



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월09일
(11) 등록번호 10-1653896
(24) 등록일자 2016년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/677 (2006.01) H01L 21/60 (2006.01)
H01L 21/762 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7021981
(22) 출원일자(국제) 2013년02월06일
심사청구일자 2014년08월06일
(85) 번역문제출일자 2014년08월06일
(65) 공개번호 10-2014-0117497
(43) 공개일자 2014년10월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/024939
(87) 국제공개번호 WO 2013/119671
국제공개일자 2013년08월15일
(30) 우선권주장
13/372,422 2012년02월13일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100047145 A*
KR1020070011419 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

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

전체 청구항 수 : 총 18 항

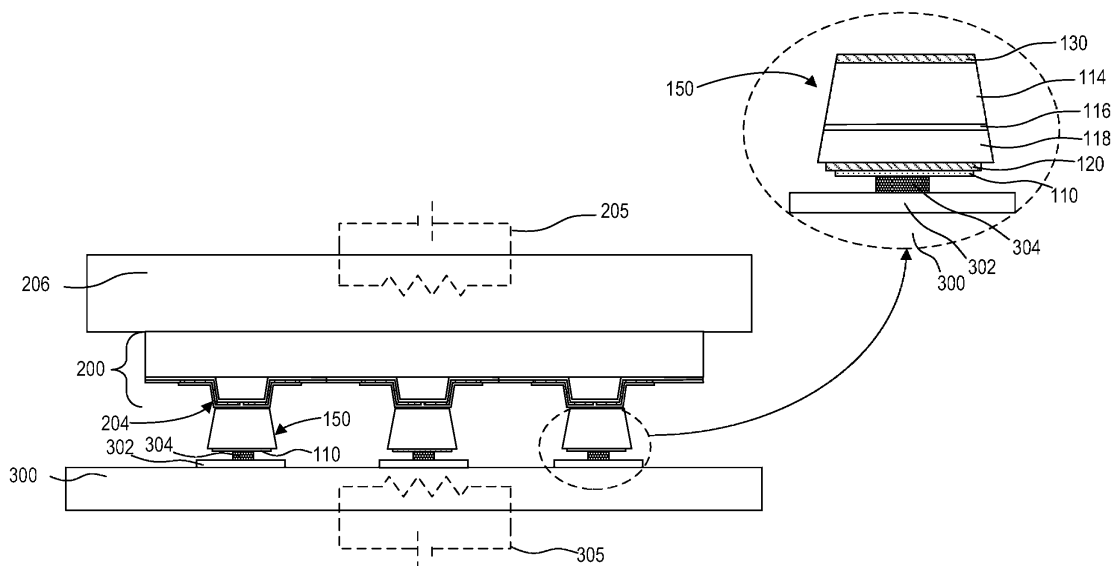
심사관 : 김진성

(54) 발명의 명칭 마이크로 소자들의 어레이의 이송 및 접합 방법

(57) 요약

마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판으로 이송하고 그에 접합하는 정전기 이송 헤드 어레이 어셈블리 및 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 방법은 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기판으로부터 픽업하는 단계와, 수용 기판을 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계와, 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판에 접합하기 위하여 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 에너지를 전달하는 단계와, 그리고 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판 상으로 릴리즈하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3e



(72) 발명자	(30) 우선권주장
후, 신-후아	13/436,260 2012년03월30일 미국(US)
미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드	13/749,647 2013년01월24일 미국(US)
라이브 1705	61/597,109 2012년02월09일 미국(US)
로우, 홍-파이 스티븐	61/597,658 2012년02월10일 미국(US)
미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 와이어트 드	61/749,892 2013년01월07일 미국(US)
라이브 1705	

명세서

청구범위

청구항 1

정전기 이송 헤드(electrostatic transfer head)들의 어레이(array)를 지지하는 정전기 이송 헤드 어셈블리(assembly)를 사용하여 마이크로 소자들(micro devices)의 어레이를 캐리어 기판으로부터 픽업(pick up)하는 단계 - 각각의 마이크로 소자는 상기 마이크로 소자들의 어레이를 픽업하기 위한 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이의 접촉 표면에 평행한 1 내지 100 μm 의 최대 폭을 가짐 - ;

각각의 마이크로 소자에 대해 마이크로 소자 접합 층이 수용 기판 접합 층과 접촉하도록 수용 기판을 상기 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계 - 상기 수용 기판 접합 층은 상기 마이크로 소자 접합 층보다 낮은 주변 액상선(liquidus) 온도를 가짐 - ;

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판에 접합하기 위하여 상기 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 열 에너지를 전달하는 단계; 및

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판 상으로 릴리즈(release)하는 단계를 포함하는, 마이크로 소자들의 어레이의 이송 및 접합 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판에 접합하기 위하여 상기 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 열 에너지를 전달하는 단계는:

상기 마이크로 소자 접합 층 및 상기 수용 기판 접합 층들로부터 공융 합금(eutectic alloy)을 형성하는 단계;

상기 수용 기판 접합 층을 액화(liquefying)하고, 상기 수용 기판 접합 층들의 주변 용융 온도보다 높은 주변 용융 온도를 갖는 금속간 화합물 층(inter-metallic compound layer)을 형성하는 단계; 및

상기 마이크로 소자 접합 층들과 상기 수용 기판 접합 층들 사이의 고상 확산(solid state diffusion)

중 어느 하나를 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판 상으로 릴리즈하는 단계 후에 상기 수용 기판을 어닐링(annealing)하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 각각의 마이크로 소자 접합 층은 상기 수용 기판 접합 층과 접촉하는 대응하는 마이크로 소자 접합 층의 접촉 표면에 평행한 방향으로 연장된 폭을 특징으로 하고, 각각의 마이크로 소자 접합 층의 접촉 표면이 각각의 수용 기판 접합 층보다 더 넓은, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

각각의 수용 기판 접합 층은 인듐 및 주석으로 이루어진 군으로부터 선택된 재료를 포함하고;

각각의 마이크로 소자 접합 층은 금, 은, 알루미늄, 비스무트, 구리, 아연, 및 니켈로 이루어진 군으로부터 선택된 재료를 포함하는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이 내의 각각의 정전기 이송 헤드는 단일 마이크로 소자를 픽업하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이는 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 베이스 기판으로부터 돌출된 메사 구조체(mesa structure)들의 어레이를 포함하고, 각각의 메사 구조체는 개별 정전기 이송 헤드에 대응하고, 각각의 정전기 이송 헤드는 단일 마이크로 소자를 픽업하기 위한 접촉 표면을 갖고, 각각의 정전기 이송 헤드의 접촉 표면은 1 내지 100 μm 의 최대 폭을 갖는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 수용 기판을 상기 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계 이전에, 수용 기판 홀더(holder)로부터 상기 수용 기판으로 열을 전달하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기판은:

상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 캐리어 기판으로부터 픽업하는 단계;

상기 수용 기판을 상기 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계;

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판에 접합하기 위하여 상기 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 열 에너지를 전달하는 단계; 및

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기판 상으로 릴리즈하는 단계

의 시퀀스 동안 실온을 초과하여 유지되는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 기판은 인듐의 주변 액상선 온도를 초과하여 유지되는, 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 기판은 주석의 주변 액상선 온도를 초과하여 유지되는, 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 기판은 상기 수용 기판 접합 층들의 주변 액상선 온도를 초과하여 그리고 상기 마이크로 소자 접합 층들의 주변 액상선 온도 미만으로 유지되는, 방법.

청구항 15

정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기판으로부터 픽업하는 단계;

각각의 마이크로 소자에 대해 마이크로 소자 접합 층을 수용 기판 상의 수용 기판 접합 층과 접촉시키는 단계 - 각각의 수용 기판 접합 층은 각각의 마이크로 소자 접합 층보다 낮은 주변 액상선 온도를 갖고, 각각의 수용 기판 접합 층은 상기 수용 기판 접합 층과 접촉하는 대응하는 마이크로 소자 접합 층의 접촉 표면에 평행한 방향으로 연장된 폭을 특징으로 하고, 각각의 마이크로 소자 접합 층의 접촉 표면은 각각의 수용 기판 접합 층보다 더 넓음 -;

상기 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 열 에너지를 전달하고, 상기 수용 기관 접합 층들을 액화하고, 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기관에 접합하는 단계; 및

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기관 상으로 릴리즈하는 단계를 포함하는, 마이크로 소자들의 어레이의 이송 및 접합 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 각각의 마이크로 소자는 상기 마이크로 소자들의 어레이를 픽업하기 위한 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이의 접촉 표면에 평행한 1 내지 100 μm 의 최대 폭을 갖는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이는 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 베이스 기관으로부터 돌출된 메사 구조체들의 어레이를 포함하고, 각각의 메사 구조체는 개별 정전기 이송 헤드에 대응하고, 각각의 정전기 이송 헤드는 단일 마이크로 소자를 픽업하기 위한 접촉 표면을 갖고, 각각의 정전기 이송 헤드의 접촉 표면은 1 내지 100 μm 의 최대 폭을 갖는, 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기관은:

상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 캐리어 기관으로부터 픽업하는 단계;

각각의 마이크로 소자에 대해 상기 마이크로 소자 접합 층을 상기 수용 기관 상의 상기 수용 기관 접합 층과 접촉시키는 단계;

상기 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 열 에너지를 전달하여 상기 수용 기관 접합 층들을 액화하고, 상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기관에 접합하는 단계; 및

상기 마이크로 소자들의 어레이를 상기 수용 기관 상으로 릴리즈하는 단계

의 시퀀스 동안 실온을 초과하여 유지되는, 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 상기 기관은 상기 수용 기관 접합 층들의 주변 액상선 온도를 초과하여 그리고 상기 마이크로 소자 접합 층들의 주변 액상선 온도 미만으로 유지되는, 방법.

