(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월28일
(11) 등록번호 10-1913994
(24) 등록일자 2018년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/02 (2006.01) *B22F 1/00* (2006.01)
B23K 35/26 (2006.01) *C22C 12/00* (2006.01)
C22C 13/02 (2006.01) *C22C 30/02* (2006.01)
C22C 30/04 (2006.01) *C22C 9/02* (2006.01)
H05K 3/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 35/025 (2013.01)
B22F 1/0059 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7027644
(22) 출원일자(국제) 2016년03월08일
심사청구일자 2017년09월29일
(85) 번역문제출일자 2017년09월28일
(65) 공개번호 10-2018-0002606
(43) 공개일자 2018년01월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/021343
(87) 국제공개번호 WO 2016/144945
국제공개일자 2016년09월15일
(30) 우선권주장
14/643,868 2015년03월10일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2010167472 A*
KR1020130056235 A*
KR1020070102580 A*
KR1020140121211 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인듐 코포레이션
미국, 뉴욕 13323, 클린턴, 로빈슨 로드 34
(72) 발명자
장 홍원
미국 13413 뉴욕주 뉴 하트포드 채프먼 로드 9486
리 닝-청
미국 13413 뉴욕주 뉴 하트포드 쥬빌리 레인 108
(74) 대리인
양영준, 윤정호

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 최영준

(54) 발명의 명칭 **혼합 합금 땜납 페이스트**

(57) 요 약

땜납 페이스트는 44 wt% 내지 60 wt% 미만의 제1 땜납 합금 분말의 양; 0 wt% 초과 내지 48 wt%의 제2 땜납 합금 분말의 양; 및 플럭스(flux)로 이루어지고, 여기서, 제1 땜납 합금 분말은 260℃ 초과의 고상선 온도를 갖는 제1 땜납 합금을 포함하고; 제2 땜납 합금 분말은 250℃ 미만의 고상선 온도를 갖는 제2 땜납 합금을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 땜납 페이스트는 44 wt% 내지 87 wt%의 제1 땜납 합금 분말의 양; 13 wt% 내지 48 wt%의 제2 땜납 합금 분말의 양; 및 플럭스로 이루어진다.

(52) CPC특허분류
B23K 35/262 (2013.01)
B23K 35/264 (2013.01)
C22C 12/00 (2013.01)
C22C 13/02 (2013.01)
C22C 30/02 (2013.01)
C22C 30/04 (2013.01)
C22C 9/02 (2013.01)
H05K 3/3484 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

44 wt% 내지 74 wt%의 제1 땜납 합금 분말의 양;

26 wt% 내지 40 wt%의 제2 땜납 합금 분말의 양; 및

0 wt% 내지 15 wt%의 플럭스로 이루어진 땜납 페이스트이며,

여기서, 제1 땜납 합금 분말은 260℃ 초과의 고상선 온도를 갖는 제1 땜납 합금으로 이루어지고, 제1 땜납 합금은 Bi-Ag 합금, Bi-Ag-Y 합금, Bi-Cu 합금, Bi-Cu-Y 합금, Bi-Ag-Cu 합금, 또는 Bi-Ag-Cu-Y 합금이고, 여기서, Y는 Al, Au, Co, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn 또는 Zn으로 이루어지고;

제2 땜납 합금 분말은 250℃ 미만의 고상선 온도를 갖는 제2 땜납 합금으로 이루어진 것인, 땜납 페이스트.

청구항 12

제11항에 있어서, 제2 땜납 합금이 230℃ 내지 250℃의 고상선 온도를 갖고, 제2 땜납 합금이 Sn 합금, Sn-Sb 합금, 또는 Sn-Sb-X (X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 또는 Zn) 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 13

제11항에 있어서, 제2 땜납 합금이 200℃ 내지 230℃의 고상선 온도를 갖고, 제2 땜납 합금이 Sn-Ag 합금, Sn-Cu 합금, Sn-Ag-X (X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn) 합금, 또는 Sn-Zn 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 14

제11항에 있어서, 제2 땜납 합금이 200℃ 미만의 고상선 온도를 갖고, 제2 땜납 합금이 Sn-Bi 합금, Sn-In 합금, Bi-In 합금, Sn-Bi-X (X = Ag, Al, Au, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn) 합금, Sn-In-X (X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn) 합금, 또는 Bi-In-X (X = Ag, Al, Au, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn) 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 15

삭제

청구항 16

제11항에 있어서, 제2 땜납 합금이 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sb, 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sn, 및 그 나머지인 Bi로 이루어진 Bi-Sb-Sn 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 17

제11항에 있어서, 제2 땜납 합금이 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sb, 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sn, 0 wt% 초과 내지 5 wt%의 X, 및 그 나머지인 Bi로 이루어진 Bi-Sb-Sn-X (X = Ag, Al, Au, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 또는 Zn) 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 18

제11항에 있어서, 제1 땜납 합금이 Bi-Ag 합금, Bi-Cu 합금, 또는 Bi-Ag-Cu 합금인, 땜납 페이스트.

청구항 19

제11항에 있어서, 제1 땜납 합금이 Bi-Ag-Y 합금, Bi-Cu-Y 합금, 또는 Bi-Ag-Cu-Y 합금을 포함하고, 여기서, Y는 Al, Au, Co, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn 또는 Zn이고, Y는 0 wt% 초과 내지 5 wt%의 범위인, 땜납 페이스트.

청구항 20

제11항에 있어서, 제1 땜납 합금이 0 wt% 초과 내지 20 wt%의 Ag와 그 나머지인 Bi, 0 wt% 초과 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi, 또는 0 wt% 초과 내지 20 wt%의 Ag 및 0 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi를 포함하는 것인, 땜납 페이스트.

청구항 21

삭제

청구항 22

제11항에 있어서, 땜납 페이스트의 리플로우 땜납에 의해 형성된 접합부의 용융 온도가 270℃ 초과인 것인, 땜납 페이스트.

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

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 혼합 합금 땜납 페이스트의 조성에 관한 것이고, 보다 특히, 일부 실시양태는 고온 땜납 접합부 적용을 위한 땜납 페이스트 중의 각각의 합금 구성성분의 조성에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전자 어셈블리의 처분에 의해 발생되는 납은 환경 및 인간 건강에 해로운 것으로 간주된다. 전자 상호접속 및 전자 패키징 산업에서 Pb-보유 땜납의 사용이 법규에 의해 점점더 금지되고 있다. 통상적인 공융 Pb-Sn을 대체하는 Pb-무함유 땜납은 널리 조사된 바 있다. SnAg, SnCu, SnAgCu 및 SnZn 땜납은 반도체 및 전자 산업에서 상호접속용 주류 땜납이 되고 있다. 그러나, 통상의 고연(high lead) 땜납 (즉, Pb-5Sn 및 Pb-5Sn-2.5Ag)을 대체하는 고온 Pb-무함유 땜납의 개발은 여전히 걸음마 단계에 있다. 고온 땜납은 어셈블리가 인쇄 배선용 보드 (printed wiring board, PWB) 상으로 땜납될 때 어셈블리 내 구성요소 내에서 내부 접속을 유지하는데 사용된다.

[0003] 고온 땜납은 다이-부착을 위해 통상적으로 사용된다. 일례 공정으로, 고온 땜납을 사용하여 납-프레임 상으로 규소 다이를 땜납함으로써 어셈블리가 형성된다. 이어서, 규소 다이/납-프레임 어셈블리는, 캡슐화 여부에 관계 없이, 땜납 또는 기계적 체결에 의해 PWB 상으로 부착된다. 보드는 보드 상으로의 다른 전자 소자의 표면 장착을 위해 좀 더 리플로우 공정에 노출될 수 있다. 추가의 땜납 공정 동안, 규소 다이와 납-프레임 간의 내부 접속은 잘 유지되어야 한다. 이는 고온 땜납이 어떠한 기능 파괴도 없이 다중 리플로우를 견딜 것을 필요로 한다. 따라서, 산업에서 사용되는 땜납 리플로우 프로파일과 상용성이도록, 고온 땜납의 주요 요건은 (i) 약 260℃ 이상의 용융 온도 (전형적인 땜납 리플로우 프로파일에 따름), (ii) 우수한 열적 피로 내성, (iii) 높은 열/전기 전도도, 및 (iv) 저비용을 포함한다.

[0004] 현재, 산업에서 이용가능한 드롭-인(drop-in) 무연(lead-free) 대체물은 존재하지 않는다. 그러나, 최근에 고온 다이-부착 적용을 위해 (1) Sn-Sb, (2) Zn-기반 합금, (3) Au-Sn/Si/Ge 및 (4) Bi-Ag와 같은 몇몇 무연 땜

납 후보물이 제안된 바 있다.

[0005] 10 wt% 미만의 Sb를 갖는 Sn-Sb 합금은 대량의 금속간 화합물의 형성 없이 우수한 기계적 특성을 유지한다. 그러나, 그의 고상선(solidus) 온도는 250℃ 이하이며, 이는 리플로우 내성을 위한 260℃ 요건을 충족시킬 수 없다.

[0006] Zn-기반 합금, 예컨대 공융 Zn-Al, Zn-Al-Mg, 및 Zn-Al-Cu는 330℃ 초과의 용융 온도를 갖는다. 그러나, 산소에 대한 Zn, Al 및 Mg의 고친화성은 다양한 금속화 표면 마감재 상에서 극히 불량한 웨팅(wetting)을 야기한다. 고온 무연 대체물 땜납 중 하나인 것으로 제안된 Zn-(20-40 wt%)Sn 땜납 합금은 300℃ 초과의 액상선(liquidus) 온도를 가지나, 고상선 온도는 단지 약 200℃이다. 약 260℃에서 반고체 상태의 Zn-Sn 땜납은 후속 리플로우 동안 구성요소들 간에 우수한 상호접속을 유지하여야 한다. 그러나, 반고체 땜납이 캡슐화된 패키지 내부에서 압축되고 반고체 땜납을 유출하도록 유인할 때 문제가 발생한다. 이는 예기치 못한 기능 파괴의 위험을 초래한다. Zn-기반 땜납 합금은 또한, 금속화 표면과 땜납 사이에 대량의 IMC 층을 형성할 것이다. 후속 리플로우 및 작동 동안 IMC 층의 존재 및 그의 과도한 성장은 또한 신뢰성 문제를 야기한다.

[0007] 2종의 금속간 화합물로 구성된 공융 Au-Sn은 실험적으로, 그의 280℃의 용융 온도, 우수한 기계적 특성, 높은 전기 및 열 전도도, 및 탁월한 내부식성으로 인해 신뢰성 있는 고온 땜납인 것으로 나타났다. 그러나, 극히 높은 비용은 신뢰성 고려사항보다 비용이 중요한 분야 내에서 그의 적용을 제한한다.

