(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0098699
(43) 공개일자 2014년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/60 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0010673
(22) 출원일자 2014년01월28일
심사청구일자 2014년01월28일
(30) 우선권주장
13/755,175 2013년01월31일 미국(US)

(71) 출원인
시게이트 테크놀로지 엘엘씨
미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자 블러바드 10200
(72) 발명자
리, 레핑
미국 55488 미네소타 블루밍턴 브룬스위크 로드 사우스 10750 #202
케오, 사라부트
미국 55372 미네소타 프리오 레이크 와일드스 뷰 노스웨스트 14692
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

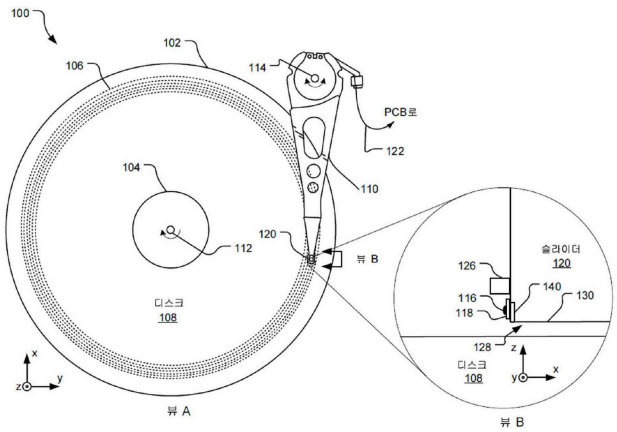
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **주위 온도 볼 결합**

(57) 요 약

지금 개시되는 기술은 하지의 본딩 패드를 가열하지 않으면서 초음파 본딩 에너지를 이용하여 1/1000 인치 직경보다 작은 금 와이어 볼 결합을 성취하기 위한 시스템들 및 방법들을 설명한다. 볼 결합은 쉘로우 테이크 오프 각도들을 갖는 다른 본딩 기술들의 사용을 제한하는 인접한 마이크로전자 구조들에 특별히 가까운 특별히 작은 본딩 패드들의 사용을 허용한다.

대 표 도



(72) 발명자

메이타그, 카라 엘.

미국 55446 미네소타 플리마우스 애비뉴 노스 43 14610

파리크, 프라미트 피.

미국 55347 미네소타 에덴 프라이리에 타워스 레인 14252

오'콘스키, 제프 알.

미국 55378 미네소타 세비지 글렌달 레인 13280

헤렌딘, 마크 에이.

미국 55379 미네소타 샤코피 리버 블루프 코트 1938

호엔, 조엘 더블유.

미국 54016 위스콘신 허드슨 힐러리 팜 로드 650

힙웰, 로저 엘.

미국 55346 미네소타 에덴 프라이리에 킴버리 레인 7562

스코벨, 조 제이.

미국 55044 미네소타 레이크빌 히슨 패스 20747

이벨, 존 엘.

미국 55417 미네아폴리스 엣지워터 블러바드 5608

마르쿼트, 랄프

미국 54016 위스콘신 허드슨 베이커 로드 685

너트슨, 에드워드

미국 55306 미네소타 번스빌 브리얀트 애비뉴 사우스 15616

특허청구의 범위

청구항 1

약 주위 온도에서 및 60kHz 초과 및 200kHz 미만의 초음파 본딩 주파수를 이용하여 약 1/1000 인치 미만 직경의 작은 금 합금 와이어를 금 합금 컨택 패드에 볼 본딩하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 금 합금 컨택 패드는 약 1 마이크론 미만의 두께인, 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 금 합금 컨택 패드는 상기 볼 본딩 동작 전에 플라즈마 세정되지 않은, 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 금 합금 와이어는 약 0.8/1000 인치 미만의 직경인, 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 초음파 본딩 주파수는 약 120kHz인, 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 주위 온도는 15 ℃ 내지 25 ℃인, 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 금 합금 와이어의 하나의 말단에 금 볼을 형성하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 볼 본딩 동작은 상기 금 볼을 상기 금 합금 컨택 패드에 결합하는, 방법.

청구항 8

약 주위 온도에서 및 60kHz 초과 및 200kHz 미만의 초음파 본딩 주파수를 이용하여 1 마이크론 미만 두께의 금 합금 컨택 패드와 상기 금 합금 컨택 패드에 볼 결합된 35 마이크론 미만 직경의 금 합금 볼을 갖는 전자 스토리지 디바이스 슬라이더를 포함하는, 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 금 합금 와이어는 약 1/1000 인치 미만의 직경인, 시스템.

청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 초음파 본딩 주파수는 약 120kHz인, 시스템.

청구항 11

청구항 8에 있어서, 상기 주위 온도는 15 ℃ 내지 25 ℃인, 시스템.

청구항 12

청구항 8에 있어서, 상기 전자 스토리지 디바이스 슬라이더는 상기 금 합금 컨택 패드에 인접하여 돌출한 마이크로전자 컴포넌트를 포함하는, 시스템.

청구항 13

인쇄 회로 기판으로부터 연장되는 약 1/1000 인치 미만 직경의 금 와이어를 갖는 인쇄 회로 기판; 및

각각이 1 마이크론 미만 두께의 하나 이상의 금 합금 컨택 패드들을 갖는 마이크로전자 디바이스들의 바(bar)를

포함하는 시스템으로서,

상기 금 와이어들은 약 주위 온도에서 및 60kHz 초과 및 200kHz 미만의 초음파 본딩 주파수를 이용하여 상기 마이크로전자 디바이스들에 볼 결합되는, 시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 초음파 본딩 주파수는 약 120kHz인, 시스템.

청구항 15

청구항 13에 있어서, 상기 인쇄 회로 기판의 평면 본딩 표면은 상기 금 합금 컨택 패드들의 평면 본딩 표면에 대하여 약 5도에서 배향되는, 시스템.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 마이크로전자 디바이스들의 바 위에 수행된 평탄화의 양에 따라 변화하는 저항 값을 갖는 평판형 센서를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 상기 인쇄 회로 기판은 상기 평판형 센서의 상기 저항 값을 모니터 하도록 구성되어 상기 마이크로전자 디바이스들의 바 위에 수행된 상기 평탄화의 양을 측정하는, 시스템.

청구항 18

청구항 13에 있어서, 상기 마이크로전자 디바이스들에 볼 결합된 두 개 이상의 상기 금 와이어들의 각각은 서로 다른 각도들에서 상기 마이크로전자 디바이스들로부터 연장되는, 시스템.

청구항 19

청구항 13에 있어서, 상기 마이크로전자 디바이스들의 각각은 하나 이상의 상기 금 합금 컨택 패드들에 인접한 돌출 레이저를 포함하는, 시스템.

청구항 20

청구항 13에 있어서, 상기 마이크로전자 디바이스들은 전자 스토리지 디바이스 슬라이더들인, 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 와이어 본딩은 반도체 및/또는 스토리지 디바이스 제조 동안에 집적 회로(IC) 디바이스 및/또는 인쇄 회로 기판(PCB) 상에 위치한 본딩 패드들과 같은 본딩 패드들간 전기적 상호 접속들을 만드는 방법이다. 더욱이, 와이어 본딩은 IC를 다른 전자 기기들에 연결하거나 하나의 PCB로부터 다른 PCB로 연결하기 위해 사용될 수 있다. 와이어 본딩은 일반적으로 비용 효율적이고 가요성 상호연결 기술로 간주되며, 이것은 매우 다양한 반도체 패키지들을 조립하는데 사용된다. 와이어 본딩(wire bonding), 웨지 본딩(wedge bonding) 및 볼 본딩(ball bonding)의 두 개의 주 부류들이 있다. 웨지 본딩 및 볼 본딩은 전형적으로 와이어를 하나 이상의 본딩 패드들에 결합하기 위해 열, 가압력, 및 초음파 에너지의 조합을 이용하여 성취된다.

[0002] 웨지 본딩은 전형적으로 실온에서 수행되지만, 몇몇 제한들을 가진다. 첫째, 테이크 오프(take-off) 각도 및 방향이 실질적으로 제한된다. 둘째, 웨지 결합은 비교적 큰 풋 사이즈(foot size)를 창출한다. 셋째, 추가 웨지 결합들은 본딩 패드 위의 이전 결합된 스팟의 첨점 위에 적층될 수 없을 수 있다. 결과적으로, 웨지 본딩은 압출 성형된 오브젝트가 웨지 결합된 와이어의 테이크 오프 방향의 전면에 있을 때 또는 매우 작은 본딩 패드들을 갖는 응용들에서는 이용 가능한 옵션들이 아니다. 더욱이, 결합된 스팟은 산화 때문에 다시 사용될 수 없고(예를 들어, 알루미늄 합금 와이어가 사용된 때), 이것은 본딩 패드 사이즈의 크기가 작아서 재결선이 필요로 할 때 문제가 될 수 있다.

[0003] 웨지 본딩과는 별개인, 볼 본딩은 전형적으로 결합을 창출하기 위해서 본딩 패드를 가열한다. 그러나, 본딩 패드를 가열하는 것은 본딩 패드에 인접한 감응 IC 디바이스들 또는 IC의 다른 컴포넌트들 (예를 들어, 접착제들)을 잠재적으로 손상시키는 열 때문에 이용 가능한 옵션이 아닐 수 있다. 볼 본딩은 웨지 결합에 비하여, 예컨대 해당 결합에 수락할 수 없는 응력들을 유발하지 않으면서 본딩 패드로부터의 테이크 오프 방향 및 각도에서 더 큰 유연성, 크게 감소된 본딩 사이즈, 및 볼 위에 볼(ball-on-ball) 적층 성능과 같은 몇몇 장점들을 가진다.