청구항 20

제17항에 있어서, 각각의 정전기 이송 헤드의 접촉 표면은 3 내지 20 μm 의 최대 폭을 갖는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

관련 출원

본 출원은 2013년 1월 7일자로 출원된 미국 가특허 출원 제61/749,892호로부터 우선권의 이득을 주장하고, 2012년 2월 13일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/372,422호의 연속 출원이고 이체는 미국 특허 제8,349,116호로 등록되고 2012년 2월 10일자로 출원된 미국 가특허 출원 제61/597,658호 및 2012년 2월 9일자로 출원된 미국 가특허 출원 제61/597,109호로부터 우선권의 이득을 주장하는 2012년 3월 30일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/436,260호의 연속 출원이며, 이들 전체 개시 내용은 본 명세서에 참고로 포함된다.

본 발명은 마이크로 소자(micro device)에 관한 것이다. 더욱 특히, 본 발명의 실시예는 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 집적 및 패키징 문제는 무선 주파수(RF) 마이크로전기기계 시스템(microelectromechanical system, MEMS) 마이크로스위치, 발광 다이오드(LED) 디스플레이 및 조명 시스템, MEMS 또는 석영-기반 오실레이터와 같은 마이크로 소자들의 상업화에 대한 주요 장애물 중 하나이다.

[0005] 소자들을 이송하기 위한 전통적인 기술은 이송 웨이퍼로부터 수용 웨이퍼로의 웨이퍼 접합에 의한 이송을 포함한다. 그러한 구현예들은 소자를 수용 웨이퍼에 접합한 후 이송 웨이퍼가 소자로부터 접합해제되는 웨이퍼 접합/접합해제 단계를 수반하는 "직접 인쇄" 및 "전사 인쇄"를 포함한다. 게다가, 소자들의 어레이를 갖는 전체 이송 웨이퍼가 이송 공정에 수반된다.

[0006] 소자들을 이송하기 위한 다른 기술로는 탄성중합체 스탬프(stamp)를 이용한 전사 인쇄가 포함된다. 그러한 일 구현예에서는, 소스 웨이퍼 상의 소자들의 피치를 일치시키는 포스트들을 갖는 탄성중합체 스탬프들의 어레이가 소스 웨이퍼 상의 소자들의 표면과 치밀한 접촉을 이루게 되고 반데르 발스 상호작용에 의해 접합된다. 이어서, 소자들의 어레이는 소스 웨이퍼로부터 픽업(pick up)되고, 수용 기판으로 이송되고, 그리고 수용 기판 상으로 릴리즈(release)될 수 있다.

발명의 내용

[0007] 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판으로 이송하고 그에 접합하는 정전기 이송 헤드 어레이 어셈블리(electrostatic transfer head array assembly) 및 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 방법은 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기판으로부터 픽업하는 단계와, 수용 기판을 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계와, 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판에 접합하기 위하여 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 에너지를 전달하는 단계와, 그리고 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판 상으로 릴리즈하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 소자는 1 내지 100 μm 의 최대폭을 갖는다. 정전기 이송 헤드들의 어레이 내의 각각의 정전기 이송 헤드는 또한 단일 마이크로 소자를 픽업할 수 있다.

[0008] 일 실시예에서, 수용 기판을 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 단계는 각각의 마이크로 소자에 대해 마이크로 소자 접합 층을 수용 기판 접합 층과 접촉시키는 단계를 포함한다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 에너지가 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 전달되어 열 접합 또는 열가압 접합(thermocompression bonding, TCB)과 같은 접합 기술을 이용하여 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판에 접합한다. 예를 들어, 열은 정전기 이송 헤드 어셈블리, 캐리어 기판 홀더(holder), 또는 수용 기판 홀더로부터 전달될 수 있다. 더욱이, 전달된 에너지는 하나 이상의 접합 층들이 액화(liquefy)될 수 있거나 또는 액화되지 않을 수 있는 다양한 접합 메커니즘에 의해 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판에 접합하는 데 이용될 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 에너지의 전달은 마이크로 소자 접합 층 및 수용 기판 접합 층으로부터 공융 합금(eutectic alloy)을 형성한다. 일 실시예에서, 에너지의 전달은 수용 기판 접합 층을 액화시켜 수용 기판 접합 층의 주변 용융 온도보다 높은 주변 용융 온도를 갖는 금속간 화합물 층(inter-metallic compound layer)을 형성한다. 일 실시예에서, 에너지의 전달은 마이크로 소자 접합 층과 수용 기판 접합 층 사이에 고상 확산(solid state diffusion)을 야기한다. 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기판 내로 릴리즈한 후에 어닐링(annealing)이 또한 수행될 수 있다.

[0010] 일부 실시예에서, 수용 기판 접합 층은 마이크로 소자 접합 층보다 낮은 주변 액상선(liquidus) 온도를 갖는다. 일 실시예에서, 수용 기판 접합 재료는 인듐 또는 주석과 같은 재료를 포함하고, 마이크로 소자 접합 층은 금, 은, 알루미늄, 비스무트, 구리, 아연, 및 니켈과 같은 재료를 포함한다. 마이크로 소자 접합 층은 또한 수용 기판 접합 층보다 넓을 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기판은 마이크로 소자들의 어레이가 캐리어 기판으로부터 픽업되는 시각부터 이들이 수용 기판 상으로 릴리즈될 때까지 실온을 초과하여 유지된다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 기판은 인듐 또는 주석과 같은 수용 기판 접합 층의 주변 액상선 온도를 초과하여 유지될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] <도 1>

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 캐리어 기판 및 마이크로 LED 소자들의 어레이를 예시하는 평면도 및 측단

면도이다.

<도 2>

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하는 방법의 흐름도이다.

<도 3a 내지 도 3g>

도 3a 내지 도 3g는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하는 방법을 예시하는 측면면도이다.

<도 3h 내지 도 3j>

도 3h 내지 도 3j는 본 발명의 실시예들에 따른 수용 기관에 접합된 마이크로 소자를 예시하는 측면면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 발명의 실시예들은 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하는 정전기 이송 헤드 어셈블리들 및 방법들을 설명한다. 예를 들어, 수용 기관은 디스플레이 기관, 조명 기관, 트랜지스터 또는 집적 회로와 같은 기능 소자를 갖춘 기관, 또는 금속 배선을 갖춘 기관일 수 있지만 이로 한정되지 않는다. 본 발명의 일부 실시예는 마이크로 LED 소자들에 관하여 특정하여 기술되어 있지만, 본 발명의 실시예들은 그렇게 제한되지 않으며, 소정 실시예들은 또한 다이오드, 트랜지스터, 다이(die), 칩, 집적 회로 및 MEMS와 같은 다른 마이크로 소자들에 적용가능할 수 있는 것으로 이해되어야 한다.
- [0014] 다양한 실시예들에서, 도면을 참조하여 설명이 이루어진다. 그러나, 소정 실시예들은 이들 구체적 세부사항 중 하나 이상 없이, 또는 다른 알려진 방법 및 구성과 조합하여 실시될 수 있다. 하기의 설명에서는, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 구체적 구성, 치수 및 공정 등과 같은 많은 구체적 세부사항이 언급된다. 다른 경우에, 잘 알려진 반도체 공정 및 제조 기술은 본 발명을 불필요하게 불명료하게 하지 않도록 특별히 상세히 기술되지 않았다. 본 명세서 전반에 걸쳐 "일 실시예"에 대한 언급은 그러한 실시예와 관련되어 기술되는 특정한 특징, 구조, 구성 또는 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함됨을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전반에 걸쳐 다양한 곳에서 어구 "일 실시예에서"의 언급은 반드시 본 발명의 동일한 실시예를 가리키지는 않는다. 또한, 특정한 특징, 구조, 구성 또는 특성은 하나 이상의 실시예에서 적합한 방식으로 조합될 수 있다.
- [0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "위에", "으로", "사이에" 및 "상에"는 하나의 층의 다른 층에 대한 상대 위치를 지칭할 수 있다. 다른 층 "위의" 또는 그것 "상의" 또는 다른 층 "으로" 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. 다른 층과 "접촉"하는 하나의 층은 다른 층과 직접 접촉할 수 있거나 하나 이상의 개재하는 층을 구비할 수 있다.
- [0016] 특정 이론으로 제한되지 않고서, 본 발명의 실시예들은 마이크로 소자들을 픽업하기 위해 반대 전하의 인력을 사용하는 정전기 그리퍼의 원리에 따라 작동하는 정전기 이송 헤드들의 어레이를 지지하는 정전기 이송 헤드 어셈블리를 설명한다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 마이크로 소자 상에 그립 압력(grip pressure)을 생성하여 마이크로 소자를 픽업하기 위하여 인입(pull-in) 전압이 정전기 이송 헤드에 인가된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "마이크로" 소자 또는 "마이크로" LED 소자는 본 발명의 실시예들에 따른 일정 소자 또는 구조체의 서술적인 크기를 지칭할 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "마이크로" 소자 또는 구조체는 1 내지 100 μm 의 스케일을 가리키는 것을 의미한다. 그러나, 본 발명의 실시예들이 반드시 그렇게 제한되지는 않으며, 실시예의 일정 태양이 더 큰 그리고 가능하게는 더 작은 크기의 스케일로 적용가능할 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 소자들의 어레이 내의 단일 마이크로 소자 및 정전기 이송 헤드들의 어레이 내의 단일 정전기 이송 헤드 둘 모두는 최대 치수가, 예를 들어 길이 또는 폭이 1 내지 100 μm 이다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 소자 또는 정전기 이송 헤드의 상부 접촉 표면은 최대 치수가 1 내지 100 μm 이다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 소자 또는 정전기 이송 헤드의 상부 접촉 표면은 최대 치수가 3 내지 20 μm 이다. 일 실시예에서, 마이크로 소자들의 어레이의 피치, 및 대응하는 정전기 이송 헤드들의 어레이의 피치는 (1 내지 100 μm) x (1 내지 100 μm), 예를 들어 20 μm x 20 μm , 또는 5 μm x 5 μm 피치이다. 이러한 밀도에서, 15.2 cm(6 인치) 캐리어 기관은, 예를 들어 10 μm x 10 μm 피치를 갖는 대략 1억6천5백만 개의 마이크로 LED 소자들, 또는 5 μm x 5 μm 피치를 갖는 대략 6억6천만 개의 마이크로 LED 소자들을 수용할 수 있다. 대응하는 마이크로 LED 소자들의 어레이의 피치의 정수배와 일치하는 정전기 이송 헤드들의 어레이 및 정전기 이송 헤드 어셈블리