[0008] 262℃의 고상선 온도를 갖는 Bi-Ag 합금은 고온 다이-부착 땜납을 위한 용융 온도 요건을 충족시킨다. 그러나, 다음과 같은 몇몇 주요한 문제가 존재한다: (1) 다양한 표면 마감재 상에서의 불량한 웨팅 및 (2) 불량한 웨팅에서 비롯된 관련된 약한 결합 계면.

[0009] 고융점 무연 땜납을 위한 용융 온도 요건으로 인해 Sn-Sb 및 Zn-Sn은 부적합하다. Au 풍부 땜납의 극히 높은 비용은 그의 산업 적합성을 제한한다. Zn-Al 및 Bi-Ag는 용융 온도 요건을 만족시키고, 합리적으로 저가이다. 그러나, 산소에 대한 고친화성 (Zn-Al 땜납 시스템에서)으로 인한, 또는 땜납과 기판 금속화 간의 불량한 반응 화학 (Bi-Ag 땜납 시스템 또는 심지어 일부 납-함유 땜납, 예컨대 Pb-Cu 및 Pb-Ag 시스템에서)으로 인한 그의 불량한 웨팅으로 인해, 이들 고융점 땜납은 불량한 웨팅에서 비롯된 약한 결합 강도 때문에 산업에서 사용하기가 어렵다. 그러나, BiAg 및 ZnAl의 목적하는 높은 용융 온도로 인해 여전히 그것들은 고온 무연 땜납에 대한 후보물로서 이용가능하다.

[0010] 상기 기재된 바와 같이, 땜납의 불량한 웨팅은 (1) 불량한 반응 화학 또는 (2) 땜납의 산화에서 비롯된다. 약한 결합은 항상 불량한 웨팅과 관련된다. 예를 들어, 상이한 금속화 표면 상에서의 Bi-기반 땜납의 불량한 웨팅은 주로, Bi와 기판 재료 (즉, Cu) 간의 불량한 반응 화학, 또는 리플로우 동안 Bi의 산화에서 초래된다. 용융 동안 합금 표면 상의 과도한 드로스(dross) 형성의 방지를 목표로 하는 Ge-도핑된 BiAg가 개발된 바 있다. 그러나, 이와 같은 도핑은 기판의 금속화 표면 마감재와 Bi 간의 반응 화학을 변화시키지 못할 것이다. Bi 및 Cu는 Bi/Cu 계면에서 IMC를 형성하지 않을 것이며, 이는 불량한 웨팅 및 약한 결합 계면의 주된 이유이다. Bi 및 Ni는 Bi/Ni 계면 사이에 IMC 층을 형성할 것이나, 취성 IMC (Bi3Ni 또는 BiNi)는 접합부 강도를 약화시키는데, 이는 Bi3Ni와 땜납 매트릭스 간의 계면 또는 BiNi와 Ni 기판 간의 계면을 따라 항상 균열이 성장하기 때문이다. 따라서, Bi와 기판 재료 간의 반응 화학은 불량한 웨팅 및 약한 결합 강도를 초래한다.

[0011] 땜납 내 추가의 원소를 합금함으로써 땜납 합금과 금속화 표면 마감재 간의 반응 화학을 변경시키고자 하는 시도가 있어 왔다. 그러나, 합금은 보통 일부 예기치 못한 특성 손실과 관련된다. 예를 들어, Sn은 Bi에 비해 기판과 더 우수한 반응 화학을 갖는다. 그러나, BiAg 내로의 Sn의 직접 합금 (Ag가 열/전기 전도도의 증가를 목표로 하는 경우)은 (1) 용융 온도의 유의한 감소 또는 (2) 합금 내 Ag3Sn IMC의 형성을 야기할 수 있다. 이는 리플로우 동안 용융된 땜납에 이들이 용해되기에 충분한 시간이 없다면 Sn과 기판 금속 간의 반응 화학을 개선시키지 못할 것이다. 따라서, Bi-Ag 합금 내로의 Sn의 직접 합금과 같은, 땜납 내로의 원소의 직접 합금은 극미한 개선만을 나타낸다.

발명의 내용

[0012] 본 발명은, 구성성분 합금 분말로부터의 조합된 이점을 지니는 혼합 합금 땜납 페이스트의 설계 및 제조를 위한 새로운 기술을 청구한다. 일부 실시양태에서, 혼합 합금 땜납 페이스트는 다이 부착과 같은 고온 땜납 적용에 적합한데, 이는 구성성분이 개선된 반응 화학, 잘 제어된 IMC 층 두께, 및 그에 준해서 제2 합금으로부터의 증진된 신뢰성 및 높은 용융 온도 및 제1 합금으로부터의 우수한 열/전기 전도도를 비롯한 목적하는 이점을 제공하기 때문이다. 본 발명은 또한, 혼합 합금 땜납 페이스트의 제조 방법, 및 전자 구성요소 또는 기계적 부품과

혼합 합금 땜납 페이스트와의 접합 방법을 제시한다.

[0013] 발명된 기술은, 제1 합금 땜납 분말의 용융과 함께 또는 상대적으로 더 낮은 온도에서 반응 화학을 개선시키기 위해 첨가제 분말이 페이스트 중에 존재하는 혼합 합금 분말 페이스트의 설계 방법을 제공한다. 일부 실시양태에서, 혼합 합금 분말 페이스트는 2종 이상의 합금 분말 및 플럭스(flux)를 포함한다. 페이스트 중의 합금 분말은 다량 성분으로서의 1종의 땜납 합금 분말 및 미량 성분으로서의 첨가제 합금 분말로 구성되어 있다. 첨가제는 기판의 다양한 금속화 표면 마감재, 즉, 통상적으로 사용되는 Cu 및 Ni 표면 마감재 등 상에서의 웨팅을 위한 보다 우수한 화학을 제공한다.

[0014] 일부 실시양태에서, 첨가제는 다량 성분 땜납의 용융에 앞서 또는 그와 함께 용융될 것이다. 용융된 첨가제는, 부분적으로 또는 완전히 용융된 제1 합금에 앞서 또는 그와 함께 기판 상에서 웨팅되고 그에 점착할 것이다. 첨가제는 기판 금속화 표면 마감재를 따라 IMC의 형성을 지배하고 리플로우 공정 동안 IMC로 완전히 전환되도록 설계된다. 따라서, IMC 층의 두께는, IMC 형성에서의 첨가제의 주된 역할 때문에 페이스트 중의 첨가제의 양에 의해 잘 제어될 것이다. 일부 실시양태에서, 제1 합금 땜납은 첨가제와 기판 사이에 형성된 IMC 층에 대해 강한 친화성을 가질 것이다. 이러한 강한 친화성은 땜납체와 IMC 간의 결합 강도를 증진시킬 것이다. 따라서, 목적하는 반응 화학 및 잘 제어된 IMC 층 두께는 웨팅 성능을 개선시킬뿐만 아니라, 웨팅 성능과 관련된 결합 강도를 증진시킬 것이다.

[0015] 본 발명의 다른 특징 및 측면은, 첨부된 도면과 함께, 본 발명의 실시양태에 따른 특징을 예로써 예시하는 하기 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 개요는 여기에 첨부된 특허청구범위에 의해서만 규정되는 본 발명의 범주를 제한하도록 의도되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명은 하나 이상의 다양한 실시양태에 따라 하기 도면을 들어 상세히 기재된다. 도면은 단지 예시의 목적을 위해서만 제공되며, 오로지 본 발명의 전형적인 또는 일례의 실시양태를 도시한다. 이들 도면은 독자의 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위해 제공되고, 본 발명의 폭, 범주 또는 응용성을 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다. 예시의 명료함 및 용이함을 위해 이들 도면은 반드시 제 척도로 맞춘 것은 아님을 참고해야 한다.

도 1은 본 발명의 실시양태에 따라 구현된 리플로우 땜납 공정을 예시한다.

도 2는 Cu 시편(coupon) 및 합금 42 시편 상에서의 90 wt%의 Bi10.02Ag3.74Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 일례의 땜납 페이스트의 웨팅 성능을 나타낸다.

도 3은 Cu 시편 및 합금 42 시편 상에서의 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 일례의 혼합 합금 분말 땜납 페이스트의 웨팅 성능을 나타낸다.

도 4는 Cu 시편 및 합금 42 시편 상에서의 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 52In48Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 일례의 혼합 합금 분말 땜납 페이스트의 웨팅 성능을 나타낸다.

도 5는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn15Sb+10 wt%의 플럭스로 이루어진 혼합 합금 분말 땜납 페이스트에 대한 DSC 챠트이다.

도 6은 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스로 이루어진 혼합 합금 분말 땜납 페이스트에 대한 DSC 챠트이다.

도 7은 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 혼합 합금 분말 땜납 페이스트에 대한 DSC 챠트이다.

도 8a 및 8b는 Cu 및 Ni 시편 상에서의 혼합 합금 분말 땜납 페이스트로 제조된 접합부의 단면 이미지이다. 혼합 합금 분말 페이스트는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스로 이루어져 있다.

도면은 본 발명을 개시된 정확한 형태로 제한하거나 또는 총괄하도록 의도되지 않는다. 본 발명은 변경 및 변형과 함께 실시될 수 있고, 본 발명은 특허청구범위 및 그의 등가물에 의해서만 제한되는 것으로 이해되어야 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은 플럭스 중의 상이한 땜납 합금의 혼합물을 포함하는 땜납 페이스트에 대한 것이다. 2종 이상의 땜납

합금 또는 금속은 플럭스 재료 내로 혼입된다. 제1 땜납 합금 또는 금속 ("제1 합금")은 리플로우 동안 땜납 접합부의 본체를 형성할 것이다. 나머지 제2 땜납 합금 또는 금속, 또는 추가의 부가적인 땜납 합금 또는 금속 ("제2 합금")은 금속 기판과의 반응 화학 또는 제1 합금에 대한 친화성에 따라 선택된다. 제2 합금의 용융 온도 Tm(B)는 제1 합금의 용융 온도 Tm(A)보다 더 낮다. 리플로우 동안, 제2 합금은 먼저 용융하여 기판 상으로 퍼진다. 제1 합금이 용융될 때, 제2 합금의 존재는 기판 상에의 용융된 제1 합금의 고정을 용이하게 한다. 제2 합금은 IMC로 완전히 전환되도록 설계되어, 최종 접합부 내에 저융점 상이 극미하거나 없게 된다.