발명의 내용

[0004] 약 주위 온도에서 그리고 60kHz 초과 및 200kHz 미만의 초음파 본딩 주파수를 이용하여 약 1/1000 인치 미만 직경의 금 합금 와이어를 금 합금 컨택 패드에 볼 본딩하는 단계를 포함하는 방법.

[0005] 다른 구현예들이 또한 본원에서 설명되고 나열된다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 저장 매체 디스크 상에 배치되고 액추에이터 암의 말단부(distal end)에 위치된 슬라이더의 본딩 패드 상에 볼 결합 잔여물을 포함하는 예시 디스크 드라이브 어셈블리를 예시한다.

도 2는 인쇄 회로 기판에 볼 결합된 슬라이더 로우 바를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리의 측면도를 예시한다.

도 3은 인쇄 회로 기판 위에 대응하는 쌍의 본딩 패드들에 볼 결합된 본딩 패드들의 쌍을 갖는 슬라이더 로우 바를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리의 평면도를 예시한다.

도 4는 슬라이더 로우 바 내에 내장된 평판형 센서와 동일 평면에 랩핑된 슬라이더 로우 바의 에어 베어링 표면을 갖는 인쇄 회로 기판에 볼 결합된 슬라이더 로우 바를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리의 측면도를 예시한다.

도 5는 슬라이더 로우 바에 부착된 볼 결합 잔여물을 갖는 예시 슬라이더 로우 바의 측면도를 예시한다.

도 6은 인쇄 회로 기판에 볼 결합된 로우 바 내에 예시 슬라이더를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리의 사시도를 예시한다.

도 7은 슬라이더 로우 바 위 컨택 패드들 가열 없이 PCB 위 컨택 패드들과 슬라이더 로우 바 위 컨택 패드들 사이에 와이어 상호 접속들을 형성하기 위해 볼 본딩을 이용하는 예시 동작들을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 도 1은 저장 매체 디스크(108) 위에 배치되고 액추에이터 암(110)의 말단부에 위치된 슬라이더(120) (예를 들어, AlTiC 슬라이더)의 본딩 패드(118) 위에 볼 결합 잔여물(116)을 포함하는 예시 디스크 드라이브 어셈블리(100)를 예시한다. 구체적으로 뷰 A(x-y 평면)를 보면, 디스크(108)는 외경(102) 및 내경(104)을 포함하고, 그것들 사이에 원형의 점선들로 도시된 많은 실질적으로 원형의 데이터 트랙들 (예를 들어, 트랙(106))이 있다. 일부 구현예들에서, 도 1에 예시된 것 보다 더 많은 데이터 트랙들이 있다. 디스크(108)는 정보가 디스크(108) 위의 데이터 트랙들에 기입되고 데이터 트랙들로부터 판독될 때 디스크 회전 축(112) 주위를 고속으로 회전한다. 디스크 회전 속도는 고정되거나 가변적일 수 있다.

[0008] 정보는 슬라이더(120) 위의 판독/기입 엘리먼트들의 사용을 통하여 디스크(108)에 기입되거나 디스크로부터 판독될 수 있고, 슬라이더는 액추에이터 암(110)의 말단부에 위치된다. 액추에이터 암(110)은 디스크(108) 위의 희망하는 데이터 트랙 및 섹터에 위치시키기 위한 검색 동작 동안에 액추에이터 회전 축(114) 주위를 회전한다. 미디어 디스크(108) 위의 특정 위치들은 임의 이용 가능한 주소지정 기법(예를 들어, 실린더-헤드-섹터(CHS: cylinder-head-sector) 주소지정 및 로직 블럭 주소지정(LBA : logical block addressing) 기법들)에 의해 정의될 수 있다. 액추에이터 암(110)은 디스크(108) 쪽으로 연장되고 슬라이더(120)는 액추에이터 암(110)의 말단부에 위치된다. 슬라이더(120)는 판독하거나 디스크(108)에 데이터를 기입하는 동안 디스크(108) 위에 아주 근접하여 나는 듯이 움직인다. 다른 구현예들에서, 디스크 드라이브 어셈블리(100)에는 하나 이상의 슬라이더(120), 액추에이터 암(110), 및/또는 디스크(108)가 있다.

[0009] 플렉스 케이블(flex cable) (122)은 인쇄 회로 기판(PCB, 미도시)로부터 슬라이더(120)에 부착된 전자 컴포넌트

들 (예를 들어, 판독 엘리먼트 및 기입 엘리먼트)로 필요한 전기적 연결 경로들을 제공하고 동시에 동작 동안에 액추에이터 암(110)의 피벗식 움직임을 허용한다. 플렉스 케이블(122)은 PCB로부터 슬라이더(120)로 액추에이터 암(110)을 따라서 라우트(route)될 수 있다. PCB 는 기입 동작 동안에 기입 엘리먼트에 인가되는 기입 전류들을 제어하고 판독 동작 동안에 판독 엘리먼트에 의해 생성된 판독 신호들을 증폭하기 위한 회로조직(예를 들어, 전치증폭기(preamp))를 포함할 수 있다.

[0010] 슬라이더(120)의 트레일링 에지(trailing edge) 측면도가 도 1의 x-z 평면의 뷰 B에 상세하게 보여진다. 슬라이더(120)는 본딩 패드에 부착된 볼 결합 잔여물(116)과 본딩 패드(118) (예를 들어, 전자 랩핑 가이드(ELG:electronic lapping guide) 본딩 패드)를 포함한다. 볼 결합 잔여물(116)은 본딩 패드(118)에 미리 볼 결합된 와이어로부터의 잔여물이다. 일부 구현예들에서, 볼 결합 잔여물(116)은 제거된다(예를 들어, 본딩 패드(118)의 그것을 기계적으로 깍아냄으로써). 더욱이, 슬라이더(120)는 음의 y 방향으로 본딩 패드(118) 및 볼 결합 잔여물(116)뒤에 추가 본딩 패드들 및 볼 결합 잔여물들(미도시)를 포함할 수 있다.

[0011] 슬라이더(120)는 슬라이더(120)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(126) (예를 들어, 열 보조 자기 기록(HAMR) 디바이스 내의 레이저)를 추가로 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 본딩 패드(118)에 미리 볼 결합된 와이어는 도면들 2 및 4에 상세하게 도시된 바와 같이 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(126)와 접촉을 피하기 위해 마이크로전자 컴포넌트(126) 주위로 의도적으로 라우트된다. 더욱이, 슬라이더(120)는 음의 y 방향으로 마이크로전자 컴포넌트(126) 뒤에 추가 마이크로전자 컴포넌트들(미도시)을 포함할 수 있다.

[0012] 슬라이더(120)는 내부에 내장된 평판형 센서(140) (또한 전자 랩핑가이드" 또는 "ELG"로 언급되는)를 추가로 포함한다. 평판형 센서(140)는 슬라이더(120)내 적어도 두 개의 본딩 패드들을 함께 전기적으로 연결한다. 평판형 센서(140)의 y-z 평면내 단면적은 최소 두 개의 본딩 패드들 사이에서 평판형 센서(140)의 저항 값을 정의한다. 에어 베어링 표면(ABS:air bearing surface) (130) 형성에 앞서서, 슬라이더(120)는 평탄화되고(예를 들어, 랩핑 및/또는 화학적-기계적인 연마(CMP:chemical-mechanical polishing)를 이용하여) 평판형 센서(140)의 y-z 단면적은 줄어들고 그것의 저항 값은 증가한다. 평판형 센서(140)의 저항 값은 측정될 수 있고 ABS(130) 위의 물질 제거 양을 결정하는데 사용될 수 있다. 결과적으로, ABS(130)의 평탄화는 측정된 평판형 센서(140)의 저항 값 및 랩핑 캐리어 내 빌트 인 액추에이터들(미도시)을 이용하여 정밀하게 제어될 수 있다.

[0013] 에어 베어링(128)은 디스크(108)가 움직일 때 슬라이더(120)의 ABS(130) 및 디스크(108)의 상부 표면 사이에 창출되는 공기역학적 힘들에 의해 야기된다. 슬라이더(120)의 ABS(130)은 디스크(108) 표면에 대면하고 디스크(108) 표면에 거의 평행하다(즉, 둘 모두는 거의 x-y 평면에 있다). 결과적으로, 슬라이더(120)의 어떤 부분도 실질적으로 디스크(108) 표면 쪽으로 ABS(130)를 넘어 돌출하지 않는다. 이 실질적으로 매끄러운 표면을 창출하기 위한 예시 프로세스가 아래 도면들 2-5에 관하여 상세하게 설명된다.

[0014] 슬라이더(120)의 외관 및 어셈블리(100)의 다른 특징부들은 단지 예시 목적들을 위한 것이고 비율에 맞게 도시되지 않는다. 더욱이, 지금 개시되는 볼 본딩 기술은 도 1에 도시된 디스크 드라이브 어셈블리(100) 외에 스토리지 드라이브 어셈블리들에 적용할 수 있다. 더 추가하여, 지금 개시되는 기술은 전자 스토리지 디바이스들 외에 디바이스들에 사용되는 슬라이더들 외에 마이크로전자 디바이스들에 볼 결합하는데 사용될 수 있다.

