



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월15일
(11) 등록번호 10-2579103
(24) 등록일자 2023년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 23/00 (2006.01) C22C 5/06 (2006.01)
C23C 28/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 24/43 (2013.01)
B23K 20/007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7012539
(22) 출원일자(국제) 2018년12월12일
심사청구일자 2021년04월26일
(85) 번역문제출일자 2021년04월26일
(65) 공개번호 10-2021-0065165
(43) 공개일자 2021년06월03일
(86) 국제출원번호 PCT/SG2018/050609
(87) 국제공개번호 WO 2020/122809
국제공개일자 2020년06월18일
(56) 선행기술조사문헌
JP05047825 A*
KR1020140138967 A*
KR1020180083406 A*
WO2013129253 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
헤라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디
싱가포르, 싱가포르 569871 수트 07-01 테크플레이스 투
이스 투 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5014
(72) 발명자
푼 예안 미
싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투
#04-07 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5002 헤라우스
매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내
사란가파니 무랄리
싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투
#04-07 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5002 헤라우스
매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 전자 부품의 콘택트 표면을 전기적으로 연결하는 방법

(57) 요약

본 발명은, 제1 전자 부품의 콘택트 표면을 제2 전자 부품의 콘택트 표면과 전기적으로 연결하는 방법으로서, (1) 평균 직경이 8 내지 80 μm인 원형 단면을 갖는 와이어를 상기 제1 전자 부품의 콘택트 표면에 모세관 웨지 본딩하는 단계; (2) 모세관 웨지 본딩된 와이어를 들어올려 단계 (1)에서 형성된 모세관 웨지 본드와 제2 전자 부품의 콘택트 표면 사이에 와이어 루프를 형성하는 단계; 및 (3) 와이어를 제2 전자 부품의 콘택트 표면에 스티치 본딩하는 단계를 포함하고, 상기 와이어는 표면을 갖는 와이어 코어를 포함하며, 와이어 코어는 그 표면에 중첩된 이중 층 코팅을 갖고, 와이어 코어 자체는 순은, 은 함량이 99.5 wt% 초과인 도핑된 은 및 은 함량이 89 wt% 이상인 은 합금으로 이루어지는 그룹에서 선택된 재료로 구성되며, 상기 이중 층 코팅은 1 내지 50 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성되는 것인 방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

- B23K 20/233* (2013.01)
- B23K 20/24* (2013.01)
- B23K 35/30* (2013.01)
- C22C 5/06* (2013.01)
- C23C 28/02* (2013.01)
- C23C 28/023* (2013.01)
- H01L 24/45* (2013.01)
- H01L 24/78* (2013.01)
- B23K 2101/42* (2018.08)

(72) 발명자

장 시

싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투 #07-01 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5014 헤라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내

강 일태

인천광역시 남구 독배로 183 헤라우스 오리엔탈 하 이텍 주식회사 내

바야라스 아비토 다닐라

싱가포르, 싱가포르 628558 웨스트 파크 비즈센트 럸 파이오니어 크레센트 26 #06-11/12 블록 26 헤 라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내

총 킴 후이

싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투 #04-07 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5002 헤라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내

수티오노 실비아

싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투 #04-07 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5002 헤라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내

특 치 웨이

싱가포르, 싱가포르 569871 테크플레이스 투 #07-01 양 모 키오 에비뉴 5 블록 5014 헤라우스 매터리얼즈 싱가포르 피티이 엘티디 내

김 태엽

경기도 수원시 영통구 광교로 156 13층 헤라우스 코리아 코퍼레이션 내

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전자 부품의 콘택트 표면을 제2 전자 부품의 콘택트 표면과 전기적으로 연결하는 방법으로서,

(1) 평균 직경이 8 내지 80 μm 인 원형 단면을 갖는 와이어를 상기 제1 전자 부품의 콘택트 표면에 모세관 웨지 본딩(capillary wedge bonding)하는 단계;

(2) 모세관 웨지 본딩된 와이어를 들어올려, 단계 (1)에서 형성된 모세관 웨지 본드와 제2 전자 부품의 콘택트 표면 사이에 와이어 루프를 형성하는 단계; 및

(3) 와이어를 제2 전자 부품의 콘택트 표면에 스티치 본딩하는 단계

를 포함하며,

단계 (1)의 모세관 웨지 본딩은 0 내지 4도 범위 내의 하면 각도를 갖는 세라믹 모세관을 이용하여 수행되고,

상기 와이어는 표면을 갖는 와이어 코어를 포함하고, 와이어 코어는 그 표면에 중첩된 이중 층 코팅을 가지며,

와이어 코어 자체는 순은, 은 함량이 99.5 wt% 초과인 도핑된 은, 및 은 함량이 적어도 89 wt%인 은 합금으로 이루어지는 그룹에서 선택된 재료를 포함하고,

상기 이중 층 코팅은 1 내지 50 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성되는 것인 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

단계 (1)은 KNS-iConn 본터를 이용하여 수행되며, 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터가:

- (a') 50 내지 100 mA 범위의 초음파 에너지,
- (b') 10 내지 30 g 범위의 힘,
- (c') 0.3 내지 0.7 $\mu\text{m}/\text{s}$ 범위의 일정한 속도,
- (d') 60 내지 70% 범위의 콘택트 임계치,
- (e') 25 내지 175 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 본딩 온도,
- (f') 200 내지 500 μm 범위의 테일 길이 연장, 및
- (g') 0 내지 50% 범위의 초음파 램프

중 적어도 하나를 포함하거나, 또는

단계 (1)은 Shinkawa 본터를 이용하여 수행되며, 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터가:

- (a") 50 내지 100 mA 범위의 초음파 에너지,
- (b") 10 내지 30 g 범위의 힘,
- (c") 0.3 내지 0.7 $\mu\text{m}/\text{s}$ 범위의 일정한 속도,
- (d") 60 내지 70% 범위의 콘택트 임계치,
- (e") 25 내지 175 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 본딩 온도,
- (f") 85 ~ 110 μm 범위의 컷 테일 길이,
- (g") -6 내지 -12 μm 범위의 싱크량, 및
- (h") 0 내지 50% 범위의 초음파 경사

중 적어도 하나를 포함하는 것인 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 와이어 코어는, 99.95 내지 100 wt%의 은 및 최대 500 wtppm의 은 이외의 추가 성분을 포함하는 순은을 포함하는 것인 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 와이어 코어는 99.5 초과 내지 99.997 wt%의 은, 30 내지 5000 wtppm 미만의 적어도 하나의 도핑 원소, 및 최대 500 wtppm의 은과 상기 적어도 하나의 도핑 원소 이외의 추가 성분을 포함하는 도핑된 은을 포함하는 것인 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 와이어 코어는 89 내지 99.50 wt%의 은, 0.50 내지 11 wt%의 적어도 하나의 합금 원소, 5000 wtppm 미만의 상기 적어도 하나의 합금 원소 이외의 적어도 하나의 도핑 원소, 및 최대 500 wtppm의 은, 상기 적어도 하나의 합금 원소 및 상기 적어도 하나의 도핑 원소 이외의 추가 성분을 포함하는 은 합금을 포함하는 것인 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 적어도 하나의 합금 원소는 팔라듐, 금, 니켈, 백금, 구리, 로듐 및 루테튬으로 이루어지는 군에서 선택되는 것인 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 적어도 하나의 도핑 원소는 칼슘, 니켈, 백금, 구리, 로듐 및 루테튬으로 이루어지는 군에서 선택되는 것인 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관 또는 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이고, 상기 제2 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관 또는 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체인 것인 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 전자 부품은 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이고, 상기 제2 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관인 것인 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 제1 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관이고, 상기 제2 전자 부품은 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체인 것인 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 은 또는 은계 코어 및 코어의 표면에 증착된 이중 층 코팅을 포함하는 코팅된 와이어를 이용하여 전자 부품의 콘택트 표면을 전기적으로 연결하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 당업자에게는 와이어 본딩 기술이 잘 알려져 있다. 와이어 본딩 과정에서 제1 본드가 제1 전자 부품의 콘택트 표면 상에 형성되고 제2 본드가 제2 전자 부품의 콘택트 표면 상에 형성된다. 두 본드(bond)는 그 사이에 있는 연결 본딩 와이어 단편의 단자이다.