[0018] 페이스트 중의 첨가제는 리플로우 동안 반응 화학을 변경시키고, 웨팅을 개선시키며, IMC의 두께를 제어하고, 그에 따라 결합 강도를 증진시킨다. 목적하는 웨팅 및 신뢰성을 갖는 고온 무연 땜납을 위한 땜납에 추가로, 설계 공정은 불량한 웨팅 땜납이 사용되는 경우마다 많은 다른 땜납 적용으로 확장될 수 있다. 예를 들어, Pb-Cu 합금은 높은 용융 온도를 갖지만, 다양한 금속 기판 상에서 웨팅이 불량하다. 따라서, 그것들은 땜납에 사용하기가 어렵다. 본 발명에 의하면, 작은 첨가제, 예컨대 Sn 또는 Sn-함유 합금은 Pb-Cu가 다양한 금속 표면을 웨팅하도록 도울 것이다. 그러나, Sn이 단지 Pb-Cu 내에서 합금만 되는 경우, Cu6Sn5 IMC 형성이 Sn으로부터의 반응 화학을 감소시킬 것이다. 땜납 내 보다 많은 양의 Sn의 합금은 원치않게 Pb-Cu의 용융 온도를 유의하게 감소시킬 것이다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시양태에 따른 혼합 땜납 페이스트를 사용하는 리플로우 공정을 예시한다. 혼합 땜납 페이스트는 플럭스 중에 현탁된 제1 합금 땜납 입자(118) 및 제2 합금 땜납 입자(115)를 포함한다. 일부 실시양태에서, 제2 합금은 기판에 대한 또는 통상적인 기판 범위에 대한 그의 우수한 반응 화학에 따라 선택된다. 혼합 땜납 페이스트는 기판(124)에 적용된다 (설명을 위해, 플럭스는 도면에서 생략됨)

[0020] 리플로우 동안, 어셈블리의 온도는 제2 합금의 용융 온도 Tm(B)를 초과하여 상승한다. 제2 합금(112)은 용융하고, 여전히 고체인 제1 합금 입자(118) 주위로 및 기판(124) 상에 퍼진다. 제2 합금의 보다 우수한 표면 반응 화학은 기판(124) 상에서의 용융된 땜납 합금(112)의 웨팅을 용이하게 할 것이다. 이는 용융된 제2 합금(112)과 기판(124) 사이의 IMC 층(109)의 형성을 유발한다. 따라서, IMC 층은 주로 초기 페이스트 중의 제2 합금(115)의 양에 의해 제어된다.

[0021] 부가적으로, 제2 합금은 제1 합금에 대해 우수한 친화성을 갖도록 설계된다. 이러한 친화성은 (1) 제1 합금과 제2 합금 간의 음(negative)의 혼합 엔탈피, 또는 (2) 제1 및 제2 합금으로부터의 구성성분 원소로 구성된 공융상의 형성에 의해 결정될 수 있다. 일부 실시양태에서, 이러한 친화성으로 인해, 제1 합금(118)의 일부가 용융된 제2 합금(112) 내로 용해되어 제1 및 제2 합금의 혼합물(106)이 형성된다.

[0022] 온도가 제1 합금의 용융 온도 Tm(A) 초과로 상승함에 따라, 제1 합금은 용융을 마감하여, 제1 및 제2 합금의 용액(103)을 형성하고, 이는 IMC 층(109)에 웨팅된다. 어셈블리가 Tm(A) 초과로 유지됨에 따라, 제2 합금은 용액(103)으로부터 제거되어, IMC 층(109)이 증가하고, 용융된 제1 합금(100)이 남는다. 일부 실시양태에서, IMC 층(109)의 형성에 추가로, 제2 합금으로부터의 과량의 구성성분은 제1 합금으로부터의 구성성분과 함께 IMC 내로 혼입될 수 있다. 제1 합금과 제2 합금 간의 친화성은 IMC 층(109) 상으로의 제1 합금(100)의 웨팅의 개선을 도와, 결합 강도가 증진된다.

[0023] 어셈블리가 냉각됨에 따라, 땜납 범프(121) 또는 접합부는, 고화된 제1 합금에 결합되어 있는 IMC(109)에 결합된 기판(124)으로 형성된다. 고화 후, 개선된 결합 계면을 갖는 균질 땜납 접합부가 달성되었다.

[0024] 혼합 땜납 페이스트를 사용하여 생성된 땜납 접합부는, 단일 땜납 합금이 제1 및 제2 땜납 합금의 원소로 구성되어 있는 경우에도, 단일 땜납 합금을 함유하는 땜납 페이스트의 사용에 대한 커다란 개선을 나타낸다. 도 2는 각각 Cu 기판(200) 및 합금 42 기판(205) 상에서의 86.24 wt%의 Bi10.02Ag3.74Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 땜납 페이스트를 사용하여 형성된 땜납 범프(201) 및 (207)를 예시한다. 이들 결과가 나타내는 바와 같이, 단일 땜납 합금의 사용으로 유의한 디웨팅(dewetting)(202) 및 (206)이 발생한다. 반면, 도 3은 각각 Cu 기판(210) 및 합금 42 기판(215) 상에서의 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 혼합 땜납 페이스트를 사용하여 형성된 땜납 범프(211) 및 (216)를 예시한다. 이들 결과가 나타내는 바와 같이, 혼합 땜납 페이스트를 사용하면 가시적인 디웨팅을 거의 내지는 전혀 나타내지 않는다.

[0025] 한 실시양태에서, 혼합 땜납 페이스트는 제1 합금으로서 BiAg 및 제2 합금으로서 SnSb를 포함한다. 제2 합금에서, Sn은 다양한 기판과 Bi보다 더 우수한 반응 화학을 위해 선택된다. SnSb는 BiAg보다 더 낮은 용융 온도를 갖는다. Sn 및 Bi는 음의 혼합 엔탈피를 나타내고, 2원 상 다이아그램에 따라, 폭넓은 조성 범위에서 공융 상을 형성한다. Sb 및 Bi 또한 음의 혼합 엔탈피 및 서로 무한한 용해도를 나타낸다. 리플로우 동안, SnSb가 먼

저 용융하고, 기판 표면 상에 Sn-함유 IMC 층을 형성한다. 온도가 BiAg의 용융 온도 초과에 도달할 때, 페이스트 중의 모든 합금 분말이 용융한다. Bi와 Sn/Sb 간의 우수한 친화성은 Sn-함유 IMC 층 상에서의 용융된 Bi의 우수한 접착을 보장한다. 부가적으로, 제1 합금 중의 Ag의 존재는 임의의 추가의 Sn을 땜납체에 잔류하는 Ag3Sn IMC로 전환시킬 수 있다. 따라서, (1) 땜납과 금속 기판 사이의 IMC 층 및 (2) BiAg 땜납 범프 내부의 Ag3Sn을 형성함으로써 Sn은 완전히 소비되기 때문에 남아 있는 저융점 BiSn 상은 극미하거나 또는 없다.

[0026] 도 5는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn15Sb+10 wt%의 플럭스를 사용하여 생성된 접합부에 대한 DSC 곡선을 예시한다. 위쪽 곡선은 세라믹 시편 상에서 리플로우 후의 열 흐름 프로파일을 예시한다. 약 138℃에서의 스파이크는 제2 합금의 존재를 예시한다. 아래쪽 곡선은 Cu 시편 상에서 리플로우 후의 페이스트의 열 흐름 프로파일을 예시한다. 아래쪽 곡선에서 상기와 같은 스파이크의 부재는 BiAg+SnSb 시스템에서의 저융점 상의 소멸을 입증한다. 도 6은 BiAg+SnAg 시스템에서의 저융점 상의 소멸을 예시한다. 도 6의 실험은, 도 5에서와 같이, 세라믹 및 Cu 시편 상에서 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스를 사용하였다. 도 7은 BiAg+BiSn 시스템에서의 소멸을 예시한다. 도 7의 실험은, 도 5 및 6에서와 같이, 세라믹 및 Cu 시편 상에서 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스를 사용하였다. 도 7에서, 세라믹 상에서 땜납 리플로우 후의 열 흐름 프로파일을 예시하는 위쪽 곡선은 저융점 상의 결여를 나타낸다. 이는 가능하게는, 혼합 땜납 페이스트 중의 소량의 반응제 Sn, 및 Sn과 Ag 간의 고친화성으로 인해, 제2 합금의 Sn이 최종 땜납 범프에서 IMC 내로 제1 합금의 일부 Ag와 함께 혼입되기 때문이다.

[0027] 도 8a는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스로 이루어진 혼합 땜납 페이스트를 사용하여 생성된 땜납 접합부의 현미경 사진이다. 본 예에서, 혼합 땜납 페이스트는 Cu 시편(300)에 적용되었다. IMC(301)는 Cu(300)와 제2 합금 사이에 형성된다. 상기 IMC(301)의 크기는 페이스트 중의 제2 합금의 양에 주로 의존한다. 예시된 예에서, 6 wt%의 제2 합금 Sn3.5Ag는 단지 수 마이크로미터 두께인 IMC를 초래했다. 땜납 접합부의 벌크는 Bi-풍부 상(302) 중의 Ag(303)로 구성된다. 150℃에서 2주 동안의 노화는 IMC 두께를 유의하게 증가시키지 못했다. 반면, Bi 및 Cu는 금속간 물질을 형성하지 않아, Bi11Ag 단독으로는 약한 결합을 형성하는데, 이는 땜납과 기판 사이에 IMC 층이 존재하지 않기 때문이다.

[0028] 본 발명의 한 실시양태에서, 혼합 땜납 페이스트의 설계 방법은 완성된 땜납 접합부의 목적하는 특성에 따라 제1 합금을 선택한 후, 선택된 제1 합금과의 친화성 및 적용가능한 기판에 따라 제2 합금을 선택하는 것을 포함한다. 제1 합금, 제2 합금, 및 플럭스의 상대량은 목적하는 IMC 층 두께, 요구되는 적용 조건, 및 리플로우 공정과 같은 인자에 따라 결정될 수 있다. IMC 층 두께는 땜납 페이스트 중의 제2 합금의 양, 리플로우 프로파일, 및 적용 후 노화 조건과 관련된다. IMC 층의 허용되는 두께는 상이한 적용 조건 및 상이한 IMC 조성에 따라 다양할 수 있다. 예를 들어, Cu6Sn5/Cu3Sn IMC 층의 경우, 10 마이크로미터가 대략 허용되는 정도의 두께일 수 있다.

[0029] 페이스트 중의 제2 합금의 양이 증가함에 따라, 최종 접합부 중에 저융점 상이 남아있을 수 있다. 땜납 페이스트 중의 제2 합금의 양이 감소하면, 목적하는 웨팅 성능을 달성하기가 어려울 수 있다. 제2 합금의 양이 감소함에 따라, 우수한 웨팅은 기판 상에 더 많은 총량의 인쇄 또는 분배된 페이스트의 사용이 요구된다. 그러나, 페이스트의 총량이 증가하면 땜납 패키지로부터 기하구조 제약을 방해할 수 있다.