[0015] 도 2는 인쇄 회로 기판(234)에 볼 결합된 슬라이더 로우 바(232)를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리(200)의 측면도를 예시한다. 어셈블리(200)는 에어 베어링 표면(ABS) (미도시, 도면들 1, 4, 및 5을 보면)을 형성하기 위해 패턴화될, 정밀하게 평탄화되고 아주 매끄러운 (예를 들어, 서브-나노미터 변형예들) 표면을 획득하는데 사용된다. 로우 바(232)는 예를 들어 스토리지 드라이브 어셈블리(예를 들어, 도 1의 디스크 드라이브 어셈블리(100))내 수용을 위한 슬라이더들(예를 들어, 도 1의 슬라이더(124))를 포함한다. 다른 구현예들에서, 로우 바(232)는 슬라이더들 외에 마이크로전자 디바이스들의 로우를 포함한다.

[0016] 로우 바(232)는 접착제(238) (예를 들어, 웨이퍼 그립 또는 접착제)를 이용하여 랩핑 캐리어(236)에 분리 가능하게 결합된다. 로우 바(232)는 로우 바(232)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(226)를 포함한다. 일 구현예에서, 마이크로전자 컴포넌트(226)는 열 보조 자기 기록(HAMR) 디바이스 내의 레이저이다. 로우 바(232)는 본딩 패드(218)를 추가로 포함하고, 이것은 로우 바(232) 내에 내장된 평판형 센서(240)에 전기적 연결을 제공한다. 평판형 센서(240)는 도면들 3 및 4를 참고로 하여 보다 상세하게 설명된다. 다양한 구현예들에서, 본딩 패드(218)는 금 또는 금속성 합금들로 구성되거나 그것들로 코팅될 수 있다. 일 구현예에서, 본딩 패드(218)는 매우 작고(예를 들어, 127 μm×85 μm 또는 50 μm×50 μm 사각화) 및 1 마이크론 두께 금 코팅 층보다 작다(예를 들어, 0.25 마이크론 두께).

[0017] PCB(234)는 PCB 본딩 패드(242)를 포함하고, 이것은 PCB(234)에 전기적 연결을 제공하고, 이것은 차례로 실시간으로 로우 바(232) 위의 랩핑 동작들 모니터하고 조절하는 랩핑 제어 유닛에 연결할 수 있다. PCB(234)는 본딩 패드들(218, 242)을 연결하는 전기 트레이스(244) (또는 와이어)를 통하여 로우 바(232)에 연결된다. 다양한 구현예들에서, 트레이스(244)는 금 또는 구리 합금으로 구성될 수 있다. PCB(234)는 로우 바(232)에 대하여 편리한 임의 위치 및 방위에 마운트 될 수 있다. 일 예시 구현예에서, PCB 본딩 패드(242)의 평면 본딩 표면은 본딩 패드(218)의 평면 본딩 표면(예를 들어, y-z 평면)에 관하여 임의 각도(예를 들어, 대략 5 도)에서 마운트되고 예를 들어 양면 테이프의 조각 또는 기계적인 고정부를 통하여 어셈블리(200) (미도시)의 상부 표면에 마운트된다.

[0018] 이 구현예에서, 트레이스(244)의 하나의 말단은 본딩 패드(218)에 볼 결합된다(볼 결합(216)에 의해 도시된 것처럼). 볼 결합은 몇몇 이유들 때문에 웨지 결합 대신에 사용된다. 하나는, 웨지 결합의 테이크 오프 각도는 본딩 패드 표면으로부터 비교적 쉘로우 각도(예를 들어, 45 도 보다 작은) 및 일반적으로 x-z 평면 내의 방향 (웨지 결합의 풋 방위에 기반하여)에 제한된다. 로우 바(232)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(226)에 본딩 패드(218)의 근접 및 로우 바(232)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(226)의 음의 x 방향에서의 상대적 높이 때문에, PCB(234)의 전체 방향 내의 이 쉘로우 테이크 오프 각도는 마이크로전자 컴포넌트(226)와 충돌 없이는 가능하지 않을 수 있다. 더욱이, 웨지 결합의 풋은 너무 커서 본딩 패드(218)의 작은 사이즈에 수용될 수 없고/없거나 웨지 결합은 본딩 패드(218) 표면의 추가 프로세싱 없이는 나중의 전기적 연결들을 위해 사용 불가능한 본딩 패드(218)를 제공할 수 있다.

[0019] 그러나, 볼 본딩은 전형적으로 트레이스(244)에 충분하게 강한 결합을 창출하기 위해 본딩 패드(218)에 인가될 열을 필요로 한다. 많은 구현예들에서, 본딩 패드(218)의 온도는 충분하게 강한 결합을 형성하기 위해서 125 ℃를 초과할 것이다. 이 비교적 높은 온도는 접착제(238)를 용융되게 하거나 연화되도록 할 수 있고, 이것은 일반적으로 x 방향으로 로우 바(232)에 임의 전단력이 인가되면 그리고 인가될 때 특별히, 로우 바(232)를 캐리어(236)로부터 분리되게 하거나 느슨하게 할 수 있다. 추가하여, 랩핑 캐리어 어셈블리(200)을 열적 순환시키는 것은 접착제의 기계적인 특성들을 변경할 수 있고 어셈블리(200)에 추가 응력 및 스트레인을 유도할 수 있고, 이것은 어셈블리(200)를 변형시키고 랩핑 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

[0020] 어셈블리(200)를 열적으로 순환시킴 없이 볼 결합하기 위해서, 볼 본딩 툴(미도시)은 가열 본딩 패드(218) 가열 없이 트레이스(244)를 본딩 패드(218)에 결합하기 위해서 초음파 에너지(예를 들어, 120kHz) 및 가압력(예를 들어, 0.8mil 직경의 금 와이어를 사용할 때 0.2N)을 인가할 수 있다. 높은 초음파 주파수(예를 들어, 60kHz에 비하여 120kHz)를 활용하고 본딩 패드(218)를 세정하기 위해서 본딩 패드(218)를 적절하게 스크러빙(scrubbing)하는 것은 패드(218)에 트레이스(244)의 결합 동안에 에너지 전송 효율 및 원자간 움직임 증가시킬 수 있다. 결과적으로, 트레이스(244)는 본딩 패드(218)에 직접적으로 임의 열을 인가함이 없이 패드(218)에 결합될 수 있다. 다시 말해서, 트레이스(244)는 비교적 차가운 본딩 패드(218)에 결합될 수 있다(예를 들어, 주위 온도 또는 실온에서). 보다 구체적으로, 주위 온도는 약 15 내지 25 ℃ 범위에 이르는 것으로 본원에서 지칭된다. 다른 구현예들에서, 본 출원에서 설명되는 볼 본딩 프로세스는 18 내지 30 ℃에서 또는 15 내지 50 ℃에서 본딩 패드(218)와 성공적으로 수행될 수 있다. 예시 구현예에서, 트레이스(244)를 형성하기 위해 인가된 초음파 주파수는 대략 120kHz 이고 트레이스(244)는 주로 대략 0.7mil 직경을 갖는 금이다. 다른 구현예들에서, 트레이스(244)에 인가된 초음파 주파수는 60kHz 이상으로부터 200kHz 이하에 범위에 이른다.

[0021] 트레이스(244)의 반대 말단은 본딩 패드(242)에 스티치 결합된다. 다른 구현예들에서, 트레이스(244)는 본딩 패드(242)에 볼 결합되고 본딩 패드(218)에 스티치 결합된다.

[0022] 일 구현예에서, 트레이스(244) 직경은 금 합금 와이어의 약 1/1000 인치 직경보다 작다. 트레이스(244)는 컨택 패드(218) 표면 영역보다 상당히 작은 사이즈를 갖는 볼 결합(예를 들어, 단면적)을 산출하기 위해서 약 1/1000 인치 직경보다 작을 수 있다. 예를 들어, 0.7/1000 인치 트레이스는 60㎛×60㎛ 컨택 패드 위에 대략 33㎛ 직경의 볼 결합을 산출할 수 있다. 트레이스(244) 직경이 작아짐에 따라, 열 에너지 인가 없이 빠르게 트레이스(244)를 컨택 패드에 볼 결합하는 것은 점점 어려워진다.

[0023] 첫째, 볼 본딩에서 초음파 에너지의 전송은 본딩 툴의 고정된 초음파 에너지 (예를 들어, 120kHz) 및 트레이스(244)의 하나의 말단에서 빠르게 증가하는 볼과 관련된 공진 주파수사이의 차이 증가 때문에 트레이스(244) 직경이 감소됨에 따라 점점 비효율적이게 된다. 증가하는 공진 주파수는 $\frac{1}{\sqrt{m}}$ 에 비례하며, 여기서 m 은 트레이

스(244)의 말단에서의 볼의 질량을 나타낸다. 질량이 제로(0)에 접근함에 따라, 공진 주파수는 무한대에 접근한다. 둘째, 트레이스(244) 직경이 축소됨에 따라, 트레이스(244)는 파손에 영향을 받기 쉽고, 이것은 트레이스(244)를 점점 더 다루기 어렵게 그리고 파손에 영향을 받기 쉽게 한다. 심지어 0.5mil 직경의 금 와이어를 갖는 트레이스(244)는 대단히 부서지기 쉽게 되고 따라서 이런 작은 직경 와이어를 이용하여 일관된 볼 본딩을 수행하기가 대단히 어렵다. 결과적으로, 약 1mil 미만 (예를 들어, 0.7mil) 직경의 볼 본딩 트레이스(244)는 에너지 전송에서 훨씬 비효율적이고 따라서 1mil 내지 2mil 또는 그 초과 직경의 트레이스 볼 본딩 보다 훨씬 더 어렵게 된다.