[0003] 본원에서는 "전자 부품"이라고 하는 용어가 이용된다. 본원에서는, "전자 부품"이라고 하는 용어는 문맥상 전

자 또는 마이크로 전자 분야에서 사용되는 기판 및 반도체를 포함한다. 기판의 예로는, 리드 프레임, BGA(볼 그리드 어레이), PCB(인쇄 회로 기판), 플렉시블 전자 소자, 유리 기판, DAB(직접 알루미늄 본딩) 또는 DCB(직접 구리 본딩) 기판과 같은 세라믹 기판, 및 IMS(절연 금속 기판)이 있다. 반도체의 예로는, 다이오드, LED(발광 다이오드), 다이, IGBT(절연 게이트 바이폴라 트랜지스터), IC(집적 회로), MOSFET(금속 산화물 반도체 전계 효과 트랜지스터) 및 센서가 있다.

[0004] 본원에서는 "콘택트 표면"이라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 와이어 본딩을 통해 본딩 와이어를 연결할 수 있는 전자 부품의 전기적인 콘택트 표면을 의미한다. 전형적인 예는 반도체의 본드 패드와 기판의 콘택트 표면(예: 도금된 핑거, 도금된 접지)이다. 본드 패드는 금속 또는 금속 합금으로 구성되거나 특정 금속 또는 금속 합금으로 이루어지는 얇은(예컨대, 0.5 내지 1 μm) 최상층을 가질 수 있다. 본드 패드는, 예를 들어 알루미늄, 구리, 니켈, 은, 금 또는 이들 금속 중 하나를 기반으로 한 합금으로 이루어지는 표면을 가질 수 있다. 본드 패드의 전체 두께는, 예를 들어 0.6 내지 4 μm , 면적은, 예를 들어 20 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 내지 300 $\mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$, 바람직하게는 35 $\mu\text{m} \times 35 \mu\text{m}$ 내지 125 $\mu\text{m} \times 125 \mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0005] 일렉트로닉스 및 마이크로 일렉트로닉스 응용 분야에서 본딩 와이어를 사용하는 것은 잘 알려진 최신 기술이다. 본딩 와이어는 처음에는 금으로 제작되었으나, 오늘날에는 구리, 구리 합금, 은 및 은 합금과 같은 저렴한 재료가 사용되고 있다. 이러한 와이어는 금속 코팅을 가질 수 있다.

[0006] 와이어의 기하학적 형상과 관련하여 가장 일반적인 것은 원형 단면의 본딩 와이어이다.

[0007] 당업자에게 잘 알려진 일상적인 미세 와이어 본딩 기술은 볼-웨지 와이어 본딩("볼-웨지 본딩"이라 약칭함)이며, 그 본딩 과정에서는 볼 본드(1차 본드) 및 스티치 본드(stitch bond)(2차 본드, 웨지 본드)가 형성된다.

[0008] 최근, 상기 1차 볼 본딩 단계가 소위 모세관 웨지 본딩(capillary wedge bonding) 단계로 대체되는 미세 와이어 본딩 기술이 보고되었다(예를 들어, Sarangapani Murali 등의 논문 "Aluminum Wedge-Wedge Bonding Using Capillary and Ball Bonder" IMAPS 2017 - 50th International Symposium on Microelectronics - Raleigh NC USA, Oct. 9-12, 2017의 내용을 참고하라). 이러한 유형의 미세 와이어 본딩 공정은 모세관 웨지 본드(1차 웨지 본드)와 기존의 스티치 본드(2차 웨지 본드)의 형성으로 구별된다.

[0009] 모세관 웨지 본딩은 통상의 볼 본딩에서처럼 와이어 팁에 와이어 볼 또는 FAB(프리 에어 볼)을 형성하는 것을 생략한다. 모세관 웨지 본딩은 특히 소위 캐스케이드 와이어 본딩[종중 계단식 와이어 본딩(스택 다이 애플리케이션에 있어서의 와이어 본딩)이라 함]과 관련하여 볼 본딩에 비해 생산성을 향상시킨다.

[0010] US 2015/0187729 A1호는 금 와이어, 구리 와이어 및 알루미늄 와이어의 모세관 웨지 본딩을 개시하고 있다.

[0011] WO 2017/091144 A1호는 표면에 코팅층이 증착된 은 또는 은계 와이어 코어를 포함하는 본딩 와이어를 개시하고 있는데, 여기에서 코팅층은 1 내지 1000 nm의 금 또는 팔라듐 단일 층이거나, 또는 1 내지 100 nm, 바람직하게는 1 내지 20 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층 및 1 내지 200 nm, 바람직하게는 1 내지 40 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 이루어지는 이중 층이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0012] 출원인은 특정 유형의 코팅된 은 와이어 또는 코팅된 은계 와이어가 1차 모세관 웨지 와이어 본딩 단계에 초점을 맞춘 1차 모세관 웨지/2차 스티치 와이어 본딩 애플리케이션에서 본딩 와이어로 사용하기에 예상외로 적합하다는 것을 발견하였으며; 즉, 상기 특정 유형의 코팅된 은 와이어 또는 코팅된 은계 와이어를 이용하여 수행되는 경우, 상기 1차 모세관 웨지 와이어 본딩 단계는 예상외로 넓은 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우에 의해 구별된다고 하는 것이 밝혀졌다.

[0013] 다른 와이어 본딩 공정과 마찬가지로 모세관 웨지 본딩은 소위 공정 윈도우를 나타낸다. 이러한 모세관 본딩 공정 윈도우를 아래에서 더 설명한다.