[0030] 고온 땜납 적용에 있어서, 제1 합금은 다양한 고융점 땜납 합금으로부터 선택되어야 한다. 일부 실시양태에서, 고상선 온도가 약 258℃ 이상인 Bi-풍부 합금, 즉, Bi-Ag, Bi-Cu, 및 Bi-Ag-Cu가 사용된다. 제2 합금 (또는 첨가제)은, 다양한 금속화 표면 마감재 상에서 웨팅되고 그에 점착되도록 더 우수한 화학 및 용융된 Bi에 대한 우수한 친화성을 나타내는 합금으로부터 선택된다.

[0031] 이들 실시양태에서, 제2 합금은 Bi-풍부 합금에 앞서 또는 그와 함께 용융한 후, 기판 상에서 용이하게 습윤되고 그에 점착될 것이다. 한편, Bi와 제2 합금 간의 우수한 친화성은 우수한 웨팅을 제공할 것이다. 따라서, Sn, Sn 합금, In 및 In 합금이 제2 합금이도록 선택된다. 선택된 제2 합금의 용융 온도를 기초로, 3개의 군이 범주화되었다. 군 A는 약 230℃ 내지 250℃의 고상선 온도를 갖는 첨가제 합금, 즉, Sn, Sn-Sb, Sn-Sb-X (X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 및 Zn) 합금 등을 포함한다. 군 B는 약 200℃ 내지 230℃의 고상선 온도를 갖는 땜납 합금, 예컨대 Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-X (X=Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 및 Zn) 및 Sn-Zn 합금 등을 함유한다. 군 C는 200℃ 미만의 고상선 온도를 갖는 땜납 합금, 즉, Sn-Bi, Sn-In, Bi-In, In-Cu, In-Ag 및 In-Ag-X (X=Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn 및 Zn), Sn-Bi-X (X = Ag, Al, Au, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn), Sn-In-X (X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn), 및 Bi-In-X (X = Ag, Al, Au, Co,

Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 또는 Zn) 합금 등을 갖는다. 이들 합금에서, Sn 및/또는 In은 시스템에서 반응제이다.

[0032] 본 발명의 한 실시양태에서, 제1 합금은 Bi-Ag 시스템 유래의 합금이고, 약 260℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제1 합금은 0 내지 20 wt%의 Ag와 그 나머지인 Bi를 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제1 합금은 2.6 내지 15 wt%의 Ag와 그 나머지인 Bi를 포함한다.

[0033] 본 발명의 제2 실시양태에서, 제1 합금은 Bi-Cu 시스템으로부터 선택되고, 약 270℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제1 합금은 0 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi를 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제1 합금은 0.2 내지 1.5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi를 포함한다.

[0034] 본 발명의 제3 실시양태에서, 제1 합금은 Bi-Ag-Cu 시스템으로부터 선택되고, 약 258℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제1 합금은 0 내지 20 wt%의 Ag 및 0 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi를 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제1 합금은 2.6 내지 15 wt%의 Ag 및 0.2 내지 1.5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Bi를 포함한다.

[0035] 본 발명의 제4 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Sb 시스템에서 유래되고, 약 231℃ 내지 약 250℃의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 20 wt%의 Sb와 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 15 wt%의 Sb와 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0036] 본 발명의 제5 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Sb-X (여기서, X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 및 Zn)를 포함하고, 약 230℃ 내지 약 250℃의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 20 wt%의 Sb 및 0 내지 20 wt%의 X와 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Sb 및 0 내지 5 wt%의 X와 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0037] 본 발명의 제6 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Ag를 포함하고, 약 221℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Ag와 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 5 wt%의 Ag와 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0038] 본 발명의 제7 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Cu를 포함하고, 약 227℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 2 wt%의 Cu와 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0039] 본 발명의 제8 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Ag-X (여기서, X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 및 Zn)를 포함하고, 약 216℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Ag 및 0 내지 20 wt%의 X와 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 5 wt%의 Ag 및 0 내지 5 wt%의 X와 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0040] 본 발명의 제9 실시양태에서, 제2 합금은 Sn-Zn을 포함하고, 약 200℃ 이상의 고상선 온도를 갖는다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 20 wt%의 Zn과 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 9 wt%의 Zn과 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0041] 본 발명의 제10 실시양태에서, 제2 합금은 약 139℃ 이상의 고상선 온도를 갖는 Bi-Sn 합금을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 8 내지 80 wt%의 Sn과 그 나머지인 Bi을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 30 내지 60 wt%의 Sn과 그 나머지인 Bi을 포함한다.

[0042] 본 발명의 제11 실시양태에서, 제2 합금은 약 120℃ 이상의 고상선 온도를 갖는 Sn-In 합금을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 80 wt%의 In과 그 나머지인 Sn을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 30 내지 50 wt%의 In과 그 나머지인 Sn을 포함한다.

[0043] 본 발명의 제12 실시양태에서, 제2 합금은 약 100 내지 약 200℃의 고상선 온도를 갖는 Bi-In 합금을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 50 wt%의 In과 그 나머지인 Bi을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 20 내지 40 wt%의 In과 그 나머지인 Bi을 포함한다.

[0044] 본 발명의 제13 실시양태에서, 제2 합금은 약 100 내지 약 200℃의 고상선 온도를 갖는 In-Cu 합금을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Cu와 그 나머지인 In을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 5 wt%의 Cu와 그 나머지인 In을 포함한다.

[0045] 본 발명의 제14 실시양태에서, 제2 합금은 약 100 내지 약 200℃의 고상선 온도를 갖는 In-Ag 합금을 포함한다.

특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 30 wt%의 Ag와 그 나머지인 In을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Ag와 그 나머지인 In을 포함한다.

[0046] 제15 실시양태에서, 제2 합금은 약 100 내지 약 200℃의 고상선 온도를 갖는 In-Ag-X (X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn 및 Zn) 합금이다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 20 wt%의 Ag 및 0 내지 20 wt%의 X와 그 나머지인 In을 포함한다. 특정 실시양태에서, 제2 합금은 0 내지 10 wt%의 Ag 및 0 내지 5 wt%의 X와 그 나머지인 In을 포함한다.

[0047] 본 발명의 추가의 실시양태는 혼합 땜납 페이스트의 제조 방법을 제공한다. 일부 실시양태에서, 제1 합금의 입자를 형성하고, 제2 합금의 입자를 형성한다. 이어서, 제1 및 제2 합금의 입자를 플럭스와 혼합하여 땜납 페이스트를 형성한다. 최종 페이스트는 제1 합금 분말 및 제2 합금 분말과, 그 나머지인 플럭스를 포함한다. 일부 실시양태에서, 제1 합금 입자는 적어도 약 260℃의 고상선 온도를 갖는 합금의 입자이다.

[0048] 추가의 실시양태에서, 제2 합금은 약 230℃ 내지 약 250℃의 고상선 온도를 갖는 합금, 약 200℃ 내지 약 230℃의 고상선 온도를 갖는 합금, 또는 약 200℃ 미만의 고상선 온도를 갖는 합금을 포함한다. 일부 실시양태에서, 페이스트는 약 60 내지 약 92 wt%의 제1 합금 분말, 0 wt% 초과이나 약 12 wt% 이하의 제2 합금 분말의 양과, 그 나머지인 플럭스로 구성된다. 추가의 실시양태에서, 제2 합금 분말은 2 내지 10 wt%의 혼합 땜납 페이스트이다.

[0049] 특정 실시양태에서, 제1 합금은 Bi-Ag 합금, Bi-Cu 합금, 또는 Bi-Ag-Cu 합금을 포함한다. 추가의 실시양태에서, 약 230℃ 내지 약 250℃의 고상선 온도를 갖는 합금은 Sn 합금, Sn-Sb 합금, 또는 Sn-Sb-X (여기서, X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 및 Zn) 합금을 포함한다. 또 다른 실시양태에서, 약 200℃ 내지 약 230℃의 고상선 온도를 갖는 합금은 Sn-Ag 합금, Sn-Cu 합금, Sn-Ag-X (여기서, X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb 및 Zn) 합금, 또는 Sn-Zn 합금을 포함한다. 또 다른 추가의 실시양태에서, 약 200℃ 미만의 고상선 온도를 갖는 합금은 Sn-Bi 합금, Sn-In 합금, 또는 Bi-In 합금을 포함한다.

[0050] 추가의 실시양태에서, 제2 합금 분말은 복수의 합금 분말로 구성된 분말을 포함한다. 예를 들어, 제2 합금 분말은 본원에 기재된 합금으로부터 선택된 상이한 합금의 믹스를 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 혼합 땜납 페이스트 중의 제1 및 제2 합금의 상대량은 땜납 적용에 따라 결정된다. 일부의 경우, 페이스트 중의 제2 땜납 합금의 양이 특정 한계치를 초과하여 증가하면, 최종 땜납 접합부 중에 일부 저융점 상이 보유될 가능성이 증가할 수 있다. 일부의 경우, 페이스트 중의 제2 땜납 합금의 양이 특정 한계치 미만이면, 기판에 대한 웨팅이 감소될 수 있다. 한 실시양태에서, 페이스트 중의 제2 땜납 합금의 양은 저융점 상이 리플로우 후 고융점 IMC로 완전히 전환될 수 있도록 결정된다. 추가의 실시양태에서, 페이스트 중의 제2 합금은 0 wt% 초과이나 약 12 wt% 미만의 양으로 다양하다. 특정 실시양태에서, 페이스트 중의 제2 합금은 약 2 wt% 초과이나 약 10 wt% 미만이다.

[0051] Sn의 반응성이 유지되는 한, 다양한 보통의 불순물 또는 소량의 상이한 원소에 추가로, 다른 원소가 이들 합금 내에 첨가 또는 혼입될 수 있다.

[0052] 일부 실시양태에서, 혼합 땜납 페이스트와 함께 땜납에 사용되는 리플로우 프로파일은 제1 합금의 용융 온도 초과로 빠르게 가열되도록 설계된다. 이러한 경우, 저온에서 더 짧은 침액(soaking) 시간으로 인해, 반응제, 예컨대 Sn은 기판을 향해 빠르게 흐르고, 반고체 용융된 풀(pool)이기보다는 완전히 용융된 풀에서 기판과 반응할 수 있다. 제1 및 제2 합금 둘 모두의 용융은, 제2 합금 원소의 용융된 땜납으로부터 기판 및 부품쪽으로의 확산 및 표면 상으로의 "침투"를 용이하게 하여 IMC 층을 형성할 것이다.

[0053] <실시예>

[0054] 본원에 기재된 범위를 포괄하는 다양한 혼합 합금 분말 땜납 페이스트를 땜납 성능에 대하여 시험하였다.

