(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.^{7}
B23K 35/40

(45) 공고일자 2004년07월02일
(11) 등록번호 10-0438409
(24) 등록일자 2004년06월22일

(21) 출원번호 10-2001-0066369
(22) 출원일자 2001년10월26일

(65) 공개번호 10-2003-0034688
(43) 공개일자 2003년05월09일

(73) 특허권자 한국과학기술원
대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자 이진형
대전광역시유성구어은동한빛아파트107동603호

황성용
경상북도울진군평해읍학곡2리780

(74) 대리인 황이남

심사관 : 서재엽

(54) 복합솔더 및 이의 제조방법

요약

본 발명은 땜납 및 솔더볼 재료에서 크리프 강도 및 신뢰성을 높이기 위한 복합솔더 및 이의의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 복합솔더 제조방법은 고체분말을 사용하지 않으면서 솔더기지 내에 입자 형태의 금속간화합물 강화재를 인-시튜 공정으로 분산시키는 경제적이며 효과적이다.

본 발명의 복합솔더 제조방법은 응고과정에서 강화재가 될 금속간화합물이 초정으로 솔더기지 내에 형성되는 조성의 솔더합금을 액상선 이상으로 가열하여 용해시킨 후 응고시켜 솔더기지 내에 금속간화합물을 형성시키는 단계와, 솔더합금 내의 금속간화합물을 압연이나 인발 등의 소성가공으로 금속간화합물을 미세한 입자로 파쇄하는 소성가공 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 의해 솔더합금 내부에 균일하게 파쇄된 금속간화합물은 솔더기지 보다 융점이 높으므로 땜납 공정이나, 리플로우 공정에서 녹지 않고 고체상태를 계속 유지할 수 있으므로, 기지 내에서 입자상태로 계속 존재할 수 있어서 접합부의 강도를 향상시킬 수 있다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 주석-구리(Sn-Cu) 상태도이다.

도 2는 수지상 형태를 갖는 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 압연에 의해서 파쇄되면서 재분배되는 예시도

도 3은 90.2Sn-6.9Cu-2.9Ag 조성을 갖는 합금의 응고조직을 나타낸 사진

도 4는 도 3의 합금을 압연시킨 박판의 조직사진
도 5는 도 4의 압연한 박판을 디스크 형상으로 자른 다음 재용융시켜 구형화 된 솔더볼의 미세조직을 나타낸 사진
도 6은 Sn-3.5Ag 조성의 솔더볼과 도 5의 복합솔더볼을 리플로우 땜납한 직후의 조직사진
도 7은 도 6의 솔더볼을 소둔한 조직사진
도 8은 도 6과 도 7의 솔더볼의 볼 전단 시험(ball shear test)에 의한 전단 강도를 보여주는 도표

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 땜납(solder) 및 솔더볼(solder ball) 재료에서 크리프 강도 및 신뢰성을 높이기 위한 복합솔더(compostie solder) 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

멀티미디어 및 이동통신 산업의 발전과 함께 컴퓨터, 노트북, 휴대폰, 기타 전자부품은 소형화, 경량화 추세로 가고 있다. 이에 따라 전자 패키지의 소형화와 표면실장기술의 발전에 따라 패키지 내에서 전기적, 기계적 연결을 해주는 솔더의 신뢰성이 중요시되고 있다. 칩과 기판, 칩과 칩, 기판과 기판을 연결해주는 솔더는 칩이 100℃ 이상의 고온에서 작동하기 때문에 피로와 크립(creep)에 의한 파괴가 일어난다.

이러한 파괴에 대한 저항성을 높이기 위해서 솔더에 미세한 분산상을 첨가하여 강화시킨 복합솔더에 관한 연구가 진행되고 있다. 강화재로 작용하는 분산상은 균열의 발생을 억제시키고, 입계 미끄러짐(grain boundary sliding)을 방지하며, 또한 솔더와 기판사이의 계면 반응층의 성장을 억제시켜 피로강도를 증가시킴으로써 솔더의 신뢰성을 향상시킨다.

