



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년08월17일
 (11) 등록번호 10-0975654
 (24) 등록일자 2010년08월06일

(51) Int. Cl.
H01L 21/60 (2006.01) *H05K 3/34* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-0017524
 (22) 출원일자 2008년02월26일
 심사청구일자 2008년02월26일
 (65) 공개번호 10-2009-0092173
 (43) 공개일자 2009년08월31일
 (56) 선행기술조사문헌
 논문: Journal of Alloys and Compounds*
 논문: IEEE*
 논문: Acta Materialia
 논문: Transactions of JWRI
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
 대전 유성구 구성동 373-1
 (72) 발명자
이혁모
 대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 신소재 공학과
김동훈
 대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 신소재 공학과 4416호
조문기
 대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 신소재 공학과 4416호
 (74) 대리인
황이남

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 최상원

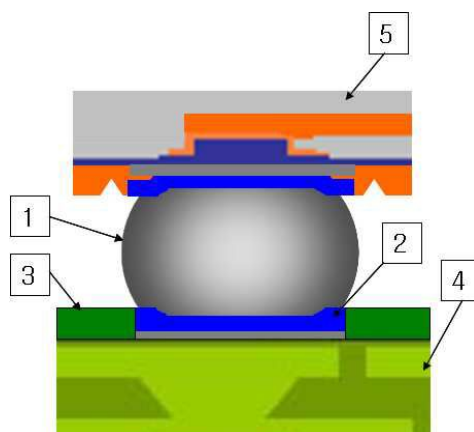
(54) Co가 첨가된 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층간의 접합 신뢰성이 향상된 솔더 접합 구조

(57) 요약

본 발명은 Co 첨가에 의한 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층간의 접합 신뢰성을 향상시키는 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층간의 접합시 보다 좋은 특성을 얻기 위하여 새로운 솔더 합금 조성으로서 기존의 Sn-3.5Ag 솔더 조성에 0.02~0.1wt.% 범위의 Co를 첨가하여 액정튜브에 넣고 밀봉하여 900~1,000℃의 로에서 24시간이상 두어 완전히 녹인 후 고르게 섞일 수 있도록 5~10분 동안 기계적으로 혼합시킨다. 이렇게 하여 만든 솔더 합금(Sn-3.5Ag-xCo)을 특수한 형태로 제작 한 후, Ni-P 하부금속층과의 접합시 계면에 형성되는 금속간 화합물 Ni₃Sn₄의 스폐링(spalling) 현상을 억제시킬 수 있다.

본 발명의 Co가 0.02~0.1wt.% 첨가된 솔더는 하부금속층과의 조인트 형성과정 중 계면에 형성되는 금속간 화합물 Ni₃Sn₄의 스폐링 현상을 효과적으로 억제함으로써 금속간화합물(IMC)이 형성되는 양을 줄임과 동시에 솔더 조인트의 파괴 혹은 금속간화합물에 의한 기계적 취약성을 방지할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

