이 마운트의 움직임을 부드럽게 하기 위하여 액추에이터 조립체 상에 무효부하(reactive load)를 부여한다. 일 실시예에서, 틸-틸트-z 굴곡부는 캐리어 기판에서 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하기 위하여 마이크로 픽업 어레이 마운트 상에 회복부하(restorative load)를 부여한다. 따라서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체는 마이크로 디바이스들 또는 정전기 이송 헤드의 손상 없이 정전기 이송 헤드들의 어레이를 이용하여 마이크로 디바이스들의 어레이의 접촉, 및 픽업을 용이하게 할 수 있다.

[0019] 다른 양태에서, 본 발명의 실시예들은 정전기 이송 헤드들의 어레이를 이용하여 사전 제작된 마이크로 디바이스들의 어레이를 대량 이송하기 위한 방식을 설명한다. 예를 들면, 사전 제작된 마이크로 디바이스는 특정 기능, 예컨대 발광용 LED, 로직 및 메모리용 실리콘 IC, 및 무선 주파수(RF) 통신용 갈륨 비소(GaAs) 회로를 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 일부 실시예에서, 픽업할 준비가 되어 있는 마이크로 LED 소자들의 어레이는 20 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 피치, 또는 5 $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 피치를 갖는 것으로서 설명된다. 이러한 밀도에서, 6 인치 기판은, 예를 들어, 10 $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 피치를 갖는 대략 1억 6천5백만 개의 마이크로 LED 디바이스들, 또는 5 $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 피치를 갖는 대략 6억 6천만 개의 마이크로 LED 디바이스들을 수용할 수 있다. 해당하는 마이크로 LED 디바이스들의 어레이의 피치의 정수배에 일치하는 정전기 이송 헤드들의 어레이를 포함하는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 이용하여 마이크로 LED 디바이스들의 어레이를 픽업하고 수용 기판으로 이송할 수 있다. 이런 방식으로, 마이크로 LED 디바이스들은 높은 이송률로 이종 집적 시스템(heterogeneously integrated system), 예컨대, 마이크로 디스플레이에서 대면적 디스플레이에 이르는 임의의 크기의 기판들에 집적되고 조립될 수 있다. 예를 들어, 1 cm $\times$ 1 cm의 정전기 이송 헤드들의 어레이는 100,000개 이상의 마이크로 디바이스들을 픽업 및 이송할 수 있으며, 정전기 이송 헤드들의 어레이가 클수록 더 많은 마이크로 디바이스들을 이송할 수 있다.

[0020] 도 1을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 대량 이송 기구의 사시도를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 대량 이송 기구(100)는 캐리어 기판 홀더(104)에 의해 유지되는 캐리어 기판에서 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하고 수용 기판 홀더(106)에 의해 유지되는 수용 기판 상으로 마이크로 디바이스들의 어레이를 이송하고 릴리스

하기 위한 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)를 포함할 수 있다. 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 동작은 적어도 부분적으로 컴퓨터 시스템(108)에 의해 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 컴퓨터 시스템(108)은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)와 결합된 마이크로 픽업 어레이 마운트 상의 다양한 센서에서 수신된 피드백 신호들에 기초하여 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 동작을 제어할 수 있고, 이는 아래에서 더 자세하게 설명되는 바와 같다.

[0021] 일 실시예에서, 대량 이송 기구(100)와 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 컴포넌트 및 하위조립체들은 서로에 대하여 상대적으로 이동될 수 있다. 예를 들어, 대량 이송 기구(100)와 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 정전기 이송 헤드들의 어레이를 이용하여 마이크로 디바이스들의 어레이를 이송하는 것을 용이하게 하기 위하여 컴포넌트들 간의 공간적 관계를 조정할 수 있다. 그러한 조정은 다중 자유도의 정밀한 움직임으로 할 수 있다. 예를 들어, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 적어도 3의 자유도, 예를 들어, 틸팅, 롤링, 및 z 방향의 움직임으로 마이크로 픽업 어레이 마운트를 조정하기 위한 액추에이터 조립체를 포함할 수 있다. 유사하게, 캐리어 기판 홀더(104)는, 예를 들어, 수평면 내의 직교하는 축들을 따라 적어도 2의 자유도를 갖는, 대량 이송 기구(100)의 x-y 스테이지(110)에 의해 이동될 수 있다. 따라서, 일 실시예에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)에 의해 지지되는 정전기 이송 헤드들의 어레이 및 캐리어 기판 홀더(104)에 의해 유지되는 캐리어 기판에 의해 지지되는 마이크로 디바이스들의 어레이는 5의 자유도로 서로에 대하여 정밀하게 이동될 수 있다. 그러나, 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 마이크로 디바이스들의 어레이와 정전기 이송 헤드들의 어레이 사이, 또는 시스템의 다른 컴포넌트들 사이에 더 많은 자유도를 제공하는 추가 액추에이터들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 x-y 스테이지(110)에 대하여 이동하는 x-y 스테이지 상에 탑재되어, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)에 의해 지지되는 정전기 이송 헤드들의 어레이와 캐리어 기판 홀더(104)에 의해 유지되는 캐리어 기판에 의해 지지되는 마이크로 디바이스들의 어레이 사이에 추가적인 2의 자유도를 수립할 수 있다.

[0022] 도 2를 참조하여, 마이크로 픽업 어레이를 유지하는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 도 2는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 실시예의 구조 컴포넌트들의 개관을 나타낸다. 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 대량 이송 기구(100)의 대량 이송 기구 마운트(200)와 결합된 하우징(210)을 포함할 수 있다. 하우징(210)은 틸-틸트-z 굴곡부(230)와 결합된 원주형 구조를 가질 수 있다. 액추에이터 조립체(220)는 전체적으로 또는 부분적으로 하우징(210) 내에 수용될 수 있고, 게다가, 액추에이터 조립체(220)는 분배 플레이트(240)를 통해 틸-틸트-z 굴곡부(230)와 결합될 수 있다. 분배 플레이트(240)는 또한 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는, 예를 들어, 절연 플레이트(260) 상에 직접 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 보유함으로써 절연 플레이트(260)를 통해 분배 플레이트(240)와 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 중간 컴포넌트, 예를 들어, 리테이닝 링(280)에 의해 절연 플레이트(260)에 밀착되는 리테이너 플레이트(270)와 결합될 수 있다. 게다가, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 마이크로 픽업 어레이(290)는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 통합될 수 있다.

[0023] 도 3을 참조하면, 도 2의 단면선(A-A)에 대하여 취해진, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 단면 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 도 3은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 실시예의 구조 컴포넌트들 간의 기계적 상호작용의 더 상세한 내용을 나타낸다. 예를 들어, 액추에이터 조립체(220)는 하우징(210) 및/또는 대량 이송 기구 마운트(200)에 단단히 결합될 수 있는 제1 액추에이터 부착물(312)을 갖는 하나 이상의 액추에이터(310)를 포함할 수 있다. 액추에이터(310)는 제1 액추에이터 부착물(312)에 대하여 이동 가능한 제2 액추에이터 부착물(314)을 추가로 포함할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 제2 액추에이터 부착물(314)은 분배 플레이트(240)와 추가로 고정될 수 있다. 따라서, 액추에이터(310)의 작동은 분배 플레이트(240)와 하우징(210) 간의 상대적인 이동을 일으킬 수 있다.

[0024] 따라서 액추에이터(310)의 작동은 적어도 두 결과를 가질 수 있다. 첫째, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 직접적으로 또는 간접적으로 분배 플레이트(240)와 결합되기 때문에, 액추에이터(310)의 작동은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250), 또는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 결합된 마이크로 픽업 어레이(290)와 하우징(210) 간의 공간적 관계를 변경할 수 있다. 둘째, 분배 플레이트(240) 및 하우징(210)이 틸-틸트-z 굴곡부(230)의 반대편 단부와 결합될 수 있기 때문에, 분배 플레이트(240)가 하우징(210)에 대하여 이동함에 따라 액추에이터(310)의 작동은 틸-틸트-z 굴곡부(230)에 인장, 압축, 및/또는 비틀림 하중을 인가할 수 있다.

[0025] 일 실시예에서, 절연 플레이트(260)를 사용하여 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 다른 컴포넌트들로부터 열적으로 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 고립할 수 있다. 예를 들어, 절연 플레이트(260)는 마이크로

로 픽업 어레이 마운트(250)와 액추에이터 조립체(220), 또는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 다른 컴포넌트들 사이에 배치될 수 있다. 게다가, 절연 플레이트(260)와 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 또는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 다른 컴포넌트들 사이의 접점은 컴포넌트들 사이의 접촉 면적을 제한함으로써 최소화될 수 있다. 예를 들어, 절연 플레이트(260)는 용접 심(welded seam)과 같은 전도성 커플링을 이용하여 컴포넌트들을 결합하기 보다는, 패스너로 컴포넌트들에 연결되는 절연 포스트들을 이용하여 분배 플레이트(240)와 결합될 수 있다.

[0026] 일 실시예에서, 절연 플레이트(260)는 낮은 열 전도성, 예를 들어, 섭씨 200 도로 가열될 때 약 $1.5 \text{ W/m}^2\text{C}$ 미만의 열 전도성을 나타내는 재료로 형성될 수 있다. 예를 들어, 절연 플레이트(260)는 불투명 용융 석영 재료, 또는 기타 절연 특성을 갖는 재료로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 절연 플레이트(260)는 균일하게 분포된 약 20 마이크로미터 미만의 미세 기포들을 포함하는 고순도 불투명 용융 석영 재료, 예를 들어, 미국 오하이오주, 멘토르에 본사를 둔 파이로매틱스 코프(Pyromatics Corp.)에서 제조한 "Pyro-LD80"로 형성된다. 따라서, 절연 플레이트(260)는 액추에이터(310)(예를 들어 압전 액추에이터) 및 감지 모듈(316)과 같은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 컴포넌트들을 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 마이크로 픽업 어레이(290)를 가열하는 데 사용되는 가열 요소로부터 열적으로 고립하기 위한 열 장벽(thermal barrier)으로서 기능할 수 있고, 이는 아래에 더 자세하게 설명하는 바와 같다.

[0027] 일 실시예에서, 리테이너 플레이트(270)와 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 유사한 열 팽창 계수를 갖는 재료들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 실리콘으로 형성될 수 있고 리테이너 플레이트(270)는 제어된 팽창 니켈 합금, 예를 들어, 낮은 팽창 "Alloy 39"로 형성될 수 있다. Alloy 39는 일 실시예에서 0.05 C, 0.40 Mn, 0.25 Si, 39.00 Ni, 잔부 Fe의 화학 조성물을 포함하는 제어된 팽창 합금이다. 비교하면, Alloy 39는 25°C 근처에서 약 $2(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ 의 열 팽창 계수를 보이는 반면, 실리콘은 동일한 온도 근처에서 약 $3(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ 의 선형적인 열 팽창 계수를 보인다. 따라서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 및 리테이너 플레이트(270)는 동일한 열 팽창 특성을 가질 필요는 없지만, 이 컴포넌트들은 온도 변화에 처해지면 동일한 정도의 규모로 팽창 및 수축할 수 있다.

[0028] 일 실시예에서, 리테이닝 링(280)은 클립, 나사산이 형성된 패스너, 또는 기타 공지된 고정 메커니즘을 이용하여 절연 플레이트(260)에, 또는 분배 플레이트(240)에 직접 고정될 수 있다. 게다가, 리테이닝 링(280)은 리테이너 플레이트(270)를 절연 플레이트(260)에 고정하고 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 분배 플레이트(240)와 결합하기 위하여 마이크로 픽업 어레이(290) 또는 리테이너 플레이트(270)를 압박하는 하나 이상의 탭 또는 림을 포함할 수 있다. 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 유지하는 다른 방법들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 리테이너 플레이트(270)는 공지된 접착제 또는 열 접착 기술, 예를 들어, 용접 또는 솔더링을 사용하여 절연 플레이트(260)에 직접 접합될 수 있다.

[0029] 도 4a를 참조하여, 액추에이터 및 굴곡 부착부를 갖는 액추에이터 조립체의 측면도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 액추에이터 조립체(220)는 제1 액추에이터 부착물(312)과 제2 액추에이터 부착물(314) 간의 움직임을 만드는 적어도 하나의 액추에이터(310)를 포함한다. 예를 들어, 액추에이터 조립체(220)는 각각 단일 직선 방향으로 제2 액추에이터 부착물(314)에 대하여 제1 액추에이터 부착물(312)을 이동시키는 3개의 선형 액추에이터를 포함할 수 있다. 따라서, 액추에이터 조립체(220)는 제1 액추에이터 부착물(312)과 결합된 대량 이송 기구 마운트(200)와 제2 액추에이터 부착물(314)과 결합된 분배 플레이트(240) 사이에서 총 적어도 2의 자유도를 생성할 수 있다. 더욱 상세하게는, 액추에이터 조립체(220)는 대량 이송 기구 마운트(200)에 대하여 분배 플레이트(240)를 틸트 축 및 틸트 축으로 틸핑(tipping) 및 틸팅(tilting)할 수 있다. 액추에이터(310)의 수량 및 유형은, 대량 이송 기구 마운트(200)와 분배 플레이트(240) 간의 자유도 및/또는 움직임의 범위를 변경하기 위하여 액추에이터 조립체(220)에서 달라질 수 있고, 예를 들어, 액추에이터(310)는 선형 액추에이터 대신에 회전형 액추에이터일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서, 액추에이터 조립체(220)는 3개의 선형 액추에이터를 각각 동시에 연장함으로써 z 방향으로 3의 자유도를 제공할 수 있다. 그러나, 다른 실시예에서, 추가 자유도는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 외부에 있는 액추에이터들, 예컨대 z 방향으로 대량 이송 기구 마운트(200)를 이동시킬 수 있는 대량 이송 기구(100)의 단일 선형 액추에이터에 의해 제공될 수 있다. 유사하게, 앞서 설명한 바와 같이, x-y 스테이지(110)는 대량 이송 기구(100)의 컴포넌트들과 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102) 사이에 추가 자유도를 제공할 수 있다. 따라서, 일 실시예에서, 분배 플레이트(240)의 작동은 액추에이터 조립체(220)의 이동에만 의존하지 않고, 외부 액추에이터에도 의존할 수 있다.

[0030] 일 실시예에서, 액추에이터(310)는 압전 액추에이터일 수 있다. 다른 선형 액추에이터들, 예를 들어, 유압식, 기압식, 또는 전기기계식 액추에이터들이 사용될 수 있지만, 압전 액추에이터는 액추에이터 리드(404)를 통해

전달된 신호에 의해 제어될 때 상대적으로 짧은 이동을 통해 미세 위치설정 해상도를 나타낼 수 있다. 일 실시예에서, 액추에이터(310)는 약 30 마이크로미터의 움직임의 범위를 갖는 압전 액추에이터일 수 있다.

[0031] 일 실시예에서, 제1 액추에이터 부착물(312)은 제1 굴곡 부착부(402)를 포함할 수 있다. 제1 굴곡 부착부(402)는 하나 이상의 굴곡 릴리프(406)를 포함할 수 있다. 굴곡 릴리프(406)는 액추에이터(310)의 움직임의 방향 이외의 방향으로 제1 굴곡 부착부(402)에 유연성을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 굴곡 릴리프(406)는 액추에이터(310)의 길이 방향에 직교하는 방향으로 유연성을 제공하기 위하여 제1 굴곡 부착부(402)에 기계 가공된 채널을 포함할 수 있다. 게다가, 제1 굴곡 부착부(402)는 액추에이터(310)에 존재할 수 있는 임의의 반발에 대응하기 위하여 히스테리시스 없는 이동을 제공할 수 있다. 액추에이터(310) 및 제1 굴곡 부착부(402)는 액추에이터(310) 및 제1 굴곡 부착부(402)에 형성된 구멍들과 맞물리는 단부들을 갖는 결합축(408)과 결합될 수 있다. 결합축(408)은 구멍 안에 떠있도록 하거나 공지의 접착 및 클램핑 방법을 이용하여 그 안에 단단히 고정될 수 있다.

[0032] 도 4b를 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 틸-틸트-z 굴곡부의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 틸-틸트-z 굴곡부(230)는 상부 굴곡 컴포넌트(410) 및 하부 굴곡 컴포넌트(412)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상부 굴곡 컴포넌트(410) 및 하부 굴곡 컴포넌트(412)는 가요성 커플링(414)으로 연결된다. 가요성 커플링(414)은 다양한 구성을 가질 수 있는데, 예를 들어, 가요성 커플링(414)은 틸-틸트-z 굴곡부(230)의 측면의 일부분을 관통하는 하나 이상의 방사형 슬롯(416)을 갖는 빔 커플링 또는 나선형 커플링을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방사형 슬롯(416)들은 하나 이상의 파티션(418)에 의해 서로 분리될 수 있다. 대안적으로, 방사형 슬롯(416)은 틸-틸트-z 굴곡부(230)를 관통하는 단일 나선 형성 슬롯일 수 있다.

[0033] 가요성 커플링(414)은 상부 굴곡 컴포넌트(410)와 하부 굴곡 컴포넌트(412)가 z 축(420) 및 틸 축(422) 및 틸트 축(424)을 따라 서로에 대하여 이동하게 하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상부 굴곡 컴포넌트(410)가 단단한 하우징(210)을 통해 대량 이송 기구 마운트(200)와 결합하고, 하부 굴곡 컴포넌트(412)가 단단한 분배 플레이트(240)를 통해 액추에이터 조립체(220)와 결합하는 경우, 상부 굴곡 컴포넌트(410)와 하부 굴곡 컴포넌트(412) 간의 움직임은 대량 이송 기구 마운트(200)와 분배 플레이트(240) 간의 움직임을 반영한다. 따라서, 틸-틸트-z 굴곡부(230)는 액추에이터 조립체(220)가 대량 이송 기구 마운트(200)에 대하여 분배 플레이트(240)뿐만 아니라, 분배 플레이트(240)와 결합한 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 및/또는 마이크로 픽업 어레이(290)를 조정하게 한다.

[0034] 틸-틸트-z 굴곡부(230)는 분배 플레이트(240)와 결합된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 및/또는 마이크로 픽업 어레이(290)의 작동을 허용하는 것뿐만 아니라, 다양한 방식으로 그와 같은 작동을 가능하게 할 수 있다.

[0035] 예를 들어, 틸-틸트-z 굴곡부(230)의 가요성 커플링(414)의 강도(stiffness)는 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스와 접촉할 때 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)가 변형되도록 튜닝될 수 있다. 또한, 틸-틸트-z 굴곡부(230)의 가요성 커플링(414)의 강도는 액추에이터 조립체(220)의 이동을 부드럽게 하도록 튜닝될 수 있다. 게다가, 틸-틸트-z 굴곡부(230)의 가요성 커플링(414)의 강도는 캐리어 기관으로부터 정전기 이송 헤드(703)에 의해 잡힌 마이크로 디바이스를 끌어오는 픽업하는 힘을 제공하도록 튜닝될 수 있다.

[0036] 일 실시예에서, 가요성 커플링(414)은 아래에 더 자세히 설명된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 유연성 요소보다 더 딱딱할 수 있다. 가요성 커플링(414)과 유연성 요소 간의 강도를 이런 방법으로 매칭시키는 것은 정전기 이송 헤드들의 어레이가 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉할 때, 유연성 요소가 필요에 따라 변형되도록 할 수 있다. 즉, 접촉 부하가 가요성 커플링(414)에 의해 흡수되도록 하기 보다는 오히려, 접촉 부하가 유연성 요소에 대신 흡수될 수 있다. 게다가, 유연성 요소는 그러한 부하에서 변형될 수 있고 변형은 유연성 요소와 통합된 변위 센서(518)에 의해 감지될 수 있고 액추에이터 조립체(220)를 조정하기 위한 피드백으로서 사용될 수 있다.