[0055] 하기 표 1에는 Bi11Ag 또는 Bi2.6Ag를 포함하는 제1 합금, Sn10Ag25Sb 또는 Sn10Ag10Sb를 포함하는 제2 합금, 및 플럭스를 사용하여 제조된 일례의 혼합 땜납 페이스트의 제형이 기재되어 있다.

[0056] <표 1>: 군 A 제2 합금을 사용한 혼합 땜납 합금의 중량 백분율

Bi11Ag	Bi2.6Ag	Sn10Ag25Sb	Sn10Ag10Sb	Sn15Sb	플럭스
80wt%		10wt%			10wt%
82wt%		8wt%			10wt%
84wt%		6wt%			10wt%
86wt%		4wt%			10wt%
42wt%	42wt%	6wt%			10wt%
86wt%			4wt%		10wt%
84wt%				6wt%	10wt%
86wt%				4wt%	10wt%

[0057]

[0058] 하기 표 2에는 Bi11Ag를 포함하는 제1 합금, Sn3.8Ag0.7Cu, Sn3.5Ag, Sn0.7Cu 또는 Sn9Zn을 포함하는 제2 합금, 및 플럭스를 사용하여 제조된 일례의 혼합 땜납 페이스트의 제형이 기재되어 있다.

[0059] <표 2>: 군 B 제2 합금을 사용한 혼합 땜납 합금의 중량 백분율

Bi11Ag	Sn3.8Ag0.7Cu	Sn3.5Ag	Sn0.7Cu	Sn9Zn	플럭스
84wt%	6wt%				10wt%
86wt%	4wt%				10wt%
84wt%		6wt%			10wt%
86wt%		4wt%			10wt%
84wt%			6wt%		10wt%
86wt%			4wt%		10wt%
84wt%				6wt%	10wt%
86wt%				4wt%	10wt%

[0060]

[0061] 하기 표 3에는 Bi11Ag를 포함하는 제1 합금, Bi42Sn, Bi33In 또는 In48Sn을 포함하는 제2 합금, 및 플럭스를 사용하여 제조된 일례의 혼합 땜납 페이스트의 제형이 기재되어 있다.

[0062] <표 3>: 군 C 제2 합금을 사용한 혼합 땜납 합금의 중량 백분율

Bi11Ag	Bi42Sn	Bi33In	In48Sn	플럭스
82wt%	8wt%			10wt%
84wt%	6wt%			10wt%
86wt%	4wt%			10wt%
82wt%		8wt%		10wt%
84wt%		6wt%		10wt%
86wt%		4wt%		10wt%
82wt%			8wt%	10wt%
84wt%			6wt%	10wt%
86wt%			4wt%	10wt%

[0063]

[0064] 표 1, 2 및 3에 기재된 각각의 페이스트를 제조하고, 3-홀(hole) 스테인레스 스틸 스텐실을 사용하여 시편 상에 인쇄하였다. Cu, Ni, 합금 42, 및 알루미나 시편이 사용되었다. 각각의 페이스트를 각각의 시편 상에 인쇄하였다. 홀은 직경이 1/4 인치였다. 인쇄된 시편을 혼합 합금 분말 땜납 페이스트에 대해 설계된 프로파일을 갖는 리플로우 오븐을 통해 리플로우하였다. 리플로우는 3-대역 리플로우 오븐에서 N_2 분위기 하에 380℃, 400℃ 및 420℃에서 13"/분의 벨트 속도로 수행하였다.

[0065] Cu 및 Ni 시편 상에서의 웨팅 성능은 육안으로 점검하였다. 모든 혼합 땜납 합금은 단일 BiAg 땜납 페이스트와 비교할 때 개선된 웨팅을 나타냈다. 도 3 및 4는 전형적인 결과를 대표하는 사진이다. 도 3은 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 일례의 혼합 합금 분말 땜납 페이스트의 웨팅 성능을 나타낸다. 왼쪽 이미지는 Cu 시편 상에서 리플로우된 페이스트를 나타내고; 오른쪽 이미지는 합금 42 시편 상에서 리플로우된 페이스트를 나타낸다. 도 4는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 52In48Sn+10 wt%의 플럭스로 이루어진 일례의 혼합 합금 분말 땜납 페이스트의 웨팅 성능을 나타낸다. 왼쪽 이미지는 Cu 시편(400) 상에서 리플로우된 페이스트(401)를 나타내고; 오른쪽 이미지는 합금 42 시편(405) 상에서 리플로우된 페이스트(402)를 나타낸다.

[0066] 리플로우된 땜납 볼을 DSC 시험을 위해 알루미나 시편으로부터 박리시켰다. Cu 시편 및 Ni 시편 상에 형성된 땜납 범프 또한 DSC 시험을 위해 펀칭하였다. DSC 측정은 시차 주사 열량계를 사용하여 10℃/분의 가열 속도로 수행하였다. 대표적인 DSC 곡선을 도 5 내지 7에 나타낸다. 도 5는 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn15Sb+10 wt%의 플럭스를 사용하여 생성된 접합부에 대한 DSC 곡선을 예시한다. 위쪽 곡선은 세라믹 시편 상에서 리플로우 후의 열 흐름 프로파일을 예시한다. 약 138℃에서의 스파이크는 제2 합금의 존재를 예시한다. 아래쪽 곡선은 Cu 시편 상에서 리플로우 후의 페이스트의 열 프름 프로파일을 예시한다. 아래쪽 곡선에서 상기와 같은 스파이크의 부재는 BiAg+SnSb 시스템에서의 저융점 상의 소멸을 입증한다. 도 6은 BiAg+SnAg 시스템에서의 저융점 상의 소멸을 예시한다. 도 6의 실험은, 도 5에서와 같이, 세라믹 및 Cu 시편 상에서 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스를 사용하였다. 도 7은 BiAg+BiSn 시스템에서의 소멸을 예시한다. 도 7의 실험은, 도 5 및 6에서와 같이, 세라믹 및 Cu 시편 상에서 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Bi42Sn+10 wt%의 플럭스를 사용하였다. 도 7에서, 세라믹 상에서 땜납 리플로우 후의 열 흐름 프로파일을 예시하는 위쪽 곡선은 저융점 상의 결여를 나타낸다. 이는 가능하게는 Sn과 Ag 간의 고친화성으로 인해, 제2 합금의 Sn이 최종 땜납 범프에서 IMC 내로 혼입되기 때문이다.

[0067] 땜납 범프와 Cu 또는 Ni 시편 간의 계면에서 IMC 두께를 결정하기 위해 샘플의 단면을 이미지화하였다. 대표적인 이미지를 도 8에 나타낸다. 도 8a는 Cu 시편 상에서 84 wt%의 Bi11Ag+6 wt%의 Sn3.5Ag+10 wt%의 플럭스를 사용한 땜납 범프의 단면이다. 도 8b는 Ni 시편 상에서 동일한 땜납 페이스트를 사용한 땜납 범프의 단면이다.

이들 결과가 나타내는 바와 같이, IMC 층 두께는 양쪽 시편 상에서 수 ㎛로 제한되었다.

[0068] 실시양태에서, 제2 땜납 합금은 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sb, 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sn, 및 Bi로 구성된 Bi-Sb-Sn 합금이다.

[0069] 실시양태에서, 제2 땜납 합금은 Bi-Sb-Sn-X 합금 (여기서, X = Ag, Al, Au, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt 또는 Zn)이다. 이들 실시양태의 구현예에서, Bi-Sb-Sn-X 합금은 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sb, 0 wt% 초과 내지 40 wt%의 Sn, 0 wt% 초과 내지 5 wt%의 X, 및 Bi로 구성된다.

[0070] 실시양태에서, 제1 땜납 합금은 Bi-Ag-Y 합금, Bi-Cu-Y 합금, 또는 Bi-Ag-Cu-Y 합금이고, 여기서, Y는 Al, Au, Co, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn 또는 Zn다. 이들 실시양태의 구현예에서, Y는 제1 땜납 합금의 0 wt% 초과 내지 5 wt% 범위이다.

[0071] 추가의 실시양태에서, 땜납 페이스트는 더 높은 중량 백분율의 제2 합금 분말, 더 낮은 중량 백분율의 제1 합금 분말, 또는 그의 일부 조합으로 구성된다. 이러한 한 실시양태에서, 땜납 페이스트는 44 wt% 내지 60 wt% 미만의 제1 합금 분말의 제1 땜납 합금 분말의 양, 0 wt% 초과 및 48 wt% 미만의 제2 합금 분말의 양, 및 0 wt% 내지 15 wt%의 플럭스의 양으로 구성된다. 본 실시양태의 특정 구현예에서, 제2 합금 분말의 양은 2 wt% 초과 및 40 wt% 미만일 수 있다.

[0072] 또 다른 상기와 같은 실시양태에서, 땜납 페이스트는 44 wt% 내지 87 wt%의 제1 땜납 합금 분말의 양, 13 wt% 내지 48 wt%의 제2 땜납 합금 분말의 양, 및 0 wt% 내지 15 wt%의 플럭스의 양으로 구성된다. 본 실시양태의 특정 구현예에서, 제2 합금 분말의 양은 26 wt% 내지 40 wt%일 수 있다.

[0073] 이들 추가의 실시양태에서, 더 높은 중량 백분율의 제2 합금 분말, 더 낮은 중량 백분율의 제1 땜납 합금 분말, 또는 조합은 땜납 페이스트의 균질성을 증진시킨다. 이와 같은 개선된 균질성은 더 작은 접합부 형성물에의 혼합 합금 땜납 페이스트의 적용을 가능케 하며, 이는 직경이 적어도 0.2 mm 정도로 작은 결합 접합부에 대해서도 웨팅 및 고온 성능 모두를 제공한다. 또한, 땜납 합금 분말의 상기와 같은 조합은 리플로우 후 훨씬 더 고온의 땜납 접합부 온도도 가능케 한다. 예를 들어, 이러한 한 구현예에서, 형성된 접합부 재용융 온도는 270℃보다 높을 수 있다. 또 다른 이러한 구현예에서, 형성된 접합부 재용융 온도는 최대 280℃ 또는 심지어 그 초과일 수 있다.