를 포함하는 이송 툴(transfer tool)이 마이크로 LED 소자들의 어레이를 픽업하고 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 마이크로 LED 소자들을, 마이크로 디스플레이로부터 대면적 디스플레이에 이르는 임의의 크기의 기관들을 포함하는 불균질하게 집적된(heterogeneously integrated) 시스템들 내로 높은 이송 속도로 집적하고 조립하는 것이 가능하다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드들의 1 cm x 1 cm 어레이가 100,000개 초과인 마이크로 소자들을 픽업, 이송 및 접합할 수 있으며, 정전기 이송 헤드들의 어레이가 더 대형일수록 더 많은 마이크로 소자들을 이송할 수 있다.

[0017] 일 태양에서, 본 발명의 실시예들은 0.1초 내지 수 초 내에 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기관으로부터 수용 기관으로 이송하고 이송 시간의 4분의 1(1/4) 이내에 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기관에 접합하는 시스템 및 방법을 설명한다. 일 실시예에서, 에너지가 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 그리고 마이크로 소자들의 어레이를 통하여 전달되어 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합한다. 예를 들어, 마이크로 소자는 마이크로 소자와 함께 이송된 마이크로 소자 접합 층 또는 수용 기관 상의 접합 층에 의해 수용 기관에 접합될 수 있거나, 마이크로 소자 접합 층이 수용 기관 접합 층과 접합될 수 있다. 마이크로 소자들 및 수용 기관 사이의 접합부는 또한 전기 전도성일 수 있다. 예를 들어, 접합부는 마이크로 LED 소자의 애노드 또는 캐소드일 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시예들에 따르면, 접합은 접합 층(들)에 에너지를 인가함으로써 가능해진다. 그러나, 승온 및 열 사이클은, 마이크로 소자들 내의 상호 확산 및 층들의 열화, 접합 층들(마이크로 소자 접합 층 및 수용 기관 접합 층 둘 모두)의 산화, 및 정전기 이송 헤드 어셈블리 및 수용 또는 캐리어 기관 내에서의 구조물들의 기계적 변형을 야기할 수 있다. 정전기 이송 헤드 어셈블리 내에서의 구조물들의 기계적 변형은 1 마이크로미터 이하로 정렬될 수 있는 시스템 구성요소들의 오정렬을 추가로 가져올 수 있다. 소정 실시예에서, 수용 기관은 박막 트랜지스터들을 포함하는 디스플레이 기관일 수 있다. 그러한 기관은 과도한 온도에 노출되는 경우 만곡되기 쉬울 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은, 시스템 구성요소들에 대한 승온 및 열 사이클의 부작용을 완화하면서, 에너지를 인가하여 실행가능한 전기 접합부를 형성하기 위한 시스템 및 방법을 설명한다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 열 접합 또는 열가압 접합(TCB)과 같은 접합 기술을 이용하여, 에너지가 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 전달되어 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합한다. 더욱이, 전달된 에너지는 하나 이상의 접합 층들이 액화될 수 있거나 또는 액화되지 않을 수 있는 다양한 접합 메커니즘에 의해 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 천이 액상 접합 또는 공융 합금 접합은 접합 층 또는 접합 층들 사이의 계면의 액화를 동반할 수 있다. 일 실시예에서는, 고상 확산 접합이 접합 층들 사이에서 액화 없이 수행될 수 있다.

[0019] 이제 도 1을 참조하면, 캐리어 기관 및 마이크로 LED 소자들의 어레이를 예시하는 평면도 및 측면도가 본 발명의 일 실시예에 따라 도시되어 있다. 도시된 특정 실시예에서, 개별 마이크로 LED 소자(150)는 테이퍼형 또는 둥근 코너를 갖는 한 쌍의 동심 정사각형으로서 예시되며, 이때 각각의 정사각형은 마이크로 p-n 다이오드의 상부 표면 및 저부 표면의 상이한 폭에 대응하는 상이한 폭을 갖고, 대응하는 테이퍼형 측면들은 상부 표면 및 저부 표면으로부터 걸쳐있다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 테이퍼형 측면들을 필요로 하지 않고, 마이크로 p-n 다이오드의 상부 표면 및 저부 표면은 동일한 직경 또는 폭과 수직 측면들을 구비할 수 있다. 도시된 바와 같이, 마이크로 LED 소자들의 어레이는 피치(P), 각각의 마이크로 LED 소자 사이의 간격(S) 및 각각의 마이크로 LED 소자의 최대 폭(W)을 갖는 것으로 설명된다. 명확함과 간결함을 위해, x-치수만이 평면도에 점선으로 예시되지만, 유사한 y-치수가 존재할 수 있고, 동일하거나 상이한 치수 값을 가질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 도시된 특정 실시예에서, x- 및 y-치수 값은 동일하다. 일 실시예에서, 마이크로 LED 소자들의 어레이는 1 내지 100 μm 의 피치(P)를 가질 수 있고, 1 내지 100 μm 의 최대 폭(W)을 가질 수 있다. 간격(S)은 캐리어 기관 상에서 픽업을 위한 준비가 된 마이크로 LED 소자들의 개수를 최대화하도록 최소화될 수 있다. 일 실시예에서, 피치(P)는 10 μm , 간격(S)은 2 μm , 그리고 폭(W)은 8 μm 이다. 다른 실시예에서, 피치(P)는 5 μm , 간격(S)은 2 μm , 그리고 폭(W)은 3 μm 이다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 이러한 특정 치수로 한정되지 않고, 임의의 적합한 치수가 사용될 수 있다.

[0020] 도 1에 예시된 특정 실시예에서, 마이크로 소자는 마이크로 LED 소자이다. 예를 들어, 마이크로 LED 소자(150)는 마이크로 p-n 다이오드, 상부 전도성 접촉 층(130), 및 저부 전도성 접촉 층(120)을 포함할 수 있고, 여기서 저부 전도성 접촉 층(120)은 마이크로 p-n 다이오드와 캐리어 기관(101) 상에 형성된 접합 층(110) 사이에 있다. 일 실시예에서, 마이크로 p-n 다이오드는 상부 n-도핑된 층(114), 하나 이상의 양자 우물 층(116), 및 하부 p-도핑된 층(118)을 포함한다. 다른 실시예들에서, 층들(114, 116)의 도핑은 반대일 수 있다. 전도성 접촉 층(120, 130)은 하나 이상의 층을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전도성 접촉 층(120, 130)은 마이크로 p-n

다이오드와 오믹 접촉하는 전극 층을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 저부 전도성 접촉 층(120)은 전극 층 및 전극 층과 접합 층(110) 사이의 장벽 층을 포함한다. 장벽 층은, 예를 들어 수용 기관으로의 접합 동안에, 접합 층과 전극 층 내의 다른 층 사이의 확산 또는 합금화를 방지할 수 있다. 일 실시예에서, 장벽 층은 Pd, Pt, Ni, Ta, Ti 및 TiW와 같은 재료를 포함할 수 있다. 전도성 접촉 층(120, 130)은 가시 파장 범위(예를 들어, 380 nm 내지 750 nm)에 대해 투명하거나 또는 불투명할 수 있다. 전도성 접촉 층(120, 130)은 선택적으로 Ag 또는 Ni와 같은 반사 층을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 p-n 다이오드의 저부 표면은 전도성 접촉 층(120)의 상부 표면보다 넓다. 일 실시예에서, 전도성 접촉 층의 저부 표면은 접합 층(110)의 상부 표면보다 넓다. 컨포멀 유전체 장벽 층(미도시)은 선택적으로 마이크로 p-n 다이오드 및 다른 노출된 표면들 위에 형성될 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시예들에 따르면, 접합 층(110)은 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터의 에너지의 전달 시 마이크로 소자들을 수용 기관에 접합하기에 유용한 다양한 재료들로 형성될 수 있다. 접합 층(110)의 두께는 접합 기술, 접합 메커니즘, 및 재료 선정에 좌우될 수 있다. 일 실시예에서, 접합 층은 100 옴스트롬 내지 2 μm 두께이다. 일 실시예에서, 접합 층(110)은 저온에서 마이크로 소자들을 수용 기관에 접합하기 위한 저온 솔더 재료로 형성될 수 있다. 예시적인 저온 솔더 재료는 순금속 및 금속 합금을 비롯하여 인듐, 비스무트, 또는 주석 기반 솔더일 수 있다. 본 발명의 실시예들과 함께 이용될 수 있는 저융점 솔더 재료들의 예시적인 목록이 표 1에 제공되어 있는데, 여기서 화학 조성은 성분들의 중량 백분율로 나열되어 있다.