[0024] 더욱이, 위에서 논의된 바와 같이, 트레이스(244) 볼 결합에 사용되는 초음파 에너지는 볼 및 패드(218)로 에너지 전송을 최대화하기 위해서 수락할만한 허용 오차 내에서 트레이스(244) 볼의 공진 주파수와 일치되어야 한다. 트레이스(244)에 초음파 에너지를 인가하는 것은 공진 주파수가 증가함에 따라 점점 더 어렵게 된다. 일 예시 구현예에서, 트레이스(244) 공진 주파수는 200 kHz 초음파 본딩 주파수가 효율적으로 작용하도록 제한되어 본딩 패드(218)에 열 에너지 직접적인 추가 없이 볼 결합을 창출한다. 다른 구현예들에서, 120kHz 초음파 본딩 주파수가 효율적으로 작용하여 트레이스 가열없이 0.7mil 직경 트레이스를 볼 결합한다. 다른 초음파 본딩 주파수들이 본원에서 고려된다.

[0025] 도 3은 인쇄 회로 기판(334) 위의 대응하는 쌍의 본딩 패드들(342, 343)에 볼 결합된 한 쌍의 본딩 패드들(318, 319)를 갖는 로우 바(332) 내 슬라이더(324)를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리(300)의 평면도를 예시한다. 로우 바(332)는 슬라이더들(예를 들어, 슬라이더(324))의 로우를 포함하고, 그것들 각각은 스토리지 드라이브 어셈블리(예를 들어, 도 1의 디스크 드라이브 어셈블리(100)) 또는 다른 전자 디바이스 내에 포함될 수 있다. 다른 구현예들에서, 로우 바(332)는 슬라이더들 외에 마이크로전자 디바이스들의 로우를 포함한다.

[0026] ABS 패터닝 후에, 개별 슬라이더들은 다이싱 레인들(예를 들어, 다이싱 레인(348))를 이용하여 로우 바(332)를 다이싱 함으로써 분리될 수 있다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수들의 개별 슬라이더들을 포함할 수 있지만, 도시된 로우 바(332)는 여섯개의 개별 슬라이더들을 포함한다. 일 예시 구현예에서, 로우 바는 62 개별 기능적인 슬라이더들 및 로우 바의 각 말단에 두 개의 비-기능적인(또는 "더미(dummy)") 슬라이더들을 포함한다. 슬라이더(324)는 도 3을 참고로 하여 특이성을 논의하였지만, 임의 하나 이상의 다른 도시된 슬라이더들이 유사한 방식에서 사용될 수 있다.

[0027] 로우 바(332)는 접착제(338)를 이용하여 캐리어(336)에 분리 가능하게 결합된다. 슬라이더(324)는 로우 바(332)로부터 돌출한 (음의 x 방향으로) 마이크로전자 컴포넌트(326)를 포함한다. 일 구현예에서, 마이크로전자 컴포넌트(326)는 열 보조 자기 기록(HAMR) 디바이스 내에서 사용을 위한 레이저이다. 슬라이더(324)는 본딩 패드들(예를 들어, 본딩 패드들(318, 319))를 추가로 포함하고, 그것들 각각은 슬라이더(324) 내에 내장된 평판형 센서(미도시)에 전기적 연결을 제공할 수 있다. 비록 다른 구현예들이 변화되는 기능성을 갖는 보다 많거나 작은 수들의 본딩 패드들을 가질 수 있지만 여기 슬라이더(324)는 랩핑 프로세스의 실시간 원위치 모니터링 및 제어를 위한 두 개의 본딩 패드들로 도시된다.

[0028] PCB(334)는 PCB 본딩 패드들(예를 들어, PCB 본딩 패드들(342, 343))를 포함하고, 그것들 각각은 PCB(334)에 (예를 들어, PCB(334)에 전기적으로 연결되거나 또는 PCB 상의 랩핑 제어 유닛(미도시)에) 전기적 연결을 제공한다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수들의 PCB 본딩 패드들을 가질 수 있지만 여기 PCB(334)는 12 PCB 본딩 패드들로 도시된다. PCB(334)는 전기 트레이스들 또는 와이어들을 통하여 슬라이더(324)에 연결된다. 예를 들어, 본딩 패드(318)는 전기 트레이스(344)를 통하여 PCB 본딩 패드(342)에 연결되고 본딩 패드(319)는 전기 트레이스(345)를 통하여 PCB 본딩 패드(343)에 연결된다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수들의 전기 트레이스들을 가질 수 있지만 여기 두 개의 전기의 트레이스들이 도시된다. PCB(334)는 로우 바(332)에 대하여 편리한 임의 위치 및 방위에 마운트될 수 있다.

[0029] 슬라이더(324)는 안에 내장된 (점선들에 의해 도시된) 평판형 센서(340)를 추가로 포함한다. 평판형 센서(340)는 슬라이더(324) 위의 본딩 패드들(318, 319)에 전기적으로 연결한다. 평판형 센서(340)의 단면적은 평판형 센서(340)의 저항 값에 비례하여 관련된다. 슬라이더(324)가 평탄화될 때(예를 들어, 랩핑 및/또는 화학적-기계적인 연마(CMP:chemical-mechanical polishing)를 이용하여), 평판형 센서의 저항 값이 증가함에 따라 평판형 센서(340)의 단면적은 감소한다. 평판형 센서(340)의 저항 값은 슬라이더(324)의 랩핑 표면에서의 물질 제거 양에 상관된다. 결과적으로, 슬라이더(324) 표면은 측정된 평판형 센서(340)의 저항 값을 이용하여 정밀하게 평탄화될 수 있다.

[0030] 이 구현예에서, 트레이스들(344, 345)은 각각 본딩 패드들(318, 319)에 볼 겹합된다(예를 들어, 볼 결합(316)을

보면). 볼 결합은 몇몇 이유들 때문에 웨지 결합 대신에 사용된다. 하나는, 웨지 결합의 테이크 오프 각도는 본딩 패드 표면으로부터 비교적 쉘로우 각도(예를 들어, 45 도 보다 작은) 및 일반적으로 x-z 평면 내의 방향 (웨지 결합의 풋 방위에 기반하여)으로 제한된다. 로우 바(332)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(326)에 본딩 패드(318, 319)의 가까운 근접 및 로우 바(332)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(326)의 음의 x 방향에서의 상대적 높이 때문에, PCB(334)의 전체 방향 내의 이 쉘로우 테이크 오프 각도는 마이크로전자 컴포넌트(326)와 충돌 없이는 가능하지 않을 수 있다. 더욱이, 웨지 결합의 풋은 너무 커서 본딩 패드(318)의 작은 사이즈에 수용될 수 없고/없거나 웨지 결합은 본딩 패드(318) 표면의 추가 프로세싱 없이는 나중의 전기적 연결들을 위해 사용 불가능한 본딩 패드(318)를 제공할 수 있다.

[0031] 그러나, 볼 본딩은 전형적으로 트레이스(344)에 충분하게 강한 결합을 창출하기 위해 본딩 패드(318)에 인가될 열을 필요로 한다. 많은 구현예들에서, 슬라이더(324)의 온도는 충분하게 강한 결합을 창출하기 위해서 125 ℃를 초과할 것이다. 이 높은 온도는 접착제(338)를 용융되게 하거나 연화되도록 할 수 있고, 이것은 일반적으로 x 방향으로 로우 바(332)의 다른 컴포넌트 또는 본딩 패드(318)에 임의 전단력이 인가되면 그리고 인가될 때 특별히, 로우 바(332)를 캐리어(336)로부터 분리되게 하거나 느슨하게 할 수 있다. 추가하여, 어셈블리(300)를 열적으로 순환시키는 것은 접착제의 기계적인 특성들을 변경할 수 있고 어셈블리(300)에 추가 응력 및 스트레인을 유도할 수 있고, 이것은 어셈블리(300)를 변형시킬 수 있고 랩핑 성능 및/또는 로우 바(332)에 대한 출력 사양들에 부정적으로 영향을 미칠 수 있다.

[0032] 어셈블리(300)을 열적으로 순환시킴 없이 볼 결합하기 위해서, 볼 본딩 툴(미도시)은 트레이스들(344, 345)을 각각 본딩 패드들(318, 319)에 결합하기 위해 본딩 패드 표면들의 적절한 스크러빙과 비교적 고 주파수 초음파 에너지 및 가압력을 인가할 수 있다. 비교적 고 주파수 초음파 신호는 초음파 주파수 및 볼 결합의 공진 주파수 사이의 에너지 갭을 감소시키고, 그렇게 함으로써 패드들(318, 319)에 트레이스들(344, 345)의 본딩 동안에 초음파 에너지 전송의 효율을 증강시킨다. 결과적으로, 트레이스들(344, 345)은 본딩 패드들(318, 319)에 직접적으로 임의 열 에너지를 인가함이 없이 패드들(318, 319)에 결합될 수 있고 동시에 본딩 패드들(318, 319)은 본딩 패드들(318, 319)에 직접적으로 인가된 열 에너지 없이 일반적으로 실온에서 유지된다.

[0033] 각각의 트레이스들(344, 345)의 반대 말단은 본딩 패드들(342, 343)에서 PCB(334)에 스티치 결합된다. 다른 구현예들에서, 트레이스들(344, 345)은 본딩 패드들(342, 343)에 볼 결합되고 본딩 패드들(318, 319)에 스티치 결합된다.