[0074] 본 발명의 다양한 실시양태가 상기에 기재되어 있지만, 그것들은 단지 예로써 제시된 것이고, 제한하고자 하는 것이 아님을 이해하여야 한다. 마찬가지로, 본 발명에 대해 다양한 다이아그램이 일례의 구조체 또는 다른 구성을 묘사할 수 있으며, 이는 본 발명에 포함될 수 있는 특징 및 기능의 이해를 돕도록 한다. 본 발명은 예시된 일례의 구조체 또는 구성으로 제한되지 않으나, 다양한 대안적인 구조체 및 구성을 사용하여 목적하는 특징이 구현될 수 있다. 사실상, 본 발명의 목적하는 특징을 구현하기 위해 어떻게 다른 기능적, 합리적 또는 물리적 분배 및 구성이 구현될 수 있는지는 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 또한, 다양한 분배에는 본원에 묘사된 것들 이외의 다수의 상이한 구성성분 모듈 명칭이 적용될 수 있다. 부가적으로, 흐름 다이아그램, 작동 설명 및 방법 특허청구범위와 관련하여, 단계가 본원에 제시되어 있는 순서는, 다양한 실시양태가, 문맥에 달리 묘사하지 않는 한, 언급된 기능을 동일한 순서로 수행하도록 구현되는 것으로 의도되어서는 안된다.

[0075] 비록 본 발명은 다양한 예시적 실시양태 및 구현예의 면에서 기재되어 있지만, 하나 이상의 개별 실시양태에 기재된 다양한 특징, 측면 및 기능은 그의 응용성에 있어서 이들이 기재된 특정 실시양태로 제한되지 않지만, 대신에, 그러한 실시양태가 기재되어 있는지의 여부에 관계 없이, 및 그러한 특징이 기재된 실시양태의 일부인 것으로 제시되어 있는지의 여부에 관계 없이, 본 발명의 하나 이상의 다른 실시양태에 단독으로 또는 다양한 조합으로 적용될 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서, 본 발명의 폭 및 범주는 임의의 상기한 예시적 실시양태로 제한되어서는 안된다.

[0076] 본 문헌에서 사용된 용어 및 문구, 및 그의 변형은, 달리 명시되지 않는 한, 제한이 아닌 개방적인 것으로서 해석되어야 한다. 상기의 일례로서, 용어 "포함하는"은 "제한 없이 포함하는" 등을 의미하는 것으로서 독해되어야 하고; 용어 "예"는 논의되는 항목의 예시적 경우를 제공하기 위해 사용되고, 그의 총괄적 또는 제한적 열거는 아니며; 단수 표현 용어는 "적어도 하나", "하나 이상" 등을 의미하는 것으로서 독해되어야 하고; "통상의", "통상적인", "보통의", "표준", "공지된"과 같은 형용사 및 유사한 의미의 용어는 기재된 항목을 지정된 기간으로 또는 지정된 시점에서 이용가능한 항목으로 제한하는 것으로서 해석되어서는 안되지만, 대신에, 현재 또는 미래의 임의의 시점에서 이용가능하거나 공지될 수 있는 통상의, 통상적인, 보통의, 또는 표준 기술을 포괄하는

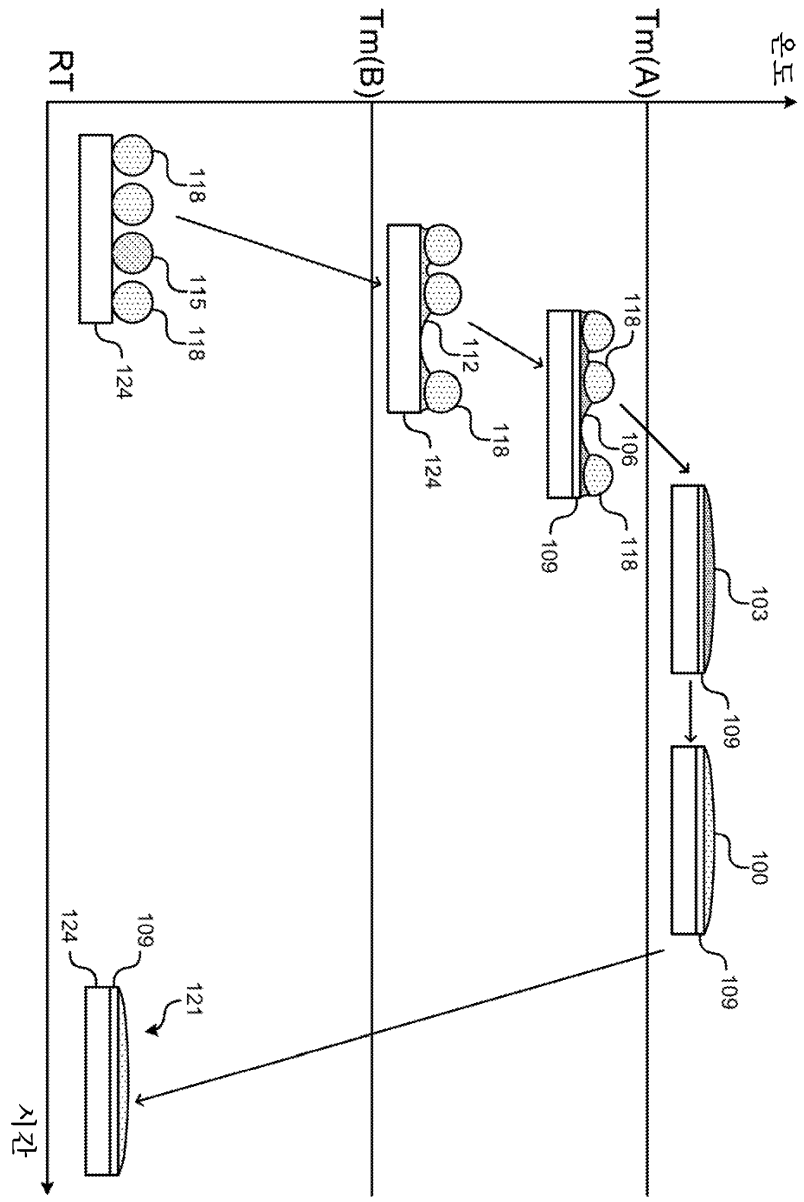
것으로 독해되어야 한다. 마찬가지로, 본 문헌이 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백하거나 공지된 기술을 언급하는 경우, 그러한 기술은 현재 또는 미래의 임의의 시점에서 통상의 기술자에게 명백하거나 공지된 것들을 포괄한다.

[0077] 일부 경우에서 "하나 이상", "적어도", "이에 제한되지는 않으나" 등의 문구와 같은 광범위한 단어 및 문구의 존재는, 그러한 광범위한 문구가 부재할 수 있는 경우에 더 좁은 경우가 의도되거나 요구되는 것을 의미하는 것으로 독해되어서는 안된다. 용어 "모듈"의 사용은 모듈의 일부로서 기재 또는 청구된 구성요소 또는 기능이 공통 패키지에 모두 구성되는 것을 내포하는 것은 아니다. 사실상, 제어 논리이든지 다른 구성요소이든지, 모듈의 다양한 구성요소 중 어느 하나 또는 모두는 단일 패키지로 조합될 수 있거나 또는 별도로 유지될 수 있고, 추가로, 다중 그룹화 또는 패키지에 또는 다중 위치를 가로질러 분포될 수 있다.

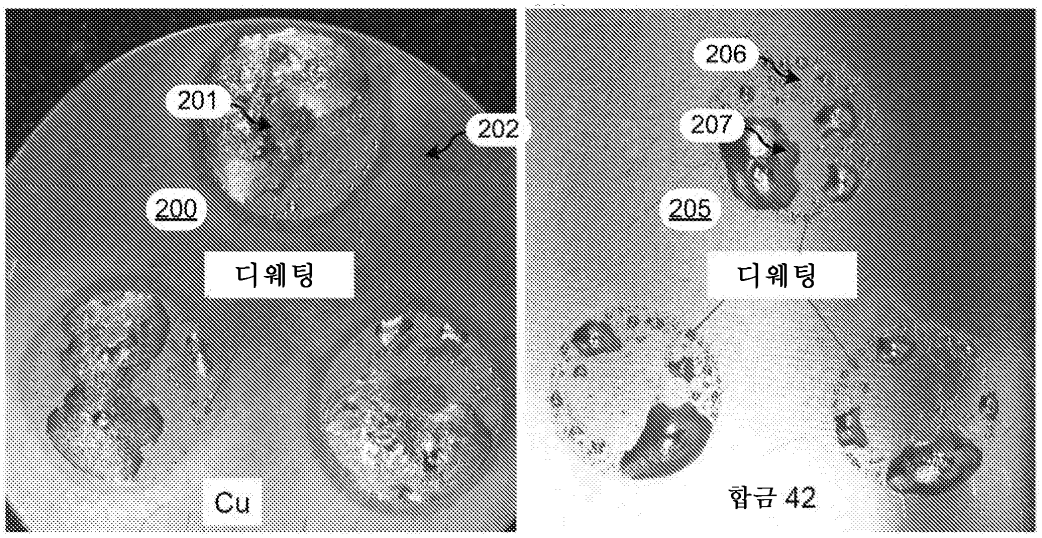
[0078] 부가적으로, 본원에 기술된 다양한 실시양태는 예시적 블록 다이아그램, 흐름 차트 및 다른 예시의 면에서 기재되어 있다. 본 문헌의 독해 후 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 명백해지는 바와 같이, 예시된 실시양태 및 그의 다양한 별볍은 예시된 예에 얽매이지 않고 구현될 수 있다. 예를 들어, 블록 다이아그램 및 그의 첨부된 설명은 특정 구조체 또는 구성을 의도하는 것으로 해석되어서는 안된다.