- [0014] 앞서 언급한 특정 유형의 코팅된 은 와이어 또는 코팅된 은계 와이어는 표면이 있는 와이어 코어를 포함하며, 와이어 코어는 표면에 이중 층 코팅이 증착되어 있고, 와이어 코어 자체는 순은, 은 함량이 99.5 wt% 초과인 도핑된 은 및 은 함량이 89 wt% 이상인 은 합금으로 구성되며, 이중 층 코팅은 1 내지 50 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성된다.
- [0015] 따라서, 본 발명은 제1 전자 부품의 콘택트 표면을 제2 전자 부품의 콘택트 표면과 전기적으로 연결하는 방법에 관한 것으로, 상기 방법은
- [0016] (1) 평균 직경이 8 내지 80 μm 인 원형 단면의 와이어를 상기 제1 전자 부품의 콘택트 표면에 모세관 웨지 본딩하는 단계;
- [0017] (2) 모세관 웨지 본딩된 와이어를 들어올려 단계 (1)에서 형성된 모세관 웨지 본드와 제2 전자 부품의 콘택트 표면 사이에 와이어 루프를 형성하는 단계; 및
- [0018] (3) 와이어를 제2 전자 부품의 콘택트 표면에 스티치 본딩하는 단계
- [0019] 를 포함하며,
- [0020] 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩은 0 내지 4도 범위 내의 하면 각도(lower face angle)를 갖는 세라믹 모세관을 이용하여 수행되고,
- [0021] 상기 와이어는 표면을 갖는 와이어 코어를 포함하고, 와이어 코어는 그 표면에 증착된 이중 층 코팅을 가지며,
- [0022] 와이어 코어 자체는 순은, 은 함량이 99.5 wt% 초과인 도핑된 은 및 은 함량이 89 wt% 이상인 은 합금으로 이루어지는 그룹에서 선택된 재료로 구성되고,
- [0023] 상기 이중 층 코팅은 1 내지 50 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성된다.
- [0024] 본 발명의 방법의 단계 (1)에서 와이어는 제1 전자 부품의 콘택트 표면에 모세관 웨지 본딩된다. 이 단계 (1)에서 0 내지 4도 범위 내의 하면 각을 갖는 세라믹 모세관이 본딩 틀로서 사용된다.
- [0025] 세라믹 모세관은 초음파 에너지와 압축력을 공급한다. 세라믹 모세관의 예로는 알루미늄이나 또는 지르코니아 도핑 알루미늄 모세관이 있다.
- [0026] 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩은 KNS-iConn 본더(미국, 펜실베이니아, 포트 워싱턴 소재 Kulicke & Soffa Industries Inc.)와 같은 KNS 본더, 또는 일본의 Shinkawa-UTC-5000, NeoCu 본더와 같은 Shinkawa 본더를 이용하여 수행될 수 있다.
- [0027] 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터는 하기 (a) 내지 (i) 중 적어도 하나, 바람직하게는 둘 이상, 가장 바람직하게는 모두를 포함한다.
- [0028] (a) 50 내지 100 mA 범위의 초음파 에너지,
- [0029] (b) 10 내지 30 g 범위의 힘(압축력),
- [0030] (c) 0.3 내지 0.3 $\mu\text{m/s}$ 범위의 일정한 속도; 일정한 속도는 와이어가 본드 패드와 접촉하는 속도를 의미함,
- [0031] (d) 60 내지 70% 범위의 콘택트 임계치; 콘택트 임계치는 접촉 속도(KNS 용어, 즉 KNS-iConn 본더를 사용하는 경우) 또는 검색 속도(Shinkawa 용어, 즉 Shinkawa 본더를 사용하는 경우)의 백분율 이하로 측정되는 본드 패드 또는 콘택트 표면과의 접촉을 감지함에 있어서의 본드 헤드의 감도를 제어하는 파라미터임),
- [0032] (e) 25 내지 175 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 본딩 온도,
- [0033] (f) 85 내지 110 μm 범위의 컷 테일 길이(Shinkawa 용어, 즉 Shinkawa 본더를 사용하는 경우),
- [0034] (g) 200 내지 500 μm 범위의 컷 길이 연장(KNS 용어, 즉 Shinkawa 본더를 사용하는 경우),
- [0035] (h) -6 내지 -12 μm 범위의 싱크량(Shinkawa 용어, 즉 Shinkawa 본더를 사용하는 경우); 싱크량은 초음파 에너지와 모세관 팁을 통한 압축력에 의해 유도된 와이어의 기계적 변형을 제어하는 공정 파라미터; 와이어 변형은 와이어 표면을 기준으로 하는 하향 변형으로서 μm 단위로 측정되고 음수 값으로 표시됨,
- [0036] (i) 0 내지 50% 범위의 초음파 램프(KNS 용어, 즉 KNS-iConn 본더를 사용하는 경우) 또는 초음파 경사

(Shinkawa 용어, 즉 Shinkawa 본더를 사용하는 경우).

- [0037] 다시 말해서, 단계 (1)을 KNS-iConn 본더를 사용하여 수행하는 경우, 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터는 하기 (a') 내지 (g') 중 적어도 하나, 바람직하게는 둘 이상, 가장 바람직하게는 모두를 포함한다:
- [0038] (a') 50 내지 100 mA 범위의 초음파 에너지,
- [0039] (b') 10 내지 30 g 범위의 힘,
- [0040] (c') 0.3 내지 0.7 $\mu\text{m/s}$ 범위의 일정한 속도,
- [0041] (d') 60 내지 70% 범위의 콘택트 임계치,
- [0042] (e') 25 내지 175°C 범위의 본딩 온도,
- [0043] (f') 200 내지 500 μm 범위의 테일 길이 연장, 및
- [0044] (g') 0 내지 50% 범위의 초음파 램프.
- [0045] 반면, 단계 (1)을 Shinkawa 본더를 사용하여 수행하는 경우, 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터는 하기 (a") 내지 (g") 중 적어도 하나, 바람직하게는 둘 이상, 가장 바람직하게는 모두를 포함한다:
- [0046] (a") 50 내지 100 mA 범위의 초음파 에너지,
- [0047] (b") 10 내지 30 g 범위의 힘,
- [0048] (c") 0.3 내지 0.7 $\mu\text{m/s}$ 범위의 일정한 속도,
- [0049] (d") 60 내지 70% 범위의 콘택트 임계치,
- [0050] (e") 25 내지 175°C 범위의 본딩 온도,
- [0051] (f") 85 내지 110 μm 범위의 컷 테일 길이,
- [0052] (g") -6 내지 -12 μm 범위의 싱크량, 및
- [0053] (h") 0 내지 50% 범위의 초음파 경사.
- [0054] 단계 (1)의 모세관 웨지 본딩은 소위 모세관 웨지 공정 윈도우를 나타내는데, 이는 여러 접근 방식으로 설명될 수 있으며, 그 중 세 가지를 설명하면 다음과 같다.
- [0055] 첫 번째 접근법에서, 모세관 웨지 본드 형성은 초음파 에너지(통상적으로 mA 단위로 측정됨)의 적용에 의해 지원되는 특정 압축력(일반적으로 그램 단위로 측정됨)의 적용을 포함하는 것으로 간주된다. 적용된 힘의 상한과 하한 사이의 차이와 모세관 웨지 본딩 공정에서 적용된 초음파 에너지의 상한과 하한 사이의 차이의 수학적 곱은 여기에서 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우를 정의할 수 있다.
- [0056] (적용된 힘의 상한 - 적용된 힘의 하한) · (적용된 초음파 에너지의 상한 - 적용된 초음파 에너지의 하한) = 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우.
- [0057] 두 번째 접근법에서, 모세관 웨지 본드 형성은 싱크량에 의해 지원되는 특정 힘(일반적으로 그램 단위로 측정됨)의 적용을 포함하는 것으로 간주된다. 적용된 힘의 상한과 하한 사이의 차이와 모세관 웨지 본딩 공정에서의 싱크량의 상한과 하한 사이의 차이의 수학적 곱은 여기에서 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우를 정의할 수 있다.
- [0058] (적용된 힘의 상한 - 적용된 힘의 하한) · (싱크량 상한의 절대 값 - 싱크량의 하한의 절대 값) = 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우.
- [0059] 세 번째 접근법에서, 모세관 웨지 본드 형성은 스크립 진폭에 의해 지원되는 특정 힘(일반적으로 그램 단위로 측정됨)의 적용을 포함하는 것으로 간주된다. 스크립 진폭은 모세관 팁의 기계적 동작[원형, 수직, 인라인 (와이어 축을 따름)]을 제어하여 결과적으로 와이어를 말굽 형태의 가는 와이어 섹션으로 변형시키는 공정 파라미터이다. 스크립 진폭은 전형적으로는 μm 단위로 측정된다. 적용된 힘의 상한과 하한 사이의 차이와 모세관 웨지 본딩 공정에서의 스크립 진폭의 상한과 하한 사이의 차이의 수학적 곱은 여기에서 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우를 정의할 수 있다.
- [0060] (적용된 힘의 상한 - 적용된 힘의 하한) · (스크립 진폭의 상한 - 스크립 진폭의 하한) = 모세관 웨지 본딩 공정

윈도우.