[0034] 도 4는 슬라이더 로우 바(432) 내에 내장된 평판형 센서(440)와 동일 평면에 랩핑된 슬라이더 로우 바(432)의 에어 베어링 표면(430)을 갖는 인쇄 회로 기판(434)에 볼 결합된 슬라이더 로우 바(432)를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리(400)의 측면도를 예시한다. 평판형 어셈블리(400)는 로우 바(432)의 정밀하게 평탄화되고 아주 매끄러운 에어 베어링 표면(430)을 획득하기 위해서 슬라이더 로우 바(432)를 정밀하게 랩핑하는데 사용된다. 로우 바(432)는 예를 들어 스토리지 드라이브 어셈블리(예를 들어, 도 1의 디스크 드라이브 어셈블리(100))내 산입용 슬라이더들(예를 들어, 도 1의 슬라이더(124))를 포함한다. 다른 구현예들에서, 로우 바(432)는 슬라이더들 외에 마이크로전자 디바이스들의 로우를 포함한다.

[0035] 로우 바(432)는 접착제(438)를 이용하여 캐리어(436)에 분리 가능하게 결합된다. 로우 바(432)는 로우 바(432)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트들(예를 들어, 마이크로전자 컴포넌트(426))를 포함한다. 일 구현예에서, 마이크로전자 컴포넌트(426)는 열 보조 자기 기록(HAMR) 디바이스 내의 레이저이다. 로우 바(432)는 본딩 패드들(예를 들어, 본딩 패드(418))를 추가로 포함하고, 이것은 로우 바(432)에 (예를 들어, 구체적으로 평판형 센서(440)에) 전기적 연결들을 제공한다.

[0036] 로우 바(432)는 (점선들에 의해 도시된)안에 내장된 평판형 센서들(예를 들어, 평판형 센서(440))를 추가로 포함한다. 각각의 평판형 센서들은 한 쌍의 본딩 패드들에 전기적으로 연결된다. 예를 들어, 평판형 센서(440)는 본딩 패드(418) 및 y 방향으로 본딩 패드(418) (미도시)에 인접한 두 번째 본딩 패드에 전기적으로 연결된다. 평판형 센서(440)의 단면적(예를 들어, x-z 평면에서)은 평판형 센서(440)의 저항 값을 정의한다. 에어 베어링 표면(430) (ABS)가 (예를 들어, 기계적인 및/또는 화학적-기계적인 연마(CMP))를 이용하여 평탄화될 때, 평판형 센서(440)의 x-z 평면 영역은 감소하고 그것의 저항 값은 증가한다(도 4의 평판형 센서(440)에 비교된 도 2의 평판형 센서(240)를 보면). 평판형 센서(440)의 저항 값은 에어 베어링 표면(430)에서의 평탄화의 양을 표시하는 측정 가능한 양이다. 결과적으로, 에어 베어링 표면(430)은 측정된 평판형 센서(440)의 저항 값 및 랩핑 캐리어(436)내 빌트 인 액추에이터들을 이용하여 정밀하게 평탄화될 수 있다.

[0037] PCB(434)는 PCB 본딩 패드들(예를 들어, PCB 본딩 패드(442))를 포함하고, 이것은 PCB(434) (예를 들어, 랩핑

제어 유닛(미도시)에) 전기적 연결들을 제공한다. PCB(434)는 본딩 패드들에 연결하는 전기 트레이스들 또는 와이어들(예를 들어, 전기 트레이스(444))을 통하여 로우 바(432)에 연결된다. 예를 들어, 전기 트레이스(444)는 본딩 패드들(418, 442)에 연결한다. PCB(434)는 로우 바(432)에 대하여 편리한 임의 위치 및 방위에 마운트될 수 있다. 이 구현예에서, 트레이스(444)는 본딩 패드(418) (볼 결합(416)으로 도시된)에 볼 결합되고 본딩 패드(442)에 스티치 결합된다(스티치 결합(446)으로 도시된). 다른 구현예들에서, 트레이스(444)는 본딩 패드(442)에 볼 결합되고 본딩 패드(418)에 스티치 결합된다.

[0038] 도 5는 슬라이더에 부착된 볼 결합 잔여물(516)를 갖는 예시 슬라이더(524)의 측면도를 예시한다. 슬라이더(524)는 음의 x 방향으로 슬라이더(524)로부터 돌출한 마이크로전자 컴포넌트(526)를 포함한다. 일 구현예에서, 마이크로전자 컴포넌트(526)는 레이저-인-슬라이더(LIS:laser-in-slider) 열 보조 자기 기록(HAMR:heat assisted magnetic recording) 기술용 레이저이다. 슬라이더(524)는 본딩 패드(518)를 추가로 포함하고, 이것은 슬라이더(524) 내에 내장된 평판형 센서(540) 및 슬라이더(524)에 전기적 연결을 제공한다.

[0039] 슬라이더 로우 바(미도시, 도면들 2, 3, 및 4 의 로우 바(232, 332, 432), 각각을 보면)의 에어 베어링 표면(530)이 적절하게 랩핑된 후에, 인쇄 회로 기판(미도시, 도면들 2, 3, 및 4의 PCB(234, 334, 444), 각각을 보면) 및 슬라이더 로우 바로부터 PCB로 대응하는 트레이스(들) (미도시, 도면들 2, 3, 및 4의 트레이스(244, 344, 444), 각각을 보면)가 제거된다. 더욱이, ABS 패터닝 동작들 후에, 슬라이더 로우 바는 개별 슬라이더들(예를 들어, 슬라이더(524))로 다이스 되고, 예를 들어 스토리지 드라이브 어셈블리(예를 들어, 도 1의 디스크 드라이브 어셈블리(100)) 내 슬라이더들로 사용된다.

[0040] 도 6 는 인쇄 회로 기판(634)에 볼 결합된 예시 슬라이더 로우 바(632)를 포함하는 예시 랩핑 캐리어 어셈블리(600)의 사시도를 예시한다. 로우 바(632)는 슬라이더들(예를 들어, 슬라이더(624))의 로우를 포함하고, 그것들 각각은 스토리지 드라이브 어셈블리(예를 들어, 도 1의 디스크 드라이브 어셈블리(100)) 또는 다른 전자 디바이스 내에 포함될 수 있다. 다른 구현예들에서, 로우 바(632)는 슬라이더들 외에 마이크로전자 디바이스들의 로우를 포함한다. ABS가 완전히 패턴된 후에, 개별 슬라이더들은 다이싱 레인들(예를 들어, 다이싱 레인(648))를 이용하여 로우 바(632)를 자름으로써 분리될 수 있다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수들의 개별 슬라이더들을 가질 수 있지만 여기 로우 바(632)는 다이싱 레인들을 이용하여 네개의 개별 슬라이더들로 분리될 수 있다. 슬라이더(624)는 도 6을 참고로 하여 특이성을 논의하였지만, 임의 하나 이상의 다른 도시된 슬라이더들이 유사한 방식에서 사용될 수 있다.

[0041] 로우 바(632)는 접착제(638)를 이용하여 캐리어(636)에 분리 가능하게 결합된다. 슬라이더(624)는 로우 바(632)로부터 돌출한 (음의 x 방향으로) 마이크로전자 컴포넌트(626)를 포함한다. 일 구현예에서, 마이크로전자 컴포넌트(626)는 레이저-인-슬라이더(LIS:laser-in-slider) 열 보조 자기 기록(HAMR) 디바이스용 레이저이다. 슬라이더(624)는 본딩 패드들(예를 들어, 본딩 패드(618))를 추가로 포함한다. 여기, 슬라이더(624)는 여섯 개의 본딩 패드들을 가진 것으로 도시되고, 그것 중 네개는 슬라이더(624) 내 평판형 센서들(640, 641)에 전기적 연결들을 제공한다. 다른 구현예들은 보다 많거나 작은 본딩 패드들을 가질 수 있고, 그것 중 임의 개수는 슬라이더(624)에 전기적으로 연결한다. 평판형 센서들(640, 641)이 (예를 들어, 리더기 평판형 센서(640) 및 기록기 평판형 센서(641)) 슬라이더(624) 내에 내장된다. 각각의 평판형 센서들(640, 641)은 적어도 두 개의 본딩 패드들에 전기적으로 연결되고 로우 바(632)위의 평탄화 동작들을 모니터 하는데 사용될 수 있다(위에서 상세하게 설명된 바와 같이).

[0042] PCB(634)는 PCB 본딩 패드들(예를 들어, PCB 본딩 패드(642))를 포함하고, 그것들 각각은 PCB(634)에 (예를 들어, 랩핑 제어 유닛(미도시)에) 전기적 연결들을 제공한다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수들의 PCB 본딩 패드들을 활용할 수 있지만 여기 PCB(634)는 네 개의 PCB 본딩 패드들로 도시된다. PCB(634)는 본딩 패드들(618, 642)에 연결하는 전기 트레이스들 또는 와이어들(예를 들어, 전기 트레이스(644))을 통하여 슬라이더(624)에 연결된다. 비록 다른 구현예들이 보다 많거나 작은 수의 트레이스들을 활용할 수 있지만 여기 네개의 전기 트레이스들이 도시된다. PCB(634)는 로우 바(632)에 대하여 편리한 임의 위치 및 방위에 마운트될 수 있다.

[0043] 이 구현예에서, 트레이스들은 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들에 볼 결합된다(볼 결합(616)에 의해 도시된). 볼 결합은 몇몇 이유들 때문에 웨지 결합 대신에 사용된다. 하나는, 웨지 결합의 테이크 오프 각도는 본딩 패드 표면으로부터 비교적 쉘로우 각도(예를 들어, 45 도 보다 작은) 및 일반적으로 x-z 평면 내의 방향 (웨지 결합의 풋 방위에 기반하여)으로 제한된다. 더욱이, 웨지 결합의 풋은 너무 커서 슬라이더(624)의 본딩 패드의 작은 사이즈에 수용될 수 없고/없거나 웨지 결합은 본딩 패드 표면들의 추가 프로세싱 없이는 나중의 전기적 연결들을

위해 사용 불가능한 슬라이더(624) 본딩 패드들을 제공할 수 있다.