종래의 복합솔더를 제조하는 가장 간단한 방법은 Cu_6Sn_5, Ni_3Sn_4 등의 고체 분말을 용융된 주석-은(Sn-Ag) 솔더와 혼합한 후 응고시키는 방법이 있다. 이때 용융 된 솔더와 분말을 기계적으로 혼합함으로써 분말이 용융된 솔더에 균일하게 분포하도록 한다. 용융된 주석-은 솔더와 구리(Cu)분말을 혼합하여 구리분말을 용탕의 주석(Sn)과 반응시켜 Cu_6Sn_5 입자를 솔더기지 내에 얻는 인-시튜(in-situ) 방법도 있다. 이러한 방법들은 분말의 산화피막을 제거하여 젖음성을 좋게 하기 위해 분말과 용제(Flux)를 함께 섞은 후 용융된 솔더에 넣는다.

또 다른 방법은 솔더분말과 강화재 분말을 섞어서 페이스트(Paste)로 만드는 방법이 있다.

그러나 분말을 사용시에는 분말의 제조단가가 높고 젖음성을 좋게하기 위한 용제는 환경오염의 원인이 된다. 그리고 분말이 미세할 경우 산화피막에 의해 용융된 솔더와 젖음성이 나빠져서 혼합이 어렵게 된다. 또한 분말을 기지내에 균일하게 분포시키기 위해 용융된 솔더를 기계적으로 혼합할 경우 용탕 표면의 산화가 더욱 가속되는 문제가 있다.

입자 강화재를 솔더기지 내에 균일하게 분포시키기 위한 방법으로 철과 같이 자성을 가지는 분말들은 자장을 걸어줌으로써 기지 내에 더욱 균일하게 분포시킬 수 있다. 그러나 이 방법은 자장을 걸어줘야 하기 때문에 제조장치가 복잡해지고 자성을 가지는 입자에만 이러한 기술을 적용할 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 고체분말을 사용하지 않으면서 솔더기지 내에 입자 형태의 금속간 화합물(Intermetallic compound) 강화재를 분산시키는 경제적이며 효과적인 복합솔더 제조방법이다. 우선 합금조성을 조절하여 응고과정에서 강화재가 될 금속간화합물이 초정의 수지상, 세포상, 판상, 또는 입자 형태로 솔더기지 내에 형성되도록 주조한다. 이렇게 주조한 합금을 압연(Rolling)이나 인발(Drawing) 등의 소성가공으로 금속간화합물을 미세한 입자로 파쇄시킴과 동시에 소성변형에 의해 균일하게 기지에 재분포 되게 할 수 있다.

이렇게 생성된 금속간화합물은 솔더기지 보다 융점이 높으므로 땜납 공정이나, 리플로우 공정에서 녹지 않고 고체상태를 계속 유지할 수 있으므로, 기지 내에서 입자상태로 계속 존재할 수 있어서 접합부의 강도를 향상시킬 수 있다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 복합솔더 제조방법은 응고과정에서 강화재가 될 금속간화합물이 초정으로 솔더기지 내에 형성되는 조성의 솔더합금을 액상선 이상으로 가열하여 용해시킨 후 응고시켜 솔더기지 내에 금속간화합물을 형성시키는 단계와,
솔더합금 내의 금속간화합물을 압연(Rolling)이나 인발(Drawing) 등의 소성가공으로 금속간화합물을 미세한 입자로 파쇄하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기에서 금속간화합물은 Cu_6Sn_5, Ni_3Sn_4, $FeSn_2$, Cu_3Sn, $AgIn_2$, $AuSn_4$, AuSn, $InSn_4$, $PdSn_4$, $PdSn_3$, Sb_2Sn_3, SbSn, Sn_4Sr, Ti_6Sn_5 중에서 선택된 1종류이며 이러한 금속간화합물들은 주조단계에서 솔더기지 내에서 수지상, 세포상, 판상 또는 입자형태로 존재하며 소성 가공 단계에서 미세한 입자로 파쇄될 수 있다.