도면

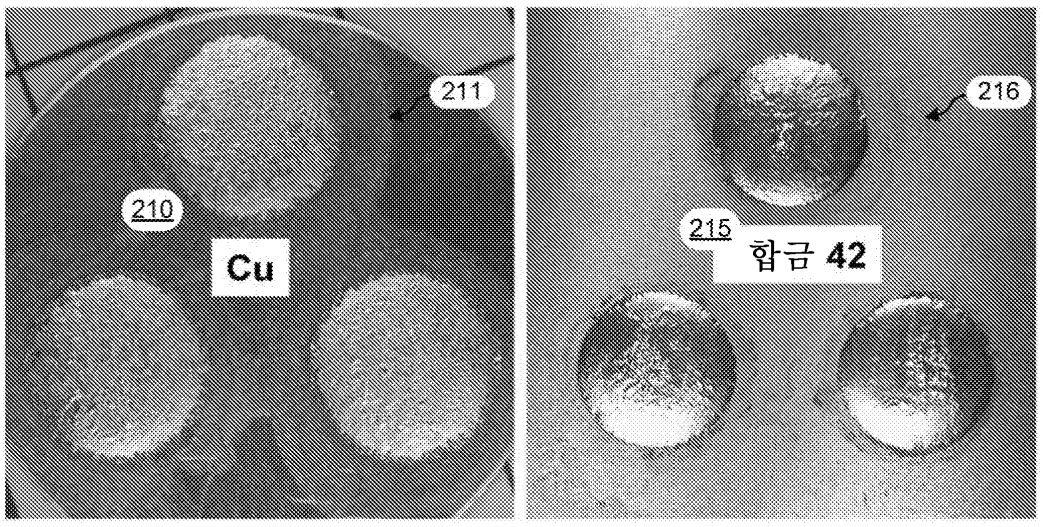
도면1


온도
Tm(A)
Tm(B)
RT
시간
103
109
100
109
118
106
118
109
112
118
124
118
115
118
124
124
109
121