[0044] 볼 본딩은 전형적으로 트레이스들에 충분하게 강한 결합을 창출하기 위해서 본딩 패드들에 인가되는 열을 필요로 한다. 많은 구현예들에서, 슬라이더(624)의 온도는 충분하게 강한 결합을 창출하기 위해서 125 ℃를 초과할 것이다. 높은 온도는 접착제(638)를 용융되게 하거나 연화되도록 할 수 있고, 이것은 일반적으로 x 방향으로 로우 바(632)의 다른 컴포넌트 또는 본딩 패드(618)에 임의 전단력이 인가되면 그리고 인가될 때 특별히, 로우 바(632)를 캐리어(636)로부터 분리되게 하거나 느슨하게 할 위험이 있다. 추가하여, 어셈블리(600)을 열적으로 순환시키는 것은 접착제의 기계적인 특성들을 변경할 수 있고 어셈블리(600)에 추가 응력 및 스트레인을 유도할 수 있고, 이것은 어셈블리(600)를 변형시키고 랩핑 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

[0045] 어셈블리(600)를 열적으로 순환시킴 없이 볼 결합하기 위해서, 볼 본딩 툴(미도시)은 트레이스들을 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들에 결합하기 위해서 본딩 패드 표면들을 세정하기 위한 본딩 패드 표면들의 적절한 스크러빙과 비교적 고 주파수 초음파 에너지 및 가압력을 인가할 수 있다. 비교적 고 주파수 초음파 신호는 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들에 트레이스들의 본딩 동안에 초음파 에너지 전송의 효율을 증강시킨다. 결과적으로, 본딩 패드들이 일반적으로 실온에 있으면서 트레이스들은 본딩 패드들에 직접적인 가열(예를 들어, 열 에너지를 인가하는 것) 없이 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들에 결합될 수 있다.

[0046] 각각의 네개의 도시된 트레이스들의 반대 말단은 PCB(634) 위의 본딩 패드들에 스티치 결합된다(스티치 결합(646)에 의해 도시된 바와 같이). 다른 구현예들에서, 트레이스들은 PCB(634) 위의 본딩 패드들(642)에 볼 결합되고 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들에 스티치 결합된다.

[0047] 네개의 도시된 트레이스들의 가까운 접근 때문에, 볼 결합들은 트레이스들을 서로 접촉 없이 PCB(634)로 연장하도록 허용하는 슬라이더(624) 위의 본딩 패드들로부터 고유한 테이크 오프 각도를 각각 활용할 수 있다. 가요성 및 고유 테이크 오프 각도들은 트레이스들을 슬라이더(624) 및 PCB(634) 위에 사실상 임의 물리적 배열을 가지면서 본딩 패드들 사이를 연장하는 것을 허용한다.

[0048] 도 7은 슬라이더 로우 바 위의 컨택 패드들 가열 없이 PCB 위의 컨택 패드들과 슬라이더 로우 바 위의 컨택 패드들 사이에 와이어 상호 접속들을 형성하기 위해 볼 본딩을 이용하는 예시 동작들(700)을 예시한다. 볼 본딩은 마이크로전자 디바이스 제조의 일부로서 전기적 상호 접속들을 만드는데 사용될 수 있는 와이어 본딩의 일 유형이다. 배치 동작(705)은 볼 본딩 기계 내에 인쇄 회로 기판 및 슬라이더 로우 바를 포함하는 캐리어를 배치한다. 로우 바는 슬라이더들의 로우를 포함하고, 그것들 각각은 판독 및/또는 기입 헤드들을 가지며 스토리지 드라이브 어셈블리 또는 다른 전자 디바이스 내에 포함될 수 있다. 로우 바는 로우 바(예를 들어, 로우 바 내의 평판형 센서들에)에 전기적 연결들을 제공하기 위한 컨택 패드들(예를 들어, 전자 랩핑가이드(ELG) 패드들)을 포함할 수 있다. 로우 바는 지지 및 이송을 위해 접착제를 이용하여 캐리어에 분리 가능하게 결합된다.

[0049] 결정 동작(710)은 남아있는 볼 결합될 비 결선된 컨택 패드들이 있는지를 결정한다. 만약 그렇다면, 형성 동작(715)은 슬라이더 로우 바 위의 컨택 패드에 결합될 와이어의 하나의 말단에 볼을 형성한다. 형성 동작(715)은 EFO(electric flame off) 기술을 이용하여 발생할 수 있다. 예를 들어, 와이어는 본딩 기계의 캐필러리(capillary)로 불리우는 바늘 형 일회용 툴을 통하여 공급된다. 고전압 전기 아크가 와이어 팁 근처에 인가되고, 그것이 캐필러리의 팁에서 와이어를 용융시킨다. 와이어의 팁은 용해된 금속의 표면 장력 때문에 볼로 형성된다. 전기 아크가 인가된 후에, 와이어 끝단에서 용해된 볼은 빠르게 응고된다.

[0050] 본딩 동작(720)은 컨택 패드에 볼을 결합한다. 일 구현예에서, 캐필러리는 본딩 패드의 표면에 컨택하도록 더 낮아진다. 본딩 기계는 볼 및 본딩 패드 사이의 결합을 창출하는 초음파 에너지 및 하향 힘을 인가한다. 일부 구현예들에서, 본딩 패드는 본딩 동작(720) 전에 플라즈마 세정될 수 있다. 다른 구현예들에서, 본딩 패드는 플라즈마 세정되지 않는다. 본딩 동작(725)은 와이어의 반대 말단을 인쇄 회로 기판에 (예를 들어, 스티치 결합 또는 다른 이용 가능한 본딩 기술들을 이용하여) 결합한다.

[0051] 동작들(710, 715, 720, 725)은 볼 결합될 비 결선된 컨택 패드들이 남지 않을 때까지 반복된다. 다른 구현예에서, 본딩 동작(725)은 동작들(710, 715, 720)이 완성된 후에 수행된다.

[0052] 평탄화 동작(730)은 슬라이더 로우 바의 에어 베어링 표면을 평탄화한다. 일 구현예에서, 인쇄 회로 기판은 로우 바내 평판형 센서들 및 랩핑 제어 유닛을 연결하는데 사용되며, 이것이 표면 랩핑에 기인한 평판형 센서들의 저항 변화를 감지한다. 랩핑 제어 유닛은 슬라이더 로우 바의 후면으로부터 희망하는 압력의 양을 가하기 위해 이 정보를 랩핑 캐리어내 빌트 인 액추에이터들을 제어하는데 사용한다. 예를 들어, 하나 이상의 평판형 센서들

은 로우 바 내에 내장될 수 있고 적어도 두 개의 본딩 패드들에 전기적으로 연결된다. 평판형 센서들의 저항 값은 로우 바에 적용된 평탄화의 양에 따라 변화한다. 일 구현예에서, 고정된 전류 또는 전압(즉, 여기 신호)가 한 쌍의 컨택 패드들에 인가되고 전압 또는 전류(즉, 전기 응답)에서 상응하는 변화는 슬라이더 로우 바에 적용된 평탄화의 양 또는 소정의 물질 제거의 양에 상당하는 저항 변화를 나타낸다. 이 데이터는 희망하는 평탄화 양을 달성하기 위해서 평탄화 동작(730)으로 다시 제공될 수 있다. 이런 식으로, 슬라이더 로우 바는 정밀하게 평탄화될 수 있다.