- [0061] 따라서, 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우는 사양을 충족하는, 즉 기존의 풀 테스트와 같은 기존 테스트를 통과하는, 와이어 본드를 형성할 수 있게 하는 힘/초음파 에너지 조합 영역, 힘/싱크량 조합 영역, 또는 힘/스크립 진폭 조합 영역을 정의한다.
- [0062] 산업용 애플리케이션의 경우, 모세관 웨지 본딩 공정의 강건성 때문에 넓은 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우(g 단위의 힘 대 mA 단위의 초음파 에너지, g 단위의 힘 대 μm 단위의 싱크량 또는 g 단위의 힘 대 μm 단위의 스크립 진폭)를 갖는 것이 바람직하다. 본 발명의 방법 또는 더 정확하게 말하면, 본 발명의 방법의 단계 (1)은 예상외로 넓은 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우에 의해 구별된다. 와이어 코팅이 예상외로 넓은 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우를 위한 키인 것으로 보인다.
- [0063] 본 발명의 방법에 사용되는 와이어는 마이크로 일렉트로닉스에서 본딩하기 위한 등근 본딩 와이어이다. 그 와이어는 일체형 개체인 것이 바람직하다. 평균 직경은 8 내지 80 μm , 바람직하게는 12 내지 55 μm 또는 17 내지 50 μm 범위이다.
- [0064] 평균 직경 또는 간단히 말해서 와이어 또는 와이어 코어의 직경은 "사이징 방법"으로 얻을 수 있다. 이 방법에 따르면, 정의된 길이에 대한 와이어의 물리적 무게가 결정된다. 이 무게를 기반으로, 와이어 재료의 밀도를 사용하여 와이어 또는 와이어 코어의 직경을 계산한다. 직경은 특정 와이어의 5회 절단에 대한 5회 측정의 산술 평균으로 계산된다.
- [0065] 와이어는 표면이 있는 와이어 코어를 포함하고, 와이어 코어는 표면에 이중 층 코팅이 증착되어 있으며, 와이어 코어 자체는 순은, 은 함량이 99.5 wt% 초과인 도핑된 은 및 은 함량이 89 wt% 이상인 은 합금으로 구성되며, 이중 층 코팅은 1 내지 50 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성된다. 간결함을 위해, 본원에서는 이 코팅된 와이어를 "와이어"라고 약칭하기도 한다.
- [0066] 본원에서는 "순은"이라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 순도 99.95 내지 100 wt%의 은을 의미한다. 그것은 총량으로 최대 500 wtppm (중량 ppm, 중량 단위의 ppm)의 추가 성분(은 이외의 성분)을 포함할 수 있다.
- [0067] 본원에서는 "도핑된 은"이라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 99.5 초과 내지 99.997 wt% 범위의 양의 은과 총량으로 최대 5000 wtppm 미만(예컨대, 30 내지 5000 wtppm 미만)의 적어도 하나의 도핑 원소로 이루어지는 은의 유형을 의미한다. 그것은 총량으로 최대 500 wtppm의 추가 성분(은 및 적어도 하나의 도핑 요소 이외의 성분)을 포함할 수 있다.
- [0068] 본원에서는 "은 합금"이라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 89 내지 99.50 wt% 범위의 은 및 총량으로 0.50 내지 11 wt%의 적어도 하나의 합금 원소로 이루어진 합금, 바람직하게는 92 내지 99.50 wt% 범위의 은 및 총량으로 0.50 내지 8 wt%의 적어도 하나의 합금 원소, 또는 심지어 96 내지 99.50 wt% 범위의 은 및 총량으로 0.50 내지 4 wt%의 적어도 하나의 합금 원소로 이루어진 합금을 의미한다. 그것은 최대 총량으로 5000 wtppm 미만(예컨대, 30 내지 5000 wtppm 미만)의 적어도 하나의 도핑 원소(적어도 하나의 합금 원소를 제외함)를 포함할 수 있다. 그것은 총량으로 최대 500 wtppm의 추가 성분(은, 적어도 하나의 합금 원소 및 적어도 하나의 도핑 원소 이외의 성분)을 포함할 수 있다.
- [0069] 바람직한 합금 원소의 예로는, 팔라듐, 금, 니켈, 백금, 구리, 로듐 및 루테튬이 있다.
- [0070] 바람직한 도핑 원소의 예로는, 칼슘, 니켈, 백금, 구리, 로듐 및 루테튬이 있다.
- [0071] 이미 언급한 바와 같이, 와이어의 코어는 총량으로 최대 500 wtppm의 소위 추가 성분을 포함할 수 있다. 종종 "불가피 불순물"이라고도 하는 추가 성분은 사용된 원료에 존재하는 불순물 또는 와이어 제조 공정에서 비롯된 소량의 화학 원소 및/또는 화합물이다. 추가 성분의 0 내지 500 wtppm의 낮은 총량은 와이어 특성의 우수한 재현성을 보장한다. 코어에 존재하는 추가 성분은 대개 별도로 추가되지 않는다. 각각의 개별적인 추가 성분은 와이어 코어의 총 중량을 기준으로 30 wtppm 미만, 바람직하게는 15 wtppm 미만의 양으로 포함될 수 있다.
- [0072] 전술한 바와 같이, 와이어 코어는 순은, 도핑된 은 또는 은 합금으로 구성된다.
- [0073] 와이어의 코어는 벌크 재료의 균질한 영역이다. 벌크 재료는 항상 어느 정도 다른 특성을 나타낼 수 있는 표면 영역을 가지고 있기 때문에, 와이어의 코어의 특성은 벌크 재료의 균질 영역의 특성으로 이해된다. 벌크 재료 영역의 표면은 형태, 조성(예컨대, 황, 염소 및/또는 산소 함량) 및 기타 특징에 있어서 다를 수 있다. 표면은 와이어 코어와 와이어 코어에 증착된 이중 층의 코팅 사이의 계면 영역이다. 전형적으로, 이중 층의 코팅은 와

이어 코어의 표면에 완전히 증착된다. 코어와 그 위에 증착된 이중 층의 코팅 사이의 와이어 영역에는, 코어와 이중 층의 코팅 양자의 재료 조합이 존재할 수 있다.