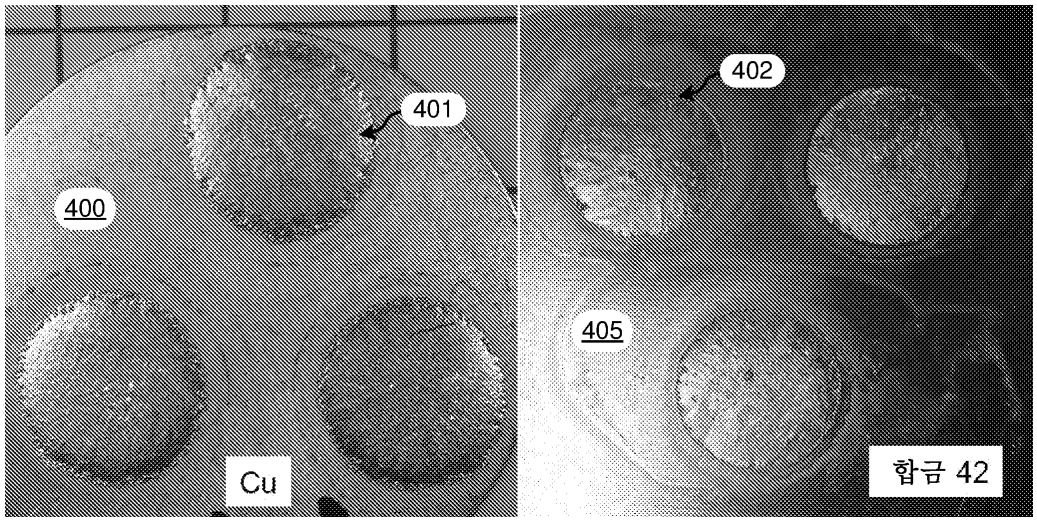
도면2



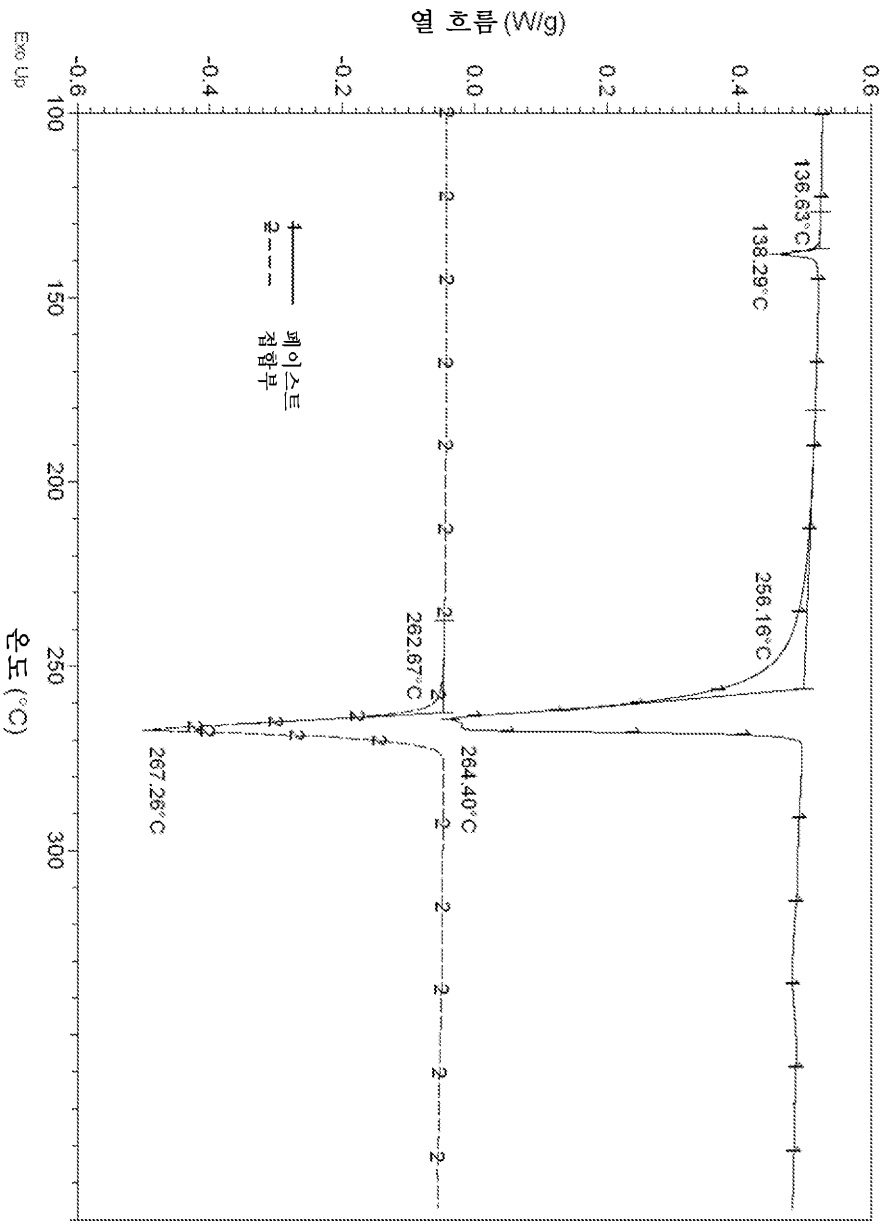
도면3



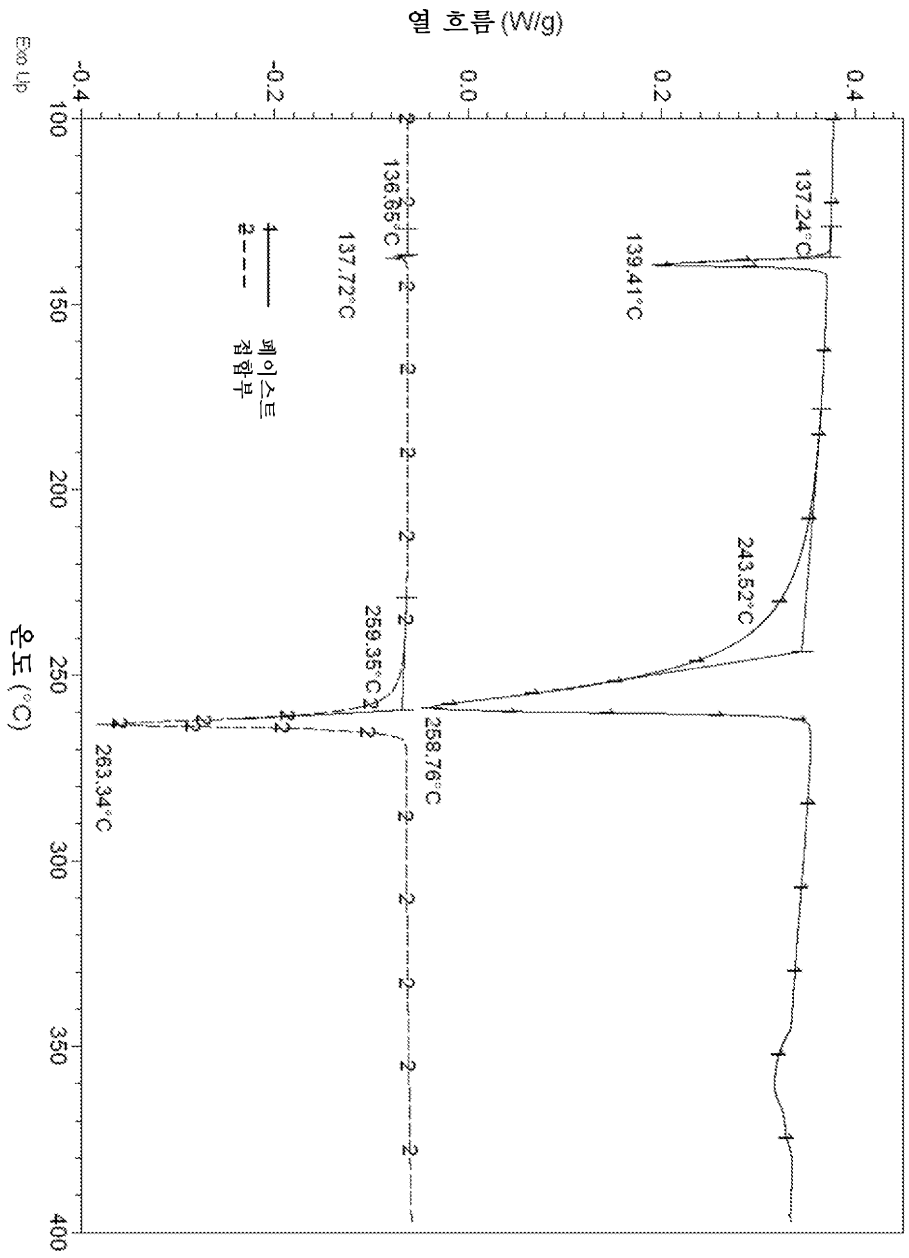
도면4



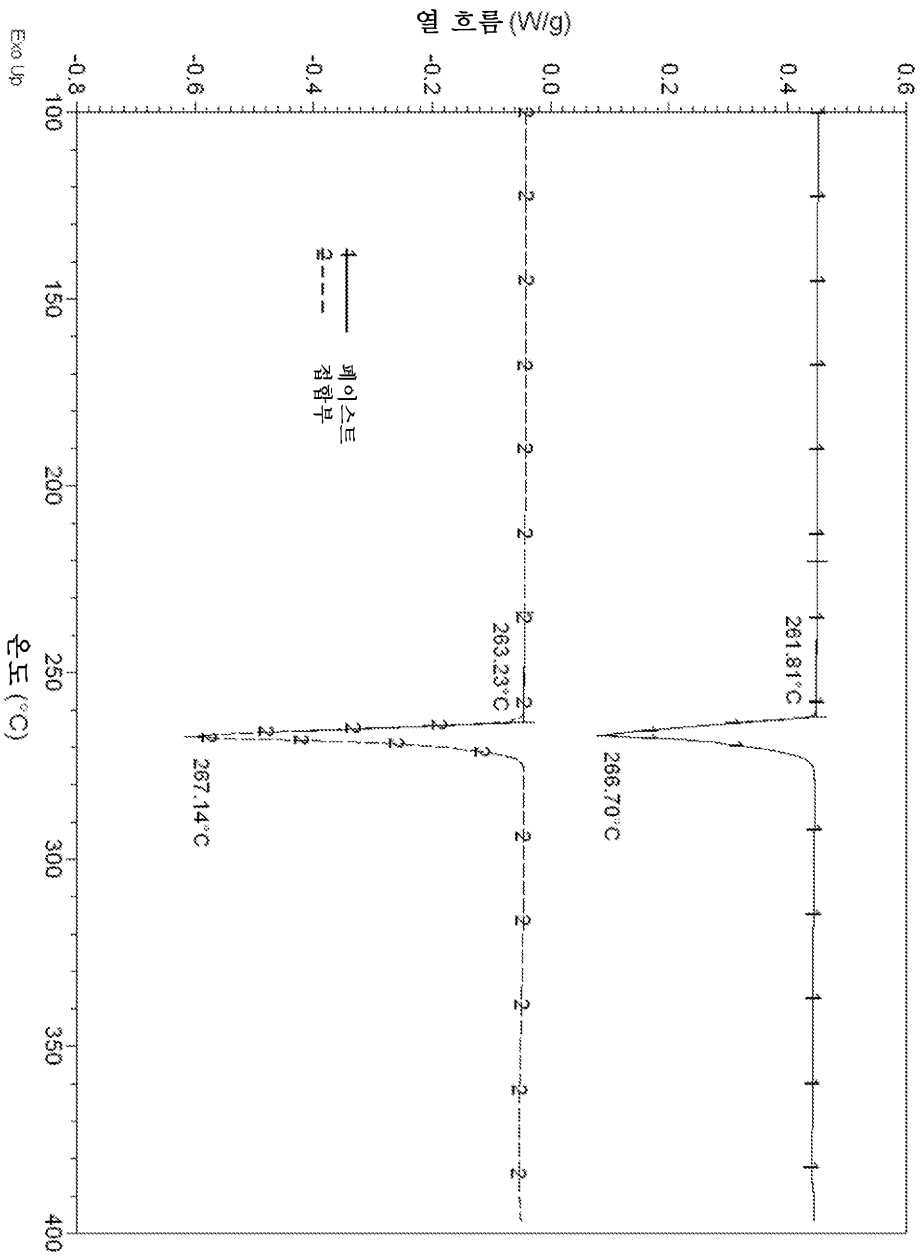
도면5


열 흐름 (W/g)
Exo Up
-0.6
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
0.6
온도 (°C)
100
150
200
250
300
1
2
베이스트
접합부
136.63°C
138.29°C
256.16°C
262.67°C
264.40°C
267.26°C

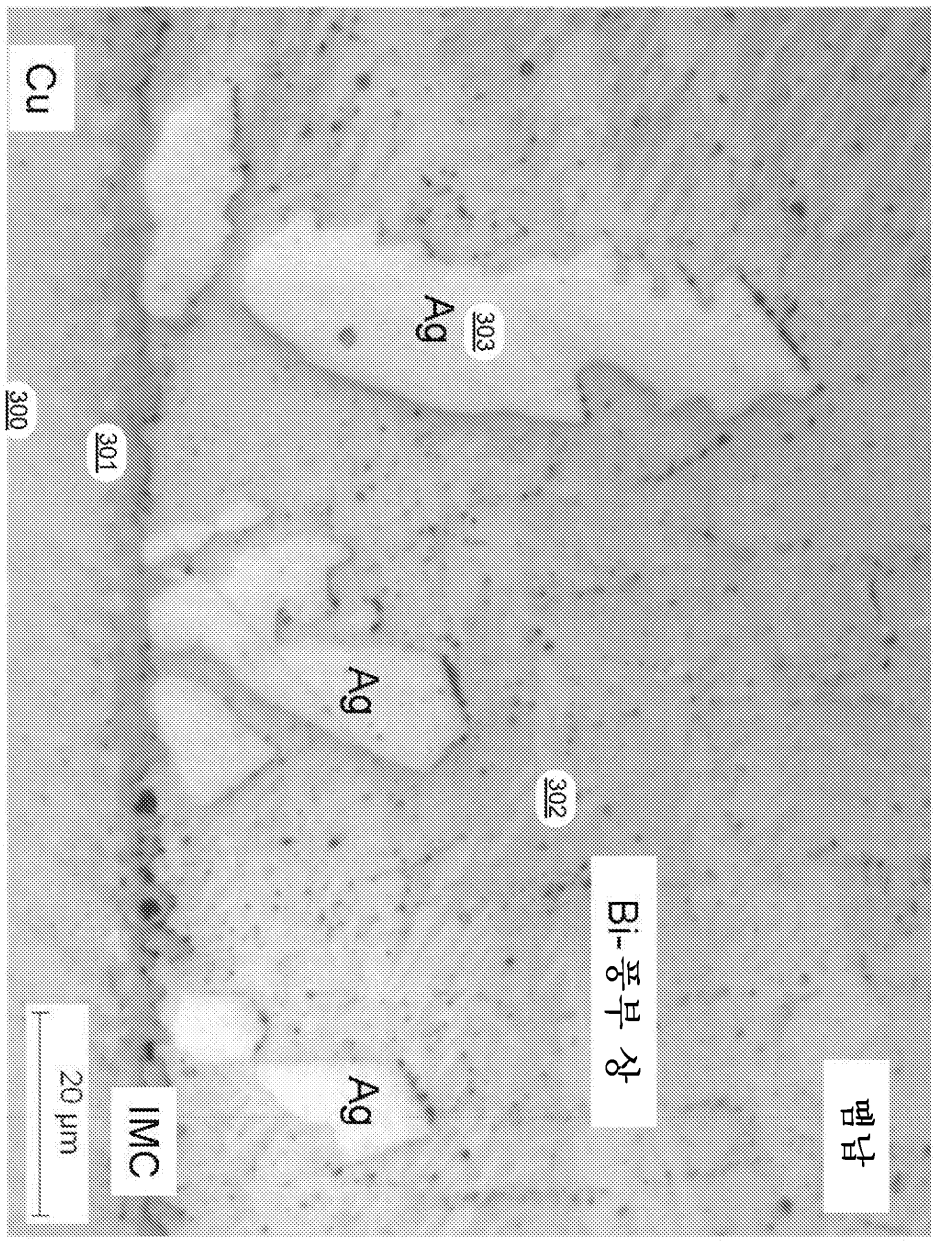
도면6


열 흐름 (W/g)
Exo Up
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
온도 (°C)
100
150
200
250
300
350
400
137.24°C
139.41°C
243.52°C
136.85°C
137.72°C
250.35°C
258.76°C
263.34°C
베이스트
접합부

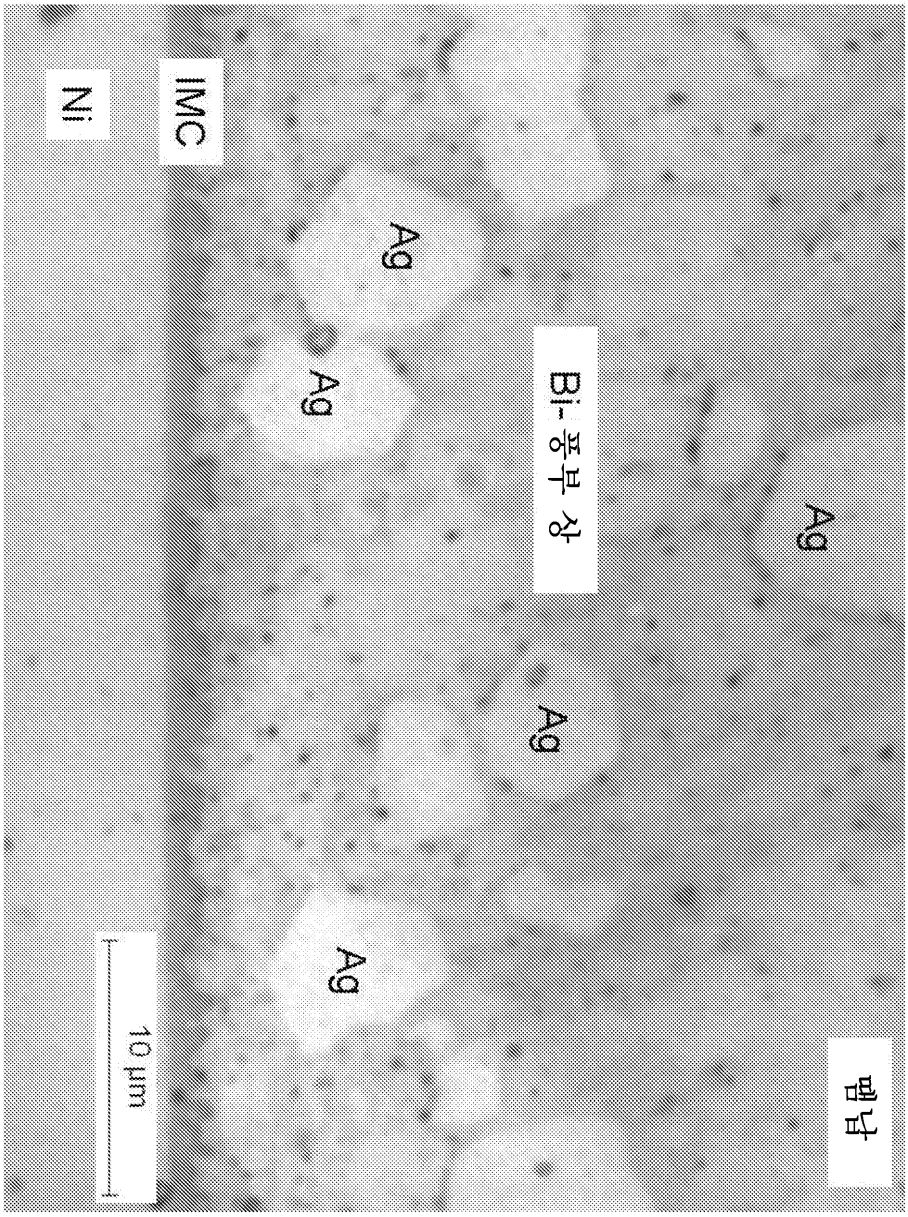
도면7


열 흐름 (W/g)
Exo Up
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
100
150
200
250
300
350
400
온도 (°C)
261.81°C
266.70°C
263.23°C
267.14°C
페이스트
결합부

도면8a



도면8b



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11, 3번째 줄

【변경전】

플럭스로 이루어진 땜납 페이스트이며,

【변경후】

0 wt% 내지 15 wt%의 플럭스로 이루어진 땜납 페이스트이며,