본 발명에서 솔더합금의 기지상의 조성은 솔더기지의 조성은 주석(Sn)을 주성분으로 하고 납(Pb), 은(Ag), 비스무스(Bi), 인듐(In), 구리(Cu)중에서 선택된 어느 하나 또는 둘 이상이 함유된 합금, 금(Ag)을 주성분으로 하는 합금 또는

인듐(In)을 주성분으로 하고 은(Ag), 비스무스(Bi), 구리(Cu)중에서 선택된 어느 하나 또는 둘 이상이 함유된 합금을 사용할 수 있으며 이들 기지 내에 위의 금속간 화합물 중에서 하나를 초정으로 형성시킨다.

솔더합금 주조시 합금의 용해온도는 솔더합금 상태도의 액상선 이상의 온도로 가열하여 솔더합금을 용해시킬 수 있으면 되고, 솔더합금을 주조할 때 용탕의 냉각속도를 크게 하여 수지상, 판상, 세포상, 입자형태의 금속간 화합물을 미세하게 얻은 후 압연공정 또는 인발공정의 소성과정에서 더욱 미세한 입자로 파쇄시킬 수 있다. 큰 냉각속도를 얻을 수 있는 방법은 금형에 주조 하거나, 연속주조, 스트립 캐스팅(strip casting), 멜트 스피닝(melt spinning), 또는 물과 오일과 같은 액체에 급냉 시키는 방법이 있다.

이상과 같이 응고과정에서 나타난 수지상, 세포상, 판상, 입자 형태의 금속간 화합물은 초격자 구조를 가지므로 취성이 강하여 압연, 인발가공 등의 소성가공에서 쉽게 입자로 파쇄될 수 있다.

본 발명의 핵심은 합금조성을 조절하여 금속간화합물을 솔더기지내에 초정으로 응고시킨 후 소성가공으로 파쇄하여 재분포 시키는 데 있다. 이때 형성된 금속 간화합물의 융점이 솔더기지의 융점보다 높으므로 땜납공정, 재용해 구형화처리, 리플로우 공정 등에서 솔더와 화학적으로 반응하지 않아 녹지 않고 고체 상태로 유지된다.

본 발명은 Cu_6Sn_5, Ni_3Sn_4, $FeSn_2$, Cu_3Sn, $AgIn_2$, $AuSn_4$, AuSn, $InSn_4$, $PdSn_4$, $PdSn_3$, Sb_2Sn_3, SbSn, Sn_4Sr 또는 Ti_6Sn_5 등의 취성이 강한 금속간화합물에 적용할 수 있다.

이하 본 발명을 다음의 실시예에 의하여 설명하고자 한다. 그러나 이들이 본 발명의 권리를 한정하는 것은 아니다.

<실시예 1>

주석(Sn) 기지 내에 Cu_6Sn_5 입자 강화재를 분산시킨 복합솔더를 제조하는 방법을 설명한다. 도 1은 주석-구리(Sn-Cu) 상태도로서 Sn과 에타(η)상의 공정온도는 227℃, 공정조성은 99.3Sn-0.7Cu이다. Cu 조성을 0.7wt% 이상으로 하여 합금을 만든다면 에타(η)상인 Cu_6Sn_5 금속간화합물이 수지상 형태의 초정(primary crystal)으로 나타나고, 기지는 Sn-Cu 공정조직으로 응고된다.

Cu가 7.6wt% 이상이면 입실론(ε)상도 415℃ 이상에서 나타나지만 415℃ 이하에서 편정반응으로 에타(η)상으로 바뀐다. 에타(η)상의 부피분율은 Cu 함량으로 조절하는데 가령 5.2wt% Cu 에서 10vol% 에타(η)상을 얻는다.