[0037] 일 실시예에서, 액추에이터 조립체(220)가 분배 플레이트(240)를 이동함에 따라, 가요성 커플링(414)은 분배 플레이트(240)에 무효 부하를 제공할 수 있다. 예를 들어, 3 개의 액추에이터를 갖는 액추에이터 조립체(220)로 분배 플레이트(240)를 틸팅하는 경우에, 각각의 액추에이터의 운동학적으로 경미한 불일치로 인해, 분배 플레이트(240)의 원치 않는 요동(jerkiness) 또는 비틀림, 예를 들어, 요우잉(yawing)이 발생할 수 있다. 가요성 커플링(414)의 강도는 이러한 운동학적 불일치에 대응하고 원치 않는 이동에 저항하도록 튜닝될 수 있다. 예를 들어, 가요성 커플링(414)이 앞서 설명한 바와 같이 빔 커플링을 갖는, 즉, 방사형 슬롯(416)들 사이에 파티션(418)을 갖는 실시예에서, 가요성 커플링(414)의 비틀림 강도는 z 축(420)에 대한 회전을 방지할 만큼 충분히 높아서 틸 축(422) 및 틸트 축(424)에 대한 틸핑 및 틸팅에 대하여 전체적으로 분배 플레이트(240)의 움직임을

제한할 수 있다.

[0038] 일 실시예에서, 가요성 커플링(414)은 액추에이터 조립체(220)에 의해 인가되는 인장 부하 하에서 길이 방향으로 확장될 수 있지만, 가요성 커플링(414) 상에 가해지는 일로 인해 액추에이터 조립체(220)의 비활성화 이후에 회복부하를 일으키는 포텐셜 에너지가 저장될 수 있다. 다시 말해서, 액추에이터 조립체(220)의 바이어싱 부하를 제거한 이후에, 가요성 커플링(414)은 분배 플레이트(240), 및 분배 플레이트(240)에 결합된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 끌어당기기 위한 인장 스프링의 역할을 할 수 있다. 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)가 캐리어 기관에 부착된 마이크로 디바이스들의 어레이를 정전기적으로 붙잡고 있는 경우에, 가요성 커플링(414)에 의해 생성된 회복부하는 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업하는데 필요한 부하, 즉, 단절 압력보다 클 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서 단절 압력은 약 2 기압으로 예상될 수 있고, 따라서, 가요성 커플링(414)은 연장될 때 2 기압보다 높은 압력과 동등한 회복부하를 생성하도록 튜닝될 수 있다. 따라서, 정전기 이송 헤드들의 어레이가 마이크로 디바이스들의 어레이를 붙잡도록 한 이후에, 액추에이터 조립체(220)는 비활성화될 수 있고 픽업 압력은 회복부하에 의해 가요성 커플링(414)으로부터 제공될 수 있다.

[0039] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 하나 이상의 전기 배선, 예컨대 가요성 회로(318)를 통해 위치 감지 모듈(316) 및/또는 컴퓨터 시스템(108)에 피드백 신호들을 제공하는 센서들을 포함한다. 아래에 설명한 바와 같이, 피드백은 액추에이터(310)의 작동, 및 그로 인한 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 공간적 배향을 조절하는 제어 루프에 사용되는 변위 센서들로부터의 아날로그 신호들을 포함할 수 있다. 위치 감지 모듈(316)은 아날로그 신호에 의해 변위 센서에서 위치 감지 모듈(316)까지 이동해야 하는 거리가 제한됨으로써 신호 열화를 감소하기 위하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 근처에 위치될 수 있다. 위치 감지 모듈(316)은 또한 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)로부터 위치 감지 모듈(316) 및 액추에이터(310)로의 열 전달을 감소하기 위하여 절연 플레이트(260)의 반대면 상에 위치될 수 있다. 위치 감지 모듈(316)과 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 사이의 열적 고립을 유지하는 것은 위치 감지 모듈(316)에 미치는 열 영향에 의해 야기되는 신호 왜곡을 감소할 수 있다. 액추에이터(310), 예컨대 압전 액추에이터와 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 사이의 열적 고립을 유지하는 것은 액추에이터(310)의 열적 드리프트(thermal drift)로부터 보호하고 결과적으로 마이크로 디바이스들의 어레이를 지지하는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 공간적 배향을 정확하게 조정하는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 역량을 보호할 수 있다.

[0040] 도 5a 내지 도 6 및 도 8 내지 도 12는 액추에이터 조립체(220)가 분배 플레이트(240)를 조정할 때 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 공간적 배향이 조정되도록 분배 플레이트(240)에 결합될 수 있는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 대안적인 실시예들을 도시한다. 각각의 실시예들은 정전기 이송 헤드의 공간적 배향이 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 또는 마이크로 픽업 어레이(290)의 관절을 통해 조정되도록 한다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 관련 미국 출원 제13/715,557호 및 제13/715,591호에서 도시하고 설명한 자동 정렬 구조물 중 임의의 것을 포함할 수 있고, 이는 본 명세서에 참조로서 포함된다.

[0041] 도 5a를 참조하여, 유연성 요소와 통합된 변위 센서를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 참조를 위해, 도시된 화면은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 "전방(front side)" 또는 "전면(front face)"으로 지칭될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 베이스(502) 및 피봇 플랫폼(504)을 포함한다. 일 실시예에서, 베이스(502)는 피봇 플랫폼(504)의 전부 또는 일부를 둘러싼다. 예를 들어, 베이스(502)는 피봇 플랫폼(504)의 둘레에서 측방향으로 연장될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 베이스(502)는 피봇 플랫폼(504)을 둘러싸지 않는다. 베이스(502)와 피봇 플랫폼(504)은 하나 이상의 유연성 요소에 의해 상호연결될 수 있다. 예를 들어, 도시된 실시예에서, 유연성 요소는 빔(506)으로 표현될 수 있다. 빔(506)은 하나 이상의 피봇 위치, 예컨대 내부 피봇(508, 514) 및 외부 피봇(510, 516)에서 베이스(502) 및 피봇 플랫폼(504)과 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 내부 피봇(508, 514) 및 외부 피봇(510, 516)은 서로 직교하는 베이스(502)와 피봇 플랫폼(504)의 에지 상에 위치할 수 있다.

[0042] 본 발명의 실시예들에 따라, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 하나 이상의 부분 또는 부분품들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 베이스(502), 피봇 플랫폼(504), 및 하나 이상의 유연성 요소(예를 들어 빔(506))는 구분되는 영역들을 생성하는 실리콘 웨이퍼로부터 형성될 수 있다. 더 구체적으로, 공지된 프로세스, 예컨대 딥 에칭, 레이저 커팅 등을 이용하여 채널(522)들을 형성할 수 있다. 따라서, 적어도 하나의 실시예에서, 채널(522)들은, 예를 들어, 베이스(502), 빔(506), 및 피봇 플랫폼(504) 영역들 사이에 분리선들을 제공함으로써 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 구조물을 형성할 수 있다. 예를 들어, 채널(522)들은 빔(506)과 피봇 플랫폼(504) 사이뿐만 아니라, 베이스(502)와 빔(506) 사이에 약 100 마이크로미터의 분리선을 생성할 수 있다. 인가된 부하에서 편향되는 재료의 능력, 열적 안정성, 및 최소 스프링 질량에 기초하여 실리콘 이외의

재료들이 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 활용될 수 있다. 예를 들어, 실리콘 이외에, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 형성하는데 적합한 재료 선택은 실리콘 카바이드, 알루미늄 나이트라이드, 스테인레스 스틸, 및 알루미늄을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0043] 빔(506)은 피봇 플랫폼(504)의 둘레에서 측방향으로 내부 피봇(508)부터 외부 피봇(510)까지 연장될 수 있다. 더욱 상세하게는, 빔(506)은 베이스(502)와 피봇 플랫폼(504) 사이에 끼워넣고 두 컴포넌트 사이의 빈 공간을 적어도 부분적으로 채움으로써 그 두 컴포넌트에 부속할 수 있다. 일 실시예에서, 빔(506)의 측방향 연장은 피봇 플랫폼(504) 또는 피봇 플랫폼(504) 상에 탑재된 마이크로 픽업 어레이(290)에 힘이 가해질 때, 빔(506), 내부 피봇(508, 514), 및 외부 피봇(510, 516)에 구부러짐 및 왜곡을 허용하는 레버 암을 제공한다. 더 구체적으로, 피봇 플랫폼(504)에 힘이 가해질 때, 예컨대 탑재된 마이크로 픽업 어레이(290) 상의 정전기 이송 헤드가 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스와 접촉할 때, 피봇 플랫폼(504)은 베이스(502)에 대하여 편향될 수 있다. 이 편향은 하나 이상의 높은 스트레인 영역의 발현에 의해 수반될 수 있고, 외부 피봇(510) 근처에서 파선 영역 상세(X)로 표현되는 바와 같다. 힘이 피봇 플랫폼(504)에 가해지는 위치에 따라, 유사한 스트레인 영역들이 내부 피봇(508, 514) 및 외부 피봇(516) 근처에서 발현될 수 있다.

[0044] 일 실시예에서, 빔(506) 강도는 캐리어 기관 또는 수용 기관에서 마이크로 디바이스의 픽업 및 배치 둘 모두를 용이하게 하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 빔(506) 강도를 튜닝하여 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스들과 접촉한 이후, 또는 정전기 이송 헤드에 붙잡힌 마이크로 디바이스들이 수용 기관과 접촉한 이후에 피봇 플랫폼(504) 상의 정전기 이송 헤드들이 손상을 입지 않도록 보장할 수 있다. 즉, 빔(506) 강도는 피봇 플랫폼(504)이 접촉 범위에 걸쳐 편향되기에 충분한 빔 변형을 허용할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드가 정전기 이송 헤드들을 훼손하는데 필요한 부하보다 적은 부하로 마이크로 디바이스들의 어레이를 접촉할 때, 피봇 플랫폼(504)은 적어도 30 마이크로미터 상향으로 편향되기를 기대할 수 있다.

[0045] 추가로, 빔(506) 강도를 튜닝하여 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스를 픽업하는 동안 빔(506)의 소성 변형을 방지할 수 있다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드가 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스를 붙잡을 때, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 후퇴는 정전기 이송 헤드와 연관된 피봇 플랫폼(504)에 대하여 상향으로 베이스(502)를 이동할 수 있다. 본질적으로, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 정전기 이송 헤드들의 어레이에 의해 잡힌 마이크로 디바이스들의 어레이를 잡아당기는 인장 스프링처럼 작용한다. 일 실시예에서, 빔(506) 강도는 빔(506)에 소성 변형을 일으키지 않고 그러한 이동을 허용한다. 예를 들어, 약 2 기압 예상량이 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스를 들어올리는 데 필요한 일 실시예에서, 빔(506)은 소성 변형되기 이전에 피봇 플랫폼(504)에 가해진 적어도 2 기압에 저항한다.

[0046] 일 실시예에서, 하나 이상의 변위 센서(418)가 높은 스트레인 영역 또는 그 근처에서 빔(506)과 통합될 수 있다. 변위 센서(418)들은 피봇 플랫폼(504)과 같은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 일부분들에 가해진 부하로 인해 발생한 빔(506) 변위를 감지 가능할 수 있다. 예를 들어, 변위 센서(418)들은 빔(506)의 이동을 직접 검출할 수 있거나, 빔(506)의 이동을 암시하는 내부 변형을 검출할 수 있다.

[0047] 도 5b를 참조하여, 도 5a의 상세(X)에서 취해진, 마이크로 픽업 어레이 마운트의 유연성 요소와 통합된 변위 센서의 평면도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 변위 센서(518)는 빔(506)의 변형을 측정하는 스트레인 게이지일 수 있다. 스트레인 게이지는 재료 변형에 따라 달라지는 전기 저항성을 나타낼 수 있다. 더 구체적으로, 빔(506)이 변형될 때 스트레인 게이지가 변형되도록 구성될 수 있다. 즉, 스트레인 게이지 설계는 필요한 정확성, 안정성, 순환 내구성 등을 성취하기 위하여 캐리어 기관로부터 마이크로 디바이스들을 이송하는 것과 연관된 환경 및 동작 조건에 기초하여 선택될 수 있다. 따라서, 스트레인 게이지는 이러한 목적을 성취하기 위하여 다양한 재료로 형성되고 다양한 방법으로 빔(506)과 통합될 수 있다. 다수의 그와 같은 실시예들이 아래에 설명된다.

[0048] 스트레인 게이지는 빔(506)과 별도로 형성되어 그것에 부착될 수 있다. 일 실시예에서, 스트레인 게이지는 폴리실리콘으로 형성된 포일을 지지하고, 빔(506)으로부터 포일을 전기절연하는 절연성 가요 백킹(insulative flexible backing)을 포함한다. 예를 들어, 포일은 사문형 패턴으로 배열될 수 있다. 부착형 스트레인 게이지의 예시로서, 미국 펜실베이니아주, 앨런에 본사를 둔 Vishay Precision Group에서 생산한 Series 015DJ 범용 스트레인 게이지가 있다. 빔(506)과는 별도로 형성되는 스트레인 게이지는 다양한 프로세스를 이용하여 빔(506)에 부착될 수 있다. 예를 들어, 스트레인 게이지 백킹은 접착제 또는 기타 접합 작업으로 빔(506)에 직접 부착될 수 있다. 더 구체적으로, 스트레인 게이지 백킹은 솔더, 에폭시, 또는 솔더 및 고온 에폭시의 조합을 이용하여 빔(506)의 표면에 고정될 수 있다.

- [0049] 다른 실시예에서, 스트레인 게이지는 바람직한 패턴, 예컨대 사문형 패턴으로 빔(506) 상에 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 스트레인 게이지는 퇴적 공정을 이용하여 빔(506) 상에 직접 형성될 수 있다. 예를 들어, 콘스탄탄 구리-니켈 트레이스가 빔(506) 상에 직접 사문형 패턴으로 스퍼터링될 수 있다. 사문형 패턴을 갖는 스퍼터링된 스트레인 게이지의 스트랜드의 크기는 폭 약 8 마이크로미터 및 스트랜드 길이 간 거리 약 8 마이크로미터일 수 있고 약 105 나노미터의 두께로 퇴적될 수 있다.
- [0050] 다른 실시예에서, 빔(506)의 재료는 통합형 스트레인 게이지를 형성하기 위하여 변경될 수 있다. 더 구체적으로, 빔(506)은 빔(506) 내에 스트레인 게이지를 형성하기 위하여 압전저항 재료로 도핑될 수 있다. 예를 들어, 빔(506)의 표면은 실리콘으로 도핑될 수 있다. 도핑된 재료는 사문형 패턴일 수 있고, 인가된 스트레인에 따라 달라지는 크기를 갖는다. 따라서, 스트레인 게이지는 완전히 통합되어 물리적으로 빔(506)의 남은 부분과 구분되지 않을 수 있다.
- [0051] 일 실시예에서, 변위 센서(518)는 예상되는 스트레인의 방향으로 정렬하는 세로 방향의 스트랜드들의 패턴(예를 들어 사문형)을 가진 빔(506) 상의 스트레인 게이지일 수 있다. 예를 들어, 빔(506)은 채널(522)들과 정렬하는 높은 스트레인 영역에서 압축 또는 인장 부하들을 보이는 것이 예상될 수 있고, 따라서 변위 센서(518)의 세로 방향의 스트랜드들은 채널(522)들과 평행할 수 있다. 그러나, 다른 방향으로 주요 스트레인 평면을 보이는 유연성 요소들을 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 일 실시예에서, 변위 센서(518)는 그러한 스트레인들을 검출하도록 배향될 수 있다.
- [0052] 캐리어 기관으로부터 마이크로 디바이스들을 이송하는 동안, 빔(506) 및 변위 센서(518)는 고온에 노출될 수 있고, 따라서, 온도 보상이 필요할 수 있다. 일 실시예에서, 변위 센서는 자가-온도 보상될 수 있다. 더 구체적으로, 스트레인 게이지 재료는 이송 공정의 동작 조건을 넘어서는 온도-유발되는 명백한 스트레인을 제한하도록 선택될 수 있다. 그러나, 대안적인 실시예에서, 다른 온도 보상 방식들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 온도 보상은 더미 게이지 기술(dummy gauge technique)을 이용하여 성취될 수 있다.
- [0053] 도 5b를 다시 참조하여, 일 실시예에서, 더미 게이지 기술은 기준 스트레인 게이지(520)를 이용하여 변위 센서(518)를 보상한다. 더욱 상세하게는, 기준 스트레인 게이지(520)는 동일한 스트레인의 영역에서 변위 센서(518) 근처에 위치할 수 있다. 변위 센서(518)의 스트랜드들이 인가되는 스트레인의 방향과 맞춰 정렬될 수 있는 반면, 기준 스트레인 게이지(520)의 스트랜드들은 변위 센서(518)의 스트랜드들 및 인가되는 스트레인의 방향에 직교하게 연장될 수 있다. 대안적으로, 기준 스트레인 게이지(520)는 빔(506)의 높은 스트레인 영역에 위치한 변위 센서(518)에서 떨어진, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 스트레인 없는 영역에 위치할 수 있다. 예를 들어, 기준 스트레인 게이지(520)는 베이스(502) 또는 피봇 플랫폼(504) 상에 위치할 수 있다. 따라서, 변위 센서(518)는 빔(506)에 인가된 스트레인을 검출하도록 구성될 수 있고 기준 스트레인 게이지는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 열적 효과로 인한 스트레인을 검출하도록 구성될 수 있다. 따라서, 두 스트레인 게이지의 스트레인의 비교치를 사용하여 빔(506)의 열 팽창과 관련된 스트레인을 결정 및 보상할 수 있다.
- [0054] 도 5a를 다시 참조하여, 일 실시예에서, 기준 스트레인 게이지(520) 및 변위 센서(518)는 하프 휘트스톤 브릿지(half Wheatstone bridge)의 인접한 다리(leg)들로 선으로 연결되어 변위 센서(518)와 기준 스트레인 게이지(520) 간의 온도 영향을 상쇄할 수 있다. 변위 센서(518)와 기준 스트레인 게이지(520)는 각각 하프 휘트스톤 브릿지를 형성하여 내부 피봇(508, 514) 또는 외부 피봇(510, 516) 근처의 높은 스트레인 영역에서 스트레인을 감지할 수 있다. 그러나, 내부 피봇(508, 514)과 외부 피봇(510, 516)은 각각 제1 높은 스트레인 영역에서 정반대에, 채널(522)들에 의해 형성되는 피봇의 제2 측방향 에지의 근처에서, 제2 높은 스트레인 영역을 포함할 수 있다. 다른 변위 센서(518), 또는 한 쌍의 변위 센서(518)와 기준 스트레인 게이지(520)는, 변형을 감지하기 위하여 이 제2 높은 스트레인 영역에 위치할 수 있다. 게다가, 두 쌍의 변위 센서(518)와 기준 스트레인 게이지(520)는 내부 피봇(508, 514) 및 외부 피봇(510, 516) 근처에서 재료 스트레인을 결정하기 위하여 모니터링될 수 있는 풀 휘트스톤 브릿지에서 서로 선으로 연결될 수 있다. 아래에 설명한 바와 같이, 이 스트레인 신호들을 모니터링하는 것은 피봇 플랫폼(504)에 인가되는 압력을 추정하는 데 사용될 수 있다. 게다가, 스트레인 신호들은 제어 알고리즘에 의해 사용되어 피봇 플랫폼(504)에 걸쳐 균일하게 압력을 분배하는 데 요구되는 필요 틸트, 틸트, 및 z(피봇 플랫폼 면에 직교함)이동을 결정할 수 있다.
- [0055] 다른 유형의 센서들을 이용하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 유연성 요소의 변형 또는 변위를 감지할 수 있다. 예를 들어, 상이한 스트레인 게이지 유형, 예컨대 용량성 스트레인 게이지 및 광섬유 감지를 이용하는 스트레인 게이지를 이용하여 빔(506) 변형을 감지할 수 있다. 대안적으로, 유연성 요소, 또는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 다른 컴포넌트, 예컨대 피봇 플랫폼(504)의 변위를 직접 측정할 수 있다. 일 실시예

에서, 레이저 간섭계를 이용하여 유연성 요소 또는 피봇 플랫폼(504)의 변위를 감지할 수 있다. 다른 실시예에서, 용량성 변위 센서를 이용하여 유연성 요소 또는 피봇 플랫폼(504)의 변위를 감지할 수 있다. 따라서, 피봇 플랫폼(504) 또는 유연성 요소의 변위를 측정하고 그와 관련된 피드백을 제공하도록 다양한 방법들이 선택될 수 있다. 일 실시예에서, 선택은 비용, 필요 정확성, 및 환경적 고려사항과 같은 트레이드 오프에 의해 유도될 수 있다. 예를 들어, 변위 센서(518) 상의 열적 효과를 보상하는 능력이 제1 선택 기준일 수 있다.