표 1

화학 조성 (중량%)	액상선 온도(°C)	고상선 온도(°C)
100 In	156.7	156.7
66.3In33.7Bi	72	72
51In32.5Bi16.5Sn	60	60
57Bi26In17Sn	79	79
54.02Bi29.68In16.3Sn	81	81
67Bi33In	109	109
90In10Sn	151	143
48In52Sn	118	118
50In50Sn	125	118
52Sn48In	131	118
58Sn42In	145	118
97In3Ag	143	143
94.5In5.5Ag	200	-
99.5In0.5Au	200	-
95In5Bi	150	125
99.3In0.7Ga	150	150
99.4In0.6Ga	152	152
99.6In0.4Ga	153	153
99.5In0.5Ga	154	154
58Bi42Sn	138	138
60Sn40Bi	170	138
100Sn	232	232
95Sn5Sb	240	235
100Ga	30	30
99In1Cu	200	-
98In2Cu	182	-
96In4Cu	253	-
74In26Cd	123	123
70In30Pb	175	165
60In40Pb	181	173
50In50Pb	210	184
40In60Pb	231	197
55.5Bi44.5Pb	124	124
58Bi42Pb	126	124
45.5Bi54.5Pb	160	122
60Bi40Cd	144	144
67.8Sn32.2Cd	177	177
45Sn55Pb	227	183
63Sn37Pb	183	183
62Sn38Pb	183	183
65Sn35Pb	184	183
70Sn30Pb	186	183
60Sn40Pb	191	183
75Sn25Pb	192	183
80Sn20Pb	199	183
85Sn15Pb	205	183
90Sn10Pb	213	183
91Sn9Zn	199	199
90Sn10Au	217	217
99Sn1Cu	227	227
99.3Sn0.7Cu	227	227

[0022]

[0023] 다른 실시예에서, 접합 층(110)은 전기 전도성 접착제 재료로 형성된다. 예를 들어, 접착제는 전도성 입자(예를 들어 금속 입자)를 포함하는 열가소성 또는 열경화성 중합체일 수 있다.

[0024] 다른 실시예에서, 접합 층(110)은 마이크로 소자(150)를 수용 기관에 접합하는 데 사용되는 접합 온도보다 높은 또는 수용 기관 접합 층의 주변 액상선 온도보다 높은 액상선 또는 용융 온도를 특징으로 하는 재료로 형성된다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 그러한 접합 층은 수용 기관 상의 다른 접합 층과의 공융 합금 접합, 천이 액상 접합, 또는 고상 확산 접합을 포함하는 접합 메커니즘에 사용될 수 있다. 접합 층(110) 재료는 또한 그의 수용 기관 접합 층 재료와의 확산력을 위해 선택될 수 있다. 일 실시예에서, 접합 층은 비스

무트(271.4℃)와 같이 250℃보다 높은 액상선 온도, 또는 금(1064℃), 구리(1084℃), 은(962℃), 알루미늄(660℃), 아연(419.5℃), 또는 니켈(1453℃)과 같이 350℃보다 높은 액상선 온도를 가질 수 있다. 접합 층은 이들의 예시적인 재료에 한정되지 않고, 마이크로 소자를 수용 기관에 접합하는 데 사용되는 접합 온도보다 높은 액상선 또는 용융 온도를 특징으로 하는 다른 반도체, 금속, 또는 금속 합금 재료를 포함할 수 있다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합하는 방법의 흐름도이고 도 3a 내지 도 3g는 상기 방법을 예시하는 측면면도이다. 동작(1010)에서, 마이크로 소자들의 어레이는 정전기 이송 헤드 어셈블리를 사용하여 캐리어 기관으로부터 픽업된다. 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로 LED 소자들(150)의 어레이 위에 위치되고 기관(200)에 의해 지지된 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 예시하는 측면면도이다. 예시된 바와 같이, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이의 피치(P)는 마이크로 LED 소자들(150)의 피치의 정수배와 일치한다. 이어서, 마이크로 LED 소자들(150)의 어레이는 도 3b에 예시된 바와 같이 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이와 접촉된다. 정전기 이송 헤드의 어레이는 또한 마이크로 소자들의 어레이 위에, 그립 압력에 상당한 영향을 미치지 않는, 그들을 분리하는 적합한 에어 갭(air gap), 예를 들어, 1 nm 또는 10 nm 갭을 갖고서, 위치될 수 있다.

[0026] 마이크로 소자들의 어레이를 픽업하기 위하여, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이에 전압이 인가될 수 있다. 일 실시예에서, 전압은 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이와 전기 접촉된 정전기 이송 헤드 어셈블리(206) 내에 있는 또는 그에 접속된 작동 회로로부터 인가될 수 있다. 다시 도 3a를 참조하면, 도시된 예시적인 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)은 유전체 층(209)에 의해 덮여진 한 쌍의 전극(203)을 포함하는 쌍극형 정전기 이송 헤드들이다. 그러나, 실시예들은 쌍극형 전극 구성에 한정되지 않고 단극형 전극과 같은 다른 구성이 사용될 수도 있다. 예시된 바와 같이, 각각의 정전기 이송 헤드(204)는 기관(200)으로부터 돌출된 메사 구조체(mesa structure)(211)를 포함한다. 이러한 방식으로, 각각의 정전기 이송 헤드(204)는 개별 마이크로 소자를 픽업하도록 구성된다. 이어서, 마이크로 소자들(150)의 어레이는 도 3c에 예시된 바와 같이 정전기 이송 헤드 어셈블리(206)와 함께 픽업된다. 예시된 바와 같이, 마이크로 소자 접합 층(110)들도 또한 마이크로 소자들(150)의 어레이와 함께 픽업된다.

[0027] 도 3a 내지 도 3g에 예시된 실시예들에서, 에너지는 점선으로 도시된 선택적인 히터들(105, 205, 305)을 통하여 접합 층들로 전달될 수 있다. 도 3a 내지 도 3c에 예시된 실시예들에서, 하나 이상의 히터(205)에 의해 정전기 이송 헤드 어셈블리(206)를 통하여 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이 및 마이크로 소자들(150)의 어레이를 통하여 접합 층들(110)로 열이 전달될 수 있다. 또한 또는 대안적으로, 하나 이상의 히터(105)에 의해 캐리어 기관(101)을 통하여 접합 층들(110)로 열이 전달될 수 있다. 특히, 적외선 가열 램프, 레이저, 및 저항 가열 요소를 포함하는 다양한 방식으로 열이 인가될 수 있다.

[0028] 도 3a 내지 도 3c에 예시된 픽업 동작들은 다양한 온도에서 수행될 수 있다. 일부 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 도 3a 내지 도 3c의 픽업 동작들 동안에 실온으로 유지된다. 일부 실시예에서, 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 실온의 변동을 보상하기 위하여 도 3a 내지 도 3c의 픽업 동작들 동안의 실온보다 약간 높게 (예를 들어 5 내지 25℃ 높게) 유지된다. 일부 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 도 3a 내지 도 3c의 픽업 동작들 동안에 동일한 온도로 유지되는데, 이는 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)이 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합하는 동안, 예를 들어, 수용 기관 접합 층의 주변 액상선 온도를 초과하여 유지되기 때문이다. 접합 층(110)이 수용 기관 접합 층의 주변 액상선 온도 또는 접합 온도보다 낮은 액상선 온도를 갖는 경우, 접합 층(110)은 도 3a 내지 도 3c의 픽업 동작들 동안 고상으로 유지될 수 있다. 이러한 방식으로, 접합 층을 액화하지 않음으로써 픽업 및 이송 공정은 재료를 액상에서 취급할 필요가 없고 마이크로 소자들의 이송 및 형성 동안 재료의 상을 제어할 필요가 없음으로써 단순화될 수 있다. 더욱이, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)을 균일한 온도로 유지함으로써, 상승된 접합 온도에서도, 균일한 온도 프로파일은 정전기 이송 헤드 어셈블리의 구조적 보전성(integrity) 및 시스템 구성요소들의 정렬을 보호할 수 있다. 다른 실시예들에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은, 예를 들어 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기관으로부터 픽업하기 위하여 접합 층(110)의 액상선 온도를 초과하여 상승되는 열 사이클을 겪는다.

[0029] 동작(1020)에서, 수용 기관이 마이크로 소자들의 어레이와 접촉된다. 도 3d는 수용 기관(300) 위에 마이크로 소자들(150)의 어레이를 보유하는 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 예시하는 측면면도이다. 예시된 바와 같이, 마이크로 소자들(150)의 어레이는 수용 기관 상의 접촉 패드들(302) 및 접합 층들(304) 위에 위치될 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 열은 하나 이상의 히터(305)에 의해 수용 기관(300)을 통하여 접합 층들 내로 전달될 수 있다. 특히, 적외선 가열 램프, 레이저, 및 저항 가열 요소를 포함하는 다양한 방식으로 열이

인가될 수 있다. 일 실시예에서, 수용 기관(300)은 접합 층(304)의 액상선 또는 용융 온도보다 낮은 온도로 (예를 들어 1 내지 50℃ 낮게) 가열된다. 일 실시예에서, 수용 기관(300)은 접합 온도보다 낮은 온도로 (예를 들어 1 내지 50℃ 낮게) 가열된다. 예시된 특정 실시예가 접합 층(304) 및 접촉 패드(302) 둘 모두를 포함하고 있지만, 본 발명의 실시예들은 그렇게 한정되지 않는다. 예를 들어, 단일 접합 층(304) 또는 단일 접촉 패드(302)가 존재할 수 있다. 다른 실시예에서는, 다수의 접합 층들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 접합 층(110)의 조성과 일치하는 접합 층이 접합 층(304)과 접촉 패드(302) 사이에 위치될 수 있다. 일 실시예에서는, 접합 층(110)의 조성과 일치하는 접합 층이 접합 층(304)의 산화를 방지하도록 접합 층(304) 위에 형성된다. 대안적으로, 단일 접합 층 또는 접촉 패드는 개별 마이크로 소자들보다는 오히려 다수의 마이크로 소자들을 접합하는데 사용될 수 있다.