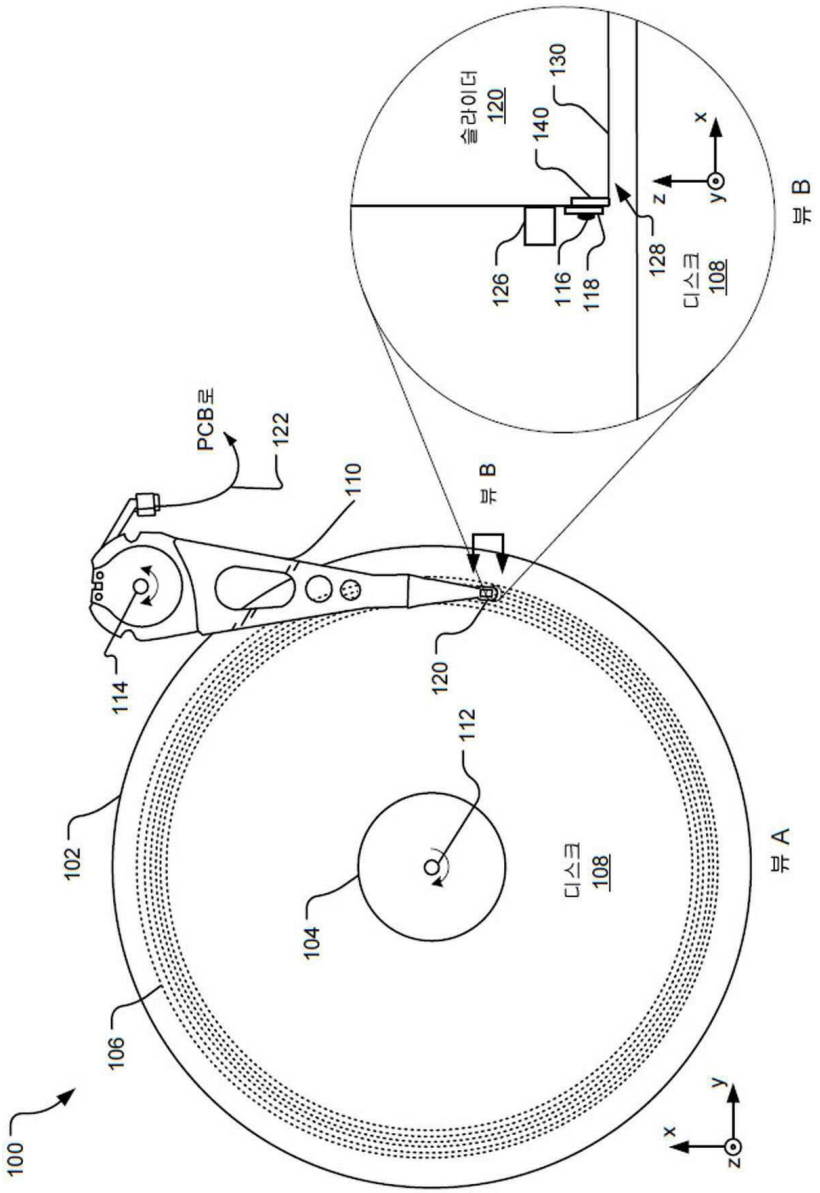
[0053] 일단 슬라이더 로우 바가 적절하게 평탄화된 후에, 제거 동작(735)은 슬라이더 로우 바 및 PCB 사이에서 움직이는 볼 결합된 와이어들을 끊고 제거한다. 일 구현예에서, 제거 동작(735)은 슬라이더 로우 바 위의 컨택들 패드들 및 인쇄 회로 기판 사이에서 상호 연결하는 와이어들을 끊기 위해서 펄스 에어 젯(pulse air jet)를 인가함으로써 성취된다. 다른 구현예들에서, 와이어들은 슬라이더 로우 바에서 기계적으로 깍아진다. 볼 결합 잔여물들은 볼 결합된 와이어들이 제거된 후에 컨택 패드들의 일부 또는 전부 상에 잔존할 수 있다. 지속 동작(740)은 완전하게 패턴화된 로우 바를 개별 슬라이더들 또는 다른 마이크로전자 컴포넌트들로 다이싱 및 ABS의 패터닝을 위해 슬라이더 로우 바의 프로세싱을 지속한다. 일 구현예에서, 추가의 프로세스들 단계들이 슬라이더 로우 바에 희망하는 특성들을 부여하기 위해 수행되고 이어서 슬라이더 로우 바는 전자 스토리지 디바이스 또는 다른 전자 디바이스 내에서의 사용을 위해 개별 슬라이더들로 분리된다. 일 구현예에서, 로우 바를 개별 슬라이더들로 다이싱하기 위해 사용되는 다이싱 레인들은 로우 바 위의 인접한 슬라이더들 사이에 제공된다. 더욱이, 로우 바는 랩핑 캐리어로부터 제거되고 개별 슬라이더들로 다이싱 되기 전에 다이싱 캐리어 위에 놓여진다.

[0054] 본 출원에서 설명된 본 발명의 실시예들을 구성하는 로직상 동작들은 동작들, 단계들, 오브젝트들, 또는 모듈들로서 다양하게 언급된다. 더욱이, 만약 명백하게 청구된 다른 방식 또는 특정 순서가 청구 언어에 의해 본질적으로 필요로 되지 않는다면 로직상 동작들은 원하는 동작들을 임의의 순서로, 추가 및/또는 제거하여 수행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

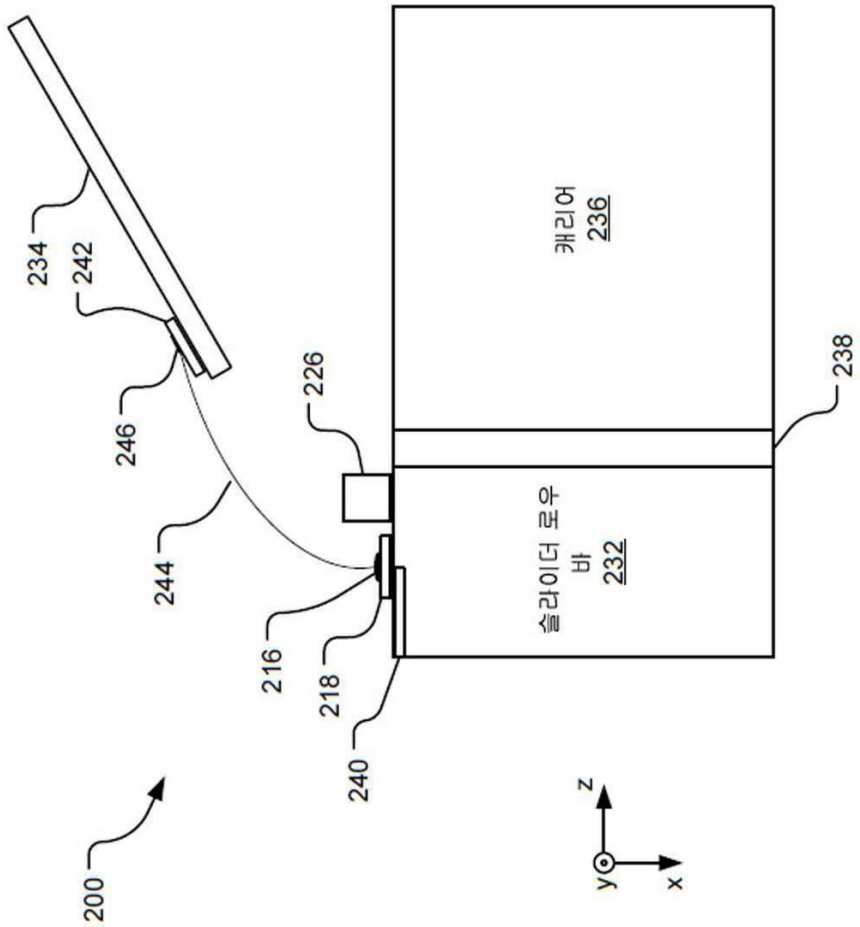
[0055] 상기의 명세서, 실시예들, 및 데이터는 본 발명의 예시적인 실시예들의 구조 및 활용의 완벽한 설명을 제공한다. 많은 본 발명의 실시예들은 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있기 때문에, 본 발명은 이하에 첨부된 청구항들에 존재한다. 더욱이, 상이한 실시예들의 구조상의 특징부들은 나열된 청구항들로부터 벗어나지 않고 또 다른 실시예들에 결합될 수 있다.

도면

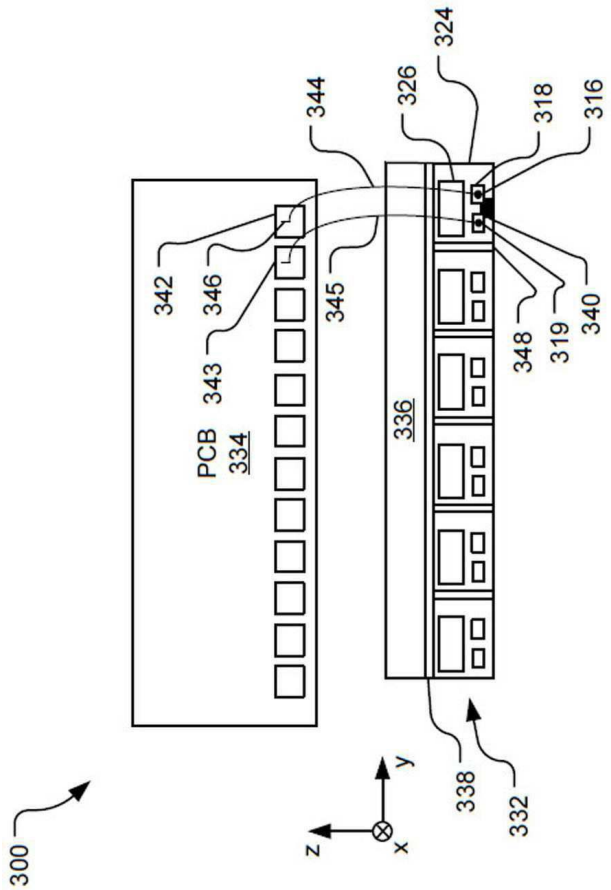
도면1


슬라이더
120
130
140
126
116
118
128
디스크
108
뷰 B
PCB로
122
110
뷰 B
114
120
112
102
104
디스크
108
뷰 A
106
100
y
x
z
x
y
z