전자패키징의 솔더와 하부금속층 간의 접착을 형성함에 있어서,

코발트가 0.02~0.1wt% 첨가된 Sn-3.5Ag-xCo 합금 솔더 내부에 Ni₃Sn₄가 떠오르는 스펠링현상을 억제시켜 코발트가 0.02~0.1wt% 첨가된 Sn-3.5Ag-xCo 합금 솔더에 Ni-P 하부금속층이 접합되는 구조의 접합 신뢰성이 향상된 솔더 접합부.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 코발트가 0.02~0.1wt% 첨가된 Sn-3.5Ag-xCo 합금 솔더와 Ni-P 하부금속층이 접합되는 계면에 Ni₃Sn₄를 형성시켜 접합특성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 접합 신뢰성이 향상된 솔더 접합부.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 솔더 접합부를 PCB 기판과 실리콘칩 사이, PCB 기판과 PCB기판 사이 또는 실리콘칩과 실리콘칩 사이에 접속시키는 것을 특징으로 하는 접합 신뢰성을 향상시킨 합금 솔더 접합부.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 코발트(Co) 첨가에 의한 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층간의 접합 신뢰성 향상방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 전자 패키징 분야에서 널리 쓰이고 있는 솔더 조인트의 신뢰성 향상을 위하여 그 구성 요소 중 하나인 Sn-3.5Ag 솔더 합금의 새로운 조성을 제시하여 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층간의 접합 신뢰성을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층간의 접합시 더욱 향상된 특성을 나타내기 위해서 제안된 새로운 조성의 솔더 합금으로써 기존의 Sn-3.5Ag 솔더 조성에 0.02~0.1wt.% 범위의 Co를 첨가한 솔더(Sn-3.5Ag-xCo)는 하부금속층과의 조인트 형성과정 중 계면에 형성되는 금속간 화합물 Ni₃Sn₄의 스펠링(spalling) 현상 즉, 파쇄 또는 파열화 현상을 효과적으로 억제함으로써 화합물이 형성되는 양을 줄임과 동시에 솔더 조인트의 파괴 혹은 금속간화합물에 의한 기계적 취약성을 막는다. 또한 이러한 효과로 인해 액상 Sn의 지속적인 침투 또한 억제되어 추가적인 Ni₃Sn₄의 형성도 억제하여 기존에 비해 좀 더 신뢰성이 높은 솔더 접합을 얻을 수 있다.

배경 기술

[0003] 종래의 솔더 조인트에 적용되는 솔더 합금은 Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu와 같이 2원계 혹은 3원계 조성으로 이루어져 있으나, 본 발명은 종래의 Sn-3.5Ag 2원계 조성에 Co를 소량 첨가한 새로운 솔더 조성에 적용하고자 한다. 종래의 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층과의 접합시 형성되는 금속간 화합물은 계면에 붙어있지 못하고 솔더 내부로 떠오르는 spalling 현상이 일어나게 되어 솔더와 금속간화합물 계면에서 기계적특성의 저하를 가져온다.

[0004] 종래에 발표된 문헌(Y.C. Sohn, Jin Yu, S.K. Kang, D.Y. Shih, and T.Y. Lee, J. Mater. Res., 19(8), 2428-2436 (2004). Chi-Won Hwang, and Katsuaki Sugauma, J. Mater. Res., 18(11) 2540-2543 (2003), Ja-Myeong Koo, and Seung-Boo Jung, Micro. Eng. 82 (2005) 569-574)들에 의하면 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층간의