[0030] 여전히 도 3d를 참조하면, 수용 기관(300)은 디스플레이 기관, 조명 기관, 트랜지스터 또는 IC와 같은 기능 소자를 갖춘 기관, 또는 금속 재배선을 갖춘 기관일 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 일 실시예에서, 기관은 박막 트랜지스터들을 포함하는 디스플레이 기관이다. 특정 응용에 따라서, 기관(300)은 가시 파장(예를 들어 380 내지 750 nm 파장)에 대해 불투명, 투명, 또는 반투명일 수 있고, 기관(300)은 강성 또는 가요성일 수 있다. 예를 들어, 기관(300)은 유리 또는 중합체, 예를 들어, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 폴리에테르설폰(PES), 방향족 불소-함유 폴리아릴레이트(PAR), 폴리사이클릭 올레핀(PCO), 및 폴리이미드(PI)로 형성될 수 있다. 특정 응용에 따라서, 접촉 패드(302)는 가시 파장에 대해 불투명, 투명, 또는 반투명일 수 있다. 예시적인 투명 전도성 재료는 무정형 규소, 투명 전도성 산화물(TCO), 예를 들어, 인듐-주석-산화물(ITO) 및 인듐-아연-산화물(IZO), 탄소 나노튜브 필름, 또는 투명 전도성 중합체, 예를 들어, 폴리(3,4-에틸렌다이옥시티오펜)(PEDOT), 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리피롤, 및 폴리티오펜을 포함한다. 일 실시예에서, 접촉 패드(302)는 대략 100 nm 내지 200 nm 두께의 ITO이다. 일 실시예에서, 접촉 패드(302)는 나노입자, 예를 들어, 은, 금, 알루미늄, 몰리브덴, 티타늄, 텅스텐, ITO, 및 IZO를 포함한다. 접촉 패드(302)는 또한 가시 파장에 대해 반사성일 수 있다. 일 실시예에서, 접촉 패드(302)는 반사 금속 필름, 예를 들어, 알루미늄, 몰리브덴, 티타늄, 티타늄-텅스텐, 은, 또는 금, 또는 이들의 합금을 포함한다. 일 실시예에서, 접촉 패드(302)는 전극(예를 들어 애노드 또는 캐소드) 또는 전극 라인으로서 기능을 한다.

[0031] 수용 기관 접합 층(304)은 선택적으로 마이크로 소자의 접합을 용이하게 하도록 전도성 패드(302) 위에 형성될 수 있다. 접합 층(304)은 접합 층(110)에 대해서 전술된 재료들 중 임의의 재료로 형성될 수 있다. 접합 층들(110, 304)을 위한 재료의 특정 선택은 특정 접합 메커니즘, 예를 들어, 하기에서 더 상세히 설명되는 공용 합금 접합, 천이 액상 접합, 또는 고상 확산 접합에 좌우될 수 있다.

[0032] 이제 도 3e를 참조하면, 수용 기관(300)은 마이크로 소자들(150)의 어레이와 접촉된다. 단일 마이크로 소자(150)의 확대도에 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 수용 기관을 마이크로 소자들의 어레이와 접촉시키는 것은 각각의 마이크로 소자에 대해 수용 기관 접합 층(304)을 마이크로 소자 접합 층(110)과 접촉시키는 것을 포함한다. 일 실시예에서, 각각의 마이크로 소자 접합 층(110)은 대응하는 수용 기관 접합 층(304)보다 넓다. 예를 들어, 예시된 바와 같이, 수용 기관 접합 층들(304)은 마이크로 소자들(150)이 위치될 포스트의 형태일 수 있다. 일 실시예에서, 수용 기관 접합 층(304)은 폭이 대략 1 μm 이고, 두께가 대략 0.1 μm 내지 2 μm 이다. 포스트 구조물은 다양한 접합 동작에서 유용할 수 있다. 일 구현예에서, 접합 층(110)에 대한 접합 층(304)의 폭을 감소시킴으로써, 계면에서 구현되는 압력은 정전기 이송 헤드들(204)로부터 마이크로 소자들(150)에 인가되는 압력보다 높을 수 있다. 다른 구현예에서, 접합 동작 동안에 접합 층(304)이 액화되는 경우에, 액화된 접합 층(304)은 쿠션으로서 작동할 수 있고 접합 동안에 마이크로 소자들(150)의 어레이와 수용 기관(300) 사이의 시스템의 평평하지 않은 수준(예를 들어, 비평면 표면) 및 마이크로 소자들의 높이의 변동을 부분적으로 보상할 수 있다.

[0033] 동작(1030)에서 에너지는 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 마이크로 소자들의 어레이를 통하여 전달되어 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합한다. 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 마이크로 소자들의 어레이를 통한 에너지의 전달은 몇몇 유형의 접합 메커니즘들, 예를 들어, 공용 합금 접합, 천이 액상 접합, 및 고상 확산 접합을 용이하게 한다. 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 전달된 열 에너지는 또한 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터의 압력의 인가를 동반한다.

[0034] 도 3h 내지 도 3j는 마이크로 소자와 수용 기관 사이에서 일어날 수 있는 예시적인 유형의 접합 메커니즘을 도시하는 측면도이다. 도 3h 내지 도 3j에 대해 도시되고 설명된 재료 구조는 사실상 예시적인 것이고 상이한 접합 메커니즘을 알리려는 의도이며, 본 발명의 실시예들이 예시되고 설명된 단순화된 예들에 한정되지 않는다

는 것은 이해될 것이다. 더욱이, 전술된 바와 같이, 본 발명의 실시예들은 대안적인 층의 구성을 포함하고, 실시예들은 도 3h 내지 도 3j에 예시된 특정 층에 한정되지 않는다. 이제 도 3h를 참조하면, 예시된 특정 실시예에서, 공용 합금 접합 층(310)은 각각의 마이크로 소자에 대해 마이크로 소자 접합 층(110) 및 수용 기관 접합 층(304)으로부터 형성된다. 그러한 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 전달된 에너지는 접합 층들 중 하나 또는 둘 모두의 확산으로 인한 합금의 형성 후에 접합 층들(110, 304)의 계면에 형성된 공용 합금 접합 층(310)을 액화시킬 수 있다. 일 실시예에서, 접합 층들(110, 304)은 이들의 체적이 공용 조성을 반영하도록 정밀하게 제어되는 경우 공용 합금 접합 층(310)의 형성 동안에 완전히 소모될 수 있다. 다른 실시예들에서, 접합 층들(110, 304) 중 하나 또는 둘 모두는 완전히 소모되지 않는다. 일 실시예에서, 공용 합금 접합은, 접합 층들(110, 304)을 5 내지 30℃만큼 공용점을 초과하는 온도로 가열하고, 이어서 공용 온도보다 낮은 온도로 냉각함으로써 수행된다. 공용 접합 합금 및 공용 온도의 제한적이지 않은 예시적인 목록이 아래 표 2에 제공되어 있다. 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리는 액상이 마이크로 소자와 수용 기관 사이로부터 외부로 과도하게 밀려나오는 것을 방지하기 위하여 공용 합금 접합 동안 낮은 접촉 압력(예를 들어 0.1 MPa 내지 1 MPa)을 인가한다.

표 2

공용 합금 (wt %)	공용 온도 (°C)	접합 층(110) 재료	접합 층(304) 재료
Au:Sn (20/80)	280	Au	Sn
Au:Ge (28/72)	361	Au	Ge
Al:Ge (49/51)	419	Al	Ge
Ag:In (3/97)	143	Ag	In

[0035]

[0036]

전술된 바와 같이, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200) 및 수용 기관(300)은 가열될 수 있다. 일 실시예에서, 기관(200)은 접합 층(110)의 액상선 온도보다 낮은 온도로 가열되고, 수용 기관(300)은 접합 층(304)의 액상선 온도보다 낮은 온도로 가열된다. 소정 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리(206)로부터 마이크로 소자들의 어레이를 통한 열의 전달은 공용 합금을 형성하기에 충분하다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드 어셈블리는 공용 온도보다 5 내지 30℃ 높은 온도로 유지될 수 있는 한편, 접합 층(110)은 공용 온도보다 높은 액상선 온도를 갖는 공용 합금 성분으로 형성된다. 특정 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 150℃에서 유지되고, 접합 층(110)은 Ag로 형성되고, 접합 층(304)은 In으로 형성된다. 기관들(200, 300)의 온도는 공정 전체를 통해 유지될 수 있거나, 또는 접합 동안에 상승될 수 있다. 공용 합금 접합의 완료시, 하나의 기관(200 또는 300)의 온도는 공용 합금을 고형화하도록 낮아질 수 있다.