합금의 용해방법은 Sn 주괴와 Cu 주괴를 섞은 후 액상선 이상의 온도로 가열하면 융점이 낮은 Sn 주괴가 먼저 녹은 후 Cu 주괴가 Sn 용탕 내로 용해된다. 이때 용탕의 산화를 억제하기 위해 질소(N_2) 또는 아르곤(Ar) 등의 불활성 가스 분위기를 만들어 준다.

주조된 주괴를 압연이나 인발가공 등의 방법으로 소성가공하면 경도가 높고 취성이 강한 Cu_6Sn_5 금속간화합물은 수지상에서 입자로 파쇄되면서, 솔더 기지내에 균일하게 재분배되고 압연 횟수를 늘리고 주조된 주괴를 여러 방향으로 압연함으로써 보다 미세한 입자를 얻을 수 있으며 입자의 분포도 더욱 균일해진다.

도 2는 수지상 형태를 갖는 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 압연에 의해서 파쇄되면서 재분배되는 예시도를 보여준다.

<실시예 2>

주석(Sn), 은(Ag) 및 구리(Cu)의 주괴를 원료로 공지의 방법을 이용하여 90.2Sn-6.9Cu-2.9Ag 조성을 갖는 솔더합금을 제조하였다.

도 3은 90.2Sn-6.9Cu-2.9Ag 조성을 갖는 합금의 응고조직을 나타낸 사진이다. 이 합금은 수지상의 Cu_6Sn_5 금속간화합물이 초정으로 나타나고 기지는 3원계 공정조직($L \rightarrow \beta Sn + Cu_6Sn_5 + Ag_3Sn$)이 나타난다.

도 4는 도 3의 90.2Sn-6.9Cu-2.9Ag 조성을 갖는 합금을 압연시킨 박판의 조 직사진으로서, 도 3에서 나타난 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 파쇄되었음을 보여준다. 도 5는 도 4의 압연한 박판을 펀치를 이용하여 디스크(disc) 형상으로 자른 다음 뜨거운 오일에 넣어서 재용융시켜 구형화 된(disc-forming method) 솔더볼의 미세조직(16vol% Cu_6Sn_5 입자)을 보여준다.

도 6의 우측 그림은 도 5의 솔더볼을, 좌측 그림은 Sn-3.5Ag 조성의 솔더볼을 리플로우 땜납(reflow soldering) 한 것을 보여준다. 이때, 두 솔더볼은 리플로우 노(reflow furnace)에서 동시에 흘려줌으로써 땜납 조건을 똑같이 한 것이다. 도 6의 우측 그림에서 Cu_6Sn_5 입자들은 솔더기지보다 밀도가 크기 때문에 침강이 일어난다. 따라서 솔더볼의 위쪽부분은 Cu_6Sn_5 입자가 존재하지 않는 것을 볼 수 있다.

도 7의 좌측 솔더볼은 도 6의 좌측 솔더볼을, 우측 솔더볼은 도 6의 우측 솔더볼을 10일 동안 150℃에서 소둔한 것으로 솔더 기지뿐만 아니라 강화재인 Cu_6Sn_5 입자들도 조대화가 일어났다. 시간의 경과에 따른 솔더의 신뢰성을 시험하기 위해서 실제 칩의 작동 온도보다 높은 150℃에서 10일동안 소둔하였다.

도 8은 도 6의 솔더볼과 도 7의 솔더볼을 볼 전단 시험(Ball Shear Test)한 것으로 리플로우 땜납 직후의 전단 강도는 Sn-3.5Ag 조성의 솔더볼과 복합솔더볼이 비슷하지만 소둔할 경우 복합솔더가 Sn-3.5Ag 조성의 솔더볼보다 큰 것을 보여 준다.

발명의 효과

본 발명에 의해 제조한 복합설더는 다음과 같은 효과를 가진다.

첫째, 분말을 사용하지 않고 주괴 금속을 사용하여 인-시튜(in-situ) 공정으로 입자복합솔더를 만들기 때문에 저비용/고신뢰성의 입자복합솔더를 만들 수 있다.