[0056] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 피봇 플랫폼(504) 상의 하나 이상의 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)을 포함한다. 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 동작 가능하게 연결될 때 마이크로 픽업 어레이(290) 상의 정전기 이송 헤드들의 어레이에 동작 전압을 전달하도록 기능할 수 있다. 일 실시예에서, 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)들은 적절한 기술, 예컨대, 피봇 플랫폼(504)의 표면 상에 전도성 재료(예를 들어, 금속)의 스퍼터링 또는 전자 빔 증착을 이용하여 형성될 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.

[0057] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 마이크로 픽업 어레이(290)를 탑재하기 위한 하나 이상의 집합 부위를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 집합 부위는 피봇 플랫폼(504) 상에 위치한 하나 이상의 클램프 전극(540)을 포함한다. 더욱 상세하게는, 클램프 전극(540)들은 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)과 동일한 피봇 플랫폼(504)의 표면 상에 위치할 수 있다. 클램프 전극(540)들은 정전기 원리를 이용하여 마이크로 픽업 어레이(290)를 고정 또는 클램핑하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 클램프 전극(540)들은 유전층으로 덮인 하나 이상의 전도성 패드를 포함할 수 있다. 정전기 그림퍼의 원리에 따라, 전도성 패드가 일정 전압으로 유지되고 마이크로 픽업 어레이(290) 상의 금속 또는 반도체 필름 클램프 영역에 인접하게 배치되면, 정전기력이 마이크로 픽업 어레이(290)를 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 클램핑한다. 여기서, 용어 "인접"은 전도성 패드들이 얇은 유전층에 의해 클램프 영역으로부터 분리되는 것을 지칭할 수 있다.

[0058] 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전면 상의 컴포넌트들은 다양한 리드들을 통해 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 다른 컴포넌트들과 전기적으로 연결되도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 전방 가요성 회로(550)는 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 외부 컴포넌트들로부터 연장되어 베이스(502)의 면 또는 에지 상의 전방 가요성 회로 커넥터(552)와 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 전방 가요성 회로(550)는 멀티 전도체 리본 케이블일 수 있고, 전방 가요성 회로 커넥터(552)는 일치하는 커넥터일 수 있다. 게다가, 전방 가요성 회로 커넥터(552)는 다양한 트레이스가 시작되고 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전면 상의 컴포넌트들로 연장되는 단자 접점을 포함할 수 있다.

[0059] 예를 들어, 변위 센서(518)는 하나 이상의 변위 센서 트레이스(554)를 통해 전방 가요성 회로 커넥터(552)와 전기적으로 연결될 수 있다. 더욱 상세하게는, 변위 센서(518)는 일치하는 커넥터의 분리된 단자 접점들과 연결되는 두 트레이스, 입력 및 출력 트레이스(도 5b)와 전기적으로 연결될 수 있다. 하나 이상의 트레이스는 도 5a에서 단선(single line)으로 도시되고, 게다가, 트레이스들은 실제 리드의 수가 예시의 간결함을 위해 개략적으로 표현되었다는 것을 나타내기 위해 생략되거나 끊어진 선으로 표시된다.

[0060] 유사하게, 기준 스트레인 게이지(520)는 하나 이상의 기준 스트레인 게이지 트레이스(556)를 통해 전방 가요성 회로 커넥터(552)와 전기적으로 연결될 수 있다. 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)은 하나 이상의 동작 전압 트레이스(558)를 통해 전방 가요성 회로 커넥터(552)와 전기적으로 연결될 수 있다. 클램프 전극(540)은 하나 이상의 클램프 전극 트레이스(560)를 통해 전방 가요성 회로 커넥터(552)와 전기적으로 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 트레이스들은 적절한 기술, 예컨대 스퍼터링 또는 e-빔 증착을 이용하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상에 직접 형성될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 트레이스들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)로부터 분리된, 또는 그것의 표면에 접합된 전선일 수 있다.

[0061] 도 6을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 피봇 플랫폼 상의 가열 요소를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도이다. 참조를 위해, 도시된 화면은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 "후방(back side)" 또는 "후면(back face)"으로 지칭될 수 있다. 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 피봇 플랫폼(504)의 후방 위에 하나 이상의 가열 요소(602)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 가열 요소(602)는 저항 합금, 예컨대 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상에 스퍼터링된 니켈-크로뮴 합금으로 형성될 수 있다. 따라서, 가열 요소(602)는 전류가 그것을 통과함에 따라 줄 가열(Joule heating)을 겪을 수 있다. 따라서, 열이 가열 요소(602)에서 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 및/또는 그것과 결합된 마이크로 픽업 어레이(290)로 전달될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 가열 요소(602)는 레지스터에 인가되는 전류에 의존하는 비율로 열을 발산하는 표면 실장 기술에 기초하는 표면 실장형 레지스터일 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 픽업

어레이 마운트는 외부 가열 컴포넌트, 예컨대 피봇 플랫폼(504)을 향하고 있는 적외선 열원에 의해 가열될 수 있다.

[0062] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 또는 근처 구조물, 예를 들어, 마이크로 픽업 어레이(290)의 온도를 감지하기 위하여 하나 이상의 온도 센서(610)를 포함한다. 예를 들어, 온도 센서(610)는 피봇 플랫폼(504)의 온도를 측정하기 위하여 피봇 플랫폼(504)의 후방에 위치할 수 있다. 예를 들어, 온도 센서(610)는 피봇 플랫폼(504)의 중심, 피봇 플랫폼(504)의 코너, 또는 베이스(502) 또는 빔(506) 상에 위치할 수 있다. 온도 센서(610)는 서미스터, 서모커플, 또는 다른 유형의 온도 센서일 수 있다. 게다가, 온도 센서(610)는 피봇 플랫폼(504)에 담겨거나 다른 방식으로 부착되거나 기계적으로 고정될 수 있다.

[0063] 본 발명의 실시예들에 따라, 가열 요소(602) 및/또는 온도 센서(610)는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전방 또는 후방에 위치할 수 있다. 위치의 선택은 가용 공간 및 가열 요소(602) 및 온도 센서(610)가 다른 기능들을 간섭할 것인지 여부와 같은 고려사항들에 따라 결정된다. 예를 들어, 컴포넌트들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 클램프 전극(540) 또는 마이크로 픽업 어레이(290)의 정전기 이송 헤드들의 전하에 지장을 주는 것을 방지하도록 배치될 수 있다. 게다가, 컴포넌트들은 마이크로 픽업 어레이(290)를 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 접합하는 것을 간섭하는 것을 방지하도록 배치될 수 있다. 온도 센서(610)는 마이크로 픽업 어레이(290)의 피크 온도에 매우 근접하도록 배치될 수 있다. 이 근접을 성취하는 데 필수로서 온도 오프셋이 채용될 수 있다.

[0064] 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 후면 상의 컴포넌트들은 다양한 리드들을 통해 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 다른 컴포넌트들과 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 후방 가요성 회로(620)는 대량 이송 기구(100) 및 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 외부 컴포넌트들로부터 연장되어 베이스(502)의 면 또는 에지 상에 탑재된 후방 가요성 회로 커넥터(630)와 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 후방 가요성 회로(620)는 멀티 전도체 리본 케이블일 수 있고, 후방 가요성 회로 커넥터(630)는 일치하는 커넥터일 수 있다. 게다가, 후방 가요성 회로 커넥터(630)는 다양한 트레이스가 시작되고 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 후면 상의 컴포넌트들로 연장되는 단자 접점을 포함할 수 있다. 그와 같이, 가열 요소(602)는 하나 이상의 가열 트레이스(640)를 통해 후방 가요성 회로 커넥터(630)와 전기적으로 연결될 수 있다. 온도 센서(610)는 하나 이상의 온도 센서 트레이스(642)를 통해 후방 가요성 회로 커넥터(630)와 전기적으로 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 트레이스들은 적절한 기술, 예컨대 스퍼터링 또는 e-빔 증착을 이용하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상에 직접 형성될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 트레이스들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)로부터 분리된, 또는 그것의 표면에 접합된 전선일 수 있다.

[0065] 도 7을 참조하면, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기관을 갖는 마이크로 픽업 어레이가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 마이크로 픽업 어레이(290)는 실리콘, 세라믹, 및 폴리머 중 하나 이상으로 형성된, 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)를 지지하는 베이스 기관(702)을 포함할 수 있다. 각각의 정전기 이송 헤드(703)는 전극(712)을 지지할 수 있는 상부 표면(708)을 포함하는 메사 구조물(704)을 포함할 수 있다. 그러나, 전극(712)은 예시적이고, 다른 실시예에서, 메사 구조물(704)이 전체적으로 또는 부분적으로 전도성이어서, 전극(712)이 불필요할 수 있다. 유전층(716)이, 존재하는 경우, 각각의 메사 구조물(704) 및 전극(712)의 상부 표면(708)을 덮는다. 각각의 정전기 이송 헤드(703)의 상부 접촉 표면(718)은 최대 규모, 예를 들어 1 내지 100 μm 의 길이 또는 너비를 가지며, 이는 픽업될 마이크로 디바이스의 크기에 대응할 수 있다.

[0066] 메사 구조물(704)은 베이스 기관(702)에서 돌출하여, 픽업 동작 동안 특정 마이크로 디바이스를 픽업하는 상부 접촉 표면(718)의 국부적인 접촉 지점을 제공하도록 한다. 일 실시예에서, 메사 구조물(704)의 높이는 대략 1 μm 내지 5 μm , 또는 더 구체적으로 대략 2 μm 이다. 일 실시예에서, 메사 구조물(704)은 1 내지 10,000 제곱 마이크로미터 사이의 표면적을 갖는 상부 표면(708)을 가질 수 있다. 메사 구조물(704)은 이 일반적인 표면적 영역을 유지하면서, 다양한 기하학적 형태, 예를 들어, 정사각, 직사각, 원, 타원 등으로 형성될 수 있다. 베이스 기관(702) 상의 메사 구조물들의 어레이의 높이, 너비, 및 평면성은, 각각의 정전기 이송 헤드(703)가 픽업 동작 동안 대응하는 마이크로 디바이스와 접촉할 수 있고, 정전기 이송 헤드(703)가 픽업 동작 동안 의도한 대응하는 마이크로 디바이스에 인접한 마이크로 디바이스와 부주의하게 접촉하지 않도록 할 수 있다.

[0067] 도 7을 계속 참조하면, 전극 리드(714)는 전극(712) 또는 메사 구조물(704)이 동작 전압 비아(720)의 단자 및 기관 동작 전압 접점(722)과 전기적으로 연결되도록 배치할 수 있다. 따라서, 동작 전압이 동작 전압 비아(720)를 통해 마이크로 픽업 어레이(290)의 기관 동작 전압 접점(722)으로부터 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)로 전달될 수 있다. 동작 전압 비아(720)는 다양한 방식으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 동작 전압 비

아(720)는, 베이스 기판(702)을 관통하는 홀을 드릴링 또는 에칭하고, 홀을 절연체로 부동태화하고, 적절한 기술, 예컨대 스퍼터링, e-빔 증착, 전기도금, 또는 무전해 퇴적을 이용하여 전도성 재료(예를 들어, 금속)를 부동태화된 홀 안에 형성하여 동작 전압 비아(720)를 형성함으로써 형성될 수 있다.

[0068] 마이크로 픽업 어레이(290)는 마이크로 픽업 어레이(290)의 후방 상에 형성된 하나 이상의 기판 클램프 접점(724)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 기판 클램프 접점(724)은 전도성 패드, 예컨대 금속 또는 반도체 필름을 포함한다. 전도성 패드는 마이크로 픽업 어레이(290)의 다른 액티브 영역으로부터 전기적으로 고립될 수 있다. 예를 들어, 절연층들이 전도성 패드들의 아래, 위, 및 둘레에 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 기판 클램프 접점(724)은, 예를 들어 마이크로 픽업 어레이(290)와 기판 클램프 접점(724)을 벌크 실리콘으로 형성하고, 마이크로 픽업 어레이(290)의 다른 액티브 영역으로부터 기판 클램프 접점(724)을 전기적으로 고립함으로써 마이크로 픽업 어레이(290)와 일체적으로 형성될 수 있다.

[0069] 도 8을 참조하면, 마이크로 픽업 어레이와 결합된 마이크로 픽업 어레이 마운트의 측면면도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 마이크로 픽업 어레이(290)와 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 물리적으로 동작 가능하게 결합될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 정전기 그림퍼의 원리에 따라 그리고 반대 전하의 인력을 이용하여, 마이크로 픽업 어레이(290)의 기판 클램프 접점(724)은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 클램프 전극(540)과 정렬될 수 있고, 그것에 의해 정전기적으로 유지될 수 있다. 더 구체적으로, 클램프 전극 트레이스(560)를 통해 클램프 전극(540)에 정전기 전압을 인가하는 즉시, 정전기 그림 압력이 기판 클램프 전극(540)에 인가되어, 마이크로 픽업 어레이(290)가 물리적으로 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 결합되게 할 것이다. 게다가, 마이크로 픽업 어레이(290)의 하나 이상의 기판 동작 전압 접점(722)은 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)들과 정렬될 수 있고, 그것에 인접하게 배치될 수 있다. 따라서, 동작 전압 트레이스(558)를 통해 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)에 인가되는 전압은 기판 동작 전압 접점(722) 및 동작 전압 비아(720)를 통해 하나 이상의 정전기 이송 헤드(703)에 전달될 수 있다. 따라서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 및 마이크로 픽업 어레이(290)는 전기적으로 연결되어 마이크로 픽업 어레이(290)가 마이크로 디바이스들의 어레이 상에 정전기 그림력을 생성하도록 할 수 있다.

[0070] 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)로부터 마이크로 픽업 어레이(290) 및/또는 마이크로 픽업 어레이(290)에 잡힌 마이크로 디바이스들의 어레이로, 이 컴포넌트들이 물리적으로 결합되어 있을 때, 열이 전달될 수 있다. 더 구체적으로, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 가열 요소(602)는 가열 트레이스(640)에 전류를 통과시킴으로써 저항성으로 가열될 수 있다. 따라서, 열이 가열 요소(602)로부터 피봇 플랫폼(504)을 통해 마이크로 픽업 어레이(290)에 전달될 수 있다. 게다가, 마이크로 픽업 어레이(290)에 전달되는 열은 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)를 통해 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)에 잡힌 마이크로 디바이스들의 어레이로 발산될 수 있다.

[0071] 도 5a 내지 도 8에 대하여 지금까지 위에서 설명한 실시예들은 마이크로 픽업 어레이(290)와 반대로 짝을 이룰 수 있는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 구성을 특징으로 한다. 그러나, 그러한 구성은 예시적인 것이고 총망라된 것은 아니다. 예를 들어, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 대안적인 실시예는 대량 이송 기구(100) 또는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 컴포넌트들과의 상이한 모드들의 전기적 연결을 포함할 수 있다. 게다가, 정전기 이송 헤드(703) 및/또는 마이크로 픽업 어레이(290)는 대안적으로 다른 방식으로 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 결합될 수 있다. 추가적으로, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에서의 유연성 요소의 설계는 본 발명의 기술적 범주 내에서 변경될 수 있다. 다음의 도 9 내지 도 12는 그러한 변경들에 따라 여러가지 대안적인 실시예들을 도시한다.

[0072] 도 9를 참조하면, 피봇 플랫폼 상에 유연성 요소와 통합된 변위 센서 및 정전기 이송 헤드들의 어레이를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 도 9에 도시된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 실시예의 대부분의 컴포넌트들은 도 5a에 도시된 것들과 동일하거나 유사하다. 그러나, 적어도 두 개의 상당한 차이를 아래에서 설명한다. 첫째, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전면에 있는 컴포넌트들 간의 전기적 연결들이 상이하게 성취된다. 둘째, 별도의 마이크로 픽업 어레이(290)를 이용하는 대신에, 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 직접 통합된다.

[0073] 일 실시예에서, 컴포넌트 트레이스들은 전기적 연결을 만들기 위하여 베이스(502) 상의 전압 랜딩 패드에서 끝난다. 예를 들어, 변위 센서 트레이스(554)는 변위 센서(518)를 변위 센서 랜딩 패드(902)와 서로 연결할 수 있다. 유사하게, 기준 스트레인 게이지 트레이스(556)는 기준 스트레인 게이지(520)를 기준 스트레인 게이지 랜딩 패드(904)와 서로 연결할 수 있다. 게다가, 동작 전압 트레이스(558)는 피봇 플랫폼(504) 상에 형성된 정

전기 이송 헤드(703)를 베이스 동작 전압 랜딩 패드(906)와 서로 연결할 수 있다. 랜딩 패드들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전방에서 후방으로 베이스(502)를 관통하는 비아 구조물 위에 위치할 수 있다. 랜딩 패드들은, 예를 들어, 스퍼터링 공정을 사용하여 트레이스를 형성하는 데 사용되는 공정들과 유사한 공정들을 이용하여 형성될 수 있다.

[0074] 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드들의 어레이는 피봇 플랫폼(504)에 의해 직접 지지된다. 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)의 구조 및 형성은 도 7에 대하여 위에서 설명한 것들과 동일하거나 유사할 수 있다. 예를 들어, 각각의 정전기 이송 헤드(703)는 상부 표면(708)이 유전층(716)에 의해 덮히고 선택적으로 전극(712)을 지지하는 메사 구조물(704)을 포함할 수 있다. 그러나, 정전기 이송 헤드들의 어레이는 마이크로 픽업 어레이(290) 표면 대신에 피봇 플랫폼(504)의 표면 상에 위치할 수 있다. 게다가, 동작 전압 트레이스(458)들은 전극 리드(714)들을 대체할 수 있다.