- [0074] 와이어의 표면에 증착된 이중 층의 코팅은 1 내지 50 nm, 바람직하게는 1 내지 20 nm 두께의 니켈 또는 팔라듐 내부 층과 5 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm 두께의 인접한 금 외부 층으로 구성된다. 이러한 맥락에서, "두께" 또는 "코팅 층 두께"는 코어의 길이 방향 축에 대해 수직 방향의 코팅 층의 치수를 의미한다.
- [0075] 상기 이중 층의 코팅의 조성과 관련하여, 그 내부 층의 니켈 또는 팔라듐 함량은, 예를 들어 내부 코팅 층의 총 중량을 기준으로 적어도 50 wt%, 바람직하게는 적어도 95 wt%이다. 특히 바람직한 내부 코팅층은 순수한 니켈 또는 팔라듐으로 구성된다. 순수한 니켈 또는 팔라듐은 일반적으로 내부 코팅 층의 총 중량을 기준으로 1 wt% 미만의 추가 성분(니켈 또는 팔라듐 이외의 성분)을 포함한다. 인접한 외부 금 층의 금 함량은, 예를 들어 외부 코팅 층의 총 중량을 기준으로 50 wt% 이상, 바람직하게는 95 wt% 이상이다. 특히 바람직한 외부 코팅층은 순금으로 구성된다. 순금은 일반적으로 외부 코팅 층의 총 중량을 기준으로 1 wt% 미만의 추가 성분(금 이외의 성분)을 포함한다.
- [0076] 일 실시예에서, 와이어는 다음 외적 특성 (α) 내지 (θ) 중 적어도 하나를 특징으로 한다:
- [0077] (α) 내식성은 5% 이하(예컨대, 0 내지 5% 범위, 바람직하게는 0 내지 0.1% 범위)(후술되는 "시험 방법 A" 참조)의 모세관 웨지 리프트 값을 갖는다.
- [0078] (β) 내습성은 5% 이하(예컨대, 0 내지 5% 범위, 바람직하게는 0 내지 0.1% 범위)의 모세관 웨지 리프트 값(후술되는 "시험 방법 B" 참조)을 갖는다.
- [0079] (γ) 와이어의 저항률은 4.0 μΩ·cm 미만(예컨대, 1.6 내지 4.0 μΩ·cm 범위, 바람직하게는 1.63 내지 3.4 μΩ·cm 범위)(후술되는 "시험 방법 C" 참조)이다.
- [0080] (δ) 와이어의 은의 수지상 성장은 12 μm/s 이하(예컨대, 0 내지 12 μm/s 범위, 바람직하게는 0 내지 2 μm/s 범위)(후술되는 "시험 방법 D" 참조)이다.
- [0081] (ε) 와이어 코어의 경도는 80 HV(10mN/12s) 이하(예컨대, 50 내지 80 HV 범위, 바람직하게는 50 내지 70 HV 범위)(후술되는 "시험 방법 E" 참조)이다.
- [0082] (ζ) 1차 모세관 웨지 본딩(1차 웨지)의 공정 윈도우 면적은 최소 200 mA·g(예컨대, Al 0.5 wt%의 Cu 본드 패드에 모세관 웨지 본딩된 직경 17.5 μm의 와이어에 대해 400 내지 600 mA·g)의 값(후술되는 "시험 방법 F" 참조)을 갖는다.
- [0083] (η) 2차 스티치 본딩(2차 웨지)을 위한 공정 윈도우 면적은 최소 50 mA·g(예컨대, 금 핑거에 본딩된 직경 17.5 μm의 와이어 스티치의 경우 125 내지 175 mA·g)(후술되는 "시험 방법 G" 참조)의 값을 갖는다.
- [0084] (θ) 와이어의 항복 강도는 170 MPa 이하(예컨대, 140 내지 170 MPa의 범위)(후술되는 "시험 방법 H" 참조)이다.
- [0085] 본원에서는 와이어 코어와 관련하여 용어 "외적 특성"라고 하는 용어가 사용된다. 외적 특성은 측정 방법 및/또는 사용되는 측정 조건과 같은 다른 인자와의 와이어 코어의 관계에 따라 달라지는 반면, 고유 특성은 와이어 코어가(다른 인자와 독립적으로) 자체적으로 갖는 특성을 의미한다.
- [0086] 본 발명의 방법에 사용되는 와이어는 현저하게 넓은 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우를 갖는 모세관 웨지 본딩을 허용한다고 하는 예상치 못한 이점을 갖는다. 와이어는 적어도 단계 (i) 내지 (v)를 포함하는 방법에 의해 제조될 수 있다.
- [0087] (i) 순은, 도핑된 은, 또는 은 합금으로 구성된 전구체 아이টে를 제공하는 단계,
- [0088] (ii) 7850 내지 49000 μm² 범위의 중간 단면 또는 100 내지 250 μm, 바람직하게는 130 내지 140 μm 범위의 중간 직경이 수득될 때까지 전구체 아이টে를 연신시켜 연신된 전구체 아이টে를 형성하는 단계,
- [0089] (iii) 공정 단계 (ii)의 완료 후 수득된 연신된 전구체 아이টে의 표면에 니켈 또는 팔라듐 내부 층(기층) 및 인접한 금 외부 층(상부 층)의 이중 층의 코팅을 퇴적하는 단계,
- [0090] (iv) 원하는 최종 단면 또는 직경이 수득될 때까지 공정 단계 (iii)의 완료 후 수득된 코팅된 전구체 아이টে를 추가로 연신시키는 단계, 및
- [0091] (v) 마지막으로 공정 단계 (iv) 완료 후 수득된 코팅된 전구체를 200 내지 600°C 범위의 오븐 설정 온도에서

0.4 내지 0.8초 범위의 노출 시간 동안 스트랜드 어닐링하여 와이어를 형성하는 단계.