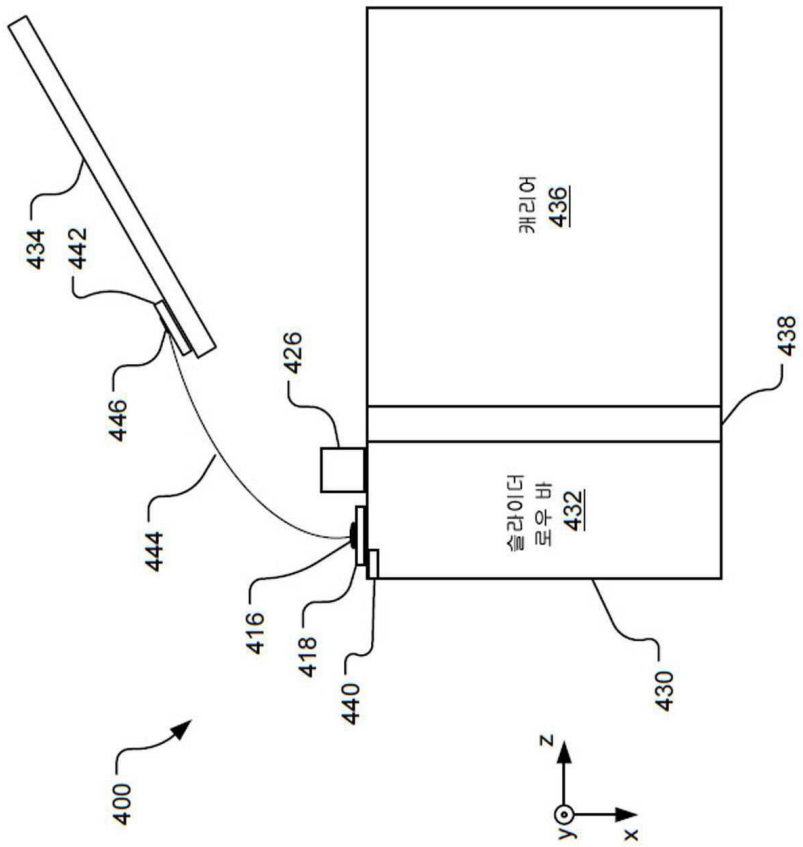
도면2



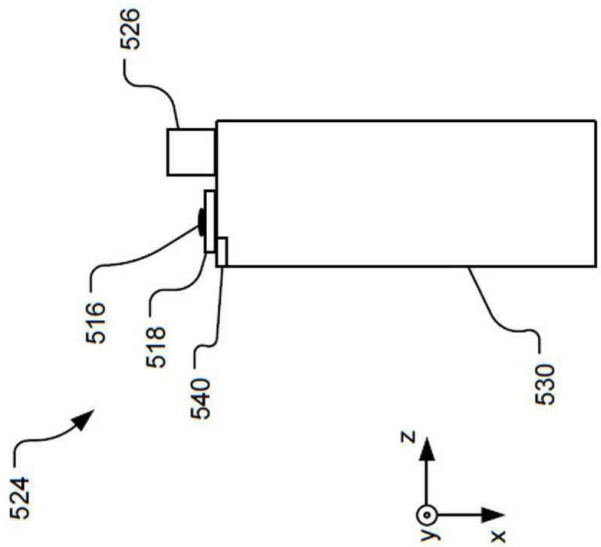
도면3


300
PCB
334
342
343
346
344
345
326
324
318
316
336
348
319
340
338
332
y
z
x

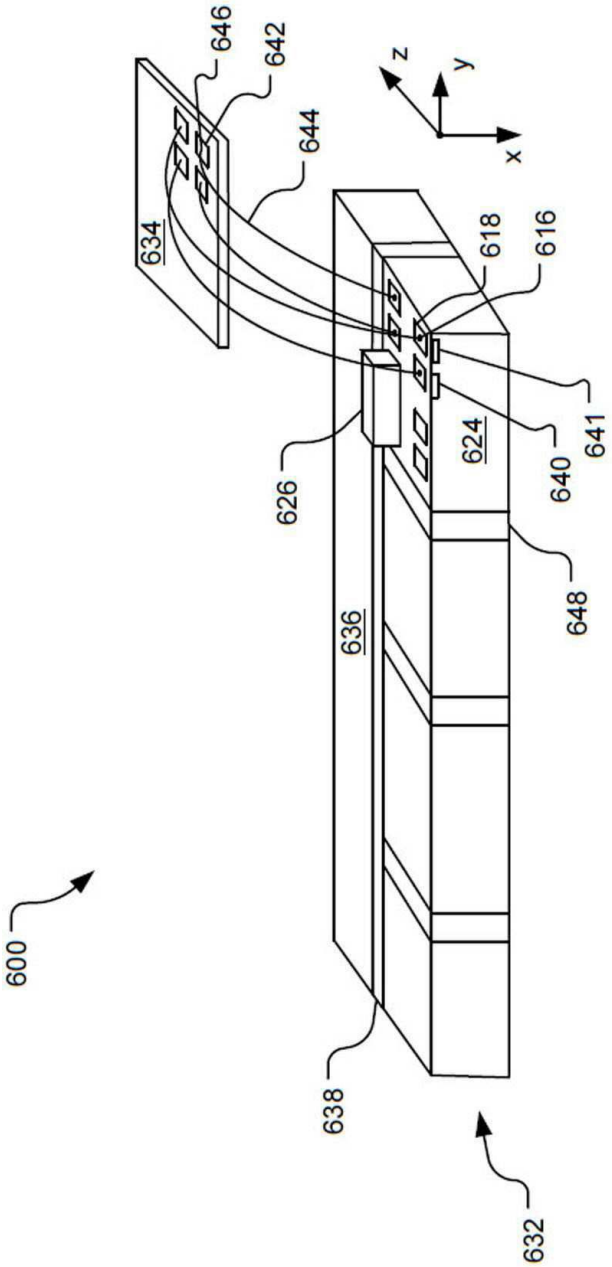
도면4


434
442
446
444
426
캐리어
436
438
슬라이더
로우 바
432
416
418
440
430
400
z
y
x

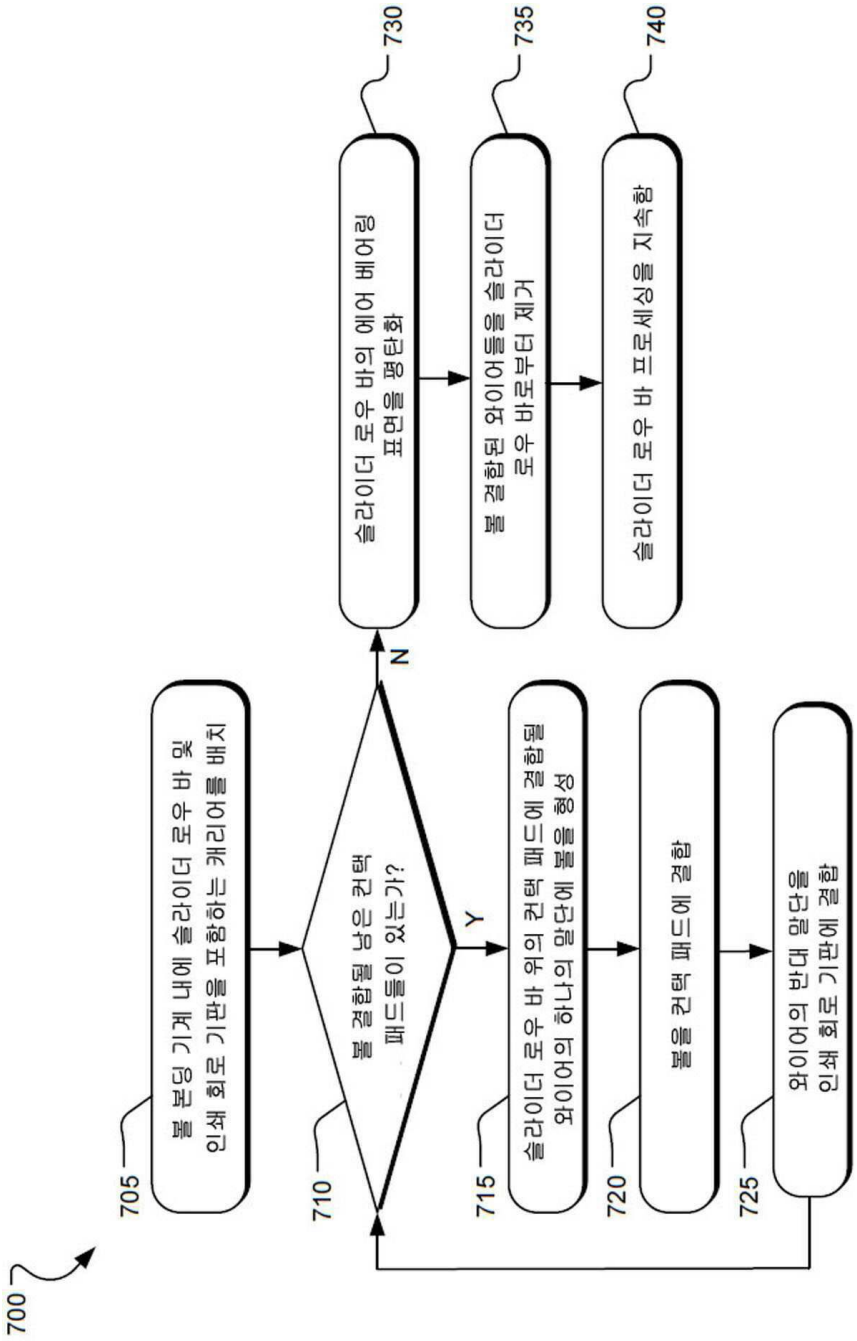
도면5


526
516
518
540
530
524
z
y
x

도면6



도면7


700
705
볼 본딩 기계 내에 슬라이더 로우 바 및 인쇄 회로 기판을 포함하는 캐리어를 배치
710
볼 결합될 남은 컨택 패드들이 있는가?
Y
N
715
슬라이더 로우 바 위의 컨택 패드에 결합될 와이어의 하나의 말단에 볼을 형성
720
볼을 컨택 패드에 결합
725
와이어의 반대 말단을 인쇄 회로 기판에 결합
730
슬라이더 로우 바의 에어 베어링 표면을 평탄화
735
볼 결합된 와이어들을 슬라이더 로우 바로부터 제거
740
슬라이더 로우 바 프로세싱을 지속함