[0075] 도 10을 참조하면, 피봇 플랫폼 상의 가열 요소를 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 접점이 베이스(502) 상에 위치할 수 있고 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 컴포넌트들과 전기적으로 연결될 수 있다. 일부 베이스(502) 접점들은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 전방에 있는 컴포넌트들과 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 변위 센서 접점(1002)은 변위 센서 랜딩 패드(902)와 전기적으로 연결되는 변위 센서 비아의 단자(도 11)에 위치할 수 있다. 유사하게, 기준 스트레인 게이지 접점(1004)은 기준 스트레인 게이지 랜딩 패드(904)와 전기적으로 연결되는 비아의 단자(도시되지 않음)에 위치할 수 있다. 게다가, 베이스 동작 전압 접점(1006)은 베이스 동작 전압 랜딩 패드(906)와 전기적으로 연결되는 베이스 동작 전압 비아(도 11)의 단자에 위치할 수 있다. 다른 베이스(502) 접점들이 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 후방에 있는 컴포넌트들과 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 가열 접점(1008)은 가열 트레이스(640)를 통해 가열 요소(602)와 전기적으로 연결될 수 있다. 유사하게, 온도 센서 접점(1010)은 온도 센서 트레이스(642)를 통해 온도 센서(610)와 전기적으로 연결될 수 있다.

[0076] 도 11을 참조하여, 도 9의 단면선(B-B)에 대하여 취해진, 스프링 접점과 전기적으로 연결되는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 측단면도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 하나 이상의 접점, 예를 들어, 변위 센서 접점(1002) 또는 베이스 동작 전압 접점(1006)은 스프링 접점(1106)에 놓일 수 있다. 스프링 접점(1106)은 배선 리드 및/또는 접촉 기관(도시되지 않음)과 같은 전기적 연결을 통해 대량 이송 기구(100) 또는 대량 이송 기구 매니플레이팅 조립체(102)의 컴포넌트들과 추가로 연결될 수 있다. 따라서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 컴포넌트들 및 대량 이송 기구(100) 또는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 컴포넌트들을 전기적으로 연결하는 다양한 방법들이 사용 가능하다.

[0077] 도 12를 참조하여, 가요성 영역을 갖는 마이크로 픽업 어레이 마운트의 사시도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 도 12에 도시된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 실시예의 대부분의 컴포넌트들은 도 5a에 도시된 것들과 동일하거나 유사하다. 그러나, 적어도 두 개의 차이를 아래에서 설명한다. 첫째, 일 실시예에서, 도 12에 도시된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 마이크로 픽업 어레이(290)와 영구적으로 결합될 수 있다. 둘째, 일 실시예에서, 도 12에 도시된 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 빔(506)이 없는 유연성 요소를 포함한다.

[0078] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 마이크로 픽업 어레이(290)는 클램프 전극(540)을 대체하는 하나 이상의 본딩 패드(1202)를 이용하여 결합될 수 있다. 본딩 패드(1202)는 다른 구조물과 영구적인 접합의 형성을 용이하게 하는 폴리머, 솔더, 금속, 및 기타 접착제를 포함하는 다양한 재료들로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 본딩 패드(1202)들은 인접한 구조물과의 열 압착(thermocompression bonding)을 용이하게 하는 금, 구리, 또는 알루미늄을 포함할 수 있다. 그러나, 열 압착은 구조물들 간의 영구적인 접합을 형성하는 한 방법일 뿐이고, 본딩 패드(1202)는 다른 접합 메커니즘으로 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 다른 부분 또는 구조물 간의 접합의 형성을 용이하게 하는 다른 재료들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 직접 접합, 점착제 접합, 반응성 접합, 솔더링 등이 형상 및 크기가 다양한 여러 접합 부위들에서 사용될 수 있다.

[0079] 마이크로 픽업 어레이(290)와 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 간의 영구 접합을 용이하게 하도록, 마이크로 픽업 어레이(290) 상의 기관 클램프 접점(724)은 본딩 패드(1202)와의 열 압착을 용이하게 하는 금속 재료로 형성될 수 있는데, 예를 들어, 본딩 패드(1202)와 기관 클램프 접점(724) 둘 모두 금으로 형성될 수 있다. 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 마이크로 픽업 어레이(290)를 영구적으로 접합하기 전에, 피봇 플랫폼 동작 전압 접점(530)과 기관 동작 전압 접점(722)은 컴포넌트들이 동작 가능하게 결합되도록 정렬될 수 있다. 컴포넌트들을 정렬한 이후에, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 마이크로 픽업 어레이(290)와 영구적으로 결합하도

록 영구 열 압착이 형성될 수 있다.

- [0080] 일 실시예에서, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 유연성 요소는 빔(506)이 없는 단일 표면을 포함한다. 더 구체적으로, 유연성 요소는 피봇 플랫폼(504)과 베이스(502) 사이에 위치하고, 채널(522)들에 의해 분리되지 않을 수 있다. 예를 들어, 유연성 요소는 점선으로 표시된 가요성 영역(1204)을 포함할 수 있고, 이는 피봇 플랫폼(504)과 베이스(502) 사이에 존재한다. 가요성 영역(1204)은 피봇 플랫폼(504) 및 베이스(502)와 일체적으로 형성될 수 있지만, 이 컴포넌트들과 상이한 강도를 가질 수 있다. 대안적으로, 강도의 차이는 다양한 구조적 특성에 기인할 수 있는데, 예컨대 더 얇은 단면 또는 예를 들어, 벨로즈의 경우에서와 같이 가요성 형태를 갖는 가요성 영역(1204)을 형성하는 것을 통해 발생할 수 있다. 가요성 영역(1204)의 감소된 강도는 가요성 영역(1204)이 휘어지도록 하고, 피봇 플랫폼(504)과 베이스(502) 간의 상대적인 이동을 허용할 수 있다. 따라서, 하나 이상의 변위 센서(518)를 가요성 영역(1204)과 통합하여 가요성 영역(1204)의 변형을 감지할 수 있다. 일 실시예에서, 전기 리드는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 가요성 영역(1204)에 걸쳐 직접 이어질 수 있다. 예를 들어, 동작 전압 트레이스(558)는 가요성 영역(1204)을 직접 가로질러 지날 수 있고, 이는 도 5a의 실시예에서 도시된 채널(522)들 둘레로 이어지는 것과 반대이다.
- [0081] 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 여러 개별적인 컴포넌트들을 설명했고, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 전체적인 기능 및 제어에 대해 알아볼 것이다. 도 13을 참조하여, 마이크로 픽업 어레이를 유지하고 제어 시스템과 상호연결된 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 측면도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 도시된 시스템을 이용하여 캐리어 기관으로부터 수용 기관으로 마이크로 디바이스들을 이송하는 것을 포함하는 방법을 수행할 수 있다. 더 구체적으로, 시스템을 이용하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 결합된 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)와 캐리어 기관 또는 수용 기관 상의 마이크로 디바이스들의 어레이 간의 공간적 관계를 능동적으로 제어할 수 있다. 게다가, 시스템을 이용하여 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)와 마이크로 디바이스들의 어레이 간의 정전기 그립력을 제어할 수 있다. 추가로, 예를 들어, 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)가 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉하는 동안, 시스템을 이용하여 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)에 전달되는 열을 제어할 수 있다. 게다가, 시스템을 이용하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 대한 정전기 이송 헤드들의 어레이(703)의 유지를 제어할 수 있다.
- [0082] 일 실시예에서, 컴퓨터 시스템(108)의 제어 하에, 액추에이터 조립체(220)의 작동은 마이크로 픽업 어레이(290)의 움직임에 영향을 준다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(108)이 액추에이터 전력 공급원(1302)에 직접 연결되거나 중간 제어기들을 통해 연결되어, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)와 결합된 분배 플레이트(240)를 이동시키기 위하여 액추에이터 전력 공급원(1302)이 하나 이상의 액추에이터(310), 예를 들어, 압전 액추에이터의 움직임을 조절하도록 하는 제어 신호들을 제공할 수 있다. 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)는 마이크로 픽업 어레이(290)를 유지할 수 있다. 그러한 조절은 액추에이터 리드(404)를 통해 액추에이터 전력 공급원(1302)으로부터 액추에이터 조립체(220)로 전달되는 신호들에 기초할 수 있다.
- [0083] 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 활성화하는 것은 마이크로 디바이스들의 어레이의 정전기 그립을 제공한다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(108)이 동작 전압 공급원(1304)에 직접 연결되거나 중간 제어기들에 연결되어, 동작 전압 공급원(1304)이 동작 전압 리드(1306)를 통해 정전기 이송 헤드들에 정전기 전압을 전달하도록 하는 제어 신호들을 제공할 수 있다. 동작 전압 리드(1306)는 앞서 설명한 바와 같이 동작 전압을 전달하기 위하여 예를 들어, 전방 가요성 회로(550) 또는 후방 가요성 회로(620) 내에 통합될 수 있다.
- [0084] 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드들의 어레이의 가열은 가열 요소(602)에 전력을 전달함으로써 제어될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(108)은 가열 전압 공급원(1308)과 직접 연결되거나 중간 제어기들을 통해 연결되어, 가열 전압 공급원(1308)이 가열 전압 리드(1310)를 통해 가열 요소(602)에 전력을 전달하도록 하는 제어 신호들을 제공할 수 있다. 가열 전압 리드(1310)는 앞서 설명한 바와 같이 가열 전력을 전달하기 위하여, 예를 들어, 전방 가요성 회로(550) 또는 후방 가요성 회로(620) 내에 통합될 수 있다.
- [0085] 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 갖는 마이크로 픽업 어레이(290)는 클램프 전극(540)에 정전기 전압을 전달함으로써 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 대하여 유지될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(108)이 동작 전압 공급원(1312)에 직접 연결되거나 중간 제어기들에 연결되어, 클램핑 전압 공급원(1312)이 클램핑 전압 리드(1314)를 통해 클램프 전극(540)에 정전기 전압을 전달하도록 하는 제어 신호들을 제공할 수 있다. 클램핑 전압 리드(1314)는 앞서 설명한 바와 같이 클램핑 전압을 전달하기 위하여 예를 들어, 전방 가요성 회로(550) 또는 후방 가요성 회로(620) 내에 통합될 수 있다.
- [0086] 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(10)의 움직임, 정전기 그립, 및 가열 기능의 제어는 마이크로 픽업 어레이

마운트와 연관된 센서들로부터 전달된 피드백에 기초할 수 있다. 예를 들어, 온도 데이터는, 예를 들어, 후방 가요성 회로(620)를 통해 온도 센서(610)로부터 컴퓨터 시스템(108)으로 제공될 수 있다. 유사하게, 위치 관련 데이터는, 예를 들어, 전방 가요성 회로(550)를 통해 하나 이상의 변위 센서(518)로부터 컴퓨터 시스템(108)으로 전달될 수 있다.

[0087] 일 실시예에서, 변위 센서(518)로부터의 위치 관련 데이터는 컴퓨터 시스템(108)에 전달되기 전에, 위치 감지 모듈(316)에 입력되고 그것에 의해 변환될 수 있다. 예를 들어, 위치 감지 모듈(316) 또는 다른 컴포넌트는 하나 이상의 변위 센서(518), 예를 들어, 스트레인 게이지에 여기 전압을 인가할 수 있고, 변위 센서(518)로부터의 아날로그 출력 전압이 위치 감지 모듈(316)에 의해 모니터링될 수 있다. 이어서, 하나 이상의 변위 센서로부터의 아날로그 출력 전압은 위치 감지 모듈(316)에 의한 아날로그-디지털 처리를 거칠 수 있고, 생성된 디지털 신호는 컴퓨터 시스템(108)에 입력되거나, 로직 동작을 통해 추가적으로 처리되어, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 움직임을 제어하기 위한 제어 알고리즘의 수행을 용이하게 할 수 있다.

[0088] 도 14를 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 조절하기 위한 제어 루프의 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 제어 루프는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 걸쳐 압력을 균일하게 분배하는 목표를 성취하도록 폐쇄될 수 있다. 다시 말해서, 제어 루프는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)를 조절하여 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 압력의 중심을 원하는 위치로 변경하여, 예를 들어, 피봇 플랫폼(504)에 인가된 압력의 중심을 맞춰 피봇 플랫폼(504)을 둘러싸는 유연성 요소(들) 전체에 균일하게 압력을 분배할 수 있다. 따라서, 세트포인트(1402)는 각각의 변위 센서(518)가 각자의 빔(506)에서 동일한 변형을 감지하는 것에 대응하는 기준 신호들의 세트를 정의할 수 있다. 각각의 변위 센서(518)로부터의 변위 측정치들이 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 걸친 압력 분배의 현재 상태에 관련된 피드백으로서 위치 감지 모듈(316)에 입력될 수 있다. 위치 감지 모듈(316)은 아날로그-디지털 신호 처리를 수행하고, 처리된 신호들을 계산, 또는, 예를 들어, 오류 신호의 계산을 위해 컴퓨터 시스템(108)에 전달할 수 있다. 오류 신호에 기초하여, 컴퓨터 시스템(108)은 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 걸친 균일한 압력의 분포를 얻기 위하여 액추에이터 조립체(220)를 작동시키는 적절한 제어 신호들을 결정하기 위하여 제어 알고리즘을 사용할 수 있다. 제어 신호들은 액추에이터 조립체(220)에 직접 전달되거나, 예를 들어, 증폭기(1404)를 이용하여 제어 신호 파워를 증가시킴으로써, 수정될 수 있다. 게다가, 제어 신호들은 액추에이터 조립체(220)에 직접 공급되거나 액추에이터 조립체(220)를 구동하기 위한 액추에이터 전력 공급원(1302)에 공급될 수 있다. 출력(1406)이 세트포인트(1402)와 같아질 때까지, 즉, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)에 걸쳐 압력이 균일하게 분배될 때까지, 각각의 변위 센서(518)로부터의 변위 측정치들은 계속해서 모니터링될 수 있고 제어 알고리즘에 공급되어 계속해서 액추에이터 조립체(220)를 조절할 수 있다. 이 기본 제어 루프 모델은, 마이크로 디바이스들의 어레이를 픽업 및 배치하기 위한 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)를 이용하기 위한 방법의 실시예들에 관련하여 아래에 더 설명될 것이다.

[0089] 다음의 설명에서, 본 발명의 실시예들에 따라 마이크로 디바이스들의 어레이를 이송하기 위한 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체를 동작시키는 방법을 설명할 때 도 15 내지 도 24가 참조된다. 도 16 내지 도 19 및 도 21 내지 도 24에서 제공하는 개략적인 도식들은 단순화된 2차원 도면이라는 것을 이해하게 될 것이다. 예를 들어, 개략적 빔(1606, 1608)과 같은 유연성 요소들의 편향 및 한 쌍의 개략적 액추에이터(1602, 1604)를 갖는 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 작동이 2차원으로 도시되고 설명된다. 그러나, 본 발명의 실시예들에 따른 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 편향 및 작동이 그렇게 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 앞서 설명한 바와 같이, 다양한 액추에이터를 이용하여 추가 자유도를 제공할 수 있고, 이들 자유도는 도 16 내지 도 19 및 도 21 내지 도 24의 2차원 도면으로 완전히 표현되지 않을 수 있다. 더욱 상세하게는, 도 4a에 도시된 바와 같이, 액추에이터 조립체(220)는 셋 이상의 액추에이터, 예를 들어, 3 개의 액추에이터(310)를 포함할 수 있다. 그러한 경우에, 피봇 플랫폼(504)은 페이지 표면을 가로지르는 축에 대하여 제 3 차원으로 틸팅(tilted)되거나 팁핑(tipped)될 수 있고, 이는 도 16 내지 도 19 및 도 21 내지 도 24에 의해 표현되지 않는다.

[0090] 도 15를 참조하여, 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스를 픽업하는 방법을 도시하는 플로차트가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 예시를 위하여, 도 15의 다음 설명들은 도 16 내지 도 19에서 예시하는 실시예들을 참조한다. 동작(1501)에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 캐리어 기관을 향하여 이동한다. 도 16을 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 캐리어 기관(1601)을 향해 이동하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 매니플레이터 조립체, 더 구체적으로 피봇 플랫폼(504)의 이동은 대량 이송 기구(100)의 다양한 액추에이터의 작동에 의해 또는 제1 개략적 액추에이터(1602)와 제2 개략적 액추에이터(1604) 둘 모두

길이 방향으로 연장되도록 작동시킴으로써 성취될 수 있다. 정전기 이송 헤드(703)들은 피봇 플랫폼(504)에 대해 유지되는 마이크로 픽업 어레이(290) 상에 장착될 수 있지만, 정전기 이송 헤드(703)들은 개략적으로 피봇 플랫폼(504) 상에 장착되어 있는 것으로 표현된다. 도시된 바와 같이, 피봇 플랫폼(504)은 베이스(502)에 대하여 편향되지 않을 수 있고, 따라서, 제1 개략적 빔(1606)과 제2 개략적 빔(1608) 둘 모두 이동되지 않거나 변형되지 않을 수 있다. 이 초기 상태에서, 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이와 캐리어 기관(1601) 상의 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이 사이에 갭이 있을 수 있고, 예를 들어, 이 스냅샷은 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이를 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이와 접촉시키기 이전일 수 있다. 여기서, 도시된 갭의 과장은 피봇 플랫폼(504)과 캐리어 기관(1601)이 서로 오정렬될 수 있다는 것을 나타낸다.

[0091] 도 15를 다시 참조하여, 동작(1505)에서 캐리어 기관(1601) 상의 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이를, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)의 피봇 플랫폼(504)과 결합된 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이와 접촉시킬 수 있다. 도 17을 참조하여, 캐리어 기관 상의 마이크로 디바이스와 접촉하는, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 결합된 정전기 이송 헤드의 개략적인 예시가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 피봇 플랫폼(504)이 정렬되지 않은 채 캐리어 기관(1601)에 접근함에 따라, 마이크로 디바이스(1610)를 제2 개략적 빔(1608)에 가장 가까운 정전기 이송 헤드(703)와 접촉시키기 전에, 제1 개략적 빔(1606)에 가장 가까운 정전기 이송 헤드(703)가 마이크로 디바이스(1610)와 접촉할 수 있다. 따라서, 제2 개략적 빔(1608)이 아직 변형되지 않는 동안, 제1 개략적 빔(1606)은 변형될 수 있다.

[0092] 도 15를 다시 참조하여, 동작(1510)에서 피봇 플랫폼(504)과 결합된 유연성 요소의 변형을 감지할 수 있다. 도 17을 다시 참조하여, 일 실시예에서, 제1 개략적 빔(1606)이 변형됨에 따라, 변위 센서(518)(도 5a 참조)는 제1 개략적 빔(1606)과 연관된 변위 신호를 생성한다. 변위 신호는, 예를 들어, 위치 감지 모듈(316)에 의해 모니터링 및/또는 측정될 수 있다. 예를 들어, 변위 신호는 제1 개략적 빔(1606)의 변형이 발생했다는 것을 결정하고, 피봇 플랫폼(504)에 걸쳐 불균일한 압력 분배의 존재를 나타내는 오류 신호를 계산하기 위하여 위치 감지 모듈(316)로 피드백될 수 있다.

[0093] 도 18은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 마이크로 픽업 어레이 마운트의 위치를 조정하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 제1 개략적 빔(1606)의 변형을 감지하고 측정된 데이터로부터 오류 신호를 계산한 이후에, 제어 신호가 컴퓨터 시스템(108)에서 액추에이터 조립체(220)로 전달될 수 있고, 제1 개략적 액추에이터(1602) 길이를 유지하면서 제2 개략적 액추에이터(1604)가 연장되도록 한다. 더 구체적으로, 근처의 정전기 이송 헤드(703)가 마이크로 디바이스(1610)와 접촉하는, 예를 들어, 피봇 플랫폼(504)이 캐리어 기관(1601)과 정렬할 때까지 제2 개략적 액추에이터(1604)는 연장되어 피봇 플랫폼(504)의 공간적 배향을 조정할 수 있다. 게다가, 조정은 제1 개략적 빔(1606) 및 제2 개략적 빔(1608)과 연관된 변위 센서들로부터의 계속된 피드백 신호들에 기초할 수 있다. 즉, 조정은 제1 개략적 빔(1606)과 제2 개략적 빔(1608)의 측정된 변형이 대략 동일해질 때까지 계속될 수 있다. 이 때, 도시된 평면에서 피봇 플랫폼(504)에 걸친 압력 분배가 균일할 수 있다.