- [0092] 본원에서는 "스트랜드 어닐링"이라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 높은 재현성으로 와이어를 빠르게 생산할 수 있는 연속 공정이다. 본 발명의 맥락에서, 스트랜드 어닐링은 어닐링 대상인 코팅된 전구체가 종래의 어닐링 오븐을 통해 당겨지거나 이동되고 어닐링 오븐을 떠난 후 릴에 감겨지는 동안 어닐링이 동적으로 수행되는 것을 의미한다. 본원에서, 어닐링 오븐은 전형적으로 소정 길이의 원통형 튜브 형태이다. 예를 들어, 10 내지 60 m/분의 범위에서 선택될 수 있는 소정 어닐링 속도에서 정해진 온도 프로파일을 이용하여 어닐링 시간/오븐 온도 파라미터를 정의하고 설정할 수 있다.
- [0093] 본원에서는, "오븐 설정 온도"라고 하는 용어가 사용된다. 그것은 어닐링 오븐의 온도 제어기에 있어서의 고정된 온도를 의미한다.
- [0094] 본 개시 내용은 전구체 아이тем, 연신된 전구체 아이тем, 코팅된 전구체 아이тем, 코팅된 전구체 및 코팅된 와이어를 구별한다. "전구체 아이тем"이라고 하는 용어는 와이어 코어의 소기의 최종 단면적 또는 최종 직경에 도달하지 않은 와이어 이전-단계에 사용되는 반면, "전구체"라고 하는 용어는 소기의 최종 단면 또는 소기의 최종 직경에서의 와이어 이전 단계에 사용된다. 공정 단계 (v)의 완료 후, 즉 소기의 최종 단면 또는 소기의 최종 직경의 코팅된 전구체의 최종 스트랜드 어닐링 후 본 발명의 방법에 사용될 수 있는 와이어가 수득된다.
- [0095] 공정 단계 (i)에서 제공되는 전구체 아이тем은 순은으로 구성될 수 있다. 전형적으로, 이러한 전구체 아이тем은, 예를 들어 2 내지 25 mm의 직경 및, 예를 들어 2 내지 100 m의 길이를 갖는 막대의 형태이다. 이러한 은 막대는 적절한 금형을 사용하여 은을 연속 주조한 후 냉각 및 고화시켜 만들 수 있다.
- [0096] 대안적으로, 공정 단계 (i)에서 제공되는 전구체 아이тем은 도핑된 은 또는 은 합금으로 구성될 수 있다. 이러한 전구체 아이тем은 소기의 양의 필요한 성분으로 은을 합금, 도핑, 또는 합금 및 도핑함으로써 수득할 수 있다. 도핑된 은 또는 은 합금은 금속 합금 분야의 당업자에게 공지된 통상적인 공정, 예를 들어 소기의 비례 비율로 성분들을 함께 용융시킴으로써 제조될 수 있다. 그렇게 함으로써, 하나 이상의 기존의 모 합금을 사용할 수 있다. 용융 공정은, 예를 들어 유도로를 사용하여 수행될 수 있고, 진공 하에서 또는 불활성 가스 분위기 하에서 작업하는 것이 편리하다. 이렇게 생성된 용융물을 냉각하여 은계 전구체 아이тем의 균질한 단편을 형성할 수 있다. 전형적으로, 이러한 전구체 아이тем은, 예를 들어 2 내지 25 mm의 직경, 및 예를 들어 2 내지 100 m의 길이를 갖는 막대 형태이다. 이러한 막대는 적절한 몰드를 사용하여 상기 도핑된 은 또는 (도핑된) 은 합금 용융물을 연속 주조한 다음 냉각 및 고화시킴으로써 만들 수 있다.
- [0097] 공정 단계 (ii)에서, 7850 내지 49000 μm^2 범위의 중간 단면 또는 100 내지 250 μm , 바람직하게는 130 내지 140 μm 범위의 중간 직경이 수득될 때까지, 전구체 아이тем을 연신시켜 연신된 전구체 아이тем을 형성한다. 전구체 아이тем을 연신시키는 기술이 알려져 있다. 바람직한 기술은 롤링, 스웨이징, 다이 드로잉 등이며, 다이 드로잉이 특히 바람직하다. 후자의 경우, 소기의 중간 단면 또는 소기의 중간 직경에 도달할 때까지 전구체 아이тем을 수 개의 공정 단계에서 드로잉한다. 이러한 와이어 다이 드로잉 공정은 당업자에게 잘 알려져 있다. 종래의 텅스텐 카바이드 및 다이아몬드 드로잉 다이를 사용할 수 있고, 드로잉을 지원하기 위해서 종래의 드로잉 윤활제를 사용할 수 있다.
- [0098] 단계 (ii)는 50 내지 150분 범위의 노출 시간 동안 400 내지 800°C 범위의 오븐 설정 온도에서 연신된 전구체 아이тем을 중간 배치(intermediate batch) 어닐링하는 하나 이상의 하위 단계를 포함할 수 있다. 중간 배치 어닐링은, 예컨대 약 2 mm의 직경으로 드로잉되고 드럼에 감긴 막대를 이용하여 수행될 수 있다.
- [0099] 공정 단계 (ii)의 선택적인 중간 배치 어닐링은 불활성 또는 환원 분위기 하에서 수행될 수 있다. 환원 분위기 뿐만 아니라 많은 유형의 불활성 분위기가 당업계에 공지되어 있으며 어닐링 오븐을 퍼징하는 데 사용된다. 공지된 불활성 분위기로는 질소 또는 아르곤이 바람직하다. 공지된 환원 분위기로는 수소가 바람직하다. 또 다른 바람직한 환원 분위기는 수소와 질소의 혼합물이다. 수소와 질소의 바람직한 혼합물은 90 내지 98 부피%의 질소 및 따라서 2 내지 10 부피%의 수소이며, 부피%의 총계는 100 부피%이다. 질소/수소의 바람직한 혼합물은 각각 혼합물의 총 부피를 기준으로 90/10, 93/7, 95/5 및 97/3 부피%/부피%이다.
- [0100] 공정 단계 (iii)에서, 니켈 또는 팔라듐의 내부 층과 금의 인접 외부 층으로 구성되는 이중 층의 코팅을 공정 단계 (ii)의 완료 후 수득되는 연신된 전구체 아이тем의 표면에 퇴적하여 그 코팅을 상기 표면 위에 중첩시킨다.
- [0101] 당업자라면 와이어의 실시예에 대해 개시된 층 두께의 코팅을 최종적으로 수득하기 위해서, 즉 코팅된 전구체 아이тем을 최종적으로 연신한 후에 연신된 전구체 아이тем 상의 이러한 코팅의 두께를 계산하는 방법을 알고

있다. 당업자라면 은 또는 은 합금 표면에 실시예에 따른 재료의 코팅층을 형성하기 위한 많은 기술을 알고 있다. 바람직한 기술은 전기 도금 및 무전해 도금과 같은 도금, 스퍼터링, 이온 도금, 진공 증착 및 물리적 기상 증착과 같은 재료의 기상으로부터의 증착, 용융물로부터 재료의 퇴적이다. 전기 도금이 바람직한 기술이다.

[0102] 공정 단계 (iv)에서, 공정 단계 (iii)의 완료 후 획득된 코팅된 전구체 아이টে은 와이어의 소기의 최종 단면 또는 직경이 획득될 때까지 추가로 연신된다. 코팅된 전구체 아이টে을 연신시키는 기술은 공정 단계 (ii)의 상기 개시 내용에서 언급된 것과 동일한 연신 기술이다.

[0103] 공정 단계 (v)에서, 공정 단계 (iv)의 완료 후 획득된 코팅된 전구체는 최종적으로 200 내지 600℃, 바람직하게는 200 내지 400℃ 범위의 오븐 설정 온도에서 0.4 내지 0.8초의 범위의 노출 시간 동안 스트랜드 어닐링하여 코팅된 와이어를 형성한다.

[0104] 바람직한 실시예에서, 최종 스트랜드 어닐링된 코팅된 전구체, 즉 여전히 고온 코팅된 와이어는 하나 이상의 첨가제, 예를 들어 0.01 내지 0.07 부피%의 첨가제(들)를 함유할 수 있는 수중에서 담금질된다. 수중 담금질은 즉시 또는 신속하게, 즉 0.2 내지 0.6초 이내에, 최종 스트랜드 어닐링된 코팅된 전구체를 공정 단계 (v)에서 경험한 온도로부터, 예를 들어 침지 또는 적하에 의해 실온으로 냉각시키는 것을 의미한다.

[0105] 공정 단계 (v) 및 선택적 담금질을 완료한 후 코팅된 와이어가 완성된다. 특성을 최대한 활용하기 위해서는 와이어 본딩 애플리케이션에 즉시, 즉 예를 들어, 공정 단계 (v) 완료 후 28일 이내에 지체없이 사용하는 것이 적절하다.

[0106] 본 발명의 방법의 단계 (2)에서, 모세관 웨지 본딩된 와이어를 들어올려 단계 (1)에서 형성된 모세관 웨지 본드와 제2 전자 부품의 콘택트 표면 사이에 와이어 루프를 형성한다. 소기의 루프 형상 및 소기의 루프 공정 프로파일(모세관 운동)을 갖는 본딩 와이어 루프의 형성은 당업자에게 알려진 통상적인 방식으로 수행되므로 상세한 설명이 필요하지 않다. 그것은 루핑 프로파일(looping profile)에 대한 KNS 공정 사용자 가이드(KNS Process User Guide)(2002년 미국 펜실베이니아, 포트 워싱턴, Kulicke & Soffa Industries Inc.)에서 설명된 절차에 따라 작업될 수 있다. 루프 형상 및 루프 공정 프로파일은 루핑 파라미터(예컨대, 꼬임 높이, 역방향 동작, 꼬임 거리, 꼬임 각도, 루프 계수, 형상 각도, 스펠 길이, 최종 꼬임 각도 및/또는 최종 꼬임 길이)를 조정함으로써 결정될 수 있다. 루프 공정 프로파일의 예로는, 표준 루프, 가공된 루프, BGA2-루프, BGA3-루프, BGA4-루프, BGA5-루프, K-루프, PSA-루프, ULL-루프가 있다.