[0037]

도 3i를 참조하면, 특정 실시예에서, 예시된 천이 액상 접합은 수용 기관 접합 층(304)을 액화시켜서 수용 기관 접합 층(304)을 마이크로 소자 접합 층(110)과 상호확산시키고 주변 용융 온도가 수용 기관 접합 층(304)의 주변 용융 온도보다 높은 금속간 화합물 층(312)을 형성시키는 것을 포함한다. 일 실시예에서, 접합 층들(110, 304)은 금속간 화합물 층(312)의 형성 동안에 완전히 소모될 수 있다. 다른 실시예들에서, 접합 층들(110, 304) 중 하나 또는 둘 모두는 완전히 소모되지 않는다. 천이 액상 접합은 접합 층들의 최저 액상선 온도 이상에서 달성될 수 있다. 일 실시예에서, 마이크로 소자 접합 층(110)은 더 높은 용융 온도 재료를 포함하고, 수용 기관 접합 층(304)은 더 낮은 용융 온도 재료를 포함한다. 일 실시예에서, 마이크로 소자 접합 층(110)은 비스무트(271.4℃)와 같이 250℃보다 높은 액상선 온도, 또는 금(1064℃), 구리(1084℃), 은(962℃), 알루미늄(660℃), 아연(419.5℃), 또는 니켈(1453℃)과 같이 350℃보다 높은 액상선 온도를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 수용 기관 접합 층(304)은 접합 층(110)의 액상선 온도보다 낮은 액상선 온도를 갖는다. 예를 들어, 수용 기관 접합 층(304)은 위의 표 1에 나열된 저온 솔더들 중 임의의 것일 수 있다. 일 실시예에서, 수용 기관 접합 층(304)은 주석(232℃) 또는 인듐(156.7℃)을 포함한다. 천이 액상 접합을 위한 예시적인 재료들 시스템의 목록이, 형성될 수 있는 일부 예시적인 금속간 화합물들의 용융 온도와 함께 아래 표 3에 제공되어 있다.

표 3

접합 층(110) 재료	접합 층(304) 재료	금속간 화합물 용융 온도 (°C)
Cu	Sn	415
Ag	Sn	600
Ag	In	880
Au	Sn	278
Au	In	495
Ni	Sn	400

[0038]

[0039]

전술된 바와 같이, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200) 및 수용 기관(300)은 가열될 수 있다. 일 실시예에서, 기관(200)은 접합 층(110)의 액상선 온도보다 낮은 온도로 가열되고, 수용 기관(300)은 접합 층(304)의 액상선 온도보다 낮은 온도로 가열된다. 소정 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리로부터 마이크로 소자들의 어레이를 통한 열의 전달은 이후의 등은 고형화에 의한 금속간 화합물로서의 접합 층(304)의 천이 액체 상태를 형성하기에 충분하다. 액상인 동안, 낮은 용융 온도 재료는 표면 위에 퍼져있고 높은 용융 온도 재료의 고용체 내로 분산되거나 또는 높은 용융 온도 재료를 용해하고 금속간 화합물로서 고형화한다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 수용 기관 접합 층(304)의 액상선 온도보다 10 내지 70°C, 또는 특히 10 내지 30°C 높은 온도로 유지될 수 있는 한편, 접합 층(110)은 접합 층(304)의 액상선 온도보다 높은 액상선 온도를 갖는 성분으로 형성된다. 특정 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 180°C에서 유지되고, 접합 층(110)은 Au로 형성되고, 접합 층(304)은 In으로 형성된다. 일 실시예에서, 정전기 이송 헤드 어셈블리는 액상이 마이크로 소자와 수용 기관 사이로부터 외부로 과도하게 밀려나오는 것을 방지하기 위하여 천이 액상 접합을 위한 동작(1020)에서 초기 접촉 동안 낮은 접촉 압력을 인가한다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 압력은 접합 층의 강도와 관련될 수 있다. 예를 들어, 인듐은 인장 강도가 실온에서 1.6 MPa이다. 일 실시예에서, 인가된 압력은 실온에서 금속 접합 층 재료의 인장 강도 미만이다. 예를 들어, 접합 층(304)이 인듐인 경우, 인가된 압력은 1 MPa 미만일 수 있다.

[0040]

본 발명의 일부 실시예들에 따르면, 공용 합금 접합 및 천이 액상 접합 둘 모두는 시스템 구성요소 수준에 대한 추가의 자유도, 예를 들어 마이크로 소자들의 어레이의 수용 기관과의 평면성(planarity)을 제공할 수 있고, 액화된 접합 층들이 표면 위에 퍼져 있을 때 그들의 높이 변화로 인한 마이크로 소자들의 높이 변화를 허용할 수 있다.

[0041]

도 3j를 참조하면, 예시된 특정 실시예에서, 고상 확산 접합은 수용 기관 접합 층(304)과 마이크로 소자 접합 층(110) 사이에서 일어나 금속 접합부(314)를 형성한다. 그러한 실시예에서, 고상 확산은 접합 층들(304, 110)의 주변 용융 온도보다 낮은 온도에서 일어난다. 접합 메커니즘이 고상 확산을 포함하는 경우, 압력 하에서 열의 인가는 확산에 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 열가압 접합(TCB)이 사용될 수 있다. 고상 확산 동안, 금속 접합이 서로 가압되는 2개의 금속 표면들 사이에서 수행된다. 2개의 표면을 가열함으로써, 접합 공정을 위해 인가되는 압력의 크기는 금속 유연화로 인하여 감소될 수 있다. 층들(110, 304)을 위한 재료의 비제한적인 예는 Au-Au, Cu-Cu, Al-Al를 포함할 수 있지만, 상이한 금속들도 또한 사용될 수 있다. 전술된 바와 같이, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200) 및 수용 기관(300)은 가열될 수 있다. 일 실시예에서, 기관(200) 및 수용 기관(300) 둘 모두는 접합 층들(110, 304)의 액상선 온도보다 낮은 온도로 가열된다. 일 실시예에서, TCB는 200°C 내지 500°C의 온도 범위에서 수행된다. 더욱이, 압력은 공용 합금 접합 및 천이 액상 접합의 경우에 사용된 압력보다 높을 수 있다. 예를 들어, TCB 경우의 압력은 1 MPa 초과 내지 20 MPa일 수 있다.

[0042]

마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관에 접합하기 위한 에너지의 전달 후에, 마이크로 소자들의 어레이는 동작(1040)에서 수용 기관 상으로 릴리즈되고 이는 도 3g에 예시되어 있다. 이송 헤드들(204)이 쌍극형 전극을 포함하는 경우, 교류 전압이 각각의 이송 헤드(204) 내의 전극 쌍들을 가로질러 인가될 수 있어서, 음 전압이 하나의 전극에 인가되는 특정 시각에 양 전압이 그 쌍의 다른 전극에 인가되어, 그리고 그 반대일 때에도 마찬가지로, 픽업 압력을 생성하도록 한다. 마이크로 소자의 어레이를 이송 헤드들(204)로부터 릴리즈하는 것은 전압원을 끄는 것, 정전기 이송 헤드 전극들을 가로지르는 전압을 저하시키는 것, AC 전압의 파형을 변화시키는 것, 및 전압원을 접지시키는 것을 비롯한 다양한 방법으로 달성될 수 있다. 다른 전극 구성들도 본 발명의 실시예들에 따라 사용될 수 있다. 예를 들어, 단극형 전극 구성이 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 수용 기관은 접합을 강화하기 위하여 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관 상으로 릴리즈한 후에 추가로 어닐링된다.

[0043]

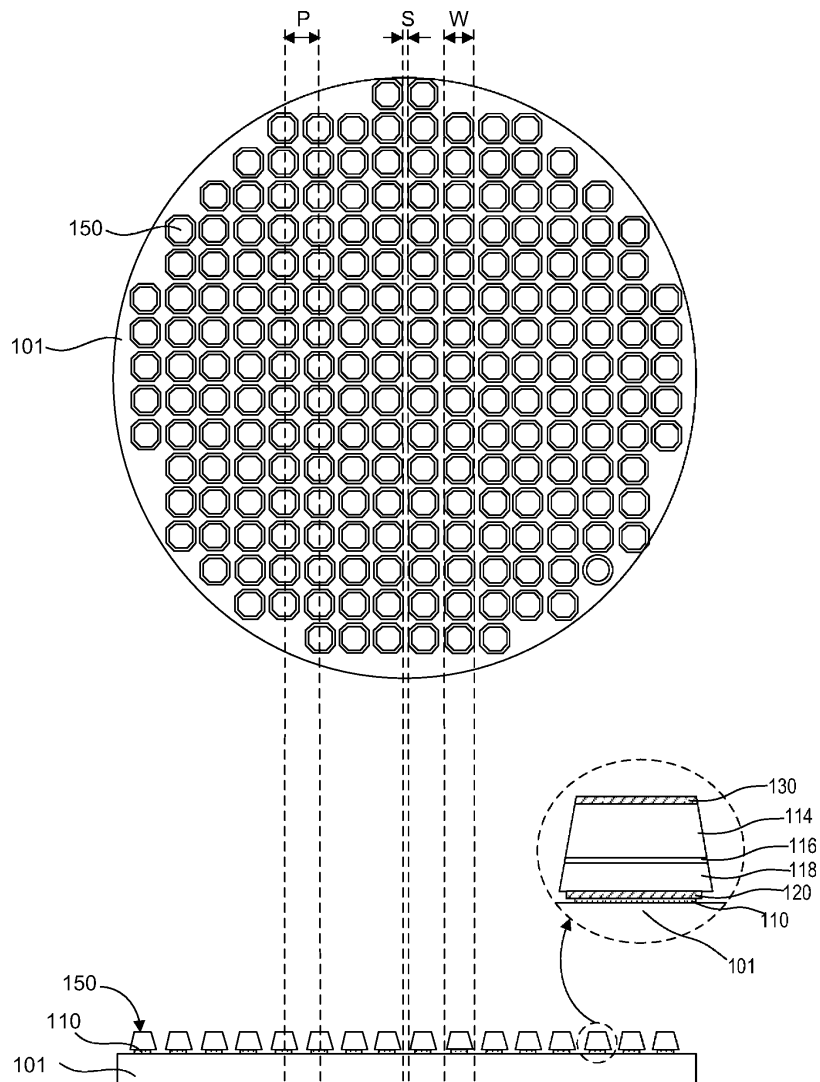
마이크로 소자들을 캐리어 기관 상에 접촉시킬 때, 마이크로 소자들을 픽업할 때, 마이크로 소자들을 이송할