둘째, 무연솔더에 본 고안을 적용할 수 있고 분말을 사용하지 않으므로 환경 친화적이다.

셋째, 본 발명은 압연 또는 인발가공을 하기 때문에 판상땜납(preform solder), 선상땜납(wire solder), 솔더볼(solder ball)로 제품 생산이 가능하다.

넷째, 압연 또는 인발 등의 소성가공으로 금속간 화합물을 입자로 파쇄/재분포시킴으로써 매우 미세하고 균일하게 분포된 입자복합솔더를 얻을 수 있다.

다섯째, 기지는 상용되는 솔더의 조성과 동일하여 똑같은 융점을 가지며 기지에 미세하게 분산된 입자 강화재가 입계 미끄러짐 현상을 방지하고, 핵생성 장소가 되어 결정립을 더욱 미세하게 만들어 균열의 생성 및 전파를 억제함으로써 솔더의 신뢰성을 높일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

금속간화합물로 강화된 복합솔더의 제조방법에 있어서,

(a) 공정조성의 솔더기지에 상기 솔더기지보다 융점이 높은 금속간화합물을 구성할 금속원소를 혼합하고, 액상선이상으로 가열하여 용해시키는 단계;

(b) 상기 단계 a에서 얻은 용융액을 응고시켜 솔더기지내에 금속간화합물을 형성시키는 단계; 및

(c) 솔더기지내의 금속간화합물을 소성가공하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 2.

제 1항에 있어서, 금속간화합물은 Cu_6Sn_5, Ni_3Sn_4, $FeSn_2$, Cu_3Sn, $AgIn_2$, $AuSn_4$, AuSn, $InSn_4$, $PdSn_4$, $PdSn_3$, Sb_2Sn_3, SbSn, Sn_4Sr,Ti_6Sn_5 중에서 선택된 1종류 임을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 3.

제 1항에 있어서, 소성가공은 인발가공 또는 압연가공 임을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 4.

제 1항에 있어서, 솔더기지의 조성은 주석(Sn)을 주성분으로 하고 납(Pb), 은(Ag), 비스무스(Bi), 인듐(In), 구리(Cu) 중에서 선택된 어느 하나 또는 둘 이상이 함유된 합금 임을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 5.

제 1항에 있어서, 솔더기지의 조성은 금(Ag)을 주성분으로 하는 합금 임을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 6.

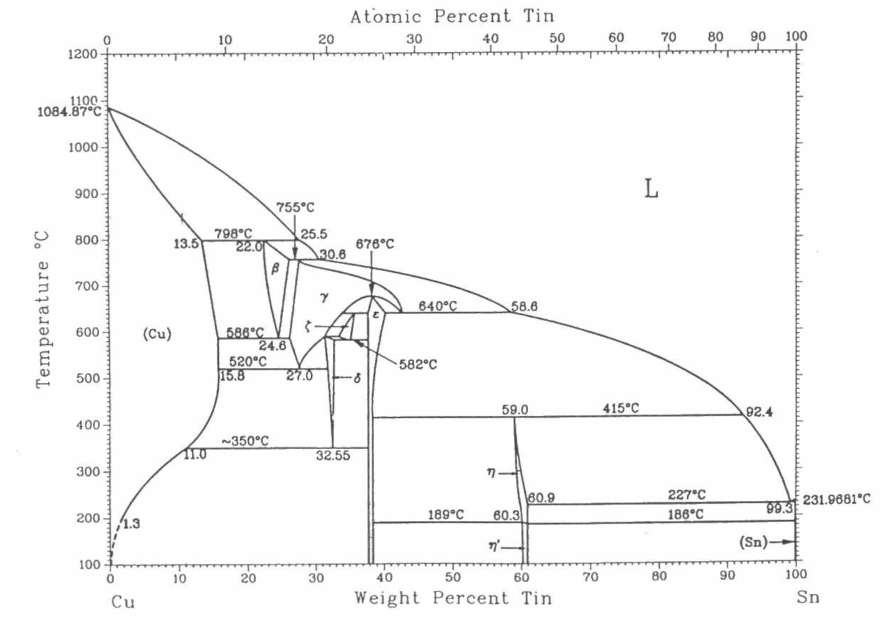
제 1항에 있어서, 솔더기지의 조성은 인듐(In)을 주성분으로 하고 은(Ag), 비스무스(Bi), 구리(Cu)중에서 선택된 어느 하나 또는 둘 이상이 함유된 합금 임을 특징으로 하는 복합솔더의 제조방법