[0107] 본 발명의 방법의 단계 (3)에서, 본딩 와이어는 제2 전자 부품의 콘택트 표면에 스티치 본딩된다. 이와 같은 단계 (3)의 스티치 본딩 절차는 당업자에게 잘 알려져 있으며, 방법론적 특성을 포함하지 않는다. 일반적인 스티치 본딩 장비 또는 스티치 본딩 도구를 사용할 수 있다. 그것은 SSB(stand-off stitch bond)에 대한 KNS 공정 사용자 가이드(2003년 미국 펜실베이니아, 포트 워싱턴, Kulicke & Soffa Industries Inc.)에서 설명된 절차에 따라 작업할 수 있다. 스티치 본딩 공정 파라미터는, 예컨대 5 내지 500 g 범위의 결합력, 예컨대 5 내지 200 mA 범위의 초음파 에너지, 예컨대 25 내지 250℃ 범위의 온도, 예컨대 2.5 내지 40 μm/ms 범위의 일정한 속도, 예컨대 3 내지 30 ms 범위의 본딩 시간일 수 있다.

[0108] 이미 언급한 바와 같이, 본 발명의 방법의 단계 (1) 내지 (3)은 후속 단계이다. 그러나, 하나 이상의 추가적인 부(副)단계, 예를 들어 단계 순서 (1) 내지 (3) 이전, 사이 또는 이후에 일어나는 단계가 있을 수 있다.

[0109] 본 발명의 방법의 실시예에 있어서, 상기 제1 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관 또는 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이고, 상기 제2 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관 또는 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이다. 상기 실시예의 제1 변형예에서, 상기 제1 전자 부품은 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이고, 상기 제2 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관이다. 상기 실시예의 제2 변형예에서, 상기 제1 전자 부품은 콘택트 표면을 갖는 기관이고, 상기 제2 전자 부품은 본드 패드 형태의 콘택트 표면을 갖는 반도체이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0110] 예

[0111] 시험 방법 A 내지 H

[0112] 모든 시험 및 측정은 T = 20℃ 및 상대 습도 RH = 50%에서 수행되었다.

[0113] A. 모세관 웨지 본드의 소금 용액 침지 시험:

- [0114] 와이어를 Al 0.5wt%의 Cu 본드 패드에 모세관 웨지 본딩하였다. 이렇게 본딩된 와이어가 있는 테스트 장치를 25℃에서 10분 동안 염 용액에 담근 다음 탈이온(DI)수로 세척한 다음 아세톤으로 세척했다. 염 용액은 DI 수에 20 wtppm의 NaCl을 함유했다. 리프트된 웨지 본드의 수를 100X 배율의 저출력 현미경(Nikon MM-40)으로 검사하였다. 더 많은 수의 리프트된 모세관 웨지 본드를 관찰한 결과, 심각한 계면 갈바닉 부식이 나타났다.
- [0115] B. 모세관 웨지 본드의 내습성 시험:
- [0116] 와이어를 Al 0.5wt%의 Cu 본드 패드에 모세관 웨지 본딩하였다. 이렇게 본딩된 와이어가 있는 테스트 장치를 HAST(highly accelerated stress test)(고가속 응력 시험) 챔버에서 8시간 동안 130℃의 온도, 85%의 상대 습도(RH)에서 보관한 후, 나중에 100X 배율의 저출력 현미경(Nikon MM-40)을 이용하여 리프트된 웨지 본드 수를 검사했다. 더 많은 수의 리프트된 모세관 웨지 본드를 관찰한 결과, 심각한 계면 갈바닉 부식이 나타났다.
- [0117] C. 전기 저항:
- [0118] 시편, 즉 길이 1.0 m의 와이어의 양단을 일정한 전류/전압을 제공하는 전원에 연결하였다. 저항을 공급 전압용 장치로 기록했다. 측정 장치는 HIOKI 모델 3280-10였으며, 최소 10개의 시편으로 시험을 반복했다. 측정값의 산술 평균은 아래에 주어진 계산에 사용되었다.
- [0119] 저항 R은 $R = V/I$ 에 따라 계산되었다.
- [0120] 비저항 ρ 는 $\rho = (R \times A)/L$ 에 따라 계산되었으며, 여기에서 A는 와이어의 평균 단면적이고 L은 전압을 측정하는 장치의 두 측정 지점 사이의 와이어 길이이다.
- [0121] 비전도도 σ 는 $\sigma = 1/\rho$ 에 따라 계산되었다.
- [0122] D. 와이어의 전자 이동 시험:
- [0123] 75 μm 직경의 2개의 와이어를 50X 배율의 저출력 현미경 Nikon MM-40 모델의 대물 렌즈 아래의 유리판에서 1 mm 거리 내에 평행하게 유지했다. 전기적으로 연결된 두 와이어 사이에 마이크로 피펫으로 물방울을 형성했다. 하나의 와이어는 양극에 연결하고 다른 하나는 음극에 연결하였고 +5 V를 이들 와이어에 인가했다. 두 와이어를 10 k Ω 저항과 직렬로 연결된 폐회로에서 +5 V 직류로 바이어스시켰다. 전해질로서의 탈이온수 몇 방울로 2개의 와이어를 적셔서 회로를 폐쇄시켰다. 은의 수상 돌기를 형성하는 전해질에서 음극으로부터 양극으로 은 전자 이동이 일어나, 때로는 2개의 와이어가 브러시되었다. 은의 수상 돌기의 성장물은 와이어의 코팅층과, 그리고 은 합금 와이어 코어의 경우, 합금 첨가물에 크게 좌우된다.
- [0124] E. 비커스 마이크로 경도:
- [0125] 비커스 압흔기를 구비한 Mitutoyo HM-200 시험 장비를 사용하여 경도를 측정했다. 10 mN 압흔 하중의 힘을 12 초의 체류 시간 동안 와이어의 시편에 인가했다. 와이어 또는 FAB의 중앙에서 시험을 행하였다.
- [0126] F. 모세관 웨지 본딩(1차 웨지) 공정 윈도우 면적:
- [0127] 모세관 웨지 본딩 공정 윈도우 면적의 측정은 표준 절차에 의해 수행되었다. KNS-iConn 본더 툴(미국 펜실베이니아, 포트 워싱턴 소재 Kulicke & Soffa Industries Inc.)을 사용하여 시험 와이어를 실리콘 다이의 Al 0.5 wt%의 Cu 본드 패드에 모세관 웨지 본딩하였다. 중요한 모세관 웨지 본딩 공정 파라미터는 다음과 같았다: 75 mA의 초음파 에너지, 20 g의 압축력, 0.5 $\mu\text{m/s}$ 의 일정한 속도, 65%의 콘택트 임계치, 150℃의 본딩 온도, 350 μm 의 테일 길이 연장, 및 25%의 초음파 램프. 공정 윈도우 값은 평균 직경이 17.5 μm 인 와이어를 기준으로 했다.
- [0128] 하기 두 가지 주요 실패 모드를 극복하여 공정 윈도우의 4개의 코너를 도출했다:
- [0129] (1) 너무 낮은 힘과 초음파 에너지를 공급하면 와이어의 NSOP(non-stick on pad)(패드상의 비점착)가 초래됨, 그리고
- [0130] (2) 너무 높은 힘과 초음파 에너지를 공급하면 SHTL(short wire tail)이 초래됨.
- [0131] G. 스티치 본딩(2차 웨지) 공정 윈도우 면적:
- [0132] 스티치 본딩 공정 윈도우 면적의 측정은 표준 절차에 의해 수행되었다. KNS-iConn 본더 툴(미국, 펜실베이니아, 포트 워싱턴 소재 Kulicke & Soffa Industries Inc.)을 사용하여 BGA(ball grid array) 기판 상의 금으로 도금된 리드 핑거에 시험 와이어를 스티치 본딩하였다. 공정 윈도우 값은 평균 직경이 17.5 μm 인 와이어를 기준으로 했다.