[0094] 도 15를 다시 참조하면, 동작(1515)에서 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)와 캐리어 기관(1601) 간의 상대적인 이동이 중지한다. 도 17을 다시 참조하면, 압력이 피봇 플랫폼(504)에 걸쳐 균일하게 분배되는 즉시, 제어 신호들에 따라 액추에이터 조립체(220)의 작동은 중단될 수 있다. 이 때, 제어 루프의 출력(1406)은 세트 포인트(1402)와 동일할 수 있다. 즉, 오류 신호는 0 또는 미리 정의한 범위 내에 있을 수 있고, 각각의 변위 센서(518)에 의해 감지된 변형은 대략 동일하다는 것을 나타낸다. 이 변형 값은 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이와 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이 간의 바람직한 압력을 얻기 위하여 제어 루프를 통해 추가로 정의될 수 있다. 예를 들어, 충분한 압력이 인가되어 안전한 접촉을 보장하면서, 과도한 압력 인가로 인한 정전기 이송 헤드(703)들 및 마이크로 디바이스(1610)들에 대한 손상을 방지할 수 있다.

[0095] 도 15를 다시 참조하면, 동작(1520)에서 마이크로 디바이스들의 어레이 상에 그림 압력을 생성하기 위하여 정전기 이송 헤드들의 어레이에 전압을 인가할 수 있다. 도 18에 도시된 바와 같이, 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이가 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이와 접촉하게 되면, 정전기 전압이 다양한 접점들 및 커넥터들, 예를 들어, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102), 마이크로 픽업 어레이 마운트(250), 및 마이크로 픽업 어레이(290)의 동작 전압 리드(1306), 동작 전압 트레이스(558), 동작 전압 비아(720) 등을 통해 정전기 이송 헤드(703)들에 인가될 수 있다. 더 구체적으로, 컴퓨터 시스템(108)으로부터의 제어 신호들에 기초하여 동작 전압 공급원(1304)으로부터 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이로 전압이 전송될 수 있다. 예를 들어, 제어 신호들은 픽업 공정 동안 미리 정의한 변형이 동시에 각각의 변위 센서(518)에 의해 감지되는 경우, 정전기 이송 헤드(703)가 활성화되도록 명령하는 제어 알고리즘에 기초할 수 있다. 결과적으로, 정전기 이송 헤드들의 어레이는 마이크

로 디바이스(1610)들의 어레이에 그림 압력을 가한다.

[0096] 도 15를 다시 참조하면, 동작(1525)에서 캐리어 기관(1601)에서 마이크로 디바이스(1610)의 어레이를 픽업할 수 있다. 도 19를 참조하면, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 캐리어 기관에서 마이크로 디바이스를 픽업하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 제1 개략적 액추에이터(1602) 및 제2 개략적 액추에이터(1604)는 캐리어 기관(1601)으로부터 피봇 플랫폼(504)을 후퇴하기 위하여 컴퓨터 시스템(108)에 의해 제어될 수 있다. 후퇴하는 동안, 빔들이 저장된 에너지를 릴리스하고 초기 구성으로 되돌아감에 따라, 제1 개략적 빔(1606) 및 제2 개략적 빔(1608)은 변형되지 않은 상태로 복귀할 수 있다. 동시에, 빔들과 연관된 변위 센서들은 빔들이 변형되지 않은 것을 나타내는 신호들을 위치 감지 모듈(316)에 전송할 수 있다. 그러나, 이 단계에서 제어 알고리즘은 수용 기관으로의 이송을 위하여 피봇 플랫폼(504)을 추가로 후퇴하여 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이를 정리하도록 명령할 수 있다. 이 후퇴는 액추에이터 조립체(220)의 작동을 통해, 또는 다른 실시예에서, 대량 이송 기구(100)의 다양한 액추에이터들의 작동을 통해 성취될 수 있다. 게다가, 일 실시예에서, 액추에이터 조립체(220)를 비활성화하고 틱-틸트-z 굴곡부(230)의 가요성 커플링(414)의 내재 강도가 틱-틸트-z 굴곡부(230)를 초기 상태로 회복하도록 함으로써 후퇴가 성취될 수 있고, 이는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 후퇴를 야기한다. 픽업하는 동안, 정전기 이송 헤드들의 어레이에 공급된 정전기 전압은 지속될 수 있고, 따라서, 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이는 정전기 이송 헤드(703) 상에 유지되고 캐리어 기관(1601)으로부터 제거될 수 있다.

[0097] 도 15에 대하여 설명한 픽업 동작 동안, 마이크로 픽업 어레이 마운트(250) 상의 가열 요소(602)가 가열될 수 있다. 예를 들어, 가열 요소(602)는 저항성으로 가열되어 마이크로 픽업 어레이(290) 및 정전기 이송 헤드들과 접촉하는 마이크로 디바이스들에 열을 전달할 수 있다. 캐리어 기관(1601)으로부터 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이를 픽업 전, 중, 및 후에 열 전달이 일어날 수 있다.

[0098] 도 20을 참조하여, 수용 기관 상에 마이크로 디바이스를 배치하는 방법을 도시하는 플로차트가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 예시를 위하여, 도 20의 다음 설명들은 도 21 내지 도 24에서 예시하는 실시예들을 참조한다. 동작(2001)에서, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)는 수용 기관을 향하여 이동한다. 도 21을 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 수용 기관을 향해 이동하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 매니플레이터 조립체, 더 구체적으로 피봇 플랫폼(504)의 이동은 대량 이송 기구(100)의 다양한 액추에이터의 작동에 의해 또는 제1 개략적 액추에이터(1602)와 제2 개략적 액추에이터(1604) 둘 모두 길이 방향으로 연장되도록 작동시킴으로써 성취될 수 있다. 도시된 바와 같이, 피봇 플랫폼(504)은 베이스(502)에 대하여 편향되지 않을 수 있고, 따라서, 제1 개략적 빔(1606)과 제2 개략적 빔(1608) 둘 모두 이동되지 않거나 변형되지 않을 수 있다. 이 초기 상태에서, 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이에 의해 잡힌 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이와 수용 기관(2101) 사이에 갭이 있을 수 있고, 예를 들어, 이 스냅샷은 수용 기관(2101)을 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이와 접촉시키기 이전일 수 있다. 여기서, 도시된 갭의 과장은 피봇 플랫폼(504)과 수용 기관(2101)이 서로 오정렬될 수 있다는 것을 나타낸다.

[0099] 도 20을 다시 참조하여, 동작(2005)에서 수용 기관(2101)을, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체의 피봇 플랫폼과 결합된 정전기 이송 헤드들의 어레이에 의해 운반된 마이크로 디바이스들의 어레이와 접촉시킨다. 도 22를 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체와 결합된 정전기 이송 헤드에 의해 운반된 마이크로 디바이스가 수용 기관과 접촉하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 일 실시예에서, 피봇 플랫폼(504)이 정렬되지 않은 채 수용 기관(2101)에 접근함에 따라, 수용 기관(2101)이 제2 개략적 빔(1608)에 가장 가까운 정전기 이송 헤드에 의해 잡힌 마이크로 디바이스와 접촉하기 전에, 제1 개략적 빔(1606)에 가장 가까운 정전기 이송 헤드(703)에 의해 잡힌 마이크로 디바이스(1610)는 수용 기관(2101)과 접촉할 수 있다. 따라서, 제2 개략적 빔(1608)이 아직 변형되지 않는 동안, 제1 개략적 빔(1606)은 변형될 수 있다.

[0100] 도 20을 다시 참조하여, 동작(2010)에서 피봇 플랫폼(504)과 결합된 유연성 요소의 변형을 감지할 수 있다. 도 22를 다시 참조하여, 일 실시예에서, 제1 개략적 빔(1606)이 변형됨에 따라, 제1 개략적 빔(1606)과 연관된 변위 센서(518)가 변위 신호를 생성한다. 변위 신호는, 예를 들어, 위치 감지 모듈(316)에 의해 모니터링 및/또는 측정될 수 있다. 예를 들어, 변위 신호는 제1 개략적 빔(1606)의 변형이 발생했다는 것을 결정하고, 피봇 플랫폼(504)에 걸쳐 불균일한 압력 분배의 존재를 나타내는 오류 신호를 계산하기 위하여 위치 감지 모듈(316)로 피드백될 수 있다.

[0101] 도 23은 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 마이크로 픽업 어레이 마운트의 위치를 조정하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 제1 개략적 빔(1606)의 변형을 감지하고 측정된 데이터로부터 오류 신호를 계

산한 이후에, 제어 신호가 컴퓨터 시스템(108)에서 액추에이터 조립체(220)로 전달될 수 있고, 제1 개략적 액추에이터(1602) 길이를 유지하면서 제2 개략적 액추에이터(1604)가 연장되도록 한다. 더 구체적으로, 근처의 정전기 이송 헤드(703)가 마이크로 디바이스(1610)와 접촉하는, 예를 들어, 피봇 플랫폼(504)이 수용 기관(2101)과 정렬할 때까지 제2 개략적 액추에이터(1604)는 연장되어 피봇 플랫폼(504)의 공간적 배향을 조정할 수 있다. 게다가, 조정은 제1 개략적 빔(1606) 및 제2 개략적 빔(1608)과 연관된 변위 센서들로부터의 계속된 피드백 신호들에 기초할 수 있다. 즉, 조정은 제1 개략적 빔(1606)과 제2 개략적 빔(1608)의 측정된 변형이 대략 동일해질 때까지 계속될 수 있다. 이 때, 도시된 평면에서 피봇 플랫폼(504)에 걸친 압력 분배가 균일할 수 있다.

[0102] 도 20을 다시 참조하여, 동작(2015)에서 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체(102)와 수용 기관(2101) 간의 상대적인 이동이 중지할 수 있다. 도 23을 다시 참조하면, 압력이 피봇 플랫폼(504)에 걸쳐 균일하게 분배되는 즉시, 제어 신호들에 따라 액추에이터 조립체(220)의 작동은 중단될 수 있다. 이 때, 제어 루프의 출력(1406)은 세트포인트(1402)와 동일할 수 있다. 즉, 오류 신호는 0 또는 미리 정의한 범위 내에 있을 수 있고, 각각의 변위 센서(518)에 의해 감지된 변형은 대략 같다는 것을 나타낸다. 이 변형 값은 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이와 수용 기관(2101) 간의 바람직한 압력을 얻기 위하여 제어 루프를 통해 추가로 정의될 수 있다. 예를 들어, 충분한 압력이 인가되어 안전한 접촉을 보장하면서,

[0103] 과도한 압력 인가로 인한 마이크로 디바이스들에 대한 손상을 방지할 수 있다.

[0104] 도 20을 다시 참조하여, 동작(2020)에서 정전기 이송 헤드들의 어레이로부터 전압을 제거한다. 도 23에서 도시된 바와 같이, 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이가 수용 기관(2101)과 접촉하면, 정전기 전압은 정전기 이송 헤드(703)들로부터 제거될 수 있다. 더 구체적으로, 컴퓨터 시스템(108)으로부터의 제어 신호들에 기초하여 동작 전압 공급원(1304)에서 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이로 전송되는 동작 전압이 중단될 수 있다. 예를 들어, 제어 신호들은 배치 공정 동안 미리 정의한 변형이 동시에 각각의 변위 센서(518)에 의해 감지되는 경우, 정전기 이송 헤드(703)들이 비활성화되도록 명령하는 제어 알고리즘에 기초할 수 있다. 결과적으로, 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이는 정전기 이송 헤드(703)들의 어레이로부터 릴리스될 수 있다.

[0105] 도 20을 다시 참조하여, 동작(2025)에서 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이를 수용 기관(2101) 상에 릴리스할 수 있다. 도 24를 참조하여, 대량 이송 기구 매니플레이터 조립체가 수용 기관 상에 마이크로 디바이스를 릴리스하는 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 제1 개략적 액추에이터(1602) 및 제2 개략적 액추에이터(1604)는 수용 기관(2101)으로부터 피봇 플랫폼(504)을 후퇴하기 위하여 컴퓨터 시스템(108)에 의해 제어될 수 있다. 후퇴하는 동안, 빔들이 저장된 에너지를 릴리스하고 초기 구성으로 되돌아감에 따라, 제1 개략적 빔(1606) 및 제2 개략적 빔(1608)은 변형되지 않은 상태로 복귀할 수 있다. 동시에, 빔들과 연관된 변위 센서들은 빔들의 변형이 없음을 나타내는 신호들을 위치 감지 모듈(316)에 전송할 수 있다. 그러나, 이 단계에서 제어 알고리즘은 피봇 플랫폼(504)을 정리하고 다른 픽업 동작을 시작하기 위하여 피봇 플랫폼(504)을 추가로 후퇴하도록 명령할 수 있다. 이 후퇴는 액추에이터 조립체(220)의 작동을 통해, 또는 다른 실시예에서, 대량 이송 기구(100)의 다양한 액추에이터들의 작동을 통해 성취될 수 있다. 게다가, 일 실시예에서, 액추에이터 조립체(220)를 비활성화하고 틸트-틸트-z 굴곡부(230)의 가요성 커플링(414)의 내재 강도가 틸트-틸트-z 굴곡부(230)를 초기 상태로 회복하도록 함으로써 후퇴가 성취될 수 있고, 이는 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 후퇴를 야기한다.

[0106] 도 20에 대하여 설명한 배치 공정 동안, 마이크로 디바이스(1610)들의 어레이에 열을 가할 수 있다. 예를 들어, 가열 요소(602)는 앞서 설명한 바와 같이 저항성으로 가열되어 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)를 통해 마이크로 디바이스(1610)들을 잡고 있는 정전기 이송 헤드들의 어레이로 열을 전달할 수 있다. 이런 방식으로 마이크로 픽업 어레이 마운트(250)의 고온을 유지하는 것은 동작 환경의 온도 변화로 인해 발생하는 몇몇 문제들을 방지할 수 있다. 마이크로 디바이스(1610)들은 배치 공정 내내 계속해서 가열될 수 있다. 그러나, 더욱 상세하게는, 마이크로 디바이스(1610)들은 유연성 요소의 편향이 감지된 이후 및/또는 마이크로 디바이스(1610)들이 수용 기관(2101)과 접촉한 이후 가열될 수 있다. 일 실시예에서, 어레이의 정전기 이송 헤드(703)는 각각 균등하게, 예를 들어, 온도 섭씨 50 도, 섭씨 180 도, 섭씨 200 도, 또는 최대 섭씨 350 도까지도 가열될 수 있다. 이 온도들은 마이크로 디바이스(1610)들과 수용 기관(2101) 사이의 용융 또는 확산을 일으켜 마이크로 디바이스들이 수용 기관에 접합되도록 할 수 있다.

[0107] 도 25를 참조하여, 사용될 수 있는 컴퓨터 시스템의 개략도가 본 발명의 실시예에 따라 도시된다. 본 발명의 실시예들의 일부분들은, 예를 들어, 컴퓨터 시스템(108)의 기계 사용 가능 매체에 존재하는 비밀시적 기계 관독 가능 및 기계 실행 가능 명령어들에 의해 구성되고 제어된다. 컴퓨터 시스템(108)은 예시적이고, 본 발명의 실

시예들이 범용 네트워크 컴퓨터 시스템, 임베디드 컴퓨터 시스템, 라우터, 스위치, 서버 디바이스, 클라이언트 디바이스, 다양한 중간 디바이스/노드, 단독형 컴퓨터 시스템 등을 포함하는 수많은 다른 컴퓨터 시스템 상에서 또는 내에서 동작하거나, 또는 그것들에 의해 제어될 수 있다. 게다가, 제어 시스템의 일부 컴포넌트들, 예를 들어, 증폭기(1404) 및 위치 감지 모듈(316)은 위에서 별도로 논의하기 위하여 분리되었지만, 컴퓨터 시스템(108)은 이 컴포넌트들을 직접 통합하거나 유사한 기능들을 수행하는 추가 컴포넌트들을 포함할 수 있다.

[0108] 도 25의 컴퓨터 시스템(108)은 정보를 전달하기 위한 어드레스/데이터 버스(2502) 및 정보 및 명령어들을 처리하기 위한 버스(2502)에 결합된 중앙 프로세서(2504) 유닛(2504)을 포함한다. 컴퓨터 시스템(108)은 또한, 예를 들어, 랜덤 액세스 메모리(RAM)와 같은 중앙 프로세서(2504) 유닛을 위하여 정보 및 명령어들을 저장하기 위한 버스(2502)에 결합된 컴퓨터 사용 가능 휘발성 메모리(2506), 예를 들어, 판독 전용 메모리(ROM)와 같은 중앙 프로세서(2504) 유닛을 위하여 정적 정보 및 명령어들을 저장하기 위한 버스(2502)에 결합된 컴퓨터 사용 가능 비휘발성 메모리(2508), 및 정보 및 명령어들을 저장하기 위한 버스(2502)에 결합된 데이터 저장 디바이스(2510)(예를 들어, 자기 또는 광학 디스크 및 디스크 드라이브)와 같은 데이터 저장 특징부들을 포함한다. 본 실시예의 컴퓨터 시스템(108)은 또한 중앙 프로세서(2504) 유닛으로 정보 및 명령 선택을 전달하기 위한 버스(2502)에 결합되는 문자 및 기능키들을 포함하는 선택적인 문자 숫자 입력 디바이스(2514)를 포함한다. 본 실시예의 컴퓨터 시스템(108)은 또한 보를 디스플레이 하기 위한 버스(2502)에 결합된 선택적 디스플레이 디바이스(2516)를 포함한다.

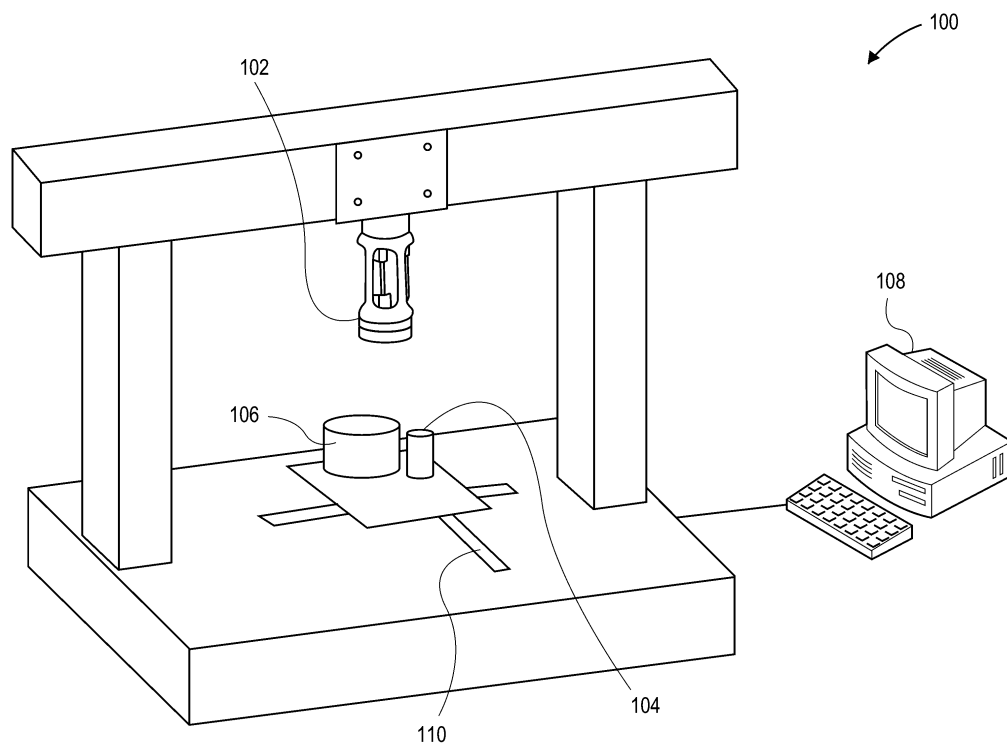
[0109] 데이터 저장 디바이스(2510)는 본 명세서에서 설명하는 하나 이상의 기법들 또는 동작들 중 임의의 하나 이상을 구현하는 하나 이상의 명령어들의 세트(예를 들어 소프트웨어(2520))가 저장되는 비일시적 기계 판독 가능 저장 매체(2518)를 포함할 수 있다. 소프트웨어(2520)는 또한, 완전히 또는 적어도 부분적으로, 휘발성 메모리(2506), 비휘발성 메모리(2508) 내에, 및/또는 컴퓨터 시스템(108)에 의해 소프트웨어의 실행 동안 프로세서(2504) 내에 존재할 수 있고, 휘발성 메모리(2506), 비휘발성 메모리(2508), 및 프로세서(2504)는 또한 비일시적 기계 판독 가능 저장 매체를 구성한다.