청구항 7.

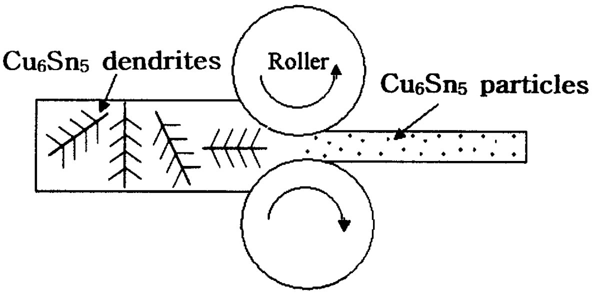
삭제

도면

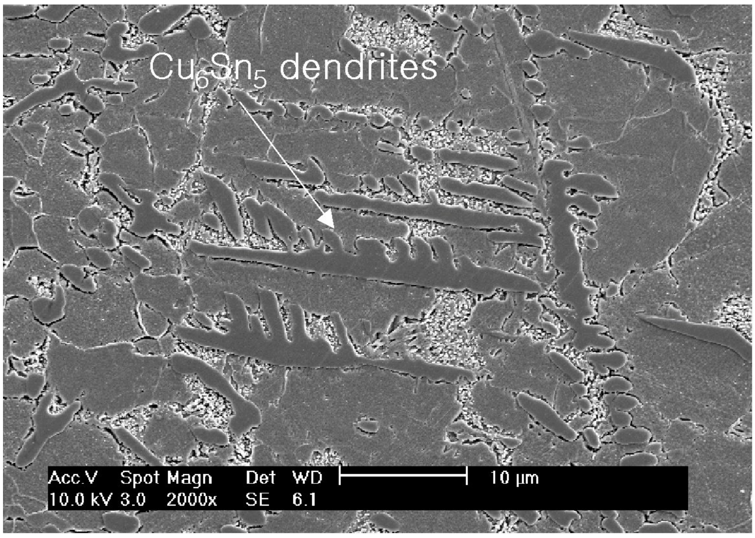
도면1



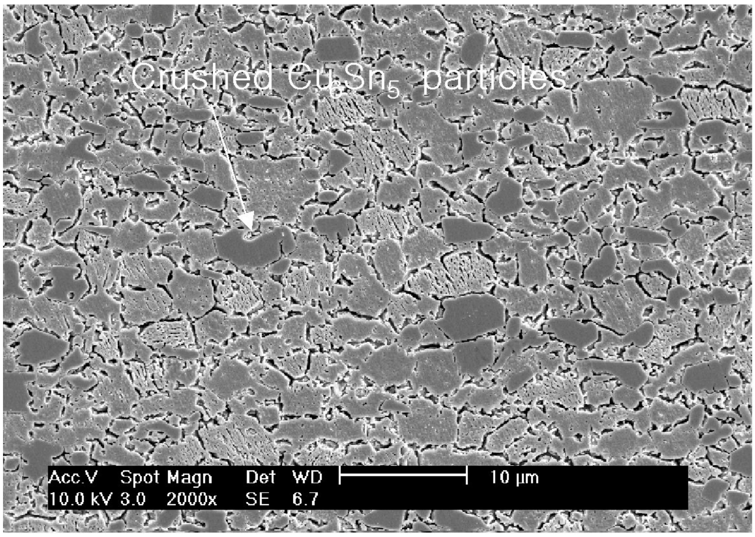
도면2


Cu6Sn5 dendrites
Roller
Cu6Sn5 particles

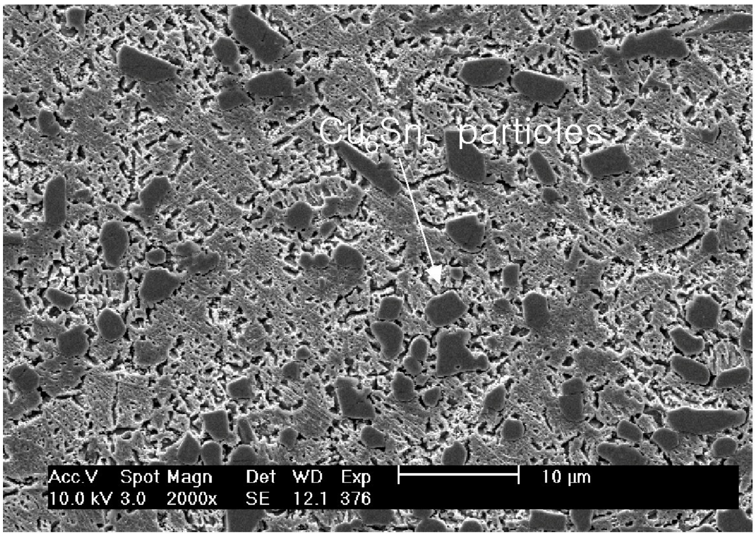
도면3


Cu6Sn5 dendrites