때, 수용 기관을 마이크로 소자들과 접촉시킬 때, 마이크로 소자들을 수용 기관에 접합할 때, 그리고 마이크로 소자들을 릴리즈할 때 에너지를 전달하기 위하여 다양한 동작들이 수행될 수 있다. 예를 들어, 전술된 바와 같이, 마이크로 소자들을 캐리어 기관 상에 접촉시킬 때, 마이크로 소자들을 픽업할 때, 마이크로 소자들을 이송할 때, 수용 기관을 마이크로 소자들과 접촉시킬 때, 마이크로 소자들을 수용 기관에 접합할 때, 그리고 마이크로 소자들을 릴리즈할 때, 히터들(105, 205, 305)을 사용하여 에너지를 접합 층들로 전달할 수 있다. 일부 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 도 3a 내지 도 3g에 대하여 예시되고 설명된 동작들 동안에 균일한 승온에서 유지될 수 있다. 예를 들어, Au:In 접합 층 시스템을 설명하는 특정 실시예에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은 도 3a 내지 도 3g에 대하여 예시되고 설명된 동작들 동안에 180℃로 유지된다. 다른 실시예들에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)은, 예를 들어 마이크로 소자들의 어레이를 캐리어 기관으로부터 픽업하기 위하여 접합 층(110)의 액상선 온도를 초과하여 상승되는, 공용 합금 접합 온도를 초과하여 상승되는, 접합 층(304)의 액상선 온도를 초과하여 상승되는, 또는 TCB를 위해 상승되는 열 사이클을 겪는다. 다른 실시예들에서, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)의 온도는 접합을 완료하기 위하여 초기 용융 후에 낮아질 수 있다. 예를 들어, 정전기 이송 헤드들(204)의 어레이를 지지하는 기관(200)의 온도는 공용 합금 온도 또는 수용 기관 접합 층의 액상선 온도 미만으로 낮아질 수 있다. 더욱이, 정전기 이송 헤드 어셈블리는, 마이크로 소자들을 캐리어 기관 또는 수용 기관 상에 접촉시킬 때, 그리고 마이크로 소자들을 수용 기관에 접합하는 동안에, 특정 접촉 압력을 접합 층들에 전달하기 위하여 사용될 수 있다.

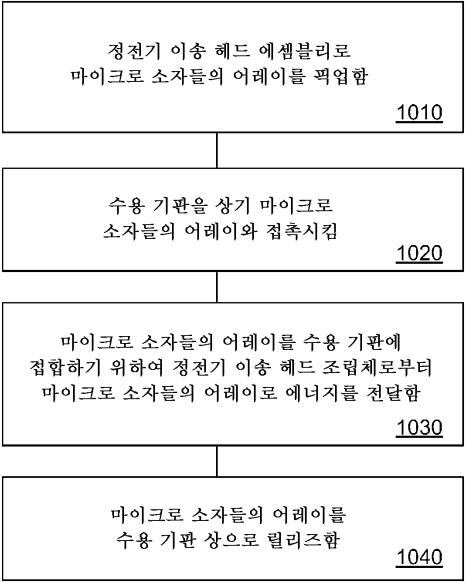
[0044] 본 발명의 다양한 태양의 이용에 있어서, 마이크로 소자들의 어레이를 수용 기관으로 이송하고 그에 접합할 때 상기 실시예들의 조합 또는 변형이 가능하다는 것이 당업자에게는 명백해질 것이다. 본 발명이 구조적 특징 및/또는 방법론적 동작에 대해 특정한 표현으로 기술되어 있지만 첨부된 특허청구범위에 정의된 본 발명은 반드시 기술된 구체적 특징 또는 동작으로 제한되지는 않는다는 것은 이해되어야 한다. 대신에, 개시된 특정 특징 및 동작은 본 발명을 예시하는 데 유용한 청구된 발명의 특히 세련된 구현으로 이해되어야 한다.