[0110] 위에서 사용한 바와 같이, 한 컴포넌트의 다른 컴포넌트에 대한 "결합(coupling)", "고정(fastening)", "결합(joining)", "유지(retaining)" 등은 다양한 잘 알려진 방법, 예컨대 볼트, 핀, 클램프, 열 또는 접착제 접합 등을 이용하여 성취될 수 있다. 그와 같은 용어의 사용은 제한적으로 의도되지 않을 뿐만 아니라, 그러한 방법은 본 발명의 기술적 범주 내에서 대안적인 실시예들에서 상호교환 가능할 수 있다고 고려된다.

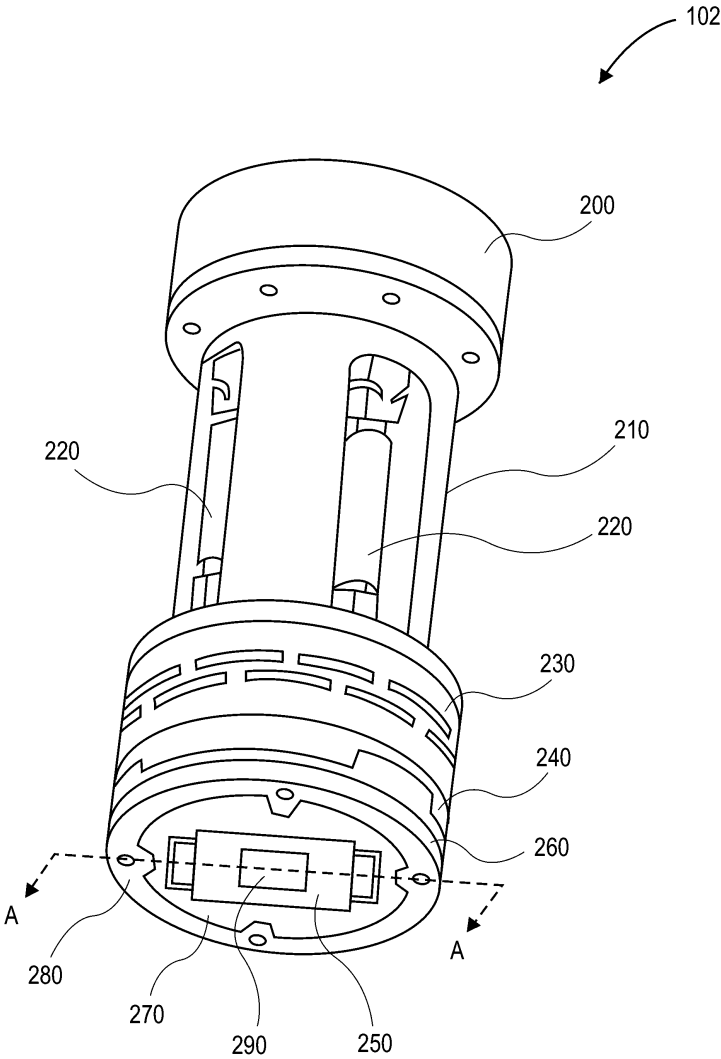
[0111] 상기 명세서에서, 본 발명은 그의 특정 예시적인 실시예들을 참조하여 설명되었다. 다양한 수정들이 후속하는 특허청구범위에서 설명된 바와 같이 본 발명의 더 넓은 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않고 이에 대해 이루어질 수 있다는 점이 명백할 것이다. 따라서, 명세서 및 도면은 제한적 의미보다는 예시적 의미에서 고려되어야 한다.