접합시 계면에서 액상 Sn과 고상 Ni간의 반응으로 형성되는 금속간화합물 Ni₃Sn₄은 침상형태로 형성된다. 이러한 침상은 금속간화합물의 생성후에도 액상 Sn이 하부금속층에 침투 할 수 있는 통로를 제공한다. 액상 Sn이 계속해서 침투하면 비정질 Ni-P는 상대적인 P의 양이 계속적으로 증가하여 Ni₃Sn₄와 Ni-P 사이에 Ni-Sn-P layer를 형성하고 이때 형성된 Ni-Sn-P layer와 Ni₃Sn₄ 사에서 스포링이 일어나고 이로 인해 기계적 특성이 저하된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0005] 본 발명은 기존의 Sn-3.5Ag 솔더 조성에 0.02~0.1wt% 범위의 Co를 첨가하여 액정튜브에 넣고 밀봉하여 900~1,000℃의 로에서 24시간이상 두어 완전히 녹인 후 고르게 섞일수 있도록 5~10분 동안 기계적으로 혼합시켜준다. 이렇게 만든 합금 솔더(Sn-3.5Ag-xCo)를 특수한 형태로 제작 한 후, Ni-P 하부금속층과의 접합시 계면에 형성되는 금속간 화합물 Ni₃Sn₄의 스포링 현상을 억제시키는 데 있다.
- [0006] 합금 솔더와의 계면반응을 확인하기 위하여 하부금속층(UBM)은 두가지 타입을 가지고 실시하였는 데, 첫째는 솔더 합금과 하부금속층(UBM)간의 계면반응을 살펴보기 위해 크기(dimension)을 크게 하여 실험하고 자, 6mm X 6mm Si칩 위에 무전해 Ni-P 도금을 한 UBM을 사용하였고, 둘째는 실제 공정에 사용될 경우에도 Co 첨가가 효과적인지 확인하기 위하여 PCB로서 open size는 680 μ m이고 솔더볼의 직경은 720 μ m PCB기판을 가지고 실험을 실시하였다. 셋째는 적정한 조성비 중에서 리플로우(reflow)시간에 따른 계면반응을 확인하였다. 상기의 세가지 방법으로 실험한 결과 Co 첨가에 의한 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층간의 접합 신뢰성 향상됨을 알 수 있다.
- [0007] 기존의 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층과의 반응 조인트 형성과정에서는 금속간화합물인 Ni₃Sn₄가 액상 솔더 내부로 떠오르는 스포링현상에 의해 기계적 성질의 저하를 가져왔다. 본 발명은 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층간의 접합시 더욱 향상된 특성을 나타내기 위해서 제안된 새로운 솔더 합금 조성으로써 기존의 Sn-3.5Ag 솔더 조성에 0.02~0.1wt.% 범위의 Co가 첨가된 솔더는 하부금속층과의 조인트 형성과정 중 계면에 형성되는 금속간 화합물 Ni₃Sn₄의 스포링 현상을 효과적으로 억제함으로써 화합물의 형성량을 줄임과 동시에 솔더 조인트의 파괴 혹은 금속간화합물에 의한 기계적 취약성을 막는다.
- [0008] 본 발명은 전자 패키징 분야에서 널리 쓰이고 있는 솔더 조인트의 신뢰성 향상을 위하여 그 구성 요소 중 하나인 Sn-3.5Ag 솔더 합금의 새로운 조성을 제시 하고자 하는 것이다.

과제 해결수단

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 기존의 Sn-3.5Ag 솔더 합금에 새로운 원소인 Co를 0.02~0.1wt% 범위로 첨가하여 새로운 조성을 갖는 솔더 합금을 제작함으로써, 코발트를 첨가한 합금 솔더(Sn-3.5Ag-xCo)는 금속간화합물의 스포링현상을 막아주고 계면에 형성된 Ni₃Sn₄에 의해 액상 솔더와 고상 하부금속층(UBM)간의 추가적인 화학반응을 억제하고 접합특성을 좋게하여 기계적인 신뢰성 향상시킨다.

효 과

- [0010] 종래에 사용되고 있는 Sn-3.5Ag 솔더 합금에 소량의(0.02~0.1wt%)의 Co만 첨가하여 솔더 조인트 형성과정에서 금속간화합물의 스포링현상을 방지함으로써 계면에 형성된 Ni₃Sn₄에 의해 액상 솔더와 고상 하부금속층간의 추가적인 화학반응을 억제하고 접합특성을 좋게하여 기계적인 신뢰성 향상을 이룰 수 있다. 또한 Co가 첨가된 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층간의 접합 신뢰성 향상은 전자 제품의 수명을 연장 시켜준다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명은 전자패키징의 솔더와 하부금속층 간의 접착을 형성함에 있어서, 솔더에는 코발트가 첨가된 Sn-3.5Ag-xCo합금 솔더에 Ni-P하부금속층이 접합되는 구조를 갖는 접합 신뢰성이 향상된 솔더 접합부를 나타낸다.