Acc.V Spot Magn Det WD 10 μm
10.0 kV 3.0 2000x SE 6.1

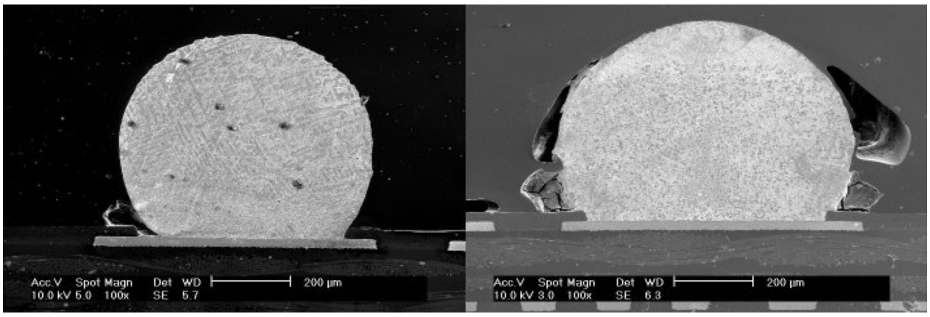
도면4


Crushed Cu6Sn5 particles
Acc.V Spot Magn Det WD 10 μm
10.0 kV 3.0 2000x SE 6.7

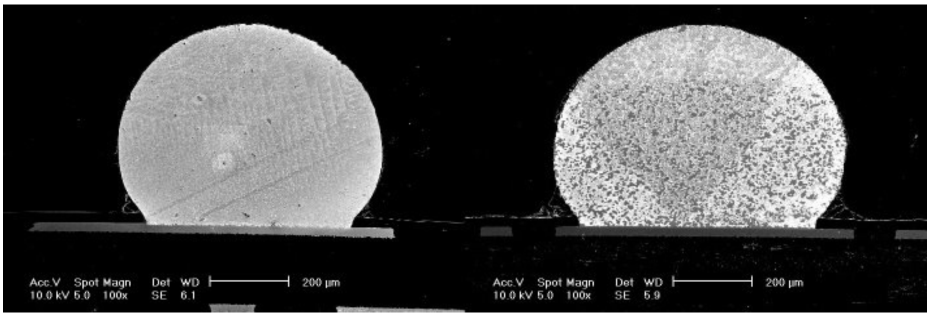
도면5



도면6



도면7



도면8