도면

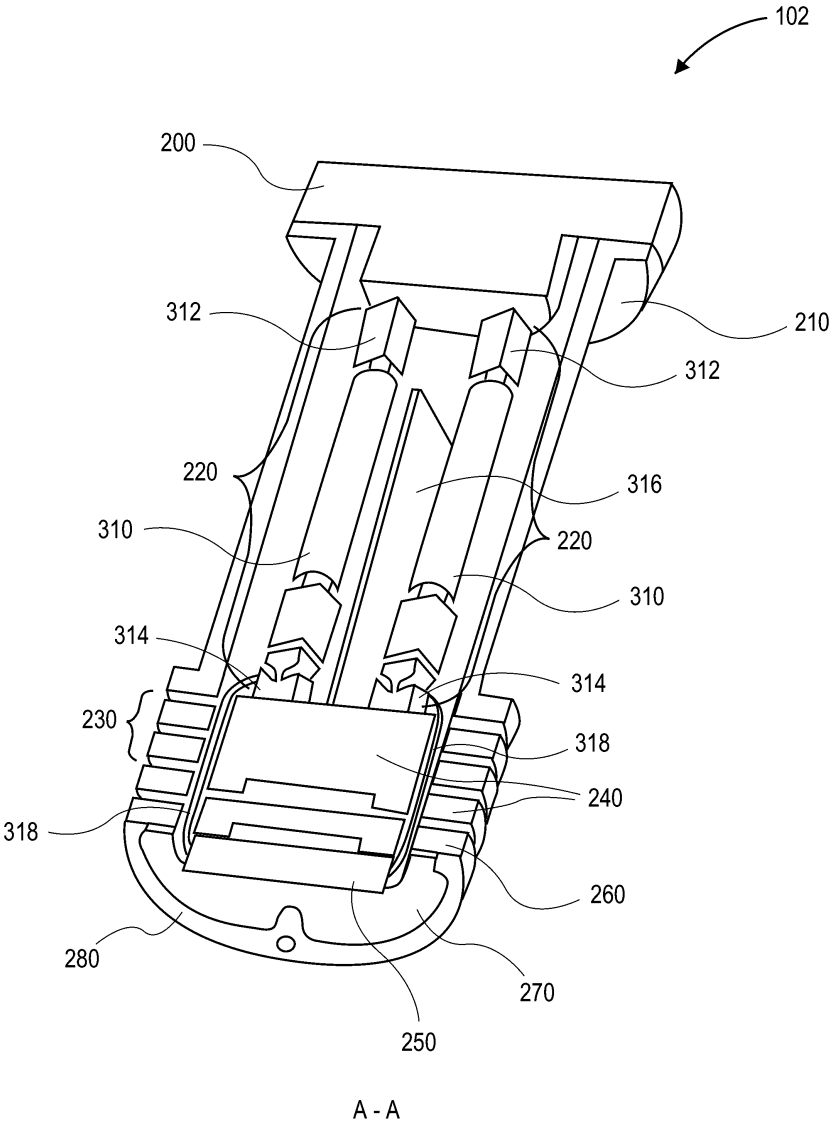
도면1



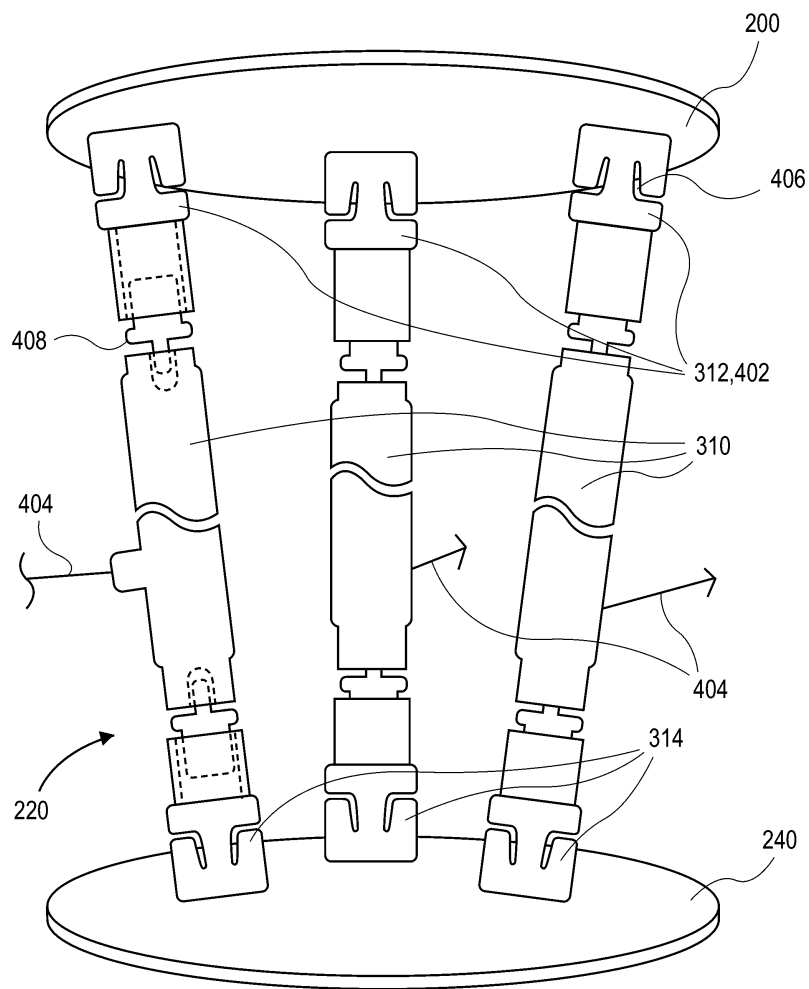
도면2



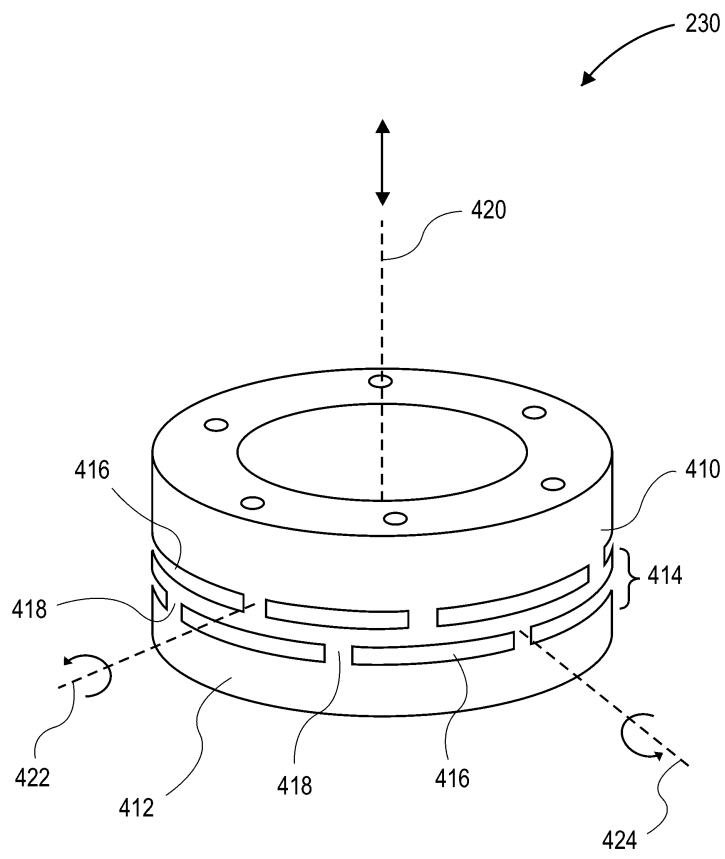
도면3



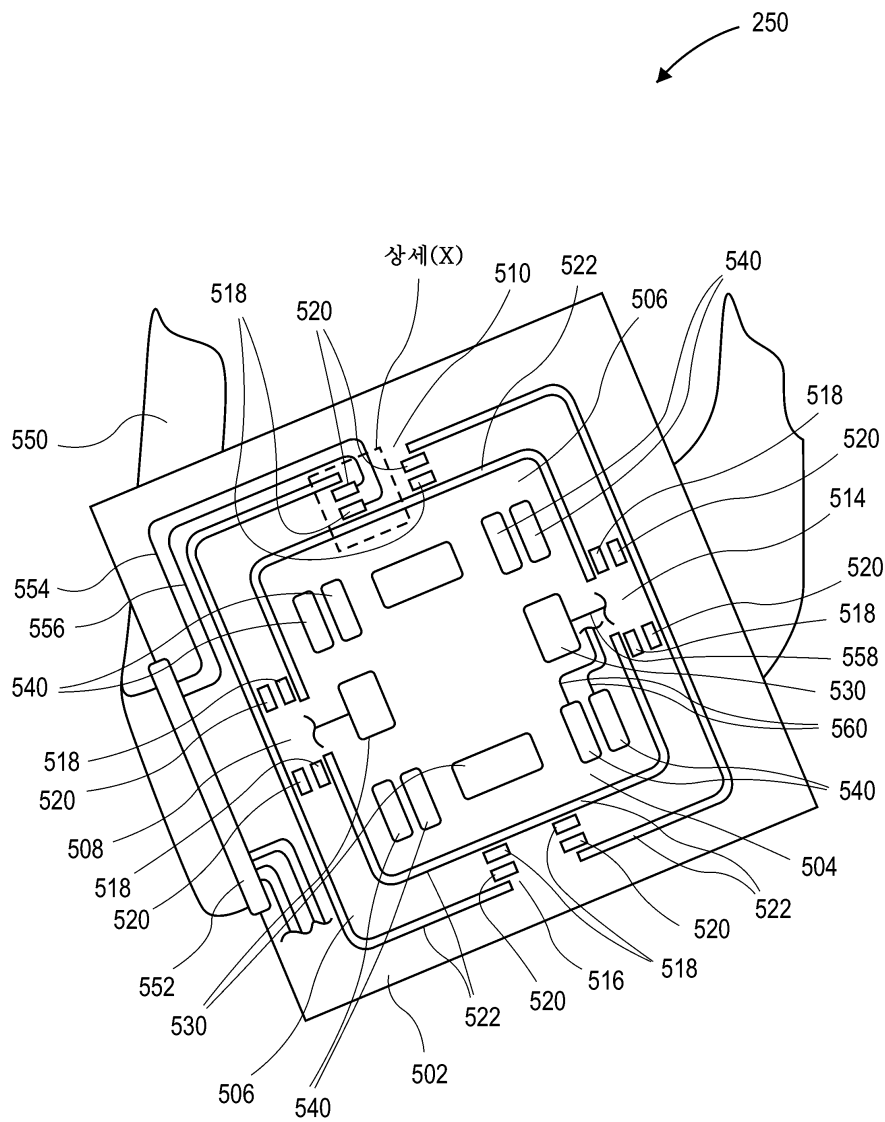
도면4a



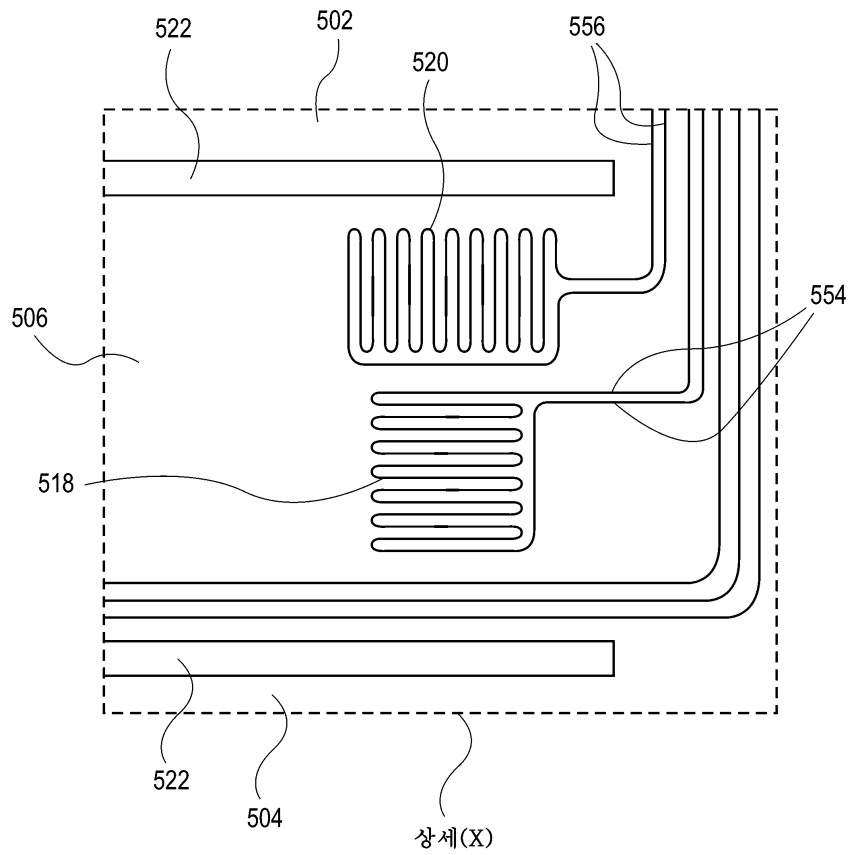
도면4b



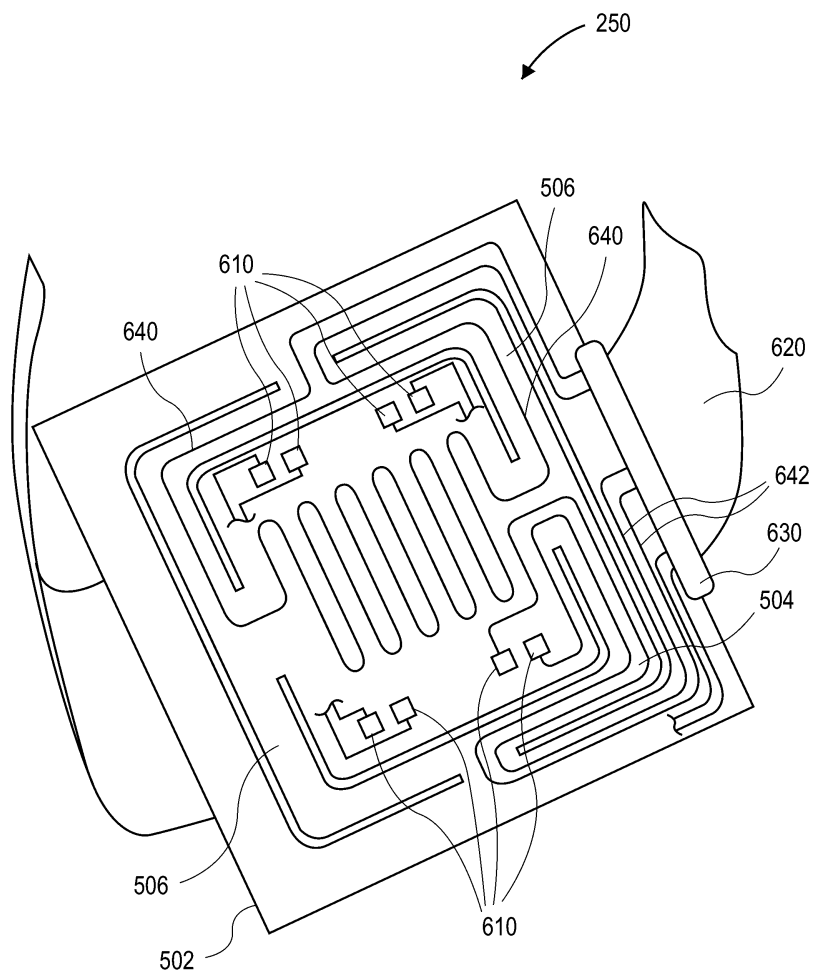
도면5a



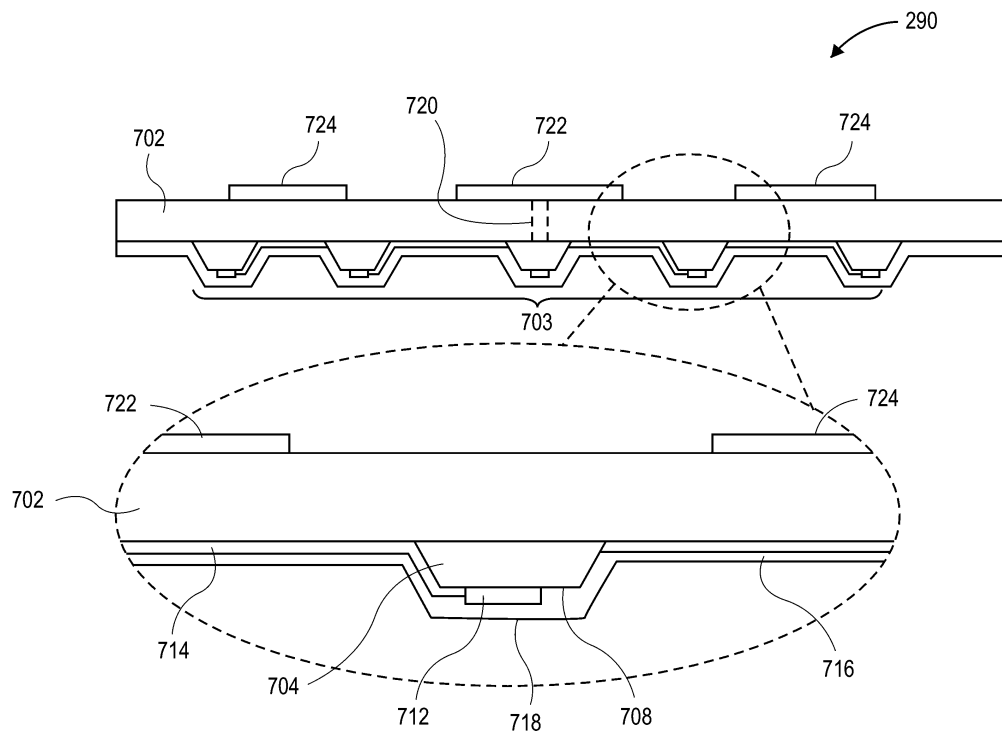
도면5b



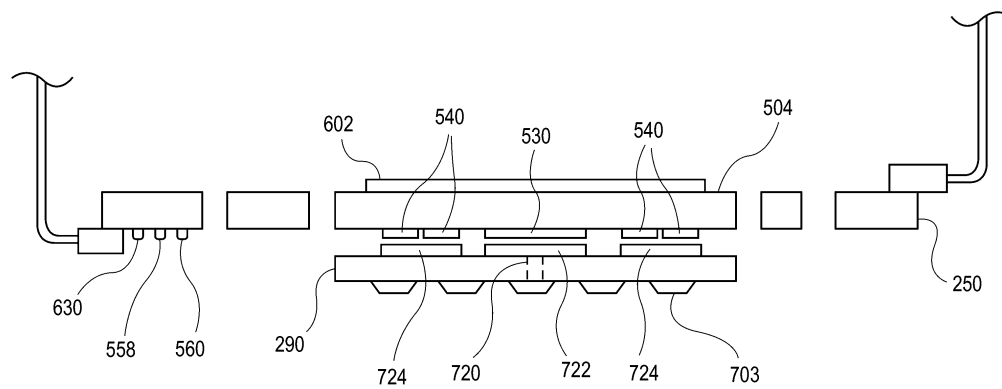
도면6



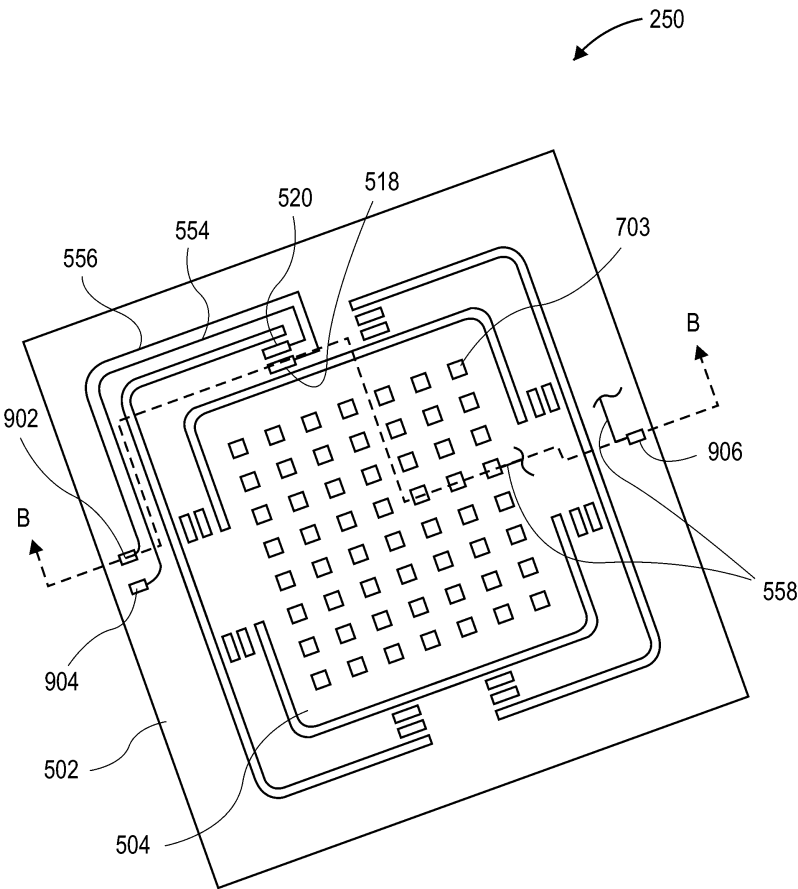
도면7



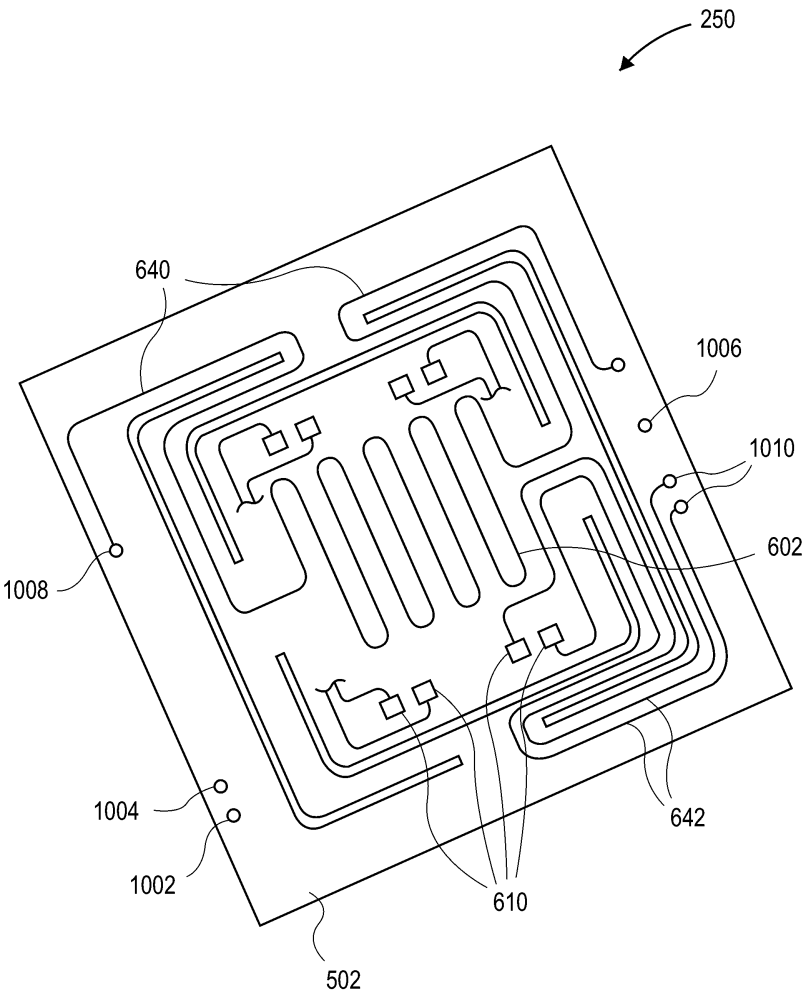
도면8



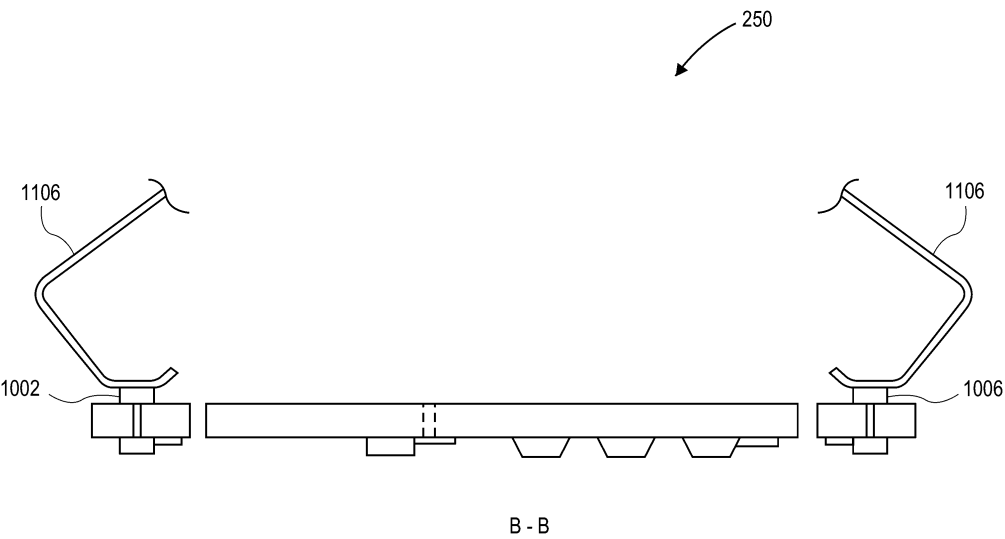
도면9



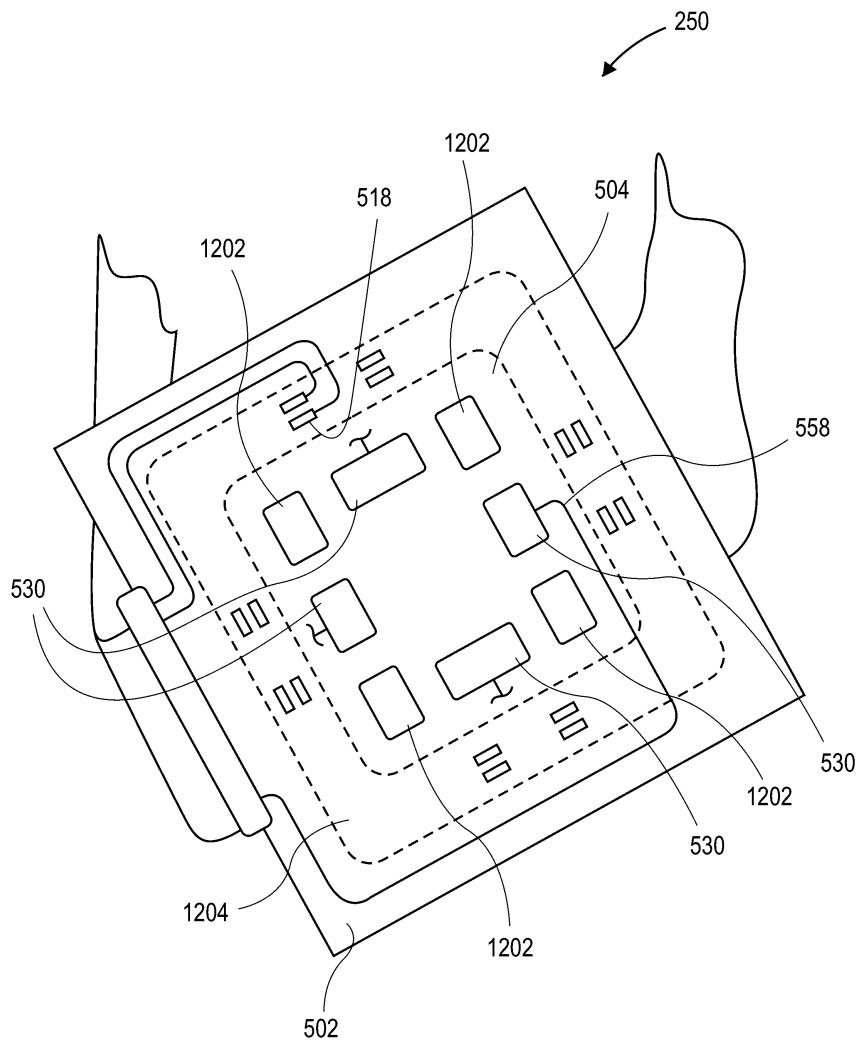
도면10



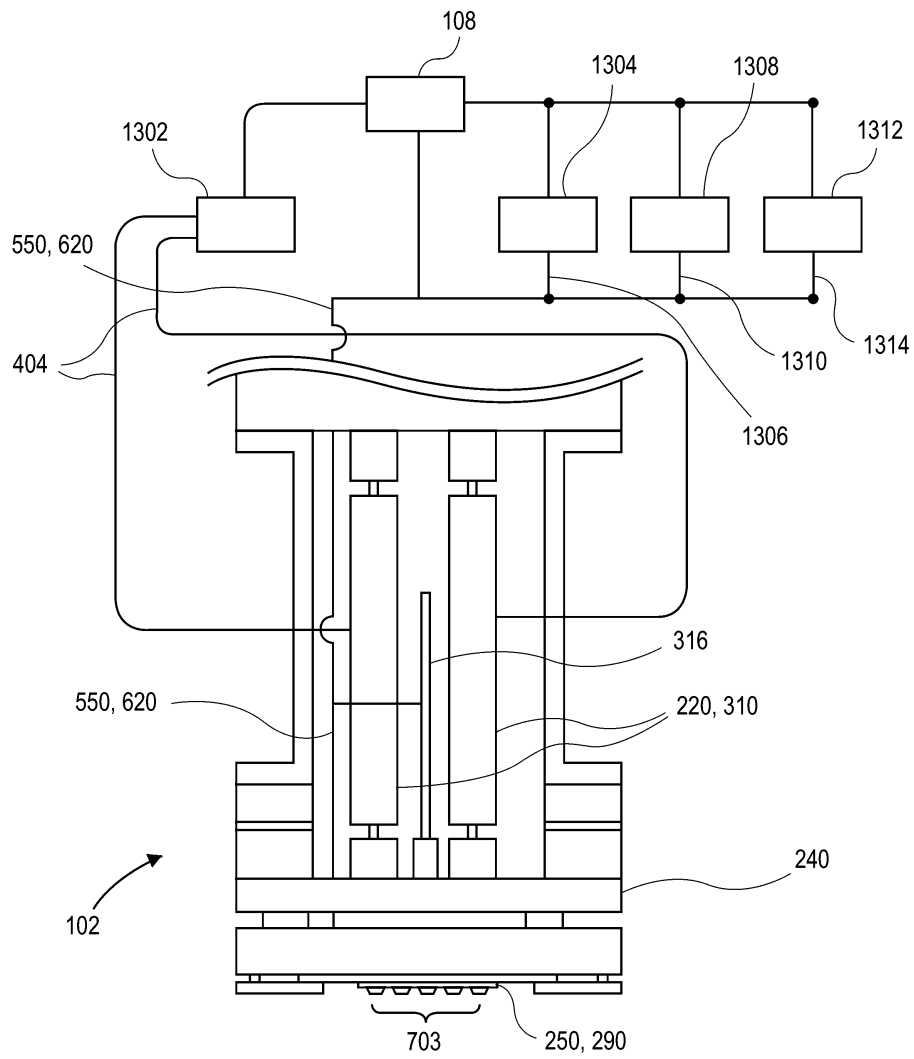
도면11



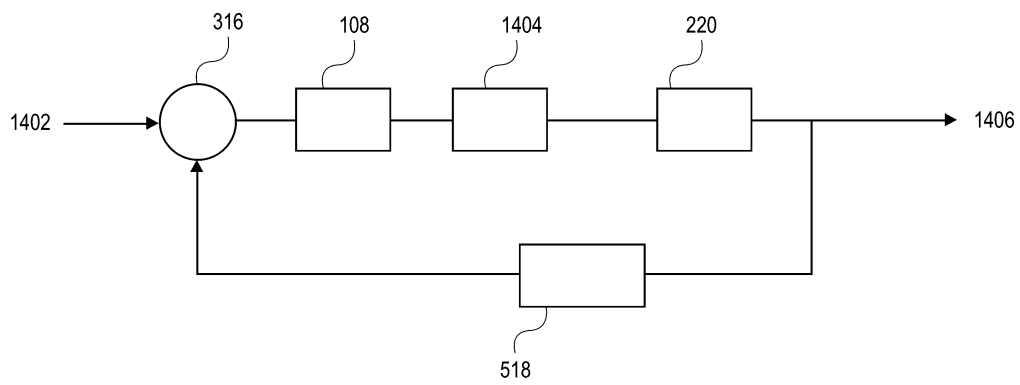
도면12



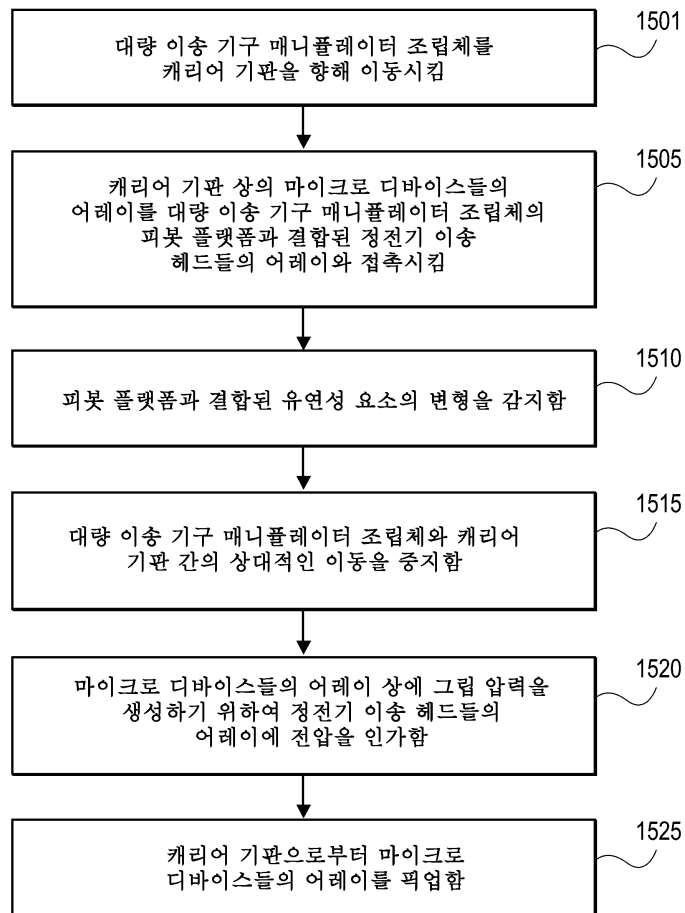
도면13



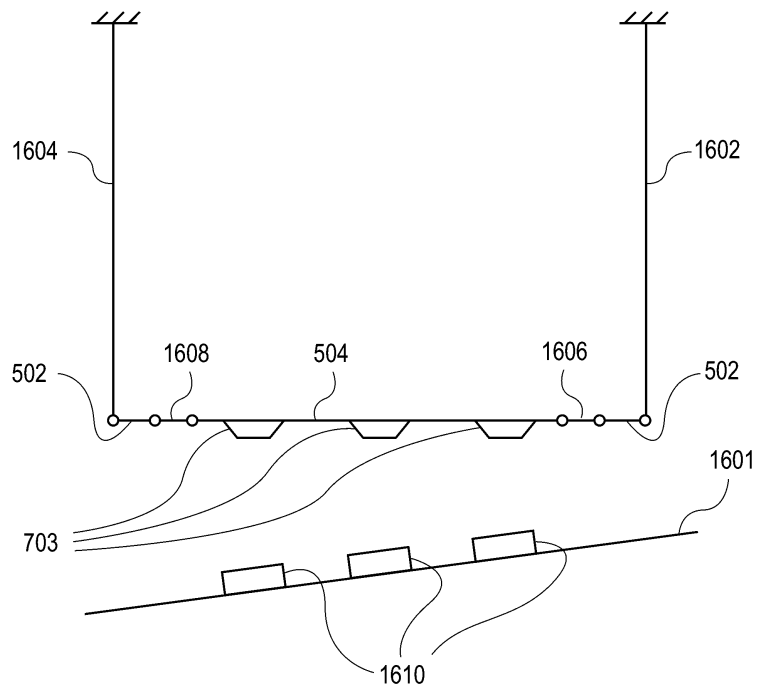
도면14



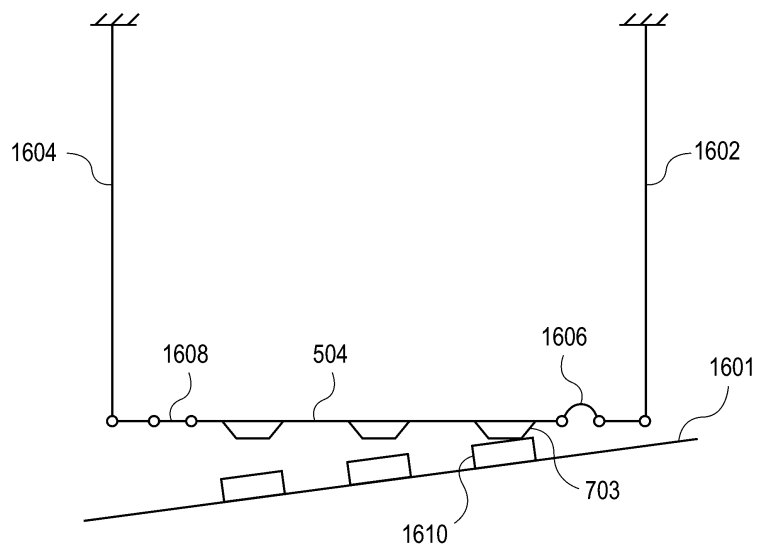
도면15



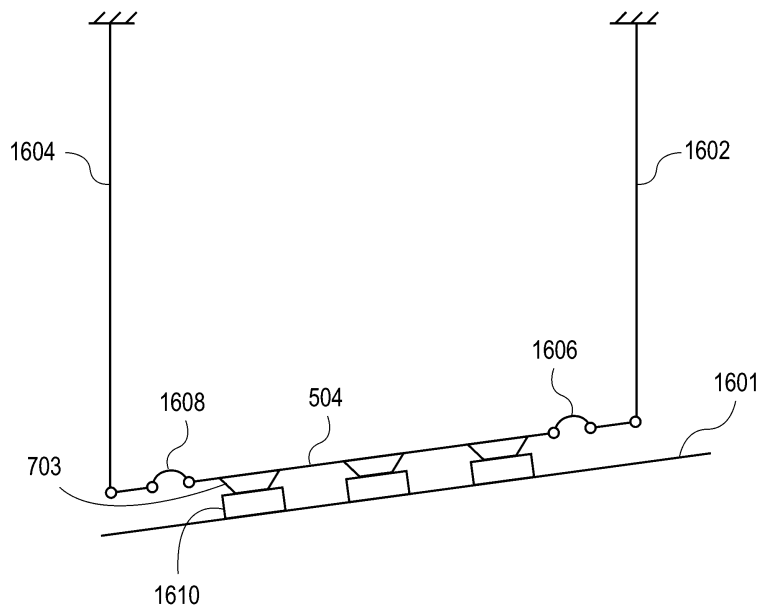
도면16



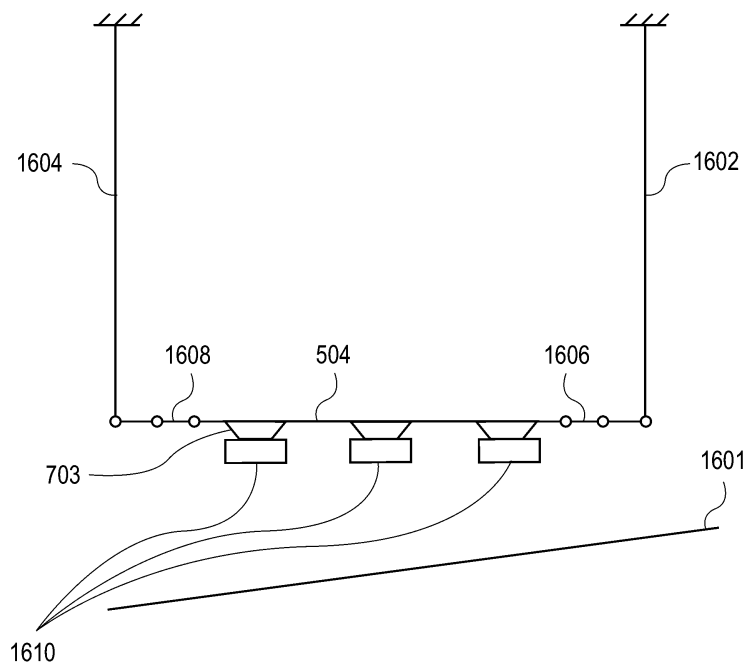
도면17



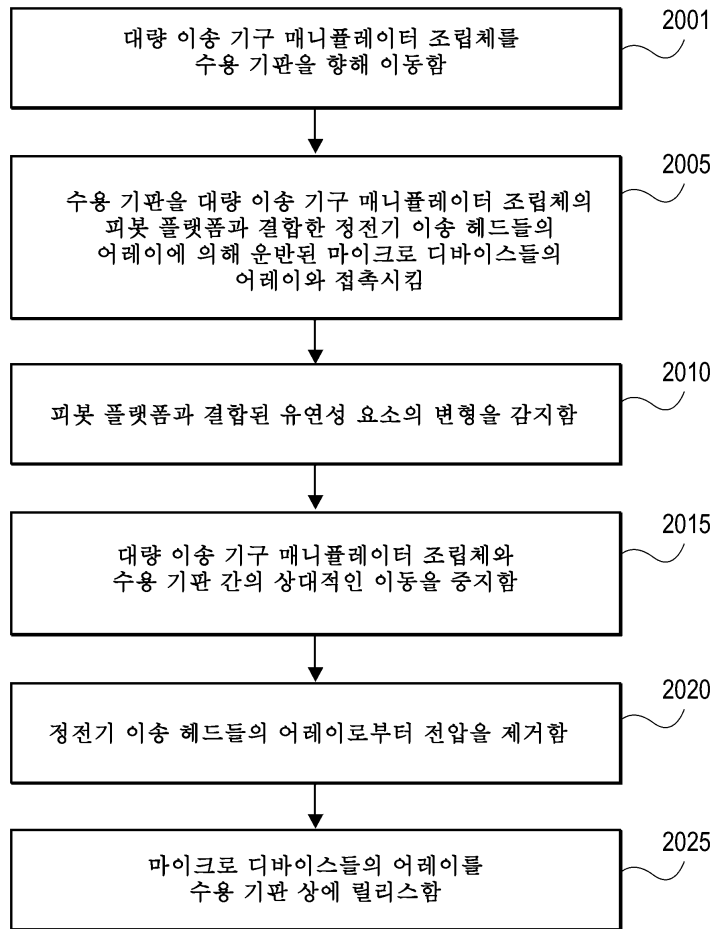
도면18



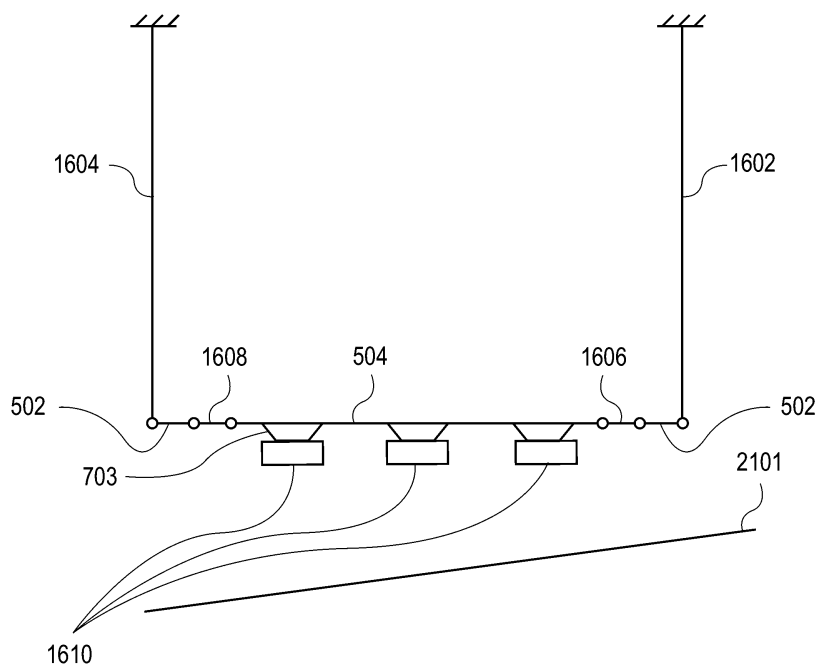
도면19



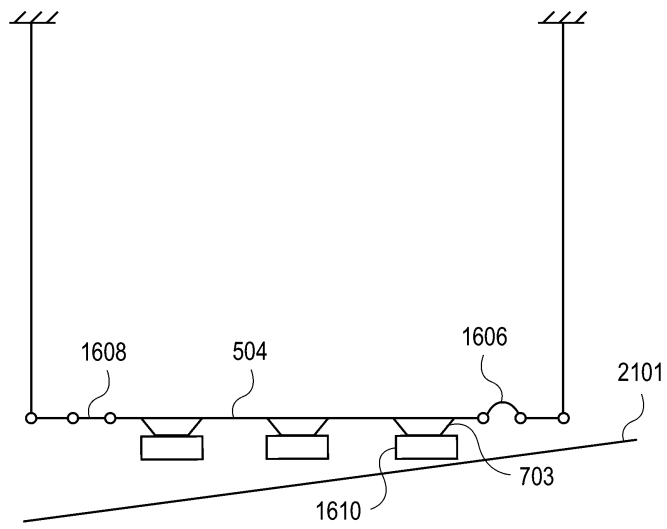
도면20