- [0012] 상기에서 합금 솔더에는 코발트가 0.02~0.1wt% 범위로 포함될 수 있다.
- [0013] 상기에서 접합 신뢰성 향상은 Co를 첨가한 Sn-3.5Ag 합금솔더와 Ni-P 금속층의 계면에 Ni_3Sn_4 를 형성시켜 접합특성을 향상시킬 수 있다.
- [0014] 본 발명은 코발트를 첨가한 합금 솔더(Sn-3.5Ag-xCo)와 Ni-P 하부금속층의 접합부를 PCB기판과 실리콘칩사이에 접속시켜 접합 신뢰성을 향상시킨 솔더 접합부를 나타낸다.
- [0015] 상기에서 솔더 접합부를 PCB기판과 PCB기판 사이 또는 실리콘칩과 실리콘칩 사이에 단수 또는 복수로 접속시켜 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0016] 이하 본 발명을 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0017] 본 발명은 전자 패키징에서 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부금속층을 이용하여 전자 부품간의 접속을 형성하는 구조로서 종래 전자 패키징 분야에서 전자 부품간의 접속을 형성하는 데, 널리 사용된 것이 솔더 합금이며, 최근에는 환경적 문제로 인해, 납을 함유하지 않은 무연 솔더가 사용 중에 있다. 무연 솔더의 조성은 Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu와 같이 2원계 혹은 3원계 조성으로 이루어졌다. 기존의 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 하부 금속층과의 접합 시 두 금속 재료의 화학적 반응으로 인해 계면에 금속간화합물(IMC)를 형성하게 된다. 계면에 형성된 이러한 금속간화합물은 전자 부품간의 접합을 이루는 데 필수적인 층이기도 하지만 특유의 경한 성질로 인해서 기계적인 성질의 저하를 가져오므로 적절한 제어가 필요하다. 특히 Sn-3.5Ag 솔더와 Ni-P 금속 하부층과의 반응에 의해 형성되는 Ni_3Sn_4 의 경우 계면에 붙어있지 못하고 솔더 내부로 떠오르게 되는 스폐링(spalling) 현상이 일어나게 된다. 이렇게 떠오른 Ni_3Sn_4 는 액상 솔더와 하부금속층간의 계면에서 접합특성을 저하 시키며 솔더 조인트가 어떠한 응력 조건에 놓이게 될 경우 크랙의 전파 경로로 작용하게 된다. 그러므로 Ni_3Sn_4 의 스폐링 현상의 방지가 솔더 조인트의 신뢰성을 향상시키는 핵심 요소이다.
- [0018] 본 발명의 코발트를 첨가한 합금 솔더를 PCB기판과 실리콘칩사이에 접속시켜 접합 신뢰성을 향상시키지만, 필요에 따라서는 코발트를 첨가한 합금 솔더를 PCB기판과 PCB기판 사이 또는 실리콘칩과 실리콘칩 사이에 추가로 더 접속시킬 수 있다.
- [0019] <실시예>
- [0020] Si칩 위에 70mg의 솔더 합금을 올리고 250℃로 가열된 hot plate위에서 10분간 반응시킨 후, 수냉(water quenching)을 실시하였다. 본 발명의 핵심 내용인 금속간화합물(IMC)의 스폐링현상은 액상의 솔더와 고상의 하부금속층(UBM; Under Bumper Metallurgy)간의 계면반응 중에 일어나는 현상이기 때문에 고/액간의 반응 직후의 계면특성을 살펴보기 위해서 수냉(water quenching)을 실시하였다.
- [0021] 다음은 실제 공정과 같은 조건에서도 효과를 파악해 보기 위해서 추가로 실험을 실시했다. 실험조건은 PCB기판과 솔더볼을 이용하여 리플로우기(reflow machine)에서 실제 공정과 같은 조건으로 실험을 실시하였다. 최고온도는 250℃이고 반응시간은 1분, 3분, 5분, 10분간 유지한 후 공냉(air cooling)시켰다.
- [0022] 실험한 결과로서 도 2를 보면 Sn-3.5Ag와 0.01wt.%의 Co가 첨가된 SA-0.01Co의 경우 계면화합물인 Ni_3Sn_4 가 Ni-P 하부금속층 위에 붙어있지 못하고 액상솔더 내부로 떠오르는 것을 볼 수 있다. 그러나 Co가 0.02~0.03wt.%가 첨가된 경우에는 계면반응에 의해 형성된 금속간화합물이 액상 솔더 내부로 떠오르지 않고 계면에 안정적으로 붙어있는 것을 확인 할 수 있다. 즉 Co의 첨가로 인해 금속간화합물의 스폐링 현상이 억제되는 것을 확인 할 수 있다. 또한 deep etching을 통해서 솔더부분을 제거한 단면사진을 보면, 이러한 현상을 좀 더 명확히 확인 할 수 있다. 이와 같이 Co첨가의 효과가 실제 공정에서도 유효한지 알아보기 위해 PCB기판으로 실험한 결과를 보게 되면 실제공정에 적용했을 경우에도 Co의 첨가(0.02~0.1wt.%)로 금속간화합물의 스폐링현상이 억제되는 것을 확인 할 수 있다. 실제 공정에 쓰이는 PCB기판의 경우 표면에 Au를 증착하여 Ni-P의 산화를 방지하게 되는데 이를 ENIG (Electroless Ni-P Immersion Au)라고 한다. 지금까지의 계면현상을 살펴보면 크게 3가지로 분류할 수 있다. Sn-3.5Ag, SA-0.01Co의 경우(ENIG PCB기판 기준) IMC 스폐링현상이 일어나고, SA-0.02Co~SA-0.1Co의 경우 스폐링이 억제되는 것을 확인 할 수 있었으며, 마지막으로 SA-0.4Co, SA-0.7Co의 경우 금속간화합물(IMC)의 형태(morphology)가 바뀌면서 다시 떨어지는 것을 관찰할 수 있다.