[0133] 하기 두 가지 주요 실패 모드를 극복하여 공정 윈도우의 4개의 코너를 도출했다:

[0134] (1) 너무 낮은 힘과 초음파 에너지를 공급하면 와이어의 NSOL(non-stick on lead finger)(리드 핑거상의 비접착)이 초래됨, 그리고

[0135] (2) 너무 높은 힘과 초음파 에너지를 공급하면 SHTL(short wire tail)이 초래됨.

[0136] H. 연신율(EL)

[0137] Instron-5564 기구를 사용하여 와이어의 인장 특성을 시험하였다. 254 mm 게이지 길이(L)에 대해 2.54 cm/분의 속도로 와이어를 시험하였다. ASTM 표준 F219-96에 따라 파괴(파단)에 대한 하중과 연신율을 측정하였다. 연신율은 인장 시험의 시작과 끝 사이의 와이어의 게이지 길이의 차이(ΔL)로서, 기록된 하중 대 연장 인장 플롯으로부터 계산된 백분율($100 \cdot \Delta L/L$)로 일반적으로 보고되었다. 파손 및 항복 하중을 와이어 면적으로 나눈 값으로 인장 강도와 항복 강도를 계산하였다. 표준 길이의 와이어의 무게를 재고 그 밀도를 사용하여, 사이징 공정으로 와이어의 실제 직경을 측정하였다.

[0138] 와이어 시편 1 내지 12

[0139] 각각의 경우 적어도 99.99% 순도 ("4N")의 은(Ag), 팔라듐(Pd) 및 금(Au)을 도가니에서 용융시켰다. 소량의 은-니켈, 은-칼슘, 은-백금 또는 은-구리 모 합금을 용융물에 첨가하고, 교반하여, 첨가된 성분의 균일한 분포를 확인하였다. 다음과 같은 모 합금이 사용되었다.

모 합금	조성	
Ag-0.5wt.-%Ni	99.5 wt.-% Ag	0.5wt.-% Ni
Ag-0.5wt.-%Ca	99.5 wt.-% Ag	0.5 wt.-% Ca
Ag-0.5wt.-%Pt	99.5 wt.-% Ag	0.5 wt.-% Pt
Ag-0.5wt.-%Cu	99.5 wt.-% Ag	0.5 wt.-% Cu

[0140]

[0141] 표 1의 합금에 대해, 해당 모 합금 조합을 추가하였다.

[0142] 그 후, 8 mm 막대 형태의 와이어 코어 전구체 아이템을 용융물로부터 연속 주조했다. 그 후, 막대를 수 회의 드로잉 단계에서 드로잉하여 직경 134 μm 의 원형 단면을 가진 와이어 코어 전구체를 형성했다. 와이어 코어 전구체를 60분의 노출 시간 동안 500°C의 오븐 설정 온도에서 중간 배치 어닐링한 후, 내부 팔라듐(또는 니켈) 층과 외부 금 층으로 구성된 이중 층 코팅을 전기 도금한 후, 최종 직경 17.5 μm , 최종 팔라듐 또는 니켈 층 두께 1 내지 4 nm 범위, 최종 금 층 두께 10 내지 18 nm 범위까지 추가로 드로잉한 다음, 220°C의 오븐 설정 온도에서 0.6초의 노출 시간 동안 최종 스트랜드 어닐링을 행하고, 곧 이어서 그렇게 수득한 코팅된 와이어를 0.07 부피%의 계면 활성제를 함유한 물에서 담금질하였다.

[0143] 이 절차를 통해 코팅된 은 및 은계 와이어와 4N 순도(Ref)의 코팅되지 않은 기준 은 와이어의 몇 가지 다른 시료 1 내지 12를 제조하였다. 표 1은 직경 17.5 μm 의 와이어의 조성을 보여준다. 그 조성은 ICP에 의해 결정되었다.

표 1

시료	코팅			코어 케미스트리					코팅된 와이어의 전체 Au+Pd의 wt%
	코팅된 와이어의 wt%에 있어서의 코팅 성분의 기여			wt.-ppm			wt.-%		
	Au	Pd	Ni	Ni	Ca	Pt	Au	Pd	
4N Ag (Ref)	-	-	-	2	2	2	0.0002	0.0002	-
1	0.5	0.05	-	2	2	2	1	1	2.55
2	0.5	0.05	-	2	2	2	1	3	4.55
3	0.5	0.05	-	2	30	2	1	3	4.55
4	0.5	0.05	-	10	20	10	1	3	4.55
5	1	0.05	-	2	2	2	1	3	5.05
6	1	0.05	-	2	2	2	1	3	5.05
7	0.5	-	0.04	2	2	2	1	1	2.5
8	0.5	-	0.04	2	2	2	1	3	4.5
9	0.5	-	0.04	2	30	2	1	3	4.5
10	0.5	-	0.04	10	20	10	1	3	4.5
11	1	0.05	-	2	2	2	1	3	5.05
12	1	0.1	-	2	2	2	1	3	5.1

[0144]

[0145]

아래의 표 2는 특정 시험 결과를 보여준다. 모든 시험은, 직경이 75 μm인 와이어를 사용하여 행한 전자 이동 시험을 제외하고는 직경이 17.5 μm인 와이어를 사용하여 수행하였다.

표 2

	시료	Ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기계적 특성	연신율 (%)	7.4	4.1	4.4	4.0	3.9	3.8	4.0	4.2	4.4	4.3	4.1	4.1	4.2
	인장 강도 (MPa)	183	470	481	485	483	486	481	483	480	482	484	481	481
	항복 강도 (MPa)	130	270	275	292	278	275	282	280	275	291	283	283	281
	마이크로 경도 HV (10 mN/12 s)	58	70	76	80	80	71	73	72	75	80	78	73	72
전기적 특성	저항 (μΩ·cm)	1.6	3.31	3.32	3.32	3.32	3.32	3.31	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32
염 용액 침지 시험	% 모세관 웨지 리프트	80	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
내습성 시험	% 모세관 웨지 리프트	50	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
전자 이동 시험	은 수상 돌기의 성장 속도 (μm/s)	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
본딩 공정 윈도우	1차 본드 (모세관 웨지 본드) (mA·g)	50	250	440	440	430	430	410	390	500	450	440	440	400
	2차 본드 (스티치 본드) (mA·g)	225	75	140	130	130	130	130	125	150	135	135	135	130

[0146]