도면

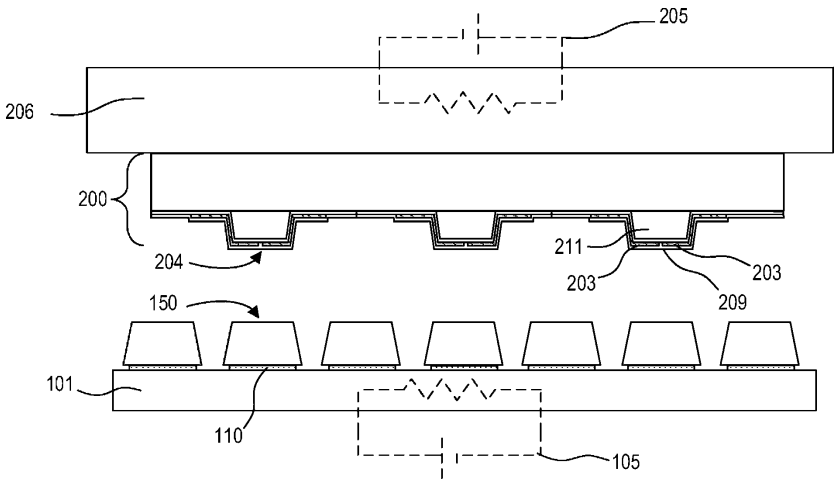
도면1



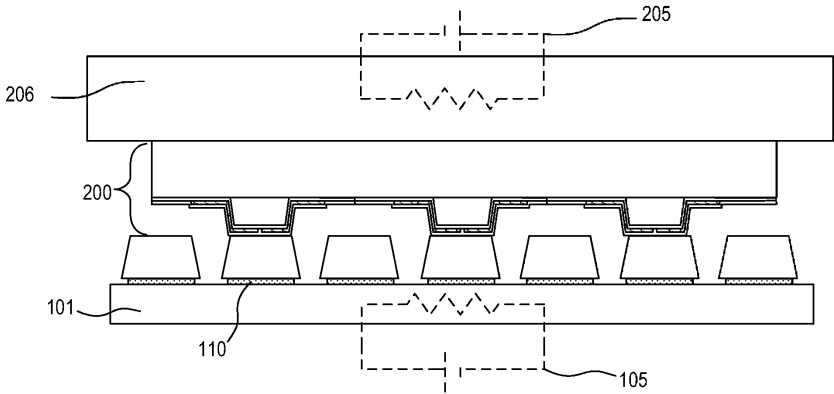
도면2



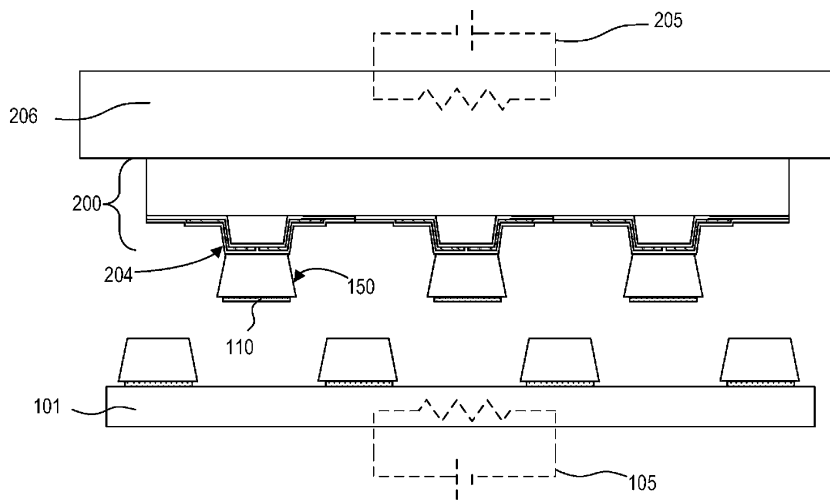
도면3a



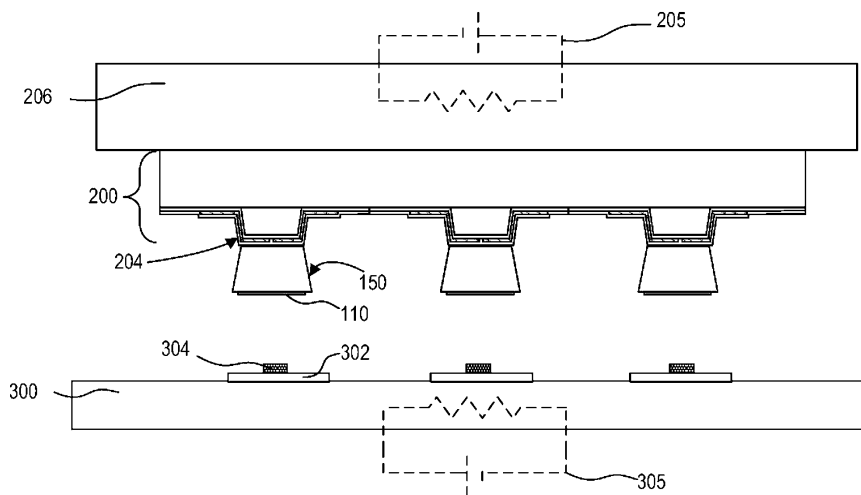
도면3b



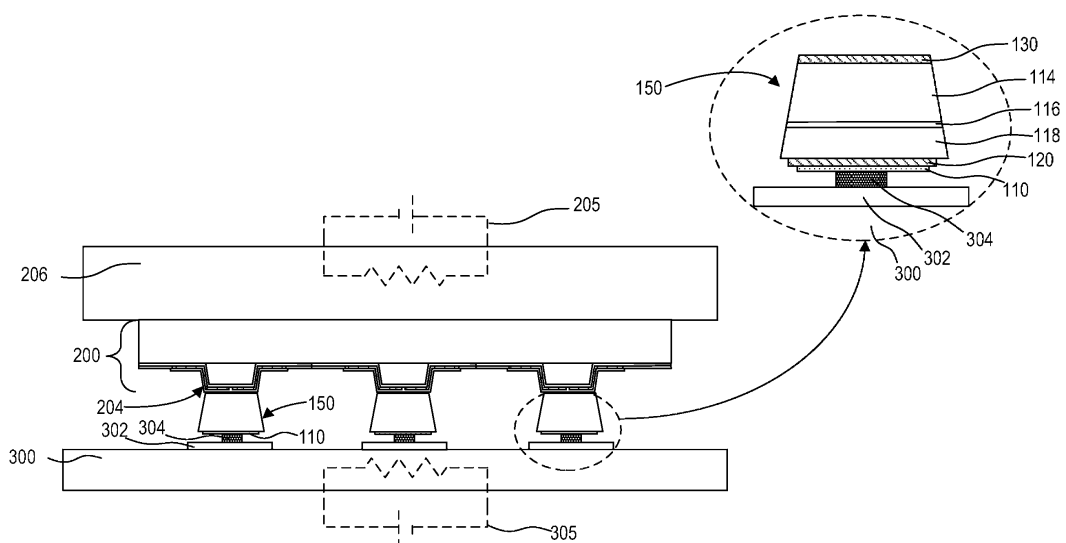
도면3c



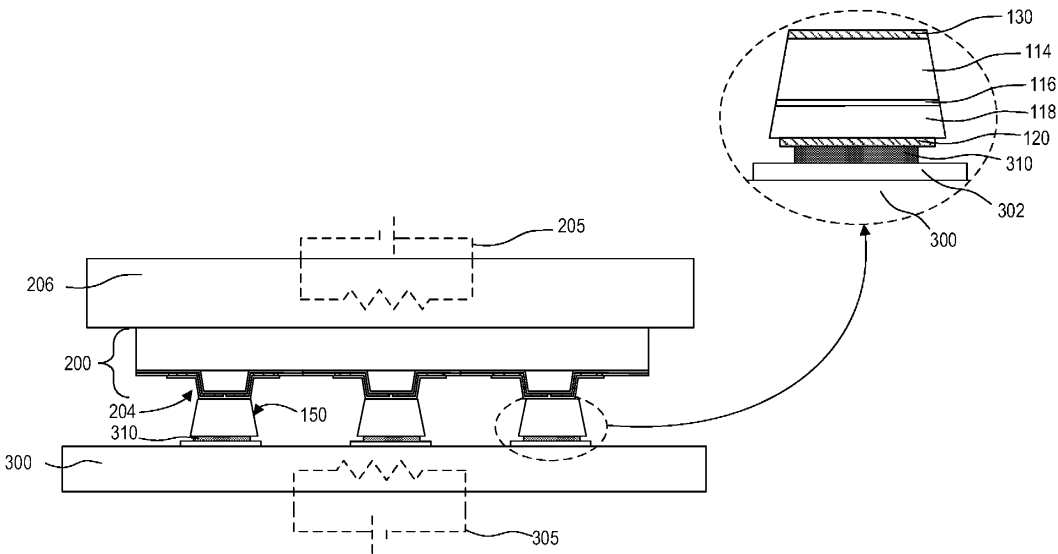
도면3d



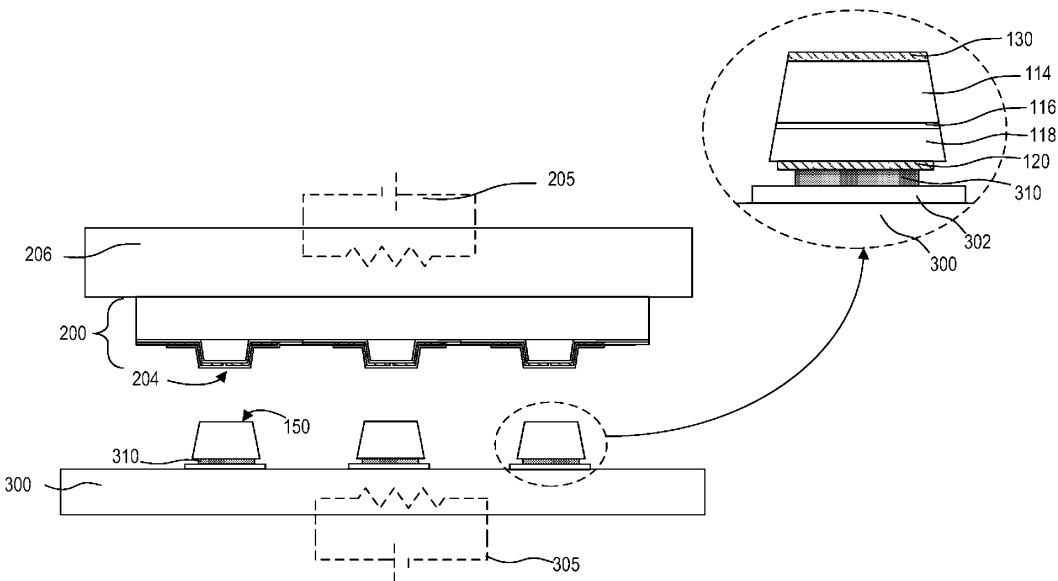
도면3e



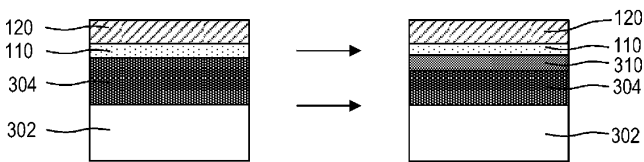
도면3f



도면3g

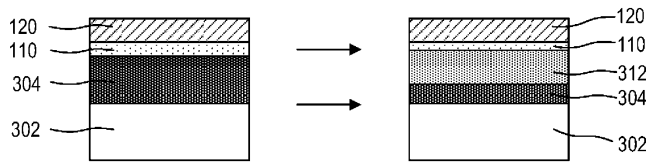


도면3h



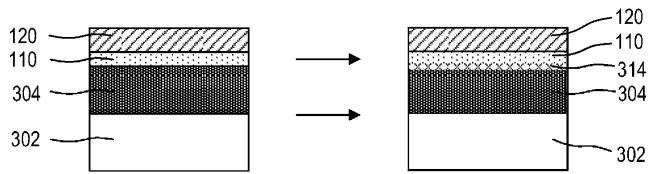
공융 합금 접합

도면3i



천이 액상 접합

도면3j



고상 확산 접합

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1 및 15의 13째줄

【변경전】

포함하는, 방법

【변경후】

포함하는, 마이크로 소자들의 어레이의 이송 및 접합 방법

专利名称(译)	标题：传输和连接微器件阵列的方法		
公开(公告)号	KR101653896B1	公开(公告)日	2016-09-09
申请号	KR1020147021981	申请日	2013-02-06
[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	BIBL ANDREAS 비블안드레아스 HIGGINSON JOHN A 히긴슨존에이 HU HSIN HUA 후신후아 LAW HUNG FAI STEPHEN 로우훙파이스티븐		
发明人	비블,안드레아스 히긴슨,존에이. 후,신 후아 로우,훙 파이스티븐		
IPC分类号	H01L21/677 H01L21/60 H01L21/762		
CPC分类号	H01L21/67733 H01L21/67712 H01L21/67144 H01L24/75 H01L24/83 H01L24/95 H01L2224/29105 H01L2224/29109 H01L2224/29111 H01L2224/29113 H01L2224/29118 H01L2224/29124 H01L2224/ /29144 H01L2224/29147 H01L2224/29155 H01L2224/29183 H01L2224/75261 H01L2224/75281 H01L2224/75282 H01L2224/75283 H01L2224/75725 H01L2224/7598 H01L2224/83 H01L2224/83193 H01L2224/83203 H01L2224/83805 H01L2224/83825 H01L2224/8383 H01L2224/83948 H01L2924 /01322 H01L2924/01327 H01L2924/12041 H01L2924/1461 H01L2933/0066 H01L2924/00 H01L2924 /014 H01L2924/00014 H01L2924/0105 H01L2924/01083 H01L2924/01049 H01L2924/01047 H01L2924 /01079 H01L2924/01031 H01L2924/01051 H01L2924/01029 H01L2924/01048 H01L2924/01082 H01L2924/0103 H01L2224/95001		
代理人(译)	Yangyoungjun Baekmangi		
优先权	13/372422 2012-02-13 US 13/436260 2012-03-30 US 13/749647 2013-01-24 US 61/597109 2012-02-09 US 61/597658 2012-02-10 US 61/749892 2013-01-07 US		
其他公开文献	KR1020140117497A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了一种静电转移头阵列组件，其将微组件的阵列转移到接收板并与之共轭并且与该方法共轭。在一个实施例中，一种方法包括使用支撑静电转移头阵列的静电转移头组件从载体基板拾取微组件阵列的步骤，以及接收板的微组件阵列接触步骤，以及从静电传输头组件输送能量的步骤，它将微型元件阵列焊接到接收板上，以及在接收板上释放微型元件阵列的步骤。