[0023] 다음으로 상기의 세가지 경향성을 갖는 조성중에 하나씩을 선택해서 리플로우(reflow) 시간을 달리하여 계면반응을 살펴보았다. 실험결과를 보면 1분, 3분의 경우 Co가 첨가되더라도 Sn-3.5Ag와 마찬가지로 스폐링이 일어났으나 반응시간이 5분 이상이 될 경우 스폐링이 일어나지 않는 것을 확인 할 수 있었습니다. 일반적으로 전자패키징 공정중에 최고온도에서 1.5~2분동안 리플로우(reflow)가 이루어 지며 같은 공정을 연속해서 3~5번을 거치게 되므로 실제 공정에 Co가 첨가된 솔더 합금을 사용 할 경우 금속간화합물의 스폐링 억제 효과를 볼 수 있다. 이상의 결과로부터 코발트 첨가량에 따른 계면에서의 스폐링현상을 살펴보면 표 1과 같다.

[0024]

[0025] 표 1. 계면반응 요약

[0026]

항목	Co의 양			
	0~0.01wt. %	0.02~0.1wt. %	0.4wt. %	>0.7wt. %
스폴링(spalling) 여부	일어남	일어나지 않음	일어나지 않음	일어나지 않음

[0027]

이상의 결과로부터 Co의 양이 0~0.01w%에서 스폐링현상이 일어나고 이로인해 계면특성이 좋지 못하며, Co가 0.02~0.1w%에서는 스폐링현상이 일어나지 않음으로 인해 계면특성이 좋아졌으며, Co가 0.4w%와 0.7w% 이상에서는 스폐링현상은 없으나, 일부 다른형태(morphology)를 갖는 금속간화합물이 솔더 내부에 존재하는 것을 확인할 수 있다.

산업이용 가능성

[0028]

본 발명은 종래의 Sn-3.5Ag 솔더 합금에 소량의 Co만 첨가하여 솔더 조인트 형성과정에서 금속간화합물의 스폐링(spalling)현상을 방지하고, 계면에 형성된 Ni₃Sn₄에 의해 액상 솔더와 고상 하부금속층간의 추가적인 화학반응을 억제하고 접합특성을 좋게하여 기계적인 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한 전자 제품의 수명을 연장 시켜 준다.

도면의 간단한 설명

[0029]

도 1은 전자 부품간의 접합에 적용되는 솔더 조인트의 모식도이며, 도면부호는 1: Co가 첨가된 Sn-3.5Ag 솔더 합금, 2: Ni-P 하부 금속층, 3: 솔더 마스크 (혹은 패시베이션 층), 4: PCB 기판, 5: 실리콘 칩 이다.