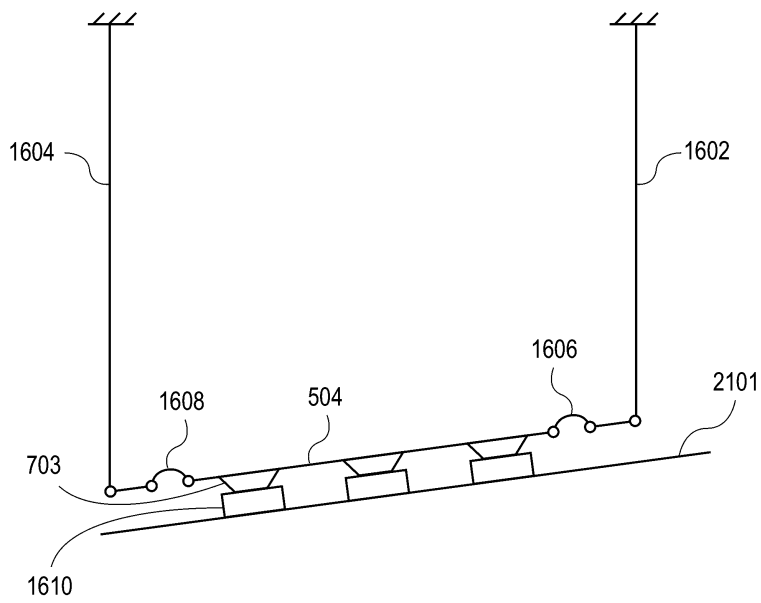
도면21



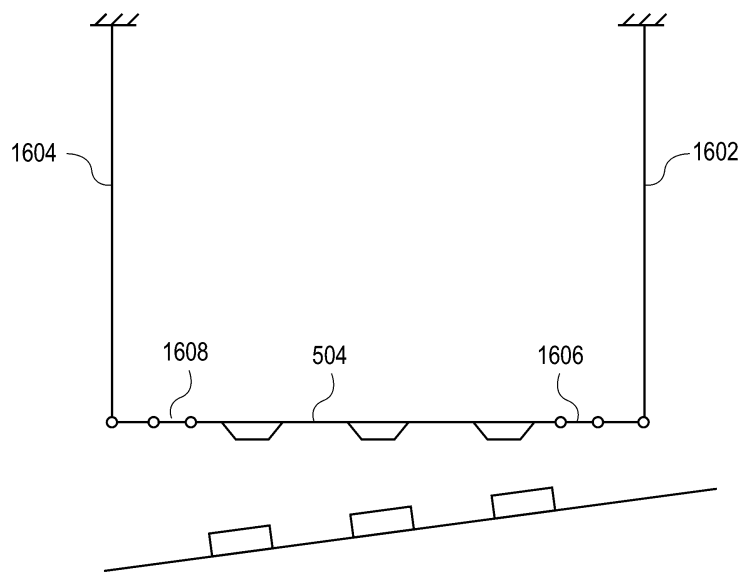
도면22



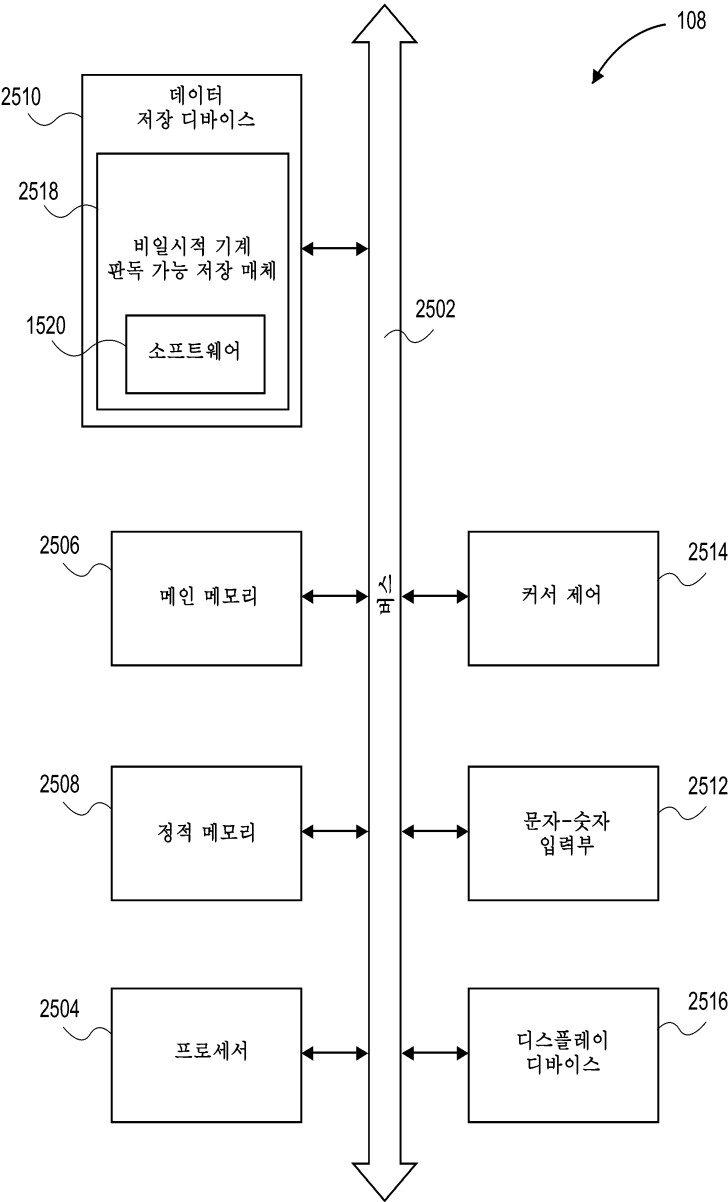
도면23



도면24



도면25



专利名称(译)	标题：微型拾取阵列安装与集成传输机械手组件和位移传感器集成		
公开(公告)号	KR101787860B1	公开(公告)日	2017-10-18
申请号	KR1020157026141	申请日	2014-02-14
[标]申请(专利权)人(译)	苹果公司		
申请(专利权)人(译)	苹果公司		
当前申请(专利权)人(译)	苹果公司		
[标]发明人	GOLDA DARIUSZ 골다다리우스 HIGGINSON JOHN A 히긴슨존에이 BIBL ANDREAS 비블안드레아스 PARKS PAUL ARGUS 파스폴아르구스 BATHURST STEPHEN PAUL 뱃허스트스티븐폴		
发明人	골다,다리우스 히긴슨,존에이. 비블,안드레아스 파스,폴아르구스 뱃허스트,스티븐폴		
IPC分类号	H01L21/677 B65G47/91 B65G49/07 H01L23/00		
CPC分类号	H01L21/677 B65G49/07 B65G47/91 H01L24/75 H01L24/95 H01L2224/75252 H01L2224/75282 H01L2224/75725 H01L2224/75823 H01L2224/75901 H01L2224/7592 B25J7/00 B25J9/0015 B25J15 /0052 B25J15/0085 H01L2224/7598 H01L2924/12041 H01L2924/1461 H01L2924/00		
代理人(译)	Yangyoungjun Baekmangi		
优先权	13/776158 2013-02-25 US 13/776188 2013-02-25 US		
其他公开文献	KR1020150123858A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了用于从载体基板转移微器件的系统和方法。在一个实施例中，主体传送机构操纵器组件允许微型拾取阵列上的静电传输头阵列上的微型器件阵列与载体基板之间的有效队列。检测到本体传送机构操纵器组件的柔性元件的位移，并且可以控制静电传送头阵列和微型装置的阵列之间的队列。