[0030]

도 2는 250℃에서 10분간 솔더링 후 퀴칭(quenching)한 Sn-3.5Ag-xCo 솔더와 Ni-P UBM의 단면사진이다.

[0031]

도 3은 deep etching 한 후의 단면사진이다.

[0032]

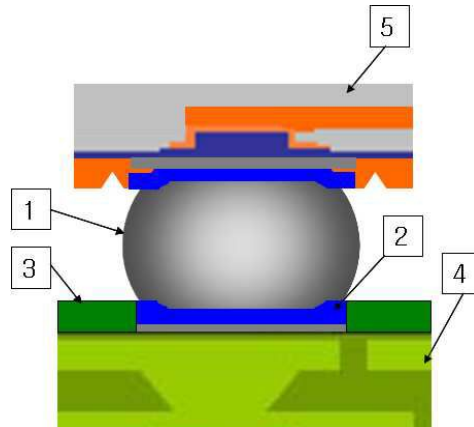
도 4는 ENIG PCB 기판과 SA-xCo 솔더볼과의 계면반응이다.

[0033]

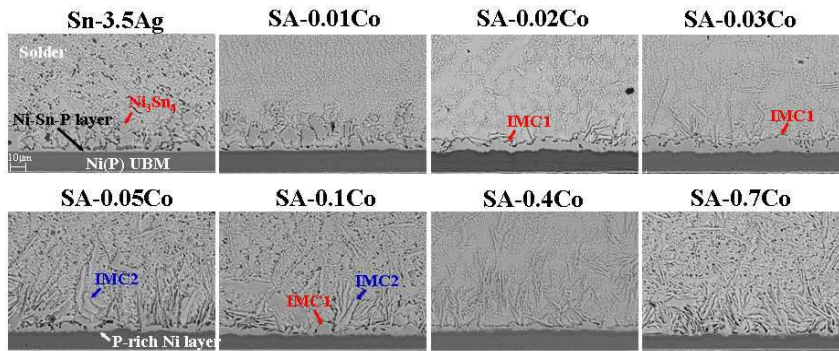
도 5는 시간에 따른 계면반응의 변화이다.

도면

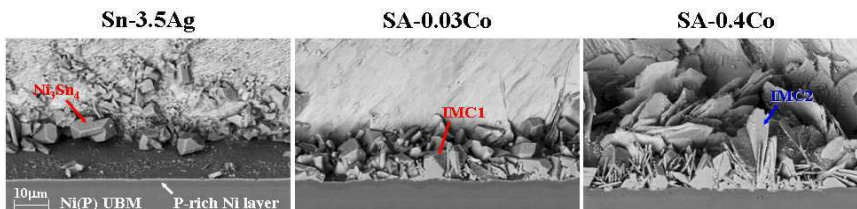
도면1



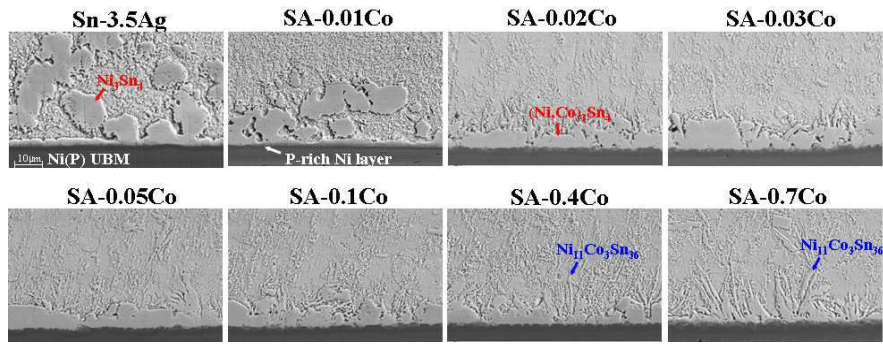
도면2



도면3



도면4



도면5

